



Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

PUBLICAÇÕES
DO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO

2004
SÃO PAULO - SP

ISSN: 1806-6135

**PUBLICAÇÕES
DO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO**

2004

SÃO PAULO - SP

Publicações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Paulista (02: 2004: São Paulo - SP)

Publicações do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção.
Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. São Paulo: UNIP, 2004.

xxxxxp.

ISSN: 1806-6135

Produção Intelectual do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:
corpo docente, corpo discente e colaboradores no ano de 2004.

1. Artigos Científicos. 2. Trabalhos Técnicos. 3. Capítulos de Livros. Engenharia de
Produção. I Título

Revisão:

Profa. Dra. Sônia Maria Ribeiro de Souza

Projeto Gráfico:

Prof. Dr. Jair Minoro Abe
Gilberto Kawasaki

Impressão:

Editora SOL

UNIVERSIDADE PAULISTA

COMISSÃO ORGANIZADORA

Neste volume são reunidos todos os trabalhos dos docentes, discentes e convidados do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Paulista, produzidos no ano de 2004, dando continuidade ao projeto iniciado em 2003.

Os trabalhos se referem às reflexões de temas pertinentes à Engenharia de Produção e correlatos, produzidos pelos docentes e colaboradores que atuam no Programa, com o intuito de fomentar o desenvolvimento sólido de várias áreas de concentração, bem como de apoiar e estimular a realização de projetos de pesquisa de alta qualidade, o que viabiliza as ações de pesquisa e ensino.

REITORIA

PROF. DR. JOÃO CARLOS DI GENIO

Reitor

PROFA. DRA. SILVIA ANCONA-LOPEZ

Vice-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa

PROF. DR. YUGO OKIDA

Vice-Reitor de Graduação

PROF. FÁBIO ROMEU DE CARVALHO

Vice-Reitor de Planejamento, Administração e Finanças

PROFA. MELÂNIA DALLA TORRE

Vice-Reitora das Unidades Universitárias

PROF. DR. NICOLAU TORTAMANO

Vice-Reitor de Extensão

PROF. HERMÍNIO ALBERTO MARQUES PORTO

Vice-Reitor de Relações Institucionais

COMISSÃO ORGANIZADORA

Organizador

Prof. Dr. Jair Minoro Abe

Conselho Editorial

Prof. Dr. Ivan Pêrsio de Arruda Campos

Prof. Dr. Jair Minoro Abe

Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto

Equipe Técnica:

Prof. Dr. Ivan Pêrsio de Arruda Campos

Prof. Dr. Jair Minoro Abe

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto

Coordenadora de Pós-Graduação e Pesquisa da UNIP

Profa. Marina Ancona-Lopez Soligo

Prefácio

Neste volume são reunidos todos os trabalhos dos docentes, discentes e convidados do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Paulista, produzidos no ano de 2004, dando continuidade ao projeto iniciado em 2003.

Os trabalhos se referem às reflexões de temas pertinentes à Engenharia de Produção e correlatos, produzidos pelos docentes, discentes e colaboradores que atuaram no Programa, compondo o tomo que mostra o estabelecimento sólido de várias áreas de concentração, bem como de linhas de pesquisa compostas de projetos de pesquisa de alta qualidade, o que afirmam as ações de pesquisa e ensino.

O intuito dessa obra é primordialmente fornecer um acesso rápido às pesquisas produzidas pelo Programa e também facilitar ao discente o contato com temas investigados pelos integrantes do mesmo. Cada autor foi responsável pela revisão técnica bem como pela forma final como se apresenta no volume. O conteúdo e as informações contidas na ficha de cada artigo são de inteira responsabilidade dos autores dos mesmos.

Acreditamos que o apoio da Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Paulista a este empreendimento aponta para o destino de uma universidade comprometida com esses valores e responsável.

Agradecemos à Profa. Dra. Silvia Ancona-Lopez, Vice-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa, bem como à Profa. Marina Ancona-Lopez Soligo, Coordenadora de Pós-Graduação, Pesquisa e Produção Intelectual da Universidade Paulista, que acolheram com entusiasmo a idéia e à Profa. Dra. Marília Ancona-Lopez por ter concretizado o projeto.

Dr. Jair Minoru Abe
Organizador

SUMÁRIO

Trabalhos científicos publicados em congressos na íntegra

A Inovação Tecnológica na Construção Civil e os Aspectos Humanos

O. Vendrameto, W. C. Botelho, P. L. Fraccari..... 14

Paraconsistent Artificial Neural Networks: An Introduction

J. M. Abe.....25

Sistema Inteligente Paraconsistente para Controle de Robôs Móveis Autônomos

C. R. Torres, J. M. Abe e G. L. Torres.....33

A Aplicação do Balanced Scorecard para Gerenciamento Estratégico de uma Instituição de Ensino Superior Privada com a Utilização de Data Warehouse

F. M. Zancarli, A. R. P. L. Albuquerque e M. Miranda.....44

Estudo das Tendências de Abordagens de Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção

V. C. S. Pereira e A. R. P. L. Albuquerque.....55

Gestão de Conhecimento e Indicadores de Competência em uma IESP

A. R. P. L. Albuquerque, B. N. João e M. Pimentel.....63

Modelagem de um SI para Gerenciamento de uma IESP com aplicação do BSC

F. M. Zancarli e A. R. P. L. Albuquerque.....76

O Estado da Arte em Gerenciamento de Riscos em Projetos

A. F. Reis e A. R. P. L. Albuquerque.....87

Utilizando a Norma ISO/IEC 12207 nos Processos de Ciclo de Vida do Software

M. Nogueira.....97

Governança de Tecnologia da Informação com CobIT

M. Nogueira..... 104

Aumentando a Produtividade na Engenharia de Software Baseada em Componentes

M. Nogueira..... 109

e-Procurement como Solução Estratégica para a Redução de Custos no Supply Chain

M. Nogueira..... 113

Gerência de Configuração – Uma Visão das Normas e Modelos de Qualidade para Pequenas Empresas

M. Nogueira..... 120

Modelando Processos com IDEF

M. Nogueira..... 126

Gestão de Infraestrutura de Tecnologia da Informação com ITIL

M. Nogueira..... 131

Utilizando a Lógica Paraconsistente para Análise de Riscos em Projetos de Software M. Nogueira, J. M. Abe, J. P. A. Prado e J. I. da Silva Filho.....	136
A Importância da Utilização de Métricas no Processo de Produção de Software M. Nogueira.....	143
Aspectos Relevantes na Gestão de Projetos de Software M. Nogueira.....	148
Engenharia de Requisitos como Fator Crítico de Sucesso na Produção de Software M. Nogueira.....	152
Gestão de Riscos em Projetos de Software M. Nogueira, J. M. Abe, J. P. A. Prado e J. I. da Silva Filho.....	159
Buscando Satisfação do Cliente com a Métrica Six Sigma M. Nogueira.....	164
Buscando Qualidade de Software com a Aplicação de Técnicas de Teste M. Nogueira.....	169
Sistemas de Informação como Apoio ao Planejamento Estratégico das Organizações M. Nogueira.....	174
A Inteligência de Negócios na Busca de Vantagem Competitiva M. Nogueira.....	180
Riscos na Adoção do ERP M. Nogueira, M. S. P. Pessoa e J. M. Abe.....	186
As Mudanças Organizacionais na Transição ISO 9001:94 para ISO 9001:2000: Serviços em Engenharia Consultiva – Projetos W. C. Botelho.....	198
The Lean Production and Agile Manufacture A. J. V. Porto, J. B. Sacomano e W. Azzolini Junior.....	214
Tendências do Sistema de gestão da Produção Quanto às Habilidades Necessárias Para Enfrentar os Desafios Inerentes à Estratégia Competitiva A. J. V. Porto, J. B. Sacomano e W. Azzolini Junior.....	229
Estudo da Competitividade de uma Empresa Fornecedora de Compostos Termoplásticos à Cadeia Automotiva M. K. Shibuya, O. Vendrameto, J. P. A. Fusco e W. C. Botelho.....	255
Inovação Tecnológica na Construção Civil e a Mudança do Perfil Profissional W. C. Botelho, O. Vendrameto e P. L. Fraccari.....	268
Automated System For Leather Inspection: The Machine Vision M. M. Neto, O. Vendrameto e J. P. A. Fusco.....	285
Motivação e Liderança : A Motivação e a Influência da Liderança na Empresa W. C. Botelho e S. P. Giugliano.....	295

A New Proposao of Arithmetic Logic Unit (ALU) to Work with Paraconsistent Annotated Logic J. Prado e C. Formigoni.....	309
Novas Formas de Trabalho na Construção Civil: Prospectiva e Desemprego W. C. Botelho, O. Vendrameto, P. L. Fraccari.....	315
O Uso do Balanced Scorecard como Instrumento de Gestão da Qualidade W. C. Botelho, M. K. Shibuya, O. Vendrameto, P. L. O. Costa Neto.....	331
ISO 14001 para Aqüicultura S. M. Oshiro, P. L. de O. Costa Neto.....	339
Programando Sistemas Paraconsistentes J. P. A. Prado e R. Corbo.....	352
Programming Paraconsistent Systems J. P. A. Prado e R. Corbo.....	359
Qualidade x Sistema de Custeio ABC: Organização de Prestação de Serviços – Engenharia Consultiva W. C. Botelho.....	366
A Tecnologia como Fator de Competitividade dos Bancos do Brasil M. L. C. Campello e P. L. O. Costa Neto.....	377
Um Robô Paraconsistente J. P. A. Prado.....	385
Proposta para a Sustentabilidade Energética do Setor Produtivo M. S. Mosareli, W. C. Botelho e O. Vendrameto.....	395
Avaliação Acelerada do Ciclo de Vida da Embalagem de PET A. Formigoni, M. F. L. Justino, L. V. Puglia e I. P.A. Campos.....	405
Quantification in Solar Energy of the Benefits Employed in a Tannery Wastewater Treatment Plant L. C. Moraes, C. M. V. B. Almeida e B. F. Giannetti.....	414
Comparison of the Emergies in the Collection of Urban Solid Wastes in Sao Paulo, Siena and Modena: Recovering of Recyclable Materials and Production of Compost C. M. V. B. Almeida, E. S. Araujo e B. F. Giannetti.....	438
Emergy Accounting of the Benefits Provided by the Scrab/Steel Sheet Exchange S. Nobre, C. M. V. B. Almeida e B. F. Giannetti.....	456
Graphical Tool for Emergy Analysis: Concepts and an Example of Application C. M. V. B. Almeida, F. A. B. e B. F. Giannetti.....	471
Estudo Fotoeletroquímico de Misturas Pirita e Arsenopirita C. M. V. B. Almeida e B. F. Giannetti.....	493

Trabalhos publicados em revistas de circulação internacional com arbitragem

Duas Vertentes: Significante e Objeto a

L. C. Nogueira, H. Bicalho e J. M. Abe.....507

Uma Teoria de Tomada de Decisão Baseada na Lógica Paraconsistente Anotada

F. R. de Carvalho, I. Brunstein e J. M. Abe.....510

Structural Characterization of Diastereoisomeric Ethano Adducts Derived From the Reaction of 2'-Deoxyguanosine with *trans, trans*-2, 4-Decadienal

A. P. M. Loureiro, I. P. A. Campos, O. F. Gomes, P. Di Mascio e M. H. G. Medeiros.....524

Structural Characterization of an Etheno-2'-Deoxyguanosine Adduct Modified by Tetrahydrofuran

A. P. M. Loureiro, I. P. A. Campos, O. F. Gomes, E. P. M. Possari, P. Di Mascio e M. H. G. Medeiros...534

A Combined Tool for Environmental Scientists and Decision Makers: Ternary Diagrams and Energy Accounting

B. F. Giannetti, F. A. Barrella e C. M. V. B. Almeida.....545

Ferramenta para Tomada de Decisão Considerando a Interação dos Sistemas de Produção e o Meio Ambiente

F. A. Barrella, C. M. V. B. Almeida e B. F. Giannetti.....556

Ecologia Industrial e o Reuso da Água

B. F. Giannetti, D. Borges e C. M. V. B. Almeida.....572

Caracterização Cronoamperométrica da Redução do Filme de Estanho Eletrogerado em Bicarbonato de Sódio

S. H. Bonilla, B. F. Giannetti e T. Rabóczkay.....577

Early Stages of Film Formation and Surface Growth on Tin Electrodes at Bicarbonate Medium: a Modelistic Approach

S. H. Bonilla e B. F. Giannetti.....588

Film Formation and Surface Growth on Tin Electrodes in Bicarbonate Solutions: an Impedance Spectroscopy Study

S. H. Bonilla, J. Rodriguez, C. F. Zinola, C. Bello e B. F. Giannetti.....609

Resumos de trabalhos científicos publicados em congressos

The Importance of the Use of Component Based Software Engineering in Mobile Robots

S. R. Silva e J. P. A. Prado.....625

SimExp_NMR: Simulating Intricate Second-Order Subspectra

I. P. de Arruda Campos, M. G. Constantino, G. V. J. da Silva, V. C. G. Heleno, I. A. Borin.....626

Discriminação entre Isômeros de Moléculas Policíclicas por Cálculos GIAO//B3PW91/6-31G* e RMN

I.P.A. Campos, D.B. Rezende, E. Tedeshi, A.L.F. de Souza, M. Loos, F.P. Morisso e C. Di Vitta.....629

Interpretação da Presença de Descontinuidades nos Diagramas de Impedância em Eletrodos de Estanho Sujeitos a Envelhecimento

S. H. Bonilla e B. F. Giannetti.....632

Estudio de Impedancia en Electrodo de Estaño: Formación de Películas y Crecimiento Superficial en la Region de Pasivación	
S. H. Bonilla, B. F. Giannetti, J. Rodriguez e C. F. Zinola.....	634

Livros e capítulos de livros

Paraconsistent Annotated Logic in Analysis of Viability: an Approach to Product Launching	
F. R. de Carvalho, I. Brunstein e J. M. Abe.....	637
Publicações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção	
J. M. Abe.....	654
Automated System For Leather Inspection: The Machine Vision	
M. M. Neto, O. Vendrameto e J. P. A. Fusco.....	655
The Versatile Carbon Paraffin Electrodes (CPfEs): Applications for Natural Minerals to Fuel Cell Catalysts	
C. M. V. B. Almeida, S. H. Bonilla e B. F. Giannetti.....	664
Avaliação Ambiental e Diagrama Triangular: Estudo de Sistema Operacional Alternativo para a Distribuição de Chapas de Aço	
C. M. V. B. Almeida, S. N. Bueno, F. Barrella e B. F. Giannetti.....	731

Artigos referentes às dissertações

Aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada no Método de Campos Potenciais para Navegação de Robôs Móveis	
S. R. Silva, J. M. Abe e J. P. A. Prado.....	748
Aplicação do Para-Analisador na Localização de Negócio	
R. C. Traballi e J. M. Abe.....	765

Relatórios técnicos

Fuzzy Modeling in Wits, ANB and Y-Axis Scores	
M. Del Santo, N. Ortega, M. C. Mário e J. M. Abe.....	779
Paraconsistent Artificial Neural Networks: an Introduction (Preliminary version)	
J. M. Abe.....	791
Para-fuzzy logic controller (Preliminary version)	
J. M. Abe.....	797

Trabalhos de Iniciação Científica

Sistema automatizado de triagem e monitoração de vítimas de desastres, baseado na lógica paraconsistente anotada	
M. P. Sigg.....	804

Trabalhos não publicados

- Transporte Ferroviário de Passageiros na Região Metropolitana de São Paulo: Aspectos de Qualidade. Criação de Atributos para Gestão da Qualidade no Transporte Ferroviário de Passageiros na Região Metropolitana de São Paulo**
F. Pierrini, J. S. G. Oliveira e J. B. Sacomano.....811
- Educação Teleinterativa: Vantagens e Dificuldades**
P. L. O. Costa Neto.....825
- Catalytic Effects of Ruthenium and Osmium Spontaneous Deposition on Platinum Surfaces Towards Methanol Oxidation**
S. H. Bonilla, C. F. Zinola, J. Rodríguez, V. Díaz, M. Ohanian, S. Martínez e B. F. Giannetti.....832
- Electrochemical Kinetic Study of Surface Layer Growth on Natural Pyrite in Acid Medium**
B. F. Giannetti, C. M. V. B. Almeida e S. H. Bonilla.....863

TRABALHOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS EM CONGRESSOS NA ÍNTEGRA

Resumo

O Conselho Nacional de Controle de Atividades Nucleares (CNAEN) é uma entidade autônoma, vinculada ao Poder Executivo Federal, criada em 1977 para exercer a função de controle das atividades nucleares no Brasil. O CNAEN é responsável por emitir licenças, autorizações e aprovações para a utilização de fontes radioativas, reatores nucleares e instalações nucleares. O CNAEN também é responsável por monitorar e controlar as atividades nucleares, bem como por investigar e punir infrações às normas de segurança nuclear. O CNAEN é composto por membros nomeados pelo Presidente da República, sendo que o Conselho de Administração é formado por representantes do Poder Executivo, do Poder Judiciário e da sociedade civil. O CNAEN é uma das principais instituições de controle nuclear no Brasil, sendo responsável por garantir a segurança nuclear e a proteção ambiental.

1. Introdução

A organização nacional de controle das atividades nucleares (CNAEN) é uma entidade autônoma, vinculada ao Poder Executivo Federal, criada em 1977 para exercer a função de controle das atividades nucleares no Brasil. O CNAEN é responsável por emitir licenças, autorizações e aprovações para a utilização de fontes radioativas, reatores nucleares e instalações nucleares. O CNAEN também é responsável por monitorar e controlar as atividades nucleares, bem como por investigar e punir infrações às normas de segurança nuclear. O CNAEN é composto por membros nomeados pelo Presidente da República, sendo que o Conselho de Administração é formado por representantes do Poder Executivo, do Poder Judiciário e da sociedade civil. O CNAEN é uma das principais instituições de controle nuclear no Brasil, sendo responsável por garantir a segurança nuclear e a proteção ambiental.

A inovação tecnológica na construção civil e os aspectos humanos

Oduvaldo Vendrameto (UNIP) oduvaldov@uol.com.br

Wagner Costa Botelho (UNIP) wagner@wrb.com.br

Pedro Luiz Fraccari (UNIP) pluiz@ig.com.br

Resumo

O mercado brasileiro da Construção Civil, com atraso, inicia processos de inovações tecnológicas radicais. Novos materiais e equipamentos, industrialização, sistemas modernos de gestão, novo perfil de mão-de-obra, estão rompendo metodologias e filosofias tradicionais. Isto está sendo verificado em número ainda reduzido de empresas, que já incorporaram inovações na construção de hotéis e edifícios de apartamentos. Se houver um aquecimento da economia, este formato tecnológico deverá ampliar-se rapidamente, devido a ganhos de produtividade, qualidade, prazos e custos. Tratando-se do setor que mais emprega no Brasil e que se utiliza mão-de-obra intensiva e de baixa qualificação para execução da maioria das tarefas, se providências não forem tomadas a tempo, as mudanças que começam acontecer trarão significativas alterações na mão-de-obra, com conseqüente aprofundamento da atual crise de desemprego. Uma pesquisa em andamento investiga casos isolados no estabelecimento de comparações como quantidade, perfil profissional, tempo utilizado, entre métodos de construção convencional e os inovados tecnologicamente. Essa pesquisa prospectiva, é sustentada pela metodologia Delphi-Web e entrevistas in-loco. O objetivo é prospectar indicadores que possibilitem antecipar decisões que minorem, o agravamento do desemprego de trabalhadores da Construção Civil de baixa qualificação, considerando suas dificuldades de adaptação frente a essas mudanças e a migração para outras funções.

Palavras chave: Construção Civil, Desemprego, Inovação tecnológica.

1. Introdução

A organização tradicional da Construção Civil subdividiu e reduziu as tarefas tornando sua execução extremamente simples. O segmento da Construção Civil acabou sendo caracterizado pela intensidade de mão-de-obra, baixo nível de escolaridade e qualificação profissional. As mudanças que começam acontecer deverão ter repercussão significativa na qualificação de mão-de-obra. Há a expectativa que na Construção Civil se repita o fenômeno verificado nos setores de autopeças, eletromecânico, entre outros, em que a inserção de máquinas inteligentes, controladas por computadores, novos métodos de gestão e organização do trabalho venham a substituir trabalhadores em larga escala. E neste caso, com agravantes em função do número de trabalhadores ocupados ser sensivelmente maior e de qualificação inferior, que dificulta a migração para outros

setores de atividade.

Quanto a origem dos trabalhadores de alguns setores da indústria da Construção Civil, Lamera (2000) constata que a Construção Civil é um ramo da indústria que absorve o fluxo migratório para os centros urbanos, sendo os trabalhadores migrantes, quase sempre com baixo nível de escolaridade e precária formação profissional, encontrando na Construção Civil a possibilidade de venda da sua força física de trabalho.

Com respeito à oportunidade de empregos, a indústria da Construção Civil é responsável por 3,92 milhões de empregos diretos, sendo uma grande geradora de ocupação da mão-de-obra nacional quando se compara com outras atividades industriais, empregando no todo, entre diretos e indiretos, 15 milhões de pessoas (CONSTRUBUSINESS, 2003).

Levando-nos a crer, que é o maior empregador do setor industrial.

A figura 1 ilustra, nos anos de 1998 e 2001 a comparação de pessoal ocupado na Construção Civil em relação a outros setores.

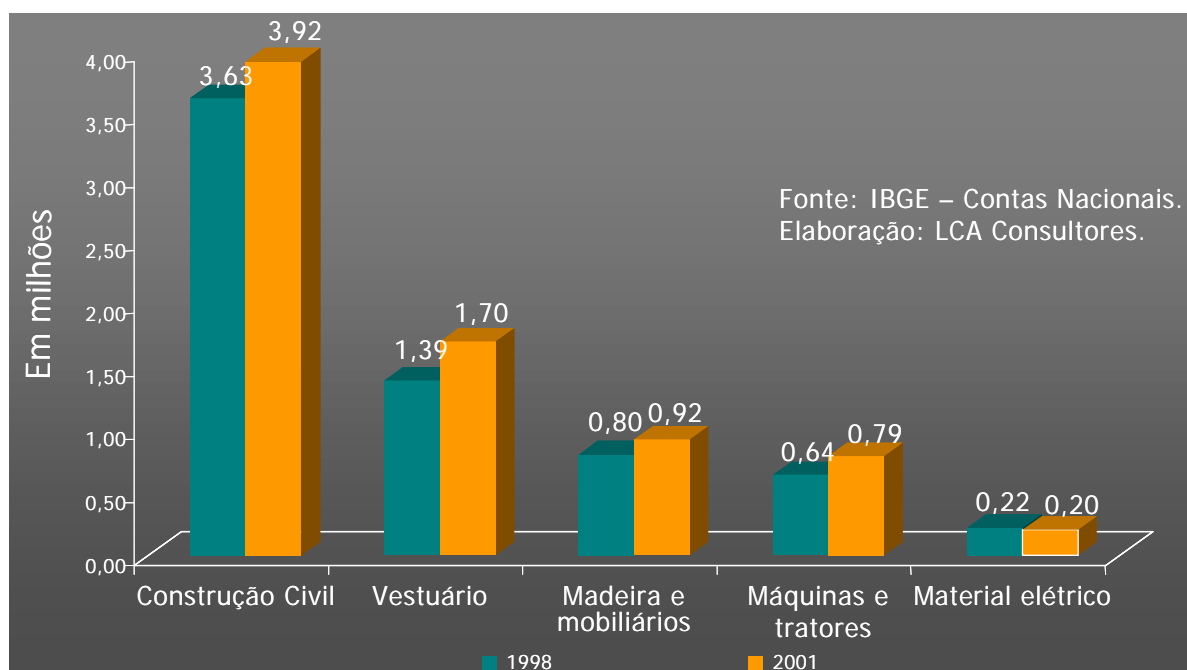


Figura 1: Comparação de pessoal ocupado na construção civil em relação a outros setores em 1998 e 2001.

Fonte: CONSTRUBUSINESS, 2003

2. Inovação tecnológica

As inovações tecnológicas que vêm sendo implementadas na indústria da Construção Civil, mudam o gênesis da obra de “construção” para “montagem”. A inovação substitui materiais construtivos que chegam à obra em regime de *just-in-time* e são montados, como paredes, revestimentos, janelas, portas, instalações elétricas e hidráulicas, trabalhadores de perfil profissional diferente daqueles que anteriormente realizavam essas atividades. O trabalho passa por mudanças significativas de organização e conhecimento.

Os materiais, as técnicas e os processos de construção de edifícios têm evoluído de forma acentuada nos últimos tempos, requerendo cada vez mais conhecimentos multidisciplinares por parte dos engenheiros, arquitetos, pedreiros, serventes e os construtores em geral. Novos processos têm sido adotados com base em práticas tradicionais da construção resultando, muitas vezes, em insucessos técnicos e econômicos. Isto provoca mudanças de caráter muito mais profundo e radical (THOMAZ, 2002).

O grau das exigências deste novo mercado de trabalho, trabalhadores tradicionais como: auxiliares, pedreiros, carpinteiros, encanadores eletricitistas devem passar por processos de aprendizagem ou adquirir novas competências até para que possam migrar para outras atividades. As novas técnicas empregadas, assim como a rapidez do processo de montagem das peças pré-moldadas, o número de empresas terceirizadas presentes na obra que deve realizar atividade sincronizada, afeta principalmente o trabalho do mestre de obras que sempre trabalhou com o conhecimento do saber prático e passa a enfrentar mudanças bruscas, que o deixam sem referencial. Nos últimos anos, tecnologia tornou-se sinônimo de qualidade e produtividade em vários setores da economia incluindo o da Construção Civil. Em meio a esse contexto, transformaram-se processos, surgiram novas sistemáticas de trabalho, paradigmas construtivos foram mudados e provocaram alterações no cotidiano de profissionais e, conseqüentemente, de usuários finais.

Enquanto as primeiras tecnologias industriais substituíram a força física do trabalho humano, trocando força muscular por máquinas, a inovação tecnológica baseada no “computador” promete substituir a própria mente humana, colocando máquinas inteligentes no lugar dos seres humanos em toda a escala de atividade econômica (RIFKIN, 2001).

As empresas da Construção Civil, não obstante as mudanças tecnológicas no setor, pouco se preocupam com o processo de contratação de novos funcionários, entretanto este aspecto tem grande importância, pois é necessário, mesmo em nível de início de carreira, admitir pessoas com um bom potencial. É necessário preocupar-se em propiciar condições de desenvolvimento pessoal e profissional a esses trabalhadores (SEBRAE, 1995).

3. Desemprego

Dentre diversas causas do desemprego, uma está associada à tecnologia, ou seja, as inovações tecnológicas podem ser responsáveis pela redução do emprego, na medida em que elas representam racionalização dos processos produtivos e aumento da produtividade do trabalho, sem que haja uma necessária contra partida em termos de incremento na demanda de trabalhos (FONTES, 2000).

Makham (1966) já advertia que a aproximação da automação, traria a pobreza humana frente ao desemprego tecnológico, principalmente para os que traziam para o local de trabalho, apenas músculos e força, aos quais, faltava não só especialização, mas também o potencial básico para adquirir especialização.

Hoje, o desemprego apresenta-se como um fenômeno complexo e heterogêneo, pois atinge de forma generalizada, praticamente todos os segmentos sociais, inclusive camadas de maior escolaridade e profissionais experientes (FONTES, 2000).

De acordo com os últimos dados disponíveis no M.T.E. – Ministério do Trabalho e Emprego e divulgados pelo SindusCon-SP (2004), a tendência de retração do número de vagas de emprego no setor da Construção Civil

brasileira observada em novembro de 2003, se manteve em dezembro de 2003. Um dos segmentos que mais sofreu com a retração das atividades da construção em 2003 foi o de infra-estrutura. Vale ressaltar, no entanto, que o segmento é responsável por 6% do emprego no país. Por sua vez, as atividades de edificações, responsáveis por 62% dos postos de trabalho na construção em todo país, fechou 43.592 vagas no período janeiro-dezembro de 2003 em relação a janeiro-dezembro de 2002, contabilizando uma retração de 5,5%. Na grande maioria dos Estados brasileiros houve diminuição de postos de trabalho na Construção Civil. A taxa negativa de 2,04% na comparação janeiro-dezembro de 2003 e o mesmo período de 2002, correspondeu ao fechamento de 7.338 postos de trabalho. A exemplo do que se observou em todo o país, o segmento de edificações, que representa cerca de 54% do total de trabalhadores do setor, apresentou o pior desempenho em 2003, com retração de 2,7%. Na capital paulista, onde estão concentrados 49% dos empregos formais do Estado, houve queda de 1,93%. Segmento de edificações foi um dos que mais decresceu. Certamente, devem-se creditar essas sucessivas reduções de emprego, de maneira mais relevante à crise econômica vivida pelo País, até porque esse declínio está ocorrendo praticamente em todos os setores. Mas, também, não pode ser descartado a perda de postos de trabalho em decorrência de inovações. Ao se considerar o panorama atual da Construção Civil, especificamente em 2003, onde o nível de emprego formal no Brasil fecha o ano em queda e o segmento de edificações foi um dos que mais decresceu, um aspecto importante a ser investigado na pesquisa que está sendo realizada é a possível interferência da tecnologia na Construção Civil, com a sensível retração do número de vagas de emprego no setor.

Publicação do SEADE/DIEESE (2004), aponta a taxa de desemprego na Região Metropolitana de São Paulo, em 20,6%, ou seja, dois milhões de desempregados. Esta é mais uma justificativa para a realização da pesquisa e que poderá receber contribuições dela.

4. Pesquisa

De modo a configurar o novo cenário que se descerra para a Indústria da Construção Civil, uma pesquisa prospectiva utilizando a técnica Delphi-Web está sendo realizada. Conforme citado em Wright (2002), este método é uma ferramenta de pesquisa qualitativa utilizada em situações de carência de dados históricos ou quando há rupturas tecnológicas, econômicas, sociais ou políticas, ou ainda, em situações nas quais pretende-se estimular a criação de novas idéias. O método Delphi-Web consulta um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros através de um questionário, que é repassado em continuadas rodadas até que seja obtida uma convergência das respostas, um consenso, que representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo (GIOVINAZZO, 2001).

O grupo de pesquisa está investigando a relação entre tipos de inovações tecnológicas na Construção Civil e o perfil profissional exigido do trabalhador que irá operá-lo. Como sub-produto, espera-se poder comparar qualitativamente e quantitativamente, a repercussão das mudanças referente ao número de trabalhadores envolvidos e a expectativa de desemprego.

5. Objetivos

Dentre os objetivos propostos com a finalização da pesquisa, têm-se:

Fornecer, preventivamente, alguns indicadores que possibilitem antecipar decisões que minorem,

principalmente, o agravamento do desemprego de trabalhadores de baixo nível de qualificação; Subdividir a atividade laboral inovada em partes simples e analisar o conhecimento exigido para o seu desempenho, como por exemplo a instalação de placas de “dry wall” como parede em substituição da alvenaria convencional; Estimar, para uma frequência determinada de casos em que a “unidade de estudo” possa ser considerada, a repercussão em termos de emprego e desemprego; Elaborar relatórios estatísticos dos dados coletados e consensados através do questionário Delphi-Web , respondidos pelo grupo de especialistas eleitos nas diversas fases previstas na metodologia; Comparar o número de trabalhadores da Construção Civil, na unidade de estudo, envolvidos entre o processo tradicional e o inovado tecnologicamente; Medir alguns desses impactos, tendo como foco a mudança do perfil do trabalhador e os requisitos de conhecimento exigidos para os novos profissionais e a provável redução de postos de trabalho disponíveis a trabalhadores de baixa qualificação, atuantes no modelo atual.

6. Metodologia

Preliminarmente, foi escolhido e organizado em “unidade de estudo”, parte ou conjunto de determinado tipo de obra, em que houve alterações profundas em termos de materiais, processo e mão-de-obra devido à inovação tecnológica. Informações iniciais, obtidas pela bibliografia e em entidades de classe, indicam ser reduzido o número de empresas de Construção Civil que operam em bases tecnológicas avançadas. Segundo essas fontes, um número ainda muito reduzido de empresas em São Paulo se utiliza desse aparato tecnológico. Há uma expectativa bem fundamentada de que esse número cresça rapidamente em função de vantagens que vão se tornando notórias, como abaixamento de custo de materiais, redução de geração de sucata, qualidade, rapidez, etc. A Construção Civil como um setor econômico, pauta suas atividades segundo o comportamento da economia como um todo. Seu crescimento ou estagnação depende diretamente da saúde do setor. Sobre isso as fontes principais são os órgãos de classe e os empresários proprietários ou seus diretores, que poderão manifestar sobre as tendências ou não de modernização tecnológica do setor e a expectativa da velocidade em que deve ocorrer. A parte técnica da obra esta relacionada com os departamentos de engenharia em que atuam os projetistas, departamentos de compras, responsáveis por contratos técnicos, fiscalização, cronogramas, qualidade, controle e tudo mais que se refere ao processo produtivo. Os profissionais dessas áreas, principalmente engenheiros, serão importantes no suprimento de informações quanto às motivações e justificativas para uso de tecnologias, materiais, equipamentos, controles e ganhos relativos. O engenheiro residente, o mestre de obra, os chefes específicos de atividades terceirizadas, além de outros cujo perfil possa ser identificado no trabalho de campo, que se constituem na base do conhecimento operacional, serão as fontes de informação quanto ao perfil do novo trabalhador, seu desempenho e elementos que possibilitem a comparação entre o processo tradicional de construções e o moderno. Em função dessas características a investigação exploratória apresenta-se de nítida conveniência. Um questionário formalizado, orientador, não estruturado, para que se garanta minimamente um denominador comum e uma convergência para os temas das pesquisas/entrevistas estão sendo processadas. Há a possibilidade de grande dispersão por parte do entrevistados devido à cultura própria de cada um e a opinião pessoal sobre temas que carregam certo envolvimento político. A relação dos especialistas foi elaborada inicialmente com base nas empresas líderes do setor da Construção Civil. Através da Internet foi enviado um questionário para diversos profissionais de diversas empresas ligadas à indústria da construção do Estado de São Paulo. Empregados, principalmente

engenheiros residentes, projetistas, responsáveis pelo suprimento da obra, mestres de obra, técnicos de serviços terceirizados de empresas de médio e grande porte do setor de Construção Civil da cidade de São Paulo, fabricantes de componentes de obra e equipamentos para Construção Civil, professores universitários e de escolas técnicas, consultores, diversos profissionais, o Sinduscon - Sindicato das Industrias de Construção Civil do Estado de São Paulo e a Federação da Indústria do Estado de São Paulo – FIESP são os participantes (respondentes e/ou entrevistados) desta pesquisa. O questionário foi encaminhado via e-mail, através de carta assinada eletronicamente pelo Coordenador do Projeto, explicando resumidamente os objetivos do projeto e solicitando a colaboração do especialista, respondendo-o dentro de um prazo estipulado. Anexado a este e-mail, foi enviado um “link”, contendo o endereço da página do “site” onde o Questionário e os Cenários estão disponíveis, bem como uma senha de acesso à área restrita. A versão digital do questionário na “web” foi feita em formato banco de dados, possibilitando ao especialista responder digitando na própria página do “site”.

Para a 1ª Rodada do questionário, foram elaboradas vinte e uma questões. Pretendendo-se com ele avaliar as opiniões de maneira prospectiva, observando inicialmente possíveis convergências. Como ilustração, duas das questões formuladas na 1ª Rodada:

- Informações preliminares, obtidas em entidades de classe, indicam ser reduzido o número de empresas de Construção Civil que operam em bases tecnológicas avançadas. Há uma expectativa bem fundamentada de que esse número cresça rapidamente em função de vantagens que vão se tornando notórias, como abaixamento de custo de materiais, redução de geração de sucata, qualidade, rapidez, etc. Na sua opinião, existe uma tendência da indústria da Construção Civil mudar o gênesis da obra de “construção” para “montagem”?

() Sim () Não

- De sua estimativa percentual do ritmo de modernização do setor da Construção Civil que deverá ocorrer relativamente a 2002, em:

2003 ____ %; 2005 ____ %; 2010 ____ %.

7. Entrevista e coleta de dados

Depois de realizada a 2ª Rodada, com o envio do questionário via-Internet, contendo somente as questões que divergiram na 1ª Rodada, uma equipe de campo entrevistará, “*in loco*”, pedreiros, serventes, mestres de obras e engenheiros residentes em edificações em que um ou mais tipo de inovação tecnológica esteja sendo empregada.

8. Apresentação dos Resultados

Sobre os temas abordados pelo questionário respondido pelos painelistas na 1ª Rodada, elaborou-se uma distribuição estatística dos resultados e uma análise decorrente do método Delphi-Web. Após esta etapa de distribuição e análise estatística dos resultados da 1ª Rodada, fez-se necessário à ocorrência da 2ª Rodada. Com os dados levantados pelos questionários (1ª e 2ª Rodadas), serão elaborados relatórios parciais sobre a prospectiva, as tendências e perspectivas gerais, tanto nos aspectos econômicos, como nos aspectos mercadológicos, de tecnologia, impacto e grau de sinergia dessas cadeias (produtiva / suprimentos/ logística,

etc.), padrões de concorrência e outros, dando ênfase à repercussão das mudanças referentes ao número de trabalhadores envolvidos e a expectativa de desemprego.

8.1 Análise da 1ª Rodada

Na 1ª Rodada, das 300 (trezentas) cartas convite enviado aos painelistas, obteve 59 (cinquenta e nove) respostas. A metodologia prospectiva que é uma análise de tendências prevê possibilidades que o evento ocorra quando há convergências das opiniões aproximando-se de um consenso. Neste trabalho foi adotado como existindo o consenso para as questões em que 75% ou mais das respostas convergiram. A convergência ocorreu nas respostas sobre as evoluções tecnológicas e seu grau de relevância que estão sendo incorporadas pela Construção Civil e quais as percentagens de utilização dessas inovações pelas firmas especializadas. Para esses itens as respostas atingiram um consenso em torno de 90% dos respondentes.

Estranho, mas compreensível é a profunda divergência apresentada quanto às perspectivas de evolução do setor. Sendo ele extremamente sensível à flutuação da economia torna-se difícil qualquer prognóstico de médio e longo prazo devido provavelmente às ocorrências dos últimos anos. Como o número de respondentes foi significativo à questão fará parte da segunda rodada com a expectativa que a dispersão diminua.

Aparentemente observou-se uma dificuldade ou prevenção por parte dos respondentes, quanto às questões que tratam do emprego, pois na 1ª Rodada de questões sobre o tema, os respondentes reduziram-se em média para 15% do total.

Entretanto, houve uma redução significativa de respostas obtidas para as questões que se referiam à formação de profissionais e reflexos na perda de postos de trabalho devido às inovações. A grande dispersão apresentada pelas respostas às questões dessa natureza espera-se que sejam corrigidas na 2ª. rodada. Especula-se, neste momento, motivos para esse tipo de comportamento dos respondentes. O primeiro seria técnico. Estas questões figuravam na última parte do questionário e os respondentes já estariam cansados depois de vinte a trinta minutos de elaboração de respostas. O segundo é um certo tabu como certos assuntos são tratados ainda pela sociedade, como o desemprego e a qualificação de mão-de-obra. É possível que muitos respondentes não se sentiram confortáveis em tratar desse assunto por se sentirem afetados, não terem se dedicado a ele e por isso preferiram a omissão. Talvez, o desemprego e mudança de perfil profissional não tenham a relevância para os respondentes que os pesquisadores imaginavam.

Com base na 1ª Rodada, preliminarmente, pode se adiantar o seguinte:

- Quanto a tendência da indústria da Construção Civil, 100% dos respondentes afirmam existir uma tendência a mudança do gênesis da obra “construção” para “montagem”;
- Com respeito às evoluções nos Processos Construtivos, menos de 30 % consideram essa modalidade como sendo incorporada pela Construção Civil;
- Houve consenso, em mais de 75% das respostas que já está havendo perda de postos de trabalho face às inovações tecnológicas correlacionadas a evolução dos computadores;
- Quanto a Tecnologia de Informação (TI), 56 % consideram que ela está sendo incorporada pela Construção Civil;

- Após a 1ª Rodada do método Delphi-Web , cinco questões foram identificadas como sendo as que apresentaram um alto grau de divergência, decorrendo a necessidade da 2ª Rodada do método Delphi-Web.

8.2 Andamento da 2ª Rodada

Para a 2ª Rodada, o grupo de pesquisa está encaminhando aos especialistas, somente, as questões que não atingiram o grau de convergência que permitisse ser interpretado.

Como ilustração, uma das questões formuladas na 2ª Rodada e as respostas divergentes da 1ª Rodada – Figura 2, são apresentadas a seguir:

Pergunta da 1ª Rodada: Quais dos profissionais abaixo listados foram mais afetados por essas inovações, no sentido de perda de posto de trabalho? Com os dados da sua empresa, entidade, ou do seu conhecimento, faça uma estimativa de porcentagem de perda de posto de trabalho.

Desenhistas projetistas ()%

Pedreiros ()%

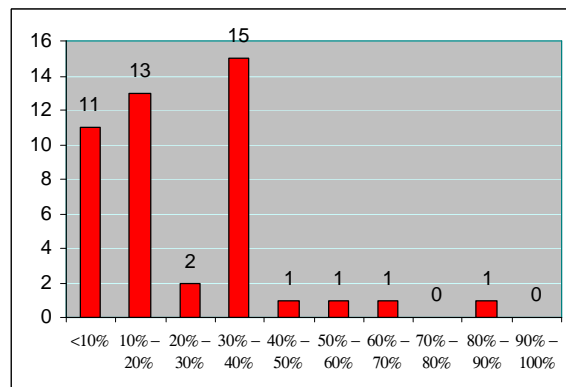
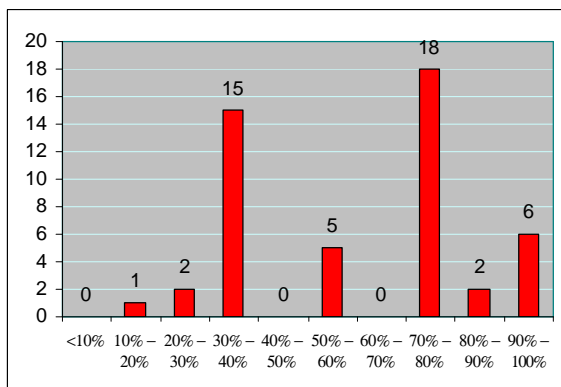


Figura 2 - Respostas divergentes da 1ª Rodada

No final desta 2ª Rodada, será organizado um *Workshop* com especialistas da área, para a discussão dos resultados obtidos com as aplicações dos questionários e entrevista em campo.

O projeto prevê que um relatório que será preparado e enviado aos especialistas, conjuntamente com as conclusões inerentes ao estudo de prospectiva tecnológica, que ficará disponível na Internet à consulta publica.

9. Conclusões preliminares

Há a expectativa de que a pesquisa sirva para fornecer, preventivamente, alguns indicadores que possibilitem antecipar decisões que minorem, principalmente, o agravamento do desemprego de trabalhadores de baixo nível de qualificação, considerando-se que:

- Fatores preponderantes às expectativas desta pesquisa estão presentes na Indústria da Construção Civil,

dentre eles:

- a má qualificação da mão-de-obra; - a modernização da Construção Civil, que tem exigido mais produtividade e qualidade do produto aplicado nas obras, e não tem atentado que não basta a aquisição de produtos de alta produtividade e qualidade, se não houver a valorização da mão-de-obra, uma vez que é essa mão-de-obra que deve estar apta a aplicar estes novos produtos.
- A Indústria da Construção Civil absorve grande parte da mão-de-obra do setor produtivo brasileiro, com significativo poder de reprodução de empregos diretos e indiretos, sendo que a capacitação profissional neste setor é obtida em processos “*on-the-job*”, onde não há um treinamento formal, para o profissional operário da construção civil, ocorrendo assim apenas a transferência da cultura entre os próprios operários, através do convívio com as atividades executadas por seus colegas de trabalho, formando um “ciclo vicioso do conhecimento e capacitação”;
- O setor da Construção Civil se diferencia dos demais tanto pelo seu produto, quanto pelo processo produtivo utilizado.
- A inovação tecnológica como parte integrante da cultura, marca a sua presença em cada época e em cada sociedade, levantando problemas e introduzindo conflitos a serem resolvidos. Neste contexto, hoje os “problemas e conflitos” surgidos do avanço tecnológico na Construção Civil são de tal importância, que certos profissionais deste setor estão ameaçados de sucumbir se eles não forem solucionados ou amenizados (ACOSTA-HOYOS, 1985).
- A tecnologia traz seus feitos, mas junto vêm seus defeitos. O antídoto contra os defeitos da tecnologia é a educação. (TRANJAN, 1999).

Referências

ACOSTA-HOYOS, L. E. (1985). Tecnologia e Qualidade de Vida (uma polêmica de nosso tempo). Viçosa: Editora UFV.

CONSTRUBUSINESS 2003 (2003). 5º Seminário da Indústria da Brasileira da Construção <[http://www.sindusconsp.com.br/temp/construbusiness/Construindo a Inclusao Social.ppt](http://www.sindusconsp.com.br/temp/construbusiness/Construindo_a_Inclusao_Social.ppt)> <acesso : 23/04/2004 - 11:00h>.

FONTES, R. (2000). ARBEX, Marcelo A . Desemprego e Mercado de Trabalho: Ensaio Teóricos e Empíricos. Viçosa: Editora UFV.

GIOVINAZZO, R. A. (2001). Modelo de Aplicação da Metodologia Delphi-Web pela Internet – Vantagens e Ressalvas- FEA USP - Administração On Line - Prática - Pesquisa – Ensino - ISSN 1517-7912 - Volume 2 - Número 2 (abril/maio/junho-2001) <http://www.facesp.br/adm_online/art22/renata.htm> < acesso : 09/08/03 – 15:00h>.

LAMERA, D. L. (2000). Coordenador. Perfil do Trabalhador na Indústria da Construção Civil de Goiânia. São Paulo: Editora FUNDACENTRO.

MARHAM, C. (1966). Empregos, Homens e Máquinas. Rio da Janeiro : Editora Lidador.

RIFKIN, J. (2001). Fim dos Empregos: O Declínio Inevitável dos Níveis dos Empregos e a Redução da Força Global de Trabalho. São Paulo: Ed. Makron Books.

SEADE/DIEESE (2004). <<http://www.seade.gov.br/noticias/noticia04.htm>> <acesso : 23/04/2004 - 09:25h>.

SEBRAE (1995). Administração de Recursos Humanos na Construção Civil. Curitiba-PR: Editora SEBRAE-PR/SINDUCON-PR.

SINDUSCON-SP (2004). Construcarta Emprego, 4 de março de 2004, ano 5, nº 176, <<http://www.sindusconsp.com.br/frame.asp?page=../secao/secao.asp?area=Emprego&numpai=1&descpai=economia>> <acesso : 23/04/2004 - 16:57h>.

THOMAZ, E. (2002). Tecnologia, Gerenciamento E Qualidade Na Construção. São Paulo: Editora PINI, 1ª Edição, 2ª Tiragem.

TRANJAN, R. A. (1999). Não Durma no Ponto. 3ª ed. São Paulo: Ed. Gente.

WRIGHT, J. T. C. , GIOVINAZZO R. A. , REIS, C. F. B. (2003). Prospecção Estratégica para 2003 com a utilização do método Delphi-Web. <[http:// www.fia.com.br/profuturo/publicações/artigos/artigos/art52.html](http://www.fia.com.br/profuturo/publicações/artigos/artigos/art52.html)> <acesso : 09/08/2003 – 20:10h>.

Paraconsistent Artificial Neural Networks: an Introduction

Jair Minoro Abe

Information Technology Dept., ICET – Paulista University, UNIP
Rua Dr. Bacelar 1212
CEP 04026-002 – São Paulo – SP – Brazil

Abstract. In this work we sketch a new theory of artificial neural network, based on a paraconsistent annotated logic $E\tau$. Such theory, called Paraconsistent Artificial Neural Network - PANN - is built from the algorithm Para-analyzer and has as characteristics the capability of mainly manipulating uncertainty, inconsistent and paracomplete concepts. Some aspects such as capability of adaptation, velocity processing, and other useful characteristics make the PANN a promising theory.

Keywords: Neural network, paraconsistent logics, annotated logics, logical analyzer, pattern recognition

1 Introduction

The Artificial Neural Network has been extensively studied in AI so it has interesting applications mainly when the process is dynamic. For instance, it has tuned out to be an effective tool for pattern recognition. Several theories of artificial neural networks have been proposed with different characteristics. In this paper we discuss a new theory of artificial neural network based on a paraconsistent annotated logic $E\tau$.

The atomic formulas of the paraconsistent annotated logic $E\tau$ is of the type $p_{(\mu, \lambda)}$, where $(\mu, \lambda) \in [0, 1]^2$ and $[0, 1]$ is the real unitary interval (p denotes a propositional variable). An order relation is defined on $[0, 1]^2$: $(\mu_1, \lambda_1) \leq (\mu_2, \lambda_2) \Leftrightarrow \mu_1 \leq \mu_2$ and $\lambda_1 \leq \lambda_2$, constituting a lattice that will be symbolized by τ . A detailed account of annotated logics is to be found in [1].

$p_{(\mu, \lambda)}$ can be intuitively read: "It is assumed that p 's belief degree (or favorable evidence) is μ and disbelief degree (or contrary evidence) is λ ." Thus, $(1.0, 0.0)$ intuitively indicates total belief, $(0.0, 1.0)$ indicates total disbelief, $(1.0, 1.0)$ indicates total inconsistency, and $(0.0, 0.0)$ indicates total paracompleteness (absence of

information). The operator $\sim : |\tau| \rightarrow |\tau|$ defined in the lattice $\sim [(\mu, \lambda)] = (\lambda, \mu)$ works as the “meaning” of the logical negation of $E\tau$.

The consideration of the values of the belief degree and of disbelief degree is made, for example, by specialists who use heuristics knowledge, probability or statistics [5].

We can consider several important concepts (all considerations are taken with $0 \leq \mu, \lambda \leq 1$):

- Segment DB - segment perfectly defined: $\mu + \lambda - 1 = 0$
- Segment AC - segment perfectly undefined: $\mu - \lambda = 0$
- Uncertainty Degree: $G_{un}(\mu, \lambda) = \mu + \lambda - 1$;
- Certainty Degree: $G_{ce}(\mu, \lambda) = \mu - \lambda$;

With the uncertainty and certainty degrees we can get the following 12 regions of output: *extreme states* that are, False, True, Inconsistent and Paracomplete, and *non-extreme states*. All the states are represented in the lattice of the next figure: such lattice τ can be represented by the usual Cartesian system.

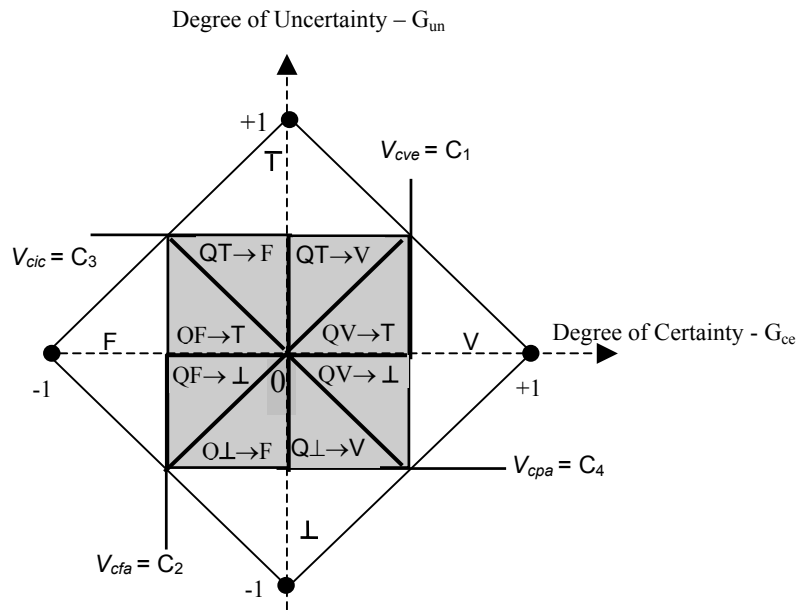


Fig. 1 - Representation of the certainty degrees and of contradiction degrees.

These states can be described with the values of the certainty degree and uncertainty degree by means of suitable equations. In this work we have chosen the resolution 12 (number of the regions considered according

to the Figure 1), but the resolution is totally dependent on the precision of the analysis required in the output and it can be externally adapted according to the applications.

So, such limit values called Control Values are:

- V_{cic} = maximum value of uncertainty control = C_3
- V_{cve} = maximum value of certainty control = C_1
- V_{cpa} = minimum value of uncertainty control = C_4
- V_{cfa} = minimum value of certainty control = C_2

For the discussion in the present paper we have used: $C_1 = C_3 = \frac{1}{2}$ and $C_2 = C_4 = -\frac{1}{2}$.

Table 1. Extreme and Non-extreme states.

Extreme States	Symbol	Non-extreme states	Symbol
True	V	Quasi-true tending to Inconsistent	$QV \rightarrow T$
False	F	Quasi-true tending to Paracomplete	$QV \rightarrow \perp$
Inconsistent	T	Quasi-false tending to Inconsistent	$QF \rightarrow T$
Paracomplete	\perp	Quasi-false tending to Paracomplete	$QF \rightarrow \perp$
		Quasi-inconsistent tending to True	$QT \rightarrow V$
		Quasi-inconsistent tending to False	$QT \rightarrow F$
		Quasi-paracomplete tending to True	$Q\perp \rightarrow V$
		Quasi-paracomplete tending to False	$Q\perp \rightarrow F$

2 The Paraconsistent Artificial Neural Cells

In the paraconsistent analysis the main aim is to know how to measure or to determine the certainty degree concerning a proposition, if it is False or True. Therefore, for this, we take into account only the certainty degree G_{ce} . The uncertainty degree G_{un} indicates the measure of the inconsistency or paracompleteness. If the certainty degree is low or the uncertainty degree is high, it generates an indefinición.

The resulting certainty degree G_{ce} is obtained as follows:

If: $V_{cfa} \leq G_{un} \leq V_{cve}$ or $V_{cic} \leq G_{un} \leq V_{cpa} \Rightarrow G_{ce} = \text{Indefinition}$

For: $V_{cpa} \leq G_{un} \leq V_{cic}$

If: $G_{un} \leq V_{cfa} \Rightarrow G_{ce} = \text{False}$ with degree G_{un}

$V_{cic} \leq G_{un} \Rightarrow G_{ce} = \text{True}$ with degree G_{un}

The algorithm that expresses a basic Paraconsistent Artificial Neural Cell - PANC - is:

* /Definition of the adjustable values * /

$V_{cve} = C_1$ * maximum value of certainty control * /

```

Vcfa = C2 * / minimum value of certainty control * /
Vcic = C3 * maximum value of uncertainty control * /
Vcpa = C4 * minimum value of uncertainty control * /
* Input /Variables * /
μ, λ
* Output /Variables *
Digital output = S1
Analog output = S2a
Analog output = S2b
* /Mathematical expressions * /
begin:
0 ≤ μ ≤ 1 e 0 ≤ λ ≤ 1
Gun = μ + λ - 1 Gce = μ - λ
* / determination of the extreme states * /
if Gce ≥ C1 then S1 = V
if Gce ≥ C2 then S1 = F
if Gun ≥ C3 then S1 = T
if Gun ≤ C4 then S1 = ⊥
If not: S1 = I - Indetermination
Gun = S2a Gce = S2b

```

A PANC is called *basic* PANC when given a pair (μ, λ) is used as input and resulting as output: G_{un} = resulting uncertainty degree, G_{ce} = resulting certainty degree, and X = constant of Indefinition, calculated by the equations $G_{un} = \mu + \lambda - 1$ and $G_{ce} = \mu - \lambda$

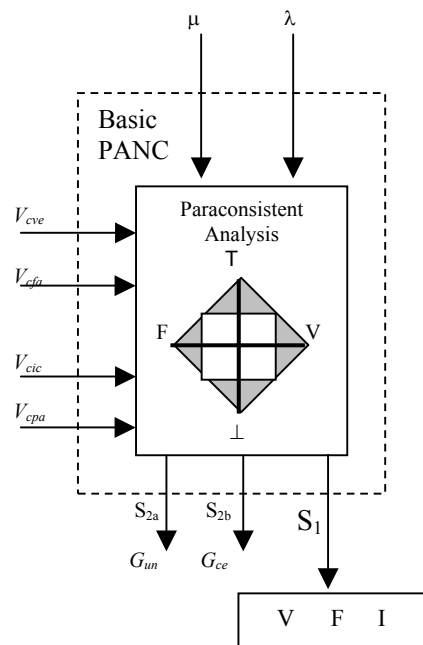


Fig. 2 - The Basic Paraconsistent Artificial Neural Cell

3 The Paraconsistent Artificial Neural Cell of Learning

A Paraconsistent Artificial Neural Cell of Learning – PANC-I is obtained from a basic PANC.

In this learning Cell, sometimes we need the action of the operator Not in the training process. Its function is to do the logical negation in the resulting output sign. For a training process, we consider initially a PANC of Analytic Connection the one not undergoing any learning process.

According to the paraconsistent analysis, a cell in these conditions has two inputs with an Indefinite value $\frac{1}{2}$.

So, the basic structural equation yields the same value $\frac{1}{2}$ as output, having as result an indefiniteness. For a detailed account see [4].

4 The Learning of a PANC-I

The learning cells can be used in the PANN as memory units and pattern sensors in primary layers. For instance, a PANC-I can be trained to learn a pattern by using an algorithm. For the training of a cell we can use as pattern real values between 0 and 1. The cells can also be trained to recognize values between 0 and 1.

The learning of the cells with extreme values 0 or 1 composes the primary sensorial cells. Thus, the primary sensorial cells consider as pattern a binary digit where the value 1 is equivalent to the logical state True and the value 0 is equivalent to the logical state False. The appearance of the input 0 repeated times means that the resulting belief degree is going to increase gradually in the output reaching the value 1. In these conditions we say that the cell has learned the falsehood pattern.

The same procedure is adopted when the value 1 is applied to the input repeated times. When the resulting belief degree in the output reaches the value 1 we say that the cell has learned the truth pattern. Therefore a PANC can learn two types of patterns: the truth pattern or the falsity pattern.

In the learning process of a PANC, a learning factor can be introduced (LF) that is externally adjusted. Depending on the value of LF, it gives the cell a faster or slower learning. In the learning process, given an initial belief degree $\mu_r(k)$, we use the following equation to reach $\mu_r(k) = 1$, for some k.

So, for truth pattern we have

$$\mu_r(k+1) = \frac{(\mu_i - \mu_r(k)_c)LF + 1}{2}$$

where $\mu_r(k)_c = 1 - \mu_r(k)$, and $0 \leq LF \leq 1$. For falsity pattern, we have

$$\mu_r(k+1) = \frac{(\mu_{1c} - \mu_r(k)_c)LF + 1}{2}$$

where $\mu_r(k)_c = 1 - \mu_r(k)$, $\mu_{1c} = 1 - \mu_1$, and $0 \leq LF \leq 1$

So we can say that the cell is completely learned when $\mu_r(k+1) = 1$.

If $LF = 1$, we say that the cell has a natural capacity of learning. Such capacity decreases as LF approaches 0. When $LF = 0$, the cell loses the learning capacity and the resulting belief degree will always have the indefinision value $\frac{1}{2}$.

5 Unlearning of a PANC-I

Even after having a cell trained to recognize a certain pattern, if insisently the input receives a value totally different, the high uncertainty makes the cell unlearn the pattern gradually. The repetition of the new values implies in a decreasing of the resulting belief degree. Then, the analysis has reached an indefinision. By repeating this value, the resulting belief degree reaches 0 meaning that the cell is giving the null belief degree to the former proposition to be learned.

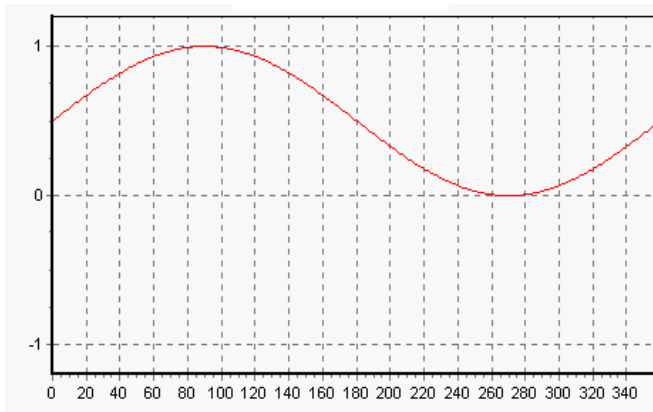
This is equivalent to saying that the cell is giving the maximum value to the negation of the proposition, so the new pattern must be confirmed. Algorithmically, this is showed when the certainty degree G_{ce} reaches the value -1 . In this condition the negation of the proposition is confirmed.

This is obtained by applying the operator Not to the cell. It inverts the resulting belief degree in the output. From this moment on the PANC considers as a new pattern the new value that appeared repeatedly and unlearning the pattern learned previously. By considering two factors, LF – learning factor and UF – unlearning factor, the cell can learn or unlearn faster or slower according the application.

These factors are important giving the PANN a more dynamic process.

6 Practical Results

The graphic below presents the result of the learning PANC using the learning algorithm seen in an application of a pattern to the sinusoid form used as input:



$$\text{sign}[30] = (\text{Sin} ((i \times \text{Pi}) / 180))$$

Fig. 3 - Pattern versus number of steps

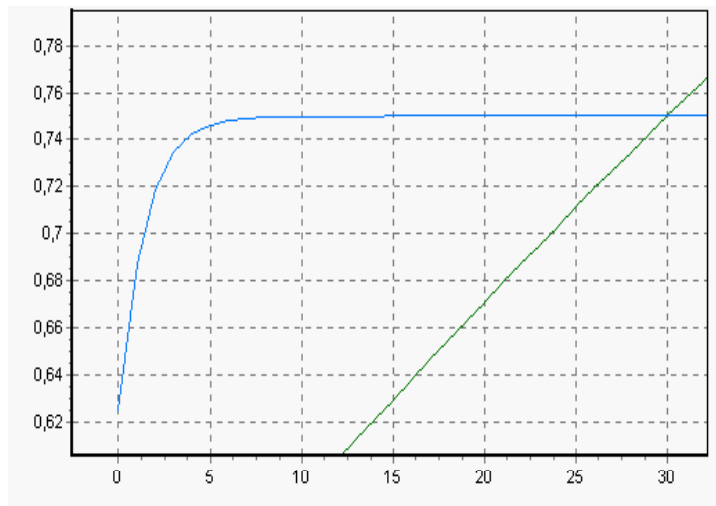


Fig. 4 – Learning cell behavior

The figure 3 displays pattern versus number of steps by applying the equation and we have: $\text{sign} [i] = (\text{Sin} ((i \times \text{Pi}) / 180) + 1) / 2$

The figure 4 displays the pattern versus number of steps for learning, showing that the cell has learned the applied function as input pattern after 30 steps.

7 Conclusion

The Paraconsistent Artificial Neural Network is a new theory capable of dealing with uncertainty, contradictory and paracomplete signs, giving a nontrivial treatment to them. It has been applied to pattern recognition, in particular in speech and image recognition. As a major improvement, we have a better processing velocity, external adjustments, and others. We think that the theme discussed here opens a new field of research in the artificial network area. We hope to say more in forthcoming papers.

References

- [1] J. M. Abe, “*Fundamentos da Lógica Anotada*” (Foundations of Annotated Logics), in Portuguese, Ph. D. Thesis, University of São Paulo, São Paulo, 1992.
- [2] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, Para-Analyzer and Inconsistencies in Control Systems, Proceedings of the IASTED *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'99)*, August 9-12, Honolulu, Hawaii, USA, 78-85, 1999.
- [3] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, Paraconsistent analyzer module, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, 346-352, 2001.
- [4] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, *Fundamentos das Redes Neurais Paraconsistentes – Destacando Aplicações em Neurocomputação*, in Portuguese, Editôra Arte & Ciência, ISBN 85-7473-045-9, 247 pp., 2001.
- [5] A. P. Dempster, Generalization of Bayesian inference, *Journal of the Royal Statistical Society*, Series B-30, 205-247, 1968.
- [6] R. Hecht-Nielsen, *Neurocomputing*. New York, Addison Wesley Pub. Co., 1990.
- [7] T. Kohonen, *Self-Organization and Associative Memory*. Springer-Verlag, 1984.
- [8] B. Kosko, *Neural Networks for signal processing*. USA, New Jersey, Prentice-Hall, 1992
- [9] R. Sylvan & J. M. Abe, On general annotated logics, with an introduction to full accounting logics, *Bulletin of Symbolic Logic*, 2, 118-119, 1996.
- [10] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks Architectures, Algorithms and Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1994.

Identificação – Trabalho Completo em Anais

ABE, J.M., Paraconsistent Artificial Neural Networks: an Introduction, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, 8th International Conference, KES 2004, Eds. M.Gh. Negoita, R.J. Howlett & L.C. Jain, Lecture Notes In Artificial Intelligence 3214, Subseries of Lecture Notes In Computer Science, Springer, Eds. J.G. Carbonell & J. Siekmann, ISSN 0302-9743, ISBN 3-540-23206-0, pp. 942-948, 2004.

Área de Concentração: Gestão da Informação

Linha de Pesquisa:

SISTEMA INTELIGENTE PARA CONSISTENTE PARA CONTROLE DE ROBÔS MÓVEIS AUTÔNOMOS

Cláudio Rodrigo Torres¹, Jair Minoru Abe² e Germano Lambert Torres¹

1. GAIA – Grupo de Aplicações de Inteligência Artificial, UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

2. Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, UNIP - Universidade Paulista

Resumo

Os Sistemas Inteligentes tradicionais são usualmente baseados na lógica clássica ou em algumas de suas extensões. Assim, em certas situações, quando defrontamos com incertezas, contradições (inconsistência) ou quando existe falta de informação (paracompleteza), muitas vezes algumas simplificações ou adaptações são necessárias para que o sistema continue funcionando, podendo torná-lo complexo ou, paradoxalmente, ineficiente.

Por outro lado, nos sistemas de controle de robôs móveis autônomos são comuns o aparecimento de incerteza, inconsistência e paracompleteza. No tocante ao tratamento da incerteza, grandes avanços foram alcançados graças à descoberta da lógica fuzzy e outros sistemas lógicos não-clássicos (v.g. lógica multivalorada). Conflitos aparecem por diferentes motivos. Eles podem surgir de diversos modos: dados contraditórios, limites de recursos, limitação dos sensores, etc. Conflitos podem ser expressos como meras diferenças ou contradição lógica. Em 1999, foi proposta a construção de um robô móvel autônomo, chamado Emmy, cujo funcionamento baseia-se na Lógica Paraconsistente Anotada. O sistema de controle utilizado na Emmy é capaz de lidar com as situações de incerteza, inconsistência e paracompleteza de modo não-trivial. O sistema proposto utiliza como base o controlador lógico paraconsistente *Paracontrol*.

Este trabalho possui como objetivo propor um sistema de controle para um robô móvel autônomo, porém utilizando uma variação do *Paracontrol*.

Palavras-Chave:

Lógica Paraconsistente Anotada, Sistema de Controle, Sistema Inteligente, Robô Móvel Autônomo.

1 Introdução

O sistema de controle estudado utiliza seis estados lógicos ao invés dos 12 estados lógicos utilizados no *Paracontrol* da Emmy. Além disso, ele possui controle de velocidade, o que não ocorre no robô Emmy.

O Paracontrol é um controlador lógico que constitui a materialização em circuito eletro-eletrônico do algoritmo Para-analisador [1]. O Para-analisador possui sua estrutura baseada na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial, da qual falaremos mais adiante com detalhe, e possui basicamente duas entradas (uma, a evidência favorável e a outra, a evidência contrária) e possui como saída 12 estados (incluindo entre eles, os estados verdadeiro, falso, inconsistente e paracompleto, além de estados “intermediários”) que constituem, simplificada, os estados de tomada de decisão do robô Emmy.

A Emmy possui dois sensores ultra-sônicos: um para determinar o grau de evidência favorável e o outro para determinar o grau de evidência contrária. Com o Paracontrol, a Emmy pode agir adequadamente a certas situações “especiais”, tais como frente a dados contraditórios: um sensor pode detectar um obstáculo à frente (por exemplo, uma parede) enquanto o outro pode não detectar obstáculo algum (por exemplo, pode estar em direção a uma porta aberta).

Havendo essa situação, a Emmy pára e gira 45° na direção que está mais livre. Assim, se na nova medição, não houver inconsistência, ela poderá tomar outra decisão, por exemplo, de se locomover à frente, contornando-se, assim, o obstáculo.

O presente trabalho apresenta algumas características adicionais ao controlador comentado, podendo ser classificado como um refinamento e melhoria no que tange à locomoção do robô Emmy. O sistema de controle proposto, o qual manteremos o nome Paracontrol, utiliza 6 (seis) estados lógicos e apresenta-se como novidade alguns comandos não existentes na Emmy:

Controle de velocidade nas diversas ações: por exemplo, detectando-se um obstáculo à frente, o novo Paracontrol permite que o robô freie escalonadamente, permitindo uma parada “mais suave”. Também, frente a dados contraditórios como aludidos no início, o robô gira “mais suavemente”.

O novo controlador permite movimentos retrógrados. Em certas situações o robô pode se movimentar para trás ou girar com uma roda fixa e outra girando para trás, permitindo ao robô realizar manobras mais fluentes que as da Emmy.

A combinação das duas características acima, mais as demais apresentadas no protótipo original, faz do novo protótipo um robô com movimentos mais “sofisticados” que o anterior, dando-se assim, mais um passo importante no que se espera de um robô móvel autônomo. O robô móvel autônomo construído com o novo Paracontrol denomina-se Emmy II.

2 Tópicos Importantes em Lógica

A lógica clássica surgiu, ao que tudo indica, por volta de 384-322 a.C. com Aristóteles e possui os

seguintes princípios básicos, entre outros:

- Princípio da identidade: todo objeto é idêntico a si mesmo.
- Princípio da contradição (alguns autores o denominam de princípio da não-contradição): de duas proposições contraditórias (i.e., uma é a negação da outra) uma delas deve ser falsa.
- Princípio do meio (ou do terceiro) excluído: de duas proposições contraditórias uma delas deve ser verdadeira.

Em 1910, o lógico russo Nicolai A. Vasil'ev (1880 – 1940) e o lógico polonês Jan Lukasiewicz (1878 – 1956), publicaram independentemente, trabalhos que trataram de lógicas que admitem contradições, porém, em nível Aristotélico.

Em 1948, o lógico polonês Stanislaw Jaskowski (1906 – 1965) formalizou com base na lógica discursiva (ou discussiva) um cálculo proposicional paraconsistente denominado cálculo proposicional discursivo. Independentemente, o lógico brasileiro Newton C. A. da Costa (1929 -) em 1954 desenvolveu vários sistemas paraconsistentes contendo todos os níveis lógicos usuais: cálculo proposicional, cálculo de predicados, cálculo de predicados com igualdade, cálculo de descrições e lógica de ordem superior (na forma de teoria dos conjuntos).

Com a proliferação de sistemas lógicos alternativos à lógica clássica, hodiernamente podemos conceber a ciência Lógica como a ciência que engloba os diversos sistemas lógicos (clássica, paraconsistente, difusa, etc.). Assim, sem muito rigor, a ciência Lógica pode ser dividida em duas classes: a lógica dedutiva e a lógica indutiva.

A lógica dedutiva estuda as inferências logicamente necessárias (ou válidas), de modo que, se as premissas forem verdadeiras, a conclusão necessariamente também é verdadeira. Esta categoria de lógica, por sua vez, pode ser dividida em dois grandes grupos: a lógica dedutiva clássica e a lógica dedutiva não-clássica.

A parte nuclear da lógica dedutiva clássica constitui-se no estudo do cálculo de predicados de primeira ordem e alguns de seus importantes sub-sistemas tais como o cálculo proposicional clássico e o cálculo implicativo clássico.

A lógica dedutiva não-clássica pode ser dividida em dois tipos de estudos:

- aquele que complementa o escopo da lógica clássica. Inclui-se nesta categoria os diversos sistemas modais, tais como, lógica do conhecimento, lógica deôntica, lógica temporal e outras;
- aquele que substitui a lógica clássica em alguns de seus pontos ou na maioria de seu domínio. Este último ramo chama-se lógicas rivais ou heterodoxas. Inclui-se nesta categoria: as diversas lógicas polivalentes (ou multivaloradas), lógicas fuzzy, lógicas paraconsistentes, lógicas anotadas, etc.

Como nesta dissertação a lógica paraconsistente possui papel importante, tecemos as considerações a seguir.

3 A Lógica Paraconsistente

A lógica paraconsistente pode ser definida como se segue. Seja T uma teoria fundada sobre uma lógica L , e suponha-se que a linguagem de L e T contenha um símbolo para a negação (se houver mais de uma negação, uma delas deve ser escolhida pelas suas características lógico-matemáticas). A teoria T diz-se inconsistente se ela possuir teoremas contraditórios, i.e., tais que um é a negação do outro; caso contrário, T diz-se consistente. A teoria T diz-se trivial se todas as fórmulas de L (ou todas as fórmulas fechadas de L) forem teoremas de T ; em hipótese contrária, T chama-se não-trivial.

Uma lógica L chama-se paraconsistente se puder servir de base para teorias inconsistentes, mas não-triviais [1].

Uma lógica L denomina-se paracompleta se puder ser a lógica subjacente de teorias nas quais se infringe o princípio da contradição, i. e., existem fórmulas tais que elas e suas negações são ambas falsas. De modo preciso, uma lógica se diz paracompleta se nela existirem teorias não-triviais maximais às quais não pertencem uma dada fórmula e sua negação.

No escopo das aplicações, uma questão indesejável da lógica clássica é sua fragilidade. Com efeito, pode-se demonstrar que a presença de uma contradição na lógica clássica, trivializa qualquer teoria baseada na mesma. Conseqüentemente, a lógica clássica é impotente para manipular diretamente o conceito de inconsistência, ficando impossibilitada de se fazer um tratamento não-trivial na presença de contradições. Em conseqüência, quando necessitamos tratar inconsistências diretamente, precisamos lançar mão das lógicas paraconsistentes [2,3,4].

4 Descrição do Sistema de Controle

O sistema de controle estudado utiliza seis estados lógicos ao invés dos 12 estados lógicos utilizados no *Paracontrol* da *Emmy*. Além disso, ele possui controle de velocidade, o que não ocorre no robô *Emmy* [5,6]. O *Paracontrol* é um controlador lógico que constitui a materialização em circuito eletro-eletrônico do algoritmo *Para-analisador*. O *Para-analisador* possui sua estrutura baseada na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial, da qual falaremos mais adiante com detalhe, e possui basicamente duas entradas (uma, a evidência favorável e a outra, a evidência contrária) e possui como saída 12 estados (incluindo entre eles, os estados verdadeiro, falso, inconsistente e paracompleto, além de estados “intermediários”) que constituem os estados de tomada de decisão do robô *Emmy*.

A Emmy possui dois sensores ultra-sônicos: um para determinar o grau de evidência favorável e o outro para determinar o grau de evidência contrária.

Com o *Paracontrol*, a Emmy pode agir adequadamente a certas situações “especiais”, tais como frente a dados contraditórios: um sensor pode detectar um obstáculo à frente (por exemplo, uma parede) enquanto o outro pode não detectar obstáculo algum (por exemplo, pode estar em direção a uma porta aberta). Havendo essa situação, a Emmy pára e gira 45° na direção que está mais livre.

Assim, se na nova medição, não houver inconsistência, ela poderá tomar outra decisão, por exemplo, de se locomover à frente, contornando-se, assim, o obstáculo. O presente trabalho apresenta algumas características adicionais ao controlador comentado, podendo ser classificado como um refinamento e melhoria no que tange à locomoção do robô Emmy.

O sistema de controle proposto, o qual manteremos o nome *Paracontrol*, utiliza 6 (seis) estados lógicos e apresenta-se como novidade alguns comandos não existentes na Emmy:

- 1) Controle de velocidade nas diversas ações: por exemplo, detectando-se um obstáculo à frente, o novo *Paracontrol* permite que o robô freie escalonadamente, permitindo uma parada “mais suave”. Também, frente a dados contraditórios como aludidos no início, o robô gira “mais suavemente”.
- 2) O novo controlador permite movimentos retrógrados. Em certas situações o robô pode se movimentar para trás ou girar com uma roda fixa e outra girando para trás, permitindo ao robô realizar manobras mais fluentes que as da Emmy.
- 3) A combinação das duas características acima, mais as demais apresentadas no protótipo original, faz do novo protótipo um robô com movimentos mais “sofisticados” que o anterior, dando-se assim, mais um passo importante no que se espera de um robô móvel autônomo.

O robô móvel autônomo construído com o novo *Paracontrol* denomina-se Emmy II.

5 Construção Física do Robô Móvel Autônomo Emmy II

A plataforma utilizada para a montagem do robô Emmy II possui aproximadamente 25cm de diâmetro e 23cm de altura. Os componentes principais do robô Emmy II são um microcontrolador da família 8051, dois sensores de ultra-som e dois motores de corrente contínua. A Figura 1 mostra a estrutura básica do robô Emmy II.

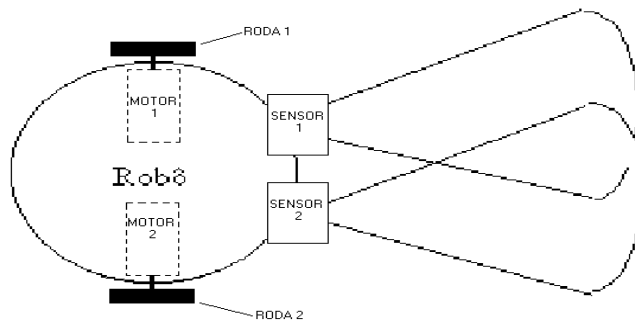


Figura 1 – Estrutura básica do robô Emmy II.

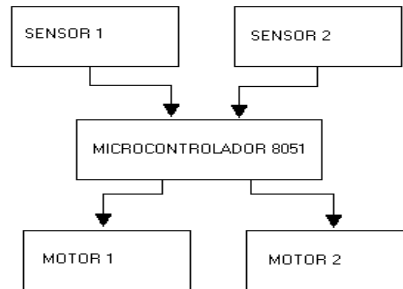


Figura 2 – Diagrama em blocos simplificado.

Os sensores de ultra-som são responsáveis pela verificação de obstáculos à frente do robô. Os sinais gerados pelos sensores são enviados para o microcontrolador. Os valores do grau de evidência favorável (μ) e do grau de evidência contrária (λ) na proposição “A frente do robô está livre” são determinados pelo microcontrolador com base nos sinais recebidos dos sensores de ultra-som. O microcontrolador também determina o movimento a ser executado pelo robô, ou seja, qual motor deve ser acionado, com base na decisão proveniente do Paracontrol.

A Figura 2 mostra o diagrama em blocos simplificado do robô móvel autônomo Emmy II; enquanto a Figura 3 mostra uma vista frontal e inferior do robô.

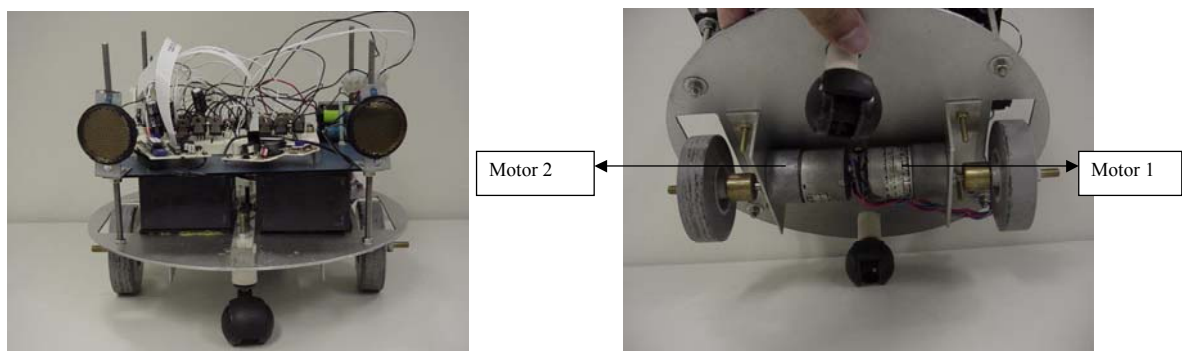


Figura 3 – Vista frontal e inferior do robô Emmy II.

6 Programação do Robô Emmy II

O componente principal do robô Emmy II é o microcontrolador 89C52, pois ele é responsável por determinar as distâncias entre os sensores de ultra-som e os obstáculos localizados à frente do robô, calcular os valores dos graus de evidência favorável e evidência contrária na proposição “A frente do robô está livre”, executar o algoritmo Para-analisador e gerar sinais para o acionamento dos motores. Armazena-se o programa na memória interna do microcontrolador 89C52..

Os movimentos possíveis neste robô são os seguintes:

1. Seguir em frente em linha reta. Os motores 1 e 2 são acionados para frente ao mesmo tempo com a mesma velocidade.
2. Ir para trás em linha reta. Os motores 1 e 2 são acionados para trás ao mesmo tempo com a mesma velocidade.
3. Girar para a direita. Apenas o motor 1 é acionado para frente com o motor 2 parado.
4. Girar para a esquerda. Apenas o motor 2 é acionado para frente com o motor 1 parado.
5. Girar para a direita. Apenas o motor 2 é acionado para trás com o motor 1 parado.
6. Girar para a esquerda. Apenas o motor 1 é acionado para trás com o motor 2 parado.

O sinal gerado pelo sensor S1 considera-se como grau de evidência favorável e o sinal originado pelo sensor S2 considera-se como grau de evidência contrária na proposição “A frente do robô está livre”. Quando existe um obstáculo próximo ao sensor S1 o grau de evidência favorável é baixo e quando o obstáculo está distante do sensor S1 o grau de evidência favorável é alto. Por outro lado, quando existe um obstáculo próximo ao sensor S2 o grau de evidência contrária é alto e quando o obstáculo está distante do sensor S2 o grau de evidência contrária é baixo.

O robô decide qual movimento escolher baseado nos valores do grau de evidência favorável, no grau de evidência contrária e no sistema de controle proposto de acordo com o reticulado com os respectivos estados lógicos extremos e não-extremos da Figura 4.

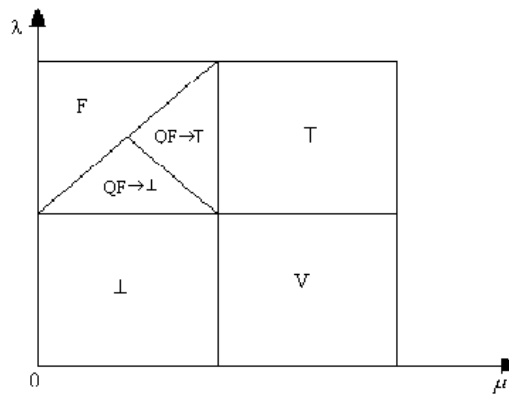


Figura 4 – Reticulado com os estados lógicos utilizado pelo robô Emmy II.

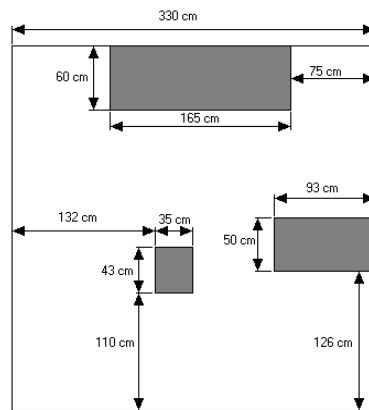


Figura 5 – Ambiente de testes do robô Emmy II.

A verificação dos valores do grau de evidência favorável e do grau de evidência contrária, tomada de decisão e movimentação dos motores é feita de forma seqüencial. Tal seqüência de ações é quase imperceptível ao se observar o robô movimentando-se.

Para cada estado, a respectiva decisão é a seguinte:

- Estado V: Ir para frente. Os motores 1 e 2 são acionados para frente ao mesmo tempo.
- Estado F: Ir para trás. Os motores 1 e 2 são acionados para trás ao mesmo tempo.
- Estado \perp : Girar para a direita. Apenas o motor 1 é acionado para frente. Permanecendo o motor 2 parado.
- Estado T: Girar para a esquerda. Apenas o motor 2 é acionado para frente. Permanecendo o motor 1 parado.
- Estado $QF \rightarrow \perp$: Girar para a direita. Apenas o motor 2 é acionado para trás. Permanecendo o motor 1 parado.
- Estado $QF \rightarrow T$: Girar para a esquerda. Apenas o motor 1 é acionado para trás. Permanecendo o

motor 2 parado.

As justificativas para as escolhas são as seguintes:

Quando o estado for Verdadeiro (V), significa que a frente do robô está livre. Assim, o robô pode seguir em frente.

Na Inconsistência (T), μ e λ assumem valores altos (i.e., pertencentes à região T). Isto significa que S1 está distante de um obstáculo e S2 está próximo de um obstáculo, sendo que o lado esquerdo está mais livre que o direito. Assim, a ação recomendada é girar para a esquerda. Aciona-se apenas o motor 2 para a frente e mantendo o motor 1 parado.

Quando for detectado o estado de Paracompleteza (\perp), μ e λ assumem valores baixos. Isto significa que S1 está próximo de um obstáculo e S2 está distante de um obstáculo, sendo que o lado direito está mais livre que o esquerdo. Portanto, a decisão deve ser girar para a direita. Aciona-se apenas o motor 1 para frente e mantendo o motor 2 parado.

No estado de Falsidade (F), a frente do robô está obstruída por um o obstáculo muito próximo do robô. Portanto, a decisão é recuar.

No estado Quase-falso tendendo ao Inconsistente ($QF \rightarrow T$), a frente do robô continua obstruída, com as seguintes características: o obstáculo não está tão próximo como na Falsidade e o lado esquerdo está um pouco mais livre do que o direito. A decisão é girar para a esquerda acionando-se apenas o motor 1 para trás e mantendo-se o motor 2 parado.

No estado Quase-falso tendendo ao Paracompleto ($QF \rightarrow \perp$), a frente do robô continua obstruída, do seguinte modo: o obstáculo não está tão próximo como na falsidade e o lado direito está um pouco mais livre do que o esquerdo. A decisão é girar para a direita, acionando-se apenas o motor 2 para trás e mantendo-se o motor 1 parado.

7 Testes

Com o objetivo de verificar a funcionalidade do robô Emmy II executou-se quatro testes. Esses testes constituem-se basicamente por contar quantas vezes o robô se choca a algum obstáculo quando o robô se locomove por um determinado ambiente. A figura 6.3 mostra o ambiente onde os testes com o robô Emmy II foram realizados.

O tempo de duração e o resultado de cada teste são o seguinte:

Teste 1: Duração: 3 minutos e 50 segundos. Resultado: 13 colisões.

Teste 2: Duração: 3 minutos e 10 segundos. Resultado: 7 colisões

Teste 3: Duração: 3 minutos e 30 segundos. Resultado: 10 colisões.

Teste 4: Duração: 2 minutos e 45 segundos. Resultado: 10 colisões.

Os sensores de ultra-som utilizados pelo robô Emmy II não detectam obstáculos a uma distância de 7,5 cm ou menos. Os sensores de ultra-som emitem ondas sonoras e esperam o retorno dessas ondas (eco) para determinar a distância entre o obstáculo e o sensor; mas nem sempre essas ondas retornam, às vezes elas refletem para uma outra direção. Essas são as causas principais das colisões ocorridas durante os testes. Isto pode ser resolvido com a colocação de mais sensores e algumas modificações no Paracontrol.

As causas das colisões são as seguintes:

Teste 1: Total de colisões: 13.

Colisões causadas por causa do reflexo das ondas sonoras: 4.

Colisões causadas pela proximidade do obstáculo: 9.

Teste 2: Total de colisões: 7.

Colisões causadas por causa do reflexo das ondas sonoras: 2.

Colisões causadas pela proximidade do obstáculo: 5.

Teste 3: Total de colisões: 10.

Colisões causadas por causa do reflexo das ondas sonoras: 5

Colisões causadas pela proximidade do obstáculo: 5.

Teste 4: Total de colisões: 10.

Colisões causadas por causa do reflexo das ondas sonoras: 4.

Colisões causadas pela proximidade do obstáculo: 6.

Uma outra possibilidade de colisão existe quando se detecta o estado falso. Nessa situação o robô vai para trás por 0,4 segundos, como não existe sensoramento atrás do robô, a possibilidade de colisão é grande.

8 Conclusões

Neste trabalho propôs-se uma nova versão do Paracontrol (controlador lógico paraconsistente) baseado

na lógica paraconsistente evidencial $E\tau$. Implementou-se o Paracontrol num robô móvel autônomo que foi denominado Emmy II. Como novidade, tal controlador permite o controle da velocidade dos movimentos do robô e possibilita ajustes via software. O robô Emmy II realiza movimentos retrógrados, o que não era possível no robô Emmy.

O funcionamento do robô Emmy II mostrou-se bastante satisfatório. Conseguiu-se, assim, a implementação de um robô móvel autônomo sem supervisão externa e com possibilidade de navegação em ambiente não estruturado a um custo financeiro relativamente baixo.

Os controladores baseados na lógica paraconsistente anotada são capazes de manipular incerteza, contradição e paracompleteza de modo eficiente. Possibilitando, assim, novas pesquisas com perspectivas interessantes.

9 Referências

- [1] J.M. Abe - "Fundamentos da Lógica Anotada", Ph. D. Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- [2] G. Lambert Torres, J.M. Abe, M.L. Mucheroni & P.E. Cruvinel – Advances in Intelligent Systems and Robotics, IOS Press, 2 volumes, Vol. I: 217p e Vol. II: 240 p., ISBN 1 58603 386-7, Amsterdam, Holanda, 2003.
- [3] N.C.A. da Costa, J.M. Abe & V.S. Subrahmanian – "Remarks on Annotated Logic", Zeitschrift fur Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik, Vol.37, pp.561-570, 1991.
- [4] N.C.A. da Costa, J.M. Abe, J.I. da Silva Filho, A.C. Murolo & C.F.S. Leite, Lógica Paraconsistente Aplicada, ISBN 85-224-2218-4, Editora Atlas, 214 pp., 1999
- [5] J.I. da Silva Filho - Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores LPA2v com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos, Ph. D. Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- [6] J.I. da Silva Filho & J.M. Abe – "Emmy: a paraconsistent autonomous mobile robot", in Logic, Artificial Intelligence, and Robotics, Proc. 2nd Congress of Logic Applied to Technology – LAPTEC'2001, Edts. J.M. Abe & J.I. Da Silva Filho, Frontiers in Artificial Intelligence and Its Applications, IOS Press, Amsterdam, Ohmsha, Tokyo, Vol. 71, ISBN 1 58603 206 2 (IOS Press), 4 274 90476 8 C3000 (Ohmsha), ISSN 0922-6389, 53-61, 287p., 2001.

Identificação – Trabalho Completo em Anais

TORRES, C.R., J.M. ABE & G.L. TORRES, Sistema Inteligente Paraconsistente para Controle de Robôs Móveis Autônomos, Anais do I Workshop Universidade-Empresa em Automação, Energia e Materiais, 5 e 6 de novembro de 2004 Taubaté (SP), 2004.

Área de Concentração: Gestão da Informação

Linha de Pesquisa:

A aplicação do balanced scorecard para gerenciamento estratégico de uma instituição de ensino superior privada com a utilização de data warehouse

Felippe Marcel Zancarli (Unip) prof@felippe.com.br

Antonio Roberto P. L. Albuquerque (Unip) albuquerque@unip.br

Marise Miranda (Uninove) miranda@uninove.br

A Instituição de Ensino Superior Privada (IESP) é considerada uma organização complexa e seu processo de gestão representa, hoje, um processo estratégico.

A implantação de um sistema de gestão de informação dentro do contexto organizacional de uma IESP somente garante o fator qualidade se aliado à Tecnologia da Informação, podendo demonstrar indicadores de desempenho estratégico capazes de corresponder a uma rotina de navegação e à condução da organização a médio e longo prazo.

Na era da informação e da nova economia preza-se a gestão do conhecimento, para que as metas de cada departamento construam objetivos comuns, podendo produzi-los, aproveitá-los e difundir-los por toda a organização.

Depois de mensuradas as estratégias, os objetivos estratégicos e seus indicadores de desempenho que visem controlar os novos rumos, novos mercados, novas fronteiras da organização como ponto de apoio à tomada de decisão e cumprimento de metas estratégicas, faz-se necessária a adoção de um modelo para implantação de um BSC (Balanced scorecard) que utilizará a estrutura de um data warehouse para armazenamento das informações que darão apoio à tomada de decisão para os Gestores da Instituição em questão.

Palavras-chave: Instituição de Ensino Superior Privada, Balanced Scorecard, Data Warehouse

1. Introdução

O processo de gestão das Instituições de Ensino Superior Privadas (IESP) vem suscitando discussões acerca do modelo organizacional e de sua gestão que abraçam os mesmos complexos organismos de uma empresa. A elaboração de uma estratégia para consolidar-se no mercado diante dos eventos legais do Conselho Nacional de Educação (CNE) e das Leis de Diretrizes e Bases (LDB) estabelece a necessidade de um grande apoio da tecnologia da informação como em qualquer grande estrutura empresarial.

Diante de um novo cenário para a IESP, que se afronta com um crescimento acelerado e uma carga de informações proporcional, depara-se com um grande volume de serviços ofertados, competindo no mesmo espaço geográfico, infra-estrutura propiciando maior conforto, diversificados preços, metodologias de ensino e estratégias de mercado, que tentam criar um diferencial competitivo de modo a garantir a fidelidade do cliente. Para facilitar o entendimento, a proposta é utilizar o termo IESP e não entrar no mérito da questão ortodoxa acadêmica. Visualizá-la como uma organização que presta serviços ao ambiente. Sob o ponto de vista de gestão, como toda grande organização, a IESP preocupa-se agora com o mercado, com o negócio, com o seu cliente e como os serviços são geridos para evitar queda da produtividade e lentidão dos processos.

Neste cenário, a qualidade dos serviços prestados por uma IESP hoje é exigência de seus clientes, não só na educação, mas como em qualquer setor, seja de bens ou serviços. Qualidade exige investimento em infra-estrutura e recursos humanos, da mesma forma que uma organização comporta-se para solidificar-se no mercado e para garantir sua sobrevivência em longo prazo.

Os desafios atuais, ancorados aos sistemas de informação, são as materializações do mundo abstrato dos negócios, missão e visão. Depois de mensuradas as estratégias, os objetivos estratégicos e seus indicadores de desempenho que visem controlar os novos rumos, novos mercados, novas fronteiras da organização como ponto de apoio à tomada de decisão e cumprimento de metas estratégicas, faz-se necessária a adoção de um modelo para implantação de um BSC (Balanced scorecard) que utilizará a estrutura de um data warehouse para armazenamento das informações que darão apoio à tomada de decisão para os Gestores da Instituição em questão. O BSC, usado como base na eleição dos indicadores deste trabalho, terá seus valores extraídos de diversas áreas da IESP: alguns, de sistemas integrados, legados e documentos comuns dos mais variados formatos (textos, planilhas, etc), outros, terão seus valores controlados por um sistema de informação apresentado neste trabalho.

Objetivos

Os principais objetivos desta pesquisa são:

Colaborar na gestão estratégica das instituições;

Elaborar a estrutura do Balanced Scorecard para a IESP em questão;

Gerar um modelo de um Sistema de Informação para controle de indicadores não presentes nos Sistemas Legados da instituição;
Modelar um data warehouse para armazenamento das informações.

1.2 Justificativa do trabalho

Os Sistemas de Informações (SI) nas empresas estão passando por várias mudanças. Anteriormente, as empresas trabalhavam para conseguir gerar e implantar informações nos computadores. Hoje em dia, as informações já são de fácil geração e implantação. As instituições necessitam hoje de informações gerenciais e executivas para poderem tomar decisões rápidas neste mercado globalizado e competitivo.

Com a evolução da Tecnologia da Informação (TI) e o crescimento do uso de computadores, praticamente todas as instituições de médio e grande porte estão utilizando sistemas informatizados para gerenciar seus processos mais importantes.

Isto acaba gerando uma enorme quantidade de dados relacionados aos negócios, mas não relacionados entre si. Estes dados, armazenados em um ou mais sistemas operacionais da empresa, são recursos, mas, de modo geral, raramente servem como recursos estratégicos usados para tomada de decisões no seu estado original ou operacional. Os sistemas convencionais de informática (ERP – Enterprise Resourcing Planning - ou Legacy System – Sistemas Legados) não são projetados para gerar e armazenar as informações estratégicas e, muito menos, conseguem aproveitar dados advindos de outras fontes, como relatórios em formato texto e planilhas de cálculo, o que torna os dados vagos e sem valor para apoiar o processo de tomada de decisões. Estas, normalmente são tomadas com base na experiência dos gestores, quando poderiam também ser baseadas em fatos históricos que foram armazenados pelos diversos SI utilizados pelas organizações. (Inmon, 1997)

Segundo Barbieri (2001), o Business Intelligence (BI), que surgiu para resolver estes problemas, consiste de uma vasta categoria de tecnologias e programas aplicativos utilizados para extrair, armazenar, analisar e transformar grandes volumes de dados, produzindo um ambiente de conhecimento. Neste ambiente há a produção sistemática de informação gerencial, veloz e consistente, capaz de auxiliar empresas a tomarem as melhores decisões nos negócios, baseadas em fatos reais, com profundidade suficiente para descobrir as causas de uma tendência ou de um problema. As principais características do Business Intelligence são:

A capacidade de extrair e integrar dados de múltiplas fontes;

A transformação dos registros obtidos em informação útil para o conhecimento empresarial.

A valorização da experiência;

A análise de dados contextualizados;

A procura de relações de causa e efeito, trabalhando com hipóteses e desenvolvendo estratégias e ações competitivas.

Uma das ferramentas utilizadas pelo BI é o data warehouse. De acordo com Oliveira (1998), a criação de Data Warehouse vai ao encontro das necessidades atuais das grandes empresas. Massacradas por uma quantidade enorme de dados derivados de transações diárias, as corporações encontram grandes dificuldades na hora de utilizar estes dados para a tomada de decisões. Supostamente, os dados armazenados deveriam ajudar os gestores a decidir de forma mais embasada. No entanto os bancos de dados que armazenam as transações diárias, semestrais ou anuais das instituições foram feitos apenas para responder as questões simples, como cadastros, totalizações, somatórias. Eles revelam uma enorme dificuldade para responder às pesquisas, que necessitam relacionar dados em diversas tabelas (fontes).

Segundo Kimball (1998a), um conjunto de ferramentas e técnicas de projeto (aplicadas às necessidades específicas do usuário e aos bancos de dados específicos dos sistemas de processamento de transações) permitem que se planeje e construa um Data Warehouse de nível empresarial. Este novo conceito de banco de dados auxilia as empresas disponibilizando suas informações históricas para conseguir certificações de qualidade. No caso das Instituições de Ensino Superior, contribuirão na gestão estratégica das mesmas, para que as metas estabelecidas no BSC sejam alcançadas.

Portanto, o presente trabalho propõe um modelo para a utilização do Balanced Scorecard como ferramenta estratégica de eleição de indicadores, a modelagem de um Data Warehouse para implementação e transformação dos dados operacionais em dados "gerenciais", "informacionais" ou "analíticos" (Inmon, 1997), além da modelagem de um sistema de informação que fará o controle dos indicadores não disponíveis nos sistemas da instituição em questão.

2. Revisão da Literatura

2.1 Balanced Scorecard

O item presente traz as definições as quais a pesquisa em questão embasou-se como ferramenta de apoio à tomada de decisões.

Apresentado por Kaplan e Norton no início da década de 90, o “Balanced scorecard” (BSC) pode ser considerado como a mais conhecida estrutura de medição de desempenho. Entretanto, em meados da década de 90, no decorrer de suas pesquisas, os autores definiram o Balanced scorecard como um sistema de gestão estratégica mais do que um sistema de medição de desempenho. Ele preserva as medidas financeiras tradicionais e as complementa com medidas de desempenho focalizadas nos clientes, nas operações internas e no aprendizado e crescimento. Para cada uma das perspectivas, o BSC busca, por meio de medidas de desempenho, endereçar as seguintes questões (Kaplan e Norton, 1996a e 1997):

Perspectiva Financeira: para sermos bem sucedidos financeiramente, como deveríamos ser vistos pelos nossos acionistas?

Perspectiva dos Clientes: para alcançarmos nossa visão e missão como deveríamos ser vistos pelos nossos clientes?

Processos Internos: para satisfazermos nossos acionistas e clientes, em quais processos de negócio devemos alcançar excelência?

Aprendizado e Crescimento: para alcançarmos nossa visão, como sustentaremos nossa habilidade de mudar e melhorar?

Quando se trata de Balanced scorecard não é possível dissociá-lo dos princípios da administração por objetivos, inicialmente divulgada por Drucker (1981) que se tornou amplamente conhecida e utilizada nas empresas modernas. Os objetivos e as metas de desempenho, assim como as estratégias, são traçados de cima para baixo ao longo de toda a estrutura organizacional.

O BSC não deve ser a re-alocação do sistema de medição já existente na empresa (que gerencia a rotina). As medidas do scorecard devem ser escolhidas para direcionar a atenção dos gerentes e empregados nos fatores esperados para conduzir às rupturas de competitividade da organização (Kaplan e Norton, 1996a). Segundo Kaplan e Norton (1996b e 1997), a estrutura do scorecard viabiliza os seguintes processos gerenciais críticos:

Esclarecer e traduzir a visão estratégica;

Comunicar e associar objetivos e medidas estratégicas;

Planejar, estabelecer metas e alinhar iniciativas estratégicas e

Melhorar o feedback e o aprendizado estratégico.

Portanto, na visão dos autores, o verdadeiro poder do Balanced scorecard ocorre quando deixa de ser um sistema de medição de desempenho e se transforma em um sistema de gestão estratégica.

2.2 A Tecnologia da Informação

A competitividade está exigindo das empresas, a cada dia que passa, novas maneiras de relacionar-se com o concorrente, com o consumidor e com o fornecedor. A globalização dos negócios e as rápidas mudanças requerem constantes adaptações para a manutenção das empresas no mercado, sendo o acesso à informação um dos pilares dessas mudanças.

Segundo Freitas et al. (1997, p. 24), “a importância da informação dentro das organizações aumenta de acordo com o crescimento da complexidade da sociedade e das organizações. Em todos os níveis organizacionais (operacional, tático e estratégico), a informação é um recurso fundamental”.

O tratamento dessas informações, também denominado Informática ou Sistemas de Informação (SI), faz parte de toda atividade de negócio de uma empresa que oferece um produto ou serviço – desde a concepção, planejamento e produção até a comercialização, distribuição e suporte. Desse modo, os SI têm-se tornado um componente crítico do planejamento estratégico corporativo e da vantagem competitiva (Albertin, 1999).

Segundo Laudon e Laudon (1999), um SI pode ser definido como um conjunto de componentes inter-relacionados trabalhando juntos para coletar, recuperar, processar, armazenar e distribuir informação com a finalidade de facilitar o planejamento, o controle, a coordenação, a análise e o processo decisório em empresas e outras organizações.

Segundo Lesca (apud Freitas et al., 1997, p. 33), o SI da empresa é o conjunto interdependente das pessoas, das estruturas da organização, das tecnologias de informação – hardware e software, dos procedimentos e métodos que deveriam permitir à empresa dispor no tempo desejado das informações de que necessita ou necessitará para seu funcionamento atual e para sua evolução.

Os SI, de acordo com Laudon e Laudon (2000), permitem uma racional transformação de dados crus e isolados extraídos do ambiente interno ou externo da organização em informações úteis e adequadas ao negócio. Essas informações, por sua vez, subsidiam a tomada de decisão, contribuindo para um melhor desenvolvimento do processo decisório (Bio, 1996).

Desde que a TI foi introduzida sistematicamente em meados da década de 50, a forma como as organizações operam, o modelo de seus produtos e a comercialização desses produtos mudaram radicalmente.

Evidentemente, os computadores e os telefones beneficiam os processos empresariais: os telefones encurtam o tempo e a distância, permitindo às empresas, por exemplo, monitorar diariamente as vendas gerais e agir de

acordo com os dados levantados; os computadores apressam o ritmo de muitas atividades e, ao mesmo tempo, reduzem a necessidade de mão-de-obra (Davenport, 1996).

Segundo Albertin (1999), a partir da década de 80 a informática passou a ter enfoque mais de negócio do que técnico. Esta mudança deve-se à constante evolução das organizações, dos mercados, da competitividade, da tecnologia de hardware e dos recursos humanos, que exigiram uma nova abordagem desta tecnologia. Muitas organizações passaram a investir em TI, de acordo com sua estratégia competitiva e visão de futuro. Tapscott (1997) afirma que atualmente não é possível elaborar uma estratégia ou um projeto de negócio sem considerar a importância da tecnologia.

A TI abre possibilidades inúmeras de compatibilização entre necessidades e realidades empresariais diversas. Sendo assim, para que uma empresa possa tirar total vantagem do uso de modernas TI para ganhar competitividade, é necessário que prime pelo eficiente gerenciamento de implementação e de impacto da nova TI na empresa.

2.3 Data Warehouse

A proposta de estruturação dos dados em um ambiente de DW é apresentada por vários autores: segundo Inmon (1997), Data Warehouse é uma coleção de dados orientados por assuntos, integrados, variáveis com o tempo e não voláteis, para dar suporte ao processo gerencial de tomada de decisão. Para Harjinder & Rao (1996), Data Warehouse é um processo em andamento que aglutina dados de fontes heterogêneas, incluindo dados históricos e dados externos para atender à necessidade de consultas estruturadas e ad-hoc, relatórios analíticos e de suporte à decisão. E para Kimball et. al. (1998b), Data Warehouse é uma fonte de dados consultáveis da organização, formado pela união de todos os data marts correspondentes.

2.3.1 Dados Operacionais x Dados Informativos

Com o objetivo de tornar mais claro o entendimento sobre data warehouse, faz-se necessário um estudo comparativo entre o conceito tradicional de banco de dados (BD) e data warehouse (DW). "Um banco de dados é uma coleção de dados operacionais armazenados e utilizados pelo sistema de aplicações de uma empresa específica", (Batini & Lenzerini, 1986).

Os dados mantidos por uma empresa são chamados de "operacionais" ou "primitivos". Batini & Lenzerini (1986) referem-se aos dados no banco de dados como "dados operacionais", distinguindo-os de dados de entrada, dados de saída e outros tipos de dados. Baseado na definição de Batini & Lenzerini sobre dados operacionais, pode-se dizer que um DW é, na verdade, uma coleção de dados derivados dos dados operacionais para sistemas de suporte à decisão. Estes dados derivados são, muitas vezes, referidos como dados "gerenciais", "informativos" ou "analíticos" (Inmon, 1997).

Os bancos de dados operacionais mantêm armazenadas as informações necessárias para viabilizar as operações diárias da empresa. São utilizados por funcionários para registrar e executar operações pré-definidas, por isso seus dados podem sofrer constantes mudanças, conforme as necessidades atuais da empresa. Já um Data Warehouse armazena dados analíticos, destinados às necessidades da gerência no processo de tomada de decisões. Isto pode envolver consultas complexas que necessitam acessar um grande número de registros. Por isso, é importante a existência de muitos índices criados para acessar às informações da maneira mais rápida possível.

Com base no exposto acima, conclui-se que o Data Warehouse é um recurso que as organizações possuem para analisar informações históricas, podendo fazer uso dessas para melhoria dos processos atuais e futuros. Na pesquisa em questão, os dados armazenados no DW serão extraídos dos sistemas legados, fontes de dados nos mais variados formatos (textos, planilhas, etc) e do sistema de informações proposto.

A seguir são apresentadas algumas diferenças importantes entre data warehouse e bancos de dados operacionais.

Característica	BD Operacionais	Data Warehouse
Objetivo	Operacional	Informativo
Tipo de processamento	OLTP (On-Line Transaction Processing)	OLAP (On-Line Analytical Processing)
Tipo de operação	Inclusão, alteração, exclusão	Carga e consulta
Número de usuários	Milhares	Centenas
Tipo de usuário	Operadores	Tomadores de decisão
Interação do usuário	Somente pré-definida	Pré-definida e ad-hoc
Condições dos dados	Dados operacionais	Dados analíticos
Volume	Megabytes – gigabytes	Gibabytes - terabytes

Histórico	60 a 90 dias	5 a 10 anos
Granularidade	Detalhados	Detalhados e resumidos
Estrutura	Estática	Variável
Acesso a registros	Dezenas	Milhares
Atualização	Contínua (em tempo real)	Periódica (em batch)
Integridade	Transação	A cada atualização
Número de índices	Poucos/simples	Muitos/complexos
Intenção dos índices	Localizar um registro	Aperfeiçoar consultas

Tabela 1 – DW x Dados Operacionais - Fonte: Inmon (1997) e Kimball (1998)

2.3.2 As propriedades do Data Warehouse

Para compreender mais sobre o Data Warehouse observemos as suas propriedades na visão de Inmon (1997):

Orientado por Assunto	Armazena informações sobre os assuntos que são mais importantes para os negócios diários das organizações. Isto está em contraste com o sistema clássico orientado a processos que são desenvolvidos para manter diariamente transações de tipos de dados. Um data warehouse armazena informações sobre os assuntos que estão implicitamente definidos pelos dados orientados a processos. Os dados de um sistema de data warehouse precisam somente conter as informações que são importantes para suporte ao processo de decisão. Um sistema orientado a processos precisa de informações que não são importantes para prover processamento de decisões.
Integrado	As aplicações não apresentam coerência em termos de codificações, convenções de atributos de nomes, atributos físicos, unidades de medidas de atributos e assim por diante. Cada desenvolvedor de aplicação toma suas próprias decisões na definição dos atributos. Decorrente disso, o processo de introdução dos dados no data warehouse é conduzido de forma que as muitas inconsistências das aplicações sejam desfeitas. O Data warehouse tem de ser consistente. Os atributos no Data warehouse devem ser independentes da aplicação.
Não Volátil	No ambiente operacional, os dados sofrem atualizações. Contudo, os dados existentes no data warehouse apresentam um conjunto de características muito diferentes. Os dados do data warehouse são carregados (normalmente em grandes quantidades) e acessados. Mas a atualização dos dados não ocorre no ambiente de data warehouse. O data warehouse tem duas operações básicas a carga inicial dos dados e o acesso aos dados, previamente carregados (no modo somente leitura). Esses dados ficam no data warehouse até que seja decidido que eles não são mais relevantes, ou tenham perdido a validade.
Variável em relação ao tempo	O horizonte de tempo válido para o data warehouse é significativamente maior do que o dos sistemas comuns. Um horizonte de tempo de 60 dias a 90 dias é o normal para os sistemas comuns; um horizonte de tempo de 5 a 10 anos de dados é o normal para o data warehouse. Banco de dados operacionais contém dados de valor corrente – dados cuja exatidão é válida para o momento de acesso. Assim sendo, dados de valor corrente podem ser atualizados.

Tabela 2 – Propriedades do DW - Fonte: Inmon (1997)

2.4 Unified Modeling Language (UML)

Segundo Furlan (1998), a indústria de informática vem oferecendo soluções que buscam minimizar dificuldades reproduzindo ou simulando modelos da realidade de forma mais amigável através de ambientes gráficos e interfaces ricas. Surgiram diversas abordagens que oferecem interessantes direcionamentos para o futuro, simplificando, sobremaneira, a complexidade do ambiente computacional. Diante disso a UML foi a linguagem escolhida para a modelagem do sistema de informação que fará parte da estrutura do BSC em questão. A UML possui diversos diagramas como: de atividades, de "Use Case", ou caso de uso; de colaboração; de seqüência; de estado; de classe; de objeto; de componentes e de desdobramento. Foi lançada por Grady Booch e Jim Rumbaugh (Derek, 1997) na OOPSLA'95 organizada pela Rational Software Corporation com o nome de método unificado. Em 1996, esse método foi renomeado para UML. No início de 1997, a UML foi submetida pela OMG para padronização e tem sido endossada por várias empresas de software.

3. A Metodologia

Segundo Miranda (2003), ao estudarmos a metodologia proposta por Robert Kaplan e David Norton, apresentada conceitualmente em diversos estudos de caso de organizações dos mais variados segmentos,

percebeu-se que se pode utilizar a mesma metodologia para definir os indicadores de desempenho estratégico de uma IESP. Esse estudo revelou por meio de uma estrutura padrão de construção do Balanced scorecard a mensuração de estratégias dentro do contexto de um ambiente acadêmico, mas sob o ponto de vista de uma organização. Também, desenvolveram-se os indicadores de desempenho para uma IESP, vinculando a objetivos estratégicos os indicadores de resultados, assim identificando os indicadores de tendências, que possibilitam evidenciar se o caminho adotado conduz a realização dos objetivos traçados na gestão estratégica de uma IESP. Seguindo a estrutura padrão proposta pelos mentores do Balanced scorecard, foram criados formulários, que transpõe com facilidade visual, os objetivos vinculados a uma determinada perspectiva, lembrando que a metodologia do BSC proposto está ancorada em 5 perspectivas em torno da missão, da visão e estratégia da organização.

Estudando a metodologia do Balanced scorecard, percebe-se que este, aliado à TI e à gestão da IESP, representa relevância na tomada de decisão, com custos reduzidos e menores desperdícios de tempo e, se bem direcionadas, permitem o sucesso atual e futuro em uma nova realidade.

Diante deste cenário, no tocante à parte da tecnologia, inicialmente, foi feito um levantamento dos sistemas utilizados pela IESP nos diversos setores para identificação das fontes de informações que dariam valores aos indicadores.

Posteriormente ao levantamento feito, houve a necessidade da criação de um sistema de informação para controle do BSC, assim como dos indicadores que não tinham seus valores armazenados em nenhuma fonte de dados já existente. Esse sistema foi modelado com o auxílio da UML a partir dos formulários gerados baseados nas Perspectivas, Objetivos Estratégicos, Objetivos de Tendência, Iniciativas Estratégicas e seus indicadores.

A Figura 1 mostra uma adaptação dos 6 passos para a construção do Balanced scorecard acrescidos dos passos 7, 8, 9 e 10 que fazem parte do projeto de implementação do sistema da informação citado.

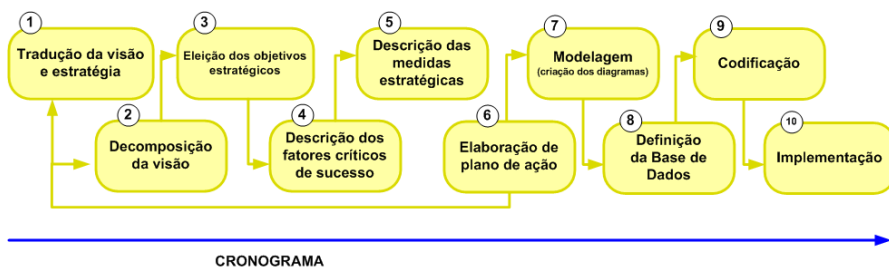


Figura 1 - Passos para a construção do Balanced scorecard. - Fonte: Adaptado de Olve (2001) mais fases do projeto do Sistema de Informação.

Depois de concluída a modelagem do sistema de informação, o próximo passo foi a modelagem do Data Warehouse que será usado como base de dados para o BSC.

Na literatura encontram-se diferentes enfoques sobre modelagem de dados. Embora haja mais de um modelo para construir um Data Warehouse com sucesso, a modelagem dimensional tem-se firmado como meio mais efetivo para o projeto do DW. Nesse trabalho será apresentado, de forma resumida, o modelo dimensional de dados de Ralph Kimball, que pode ser pesquisado mais detalhadamente em (Kimball, 1998a).

3.1 O Modelo Proposto - A estrutura do BSC

Com a estratégia constituída, os temas estratégicos foram criados em função do plano estabelecido em cima de cada perspectiva. Vale lembrar que as perspectivas propostas pelos mentores do Balanced Scorecard são quatro e acrescidas a estas, está a Perspectiva da Educação, baseada nas legislações do Conselho Nacional de Educação (CNE), nas Leis de Diretrizes e Bases (LDB) e nos Projetos Pedagógicos estabelecidos pelo Ministério da Educação (MEC) para que os cursos tenham seu conceito máximo.

A estrutura do BSC é composta por objetivos estratégicos e seus indicadores; objetivos de tendência e seus indicadores e a iniciativas estratégicas definidas para cada perspectiva (Miranda, 2003). Abaixo é apresentado os indicadores que serão controlados pelo sistema de informação proposto:

PERSPECTIVA FINANCEIRA
Taxa de Inadimplência, ROI, Receitas de parcerias, Margem de lucratividade, Custos com despesas fixas, Custos com despesas variáveis, Custos com erros administrativos.
PERSPECTIVA APRENDIZAGEM E INOVAÇÃO
Taxa de evasão de professores, Número de professores participantes nos cursos de reciclagem pedagógica, Número de solicitações dos professores atendidas, Freqüência de uso da central do professor, Número de projetos propostos, Número de projetos aprovados, Tempo médio de conclusão de cada projeto.

PERSPECTIVA CLIENTE
Número de alunos Número de cursos na pós-graduação Número de cursos de tecnologia Número de vagas Investimento em marketing Número de empresas parceiras Número de vaga de estágio.
PERSPECTIVA PROCESSOS INTERNOS
Tempo médio de desenvolvimento, Número de alunos reprovados por disciplina, Tempo médio de uso da internet, Tempo médio de atendimento aos alunos no balcão, Número de alunos que usam os terminais de auto-atendimento, Número de alunos que usam o atendimento on-line, Número de trocas de e-mails internos, Número de projetos interdisciplinares, Número de egressos que solicitam informações.
PERSPECTIVA EDUCAÇÃO
Número de cursos reconhecidos com conceito máximo, Média geral dos conceitos de reconhecimento, Estrutura do projeto pedagógico, Laboratórios, Biblioteca, Infra-estrutura, Corpo docente.

Tabela 3 – Indicadores que serão controlados pelo SI - Fonte: Miranda (2003)

3.2 O Modelo Tecnológico

A figura 2 apresenta um esquema para estruturação do trabalho proposto:

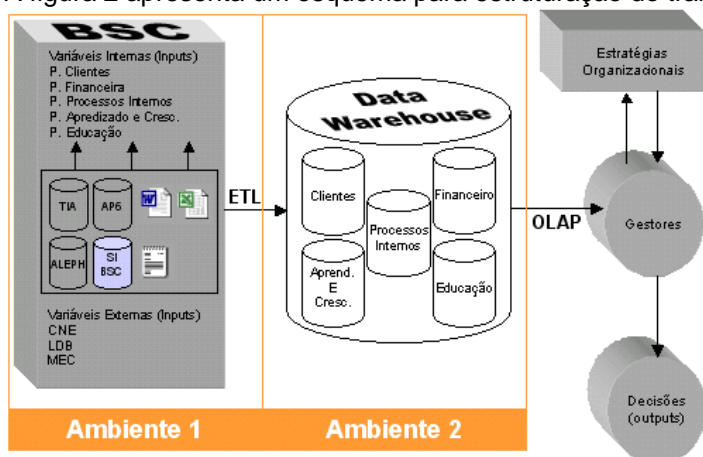


Figura 2 - Esquema Conceitual - Fonte: do autor

3.3 Diagnósticos dos Sistemas existentes

Num primeiro levantamento das bases de dados e sistemas de informação existentes, percebeu-se que a IESP, hoje, possui várias "ilhas de informação". Conforme exemplifica a tabela 6, são utilizadas várias linguagens incompatíveis entre os sistemas e, especialmente, o isolamento de dados entre os setores, causando, com isso, a repetição de dados. Também se constatou que a implantação de um sistema de ERP (sistema integrado) já começou a diminuir tal distribuição das informações. Na Tabela abaixo, é apresentado um breve diagnóstico dos sistemas existentes:

Sistema / Setor	Plataforma	BD	Linguagem	Descrição	Local.
(AP6) Acadêmico	Windows Server	Oracle	Advpl I e II	Módulo (ERP Microsiga)	TI
(AP6) Pós-Graduação	Windows Server	Oracle	Advpl I e II	Módulo (ERP Microsiga)	TI
(AP6) Tesouraria	Windows Server	Oracle	Advpl I e II	Módulo (ERP Microsiga)	TI
(AP6) Drh	Windows Server	Oracle	Advpl I e II	Módulo (ERP Microsiga)	TI
Intranet	Linux	Sql e MySql	Php	Des. Interno	TI
Servidor de E-mails	Linux	Sql	Php	Des. Interno	TI
(Navita) Marketing	Windows Server	Sql server	Cold Fusion	Pacote	TI
Biblioteca	Unix Solaris	Oracle	Aleph	Software Aleph	TI
Secretaria	Linux	Sql server	Php	Des. Interno	TI
Coordenações	Linux	Sql server	Php	Des. Interno	TI

Tabela 4 – Diagnóstico dos Sistemas Atuais - Fonte: do autor

3.4 O Sistema para Controle do BSC

Diante dos indicadores elencados no capítulo 3.1 e nos sistemas levantados no item anterior (tabela 4), percebeu-se que nem todos teriam seus dados extraídos dos sistemas atualmente usados pela IESP. Portanto a apresenta-se a modelagem de um sistema de informações para este controle e para gerenciamento do BSC em geral. Este SI será desenvolvido para plataforma WEB com a utilização da linguagem de programação ASP e guardará suas informações no SGBD SQL.

O processo inicial para desenvolvimento de um sistema é a análise de requisitos. A IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology (IEEE, 1997) define requisito como uma condição ou capacidade necessária para um usuário resolver um problema ou alcançar um objetivo.

Os requisitos de software estão divididos em requisitos funcionais e não-funcionais (Sommerville, 2000). Os requisitos funcionais definem a funcionalidade que o sistema deve prover a fim de capacitar os usuários a realizar suas tarefas. Em geral, são capturados segundo abordagens de casos de uso e descrição de cenários. Já os não-funcionais são padrões, regulamentos e contratos com os quais o sistema deve ter conformidade, descrição de interfaces externas e requisitos de desempenho. Entre eles, velocidade de resposta, tamanho dos arquivos, facilidade de uso, confiabilidade, robustez, portabilidade, etc. Estes requisitos não são foco deste trabalho.

O diagrama apresentado abaixo é o Diagrama de Caso de Uso do Sistema, apresentando suas principais funcionalidades:

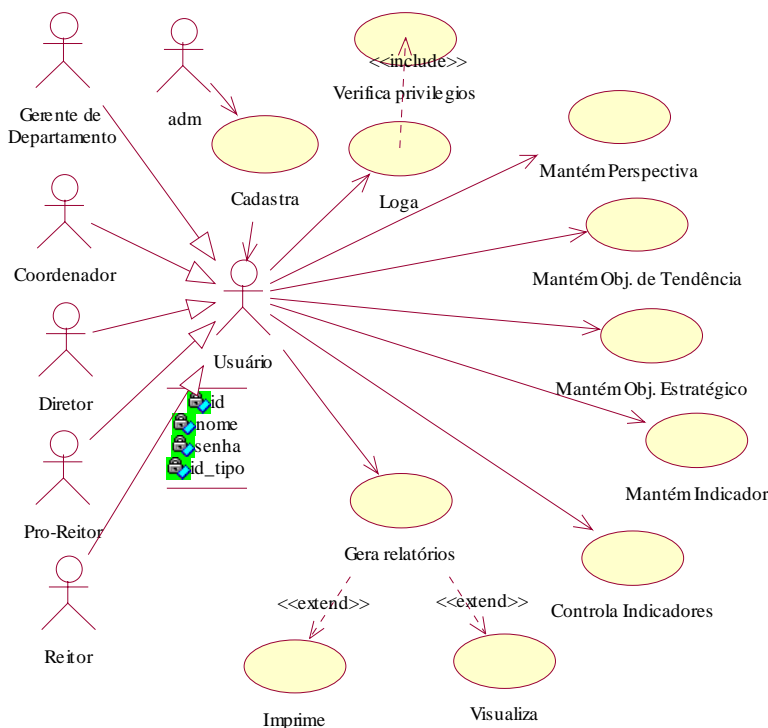


Figura 3 - Modelagem dos requisitos do sistema - Fonte: do autor

Apresentados na figura 11 estão os requisitos estabelecidos através de reunião com os envolvidos no processo.

Após a elaboração do Caso de Uso do Sistema, deve-se preparar os diagramas para os casos de uso de maior relevância (Sommerville, 2000). Como por exemplo: Logar, Cadastrar Perspectiva, Geração de Relatórios, entre outros. Não é necessário detalhar todos os casos de uso. A partir daí, então, faz-se o levantamento dos requisitos do sistema e utilizam-se também estes diagramas para abstrair as classes que comporão o Diagrama de Classe que será apresentado mais adiante.

Podemos descrever a partir daí alguns os requisitos da seguinte: o usuário do sistema poderá ser de diferentes categorias (Reitor, Pró-Reitor, Diretor, Coordenador e Gerente de Departamento) e cada categoria terá privilégios diferentes no sistema, o cadastro de usuários será feito por um funcionário do setor de TI, o usuário, independente da categoria, deverá logar com nome e senha para que o sistema possa carregar seus privilégios, o usuário dependendo da sua categoria poderá usar um "Cadastro de Perspectiva", ou o "Cadastro

de Objetivos de Tendência”, ou o “Cadastro de Objetivos Estratégicos”, ou o “Cadastro de Indicadores”, o usuário dependendo da sua categoria poderá visualizar relatórios na tela ou imprimi-los. A partir dos formulários criados para a implantação do BSC e os passos (de 1 a 6) apresentados (Figura 7), conseguimos definir o Caso de Uso, citado anteriormente e o Diagrama de Classes que é mostrado a seguir:

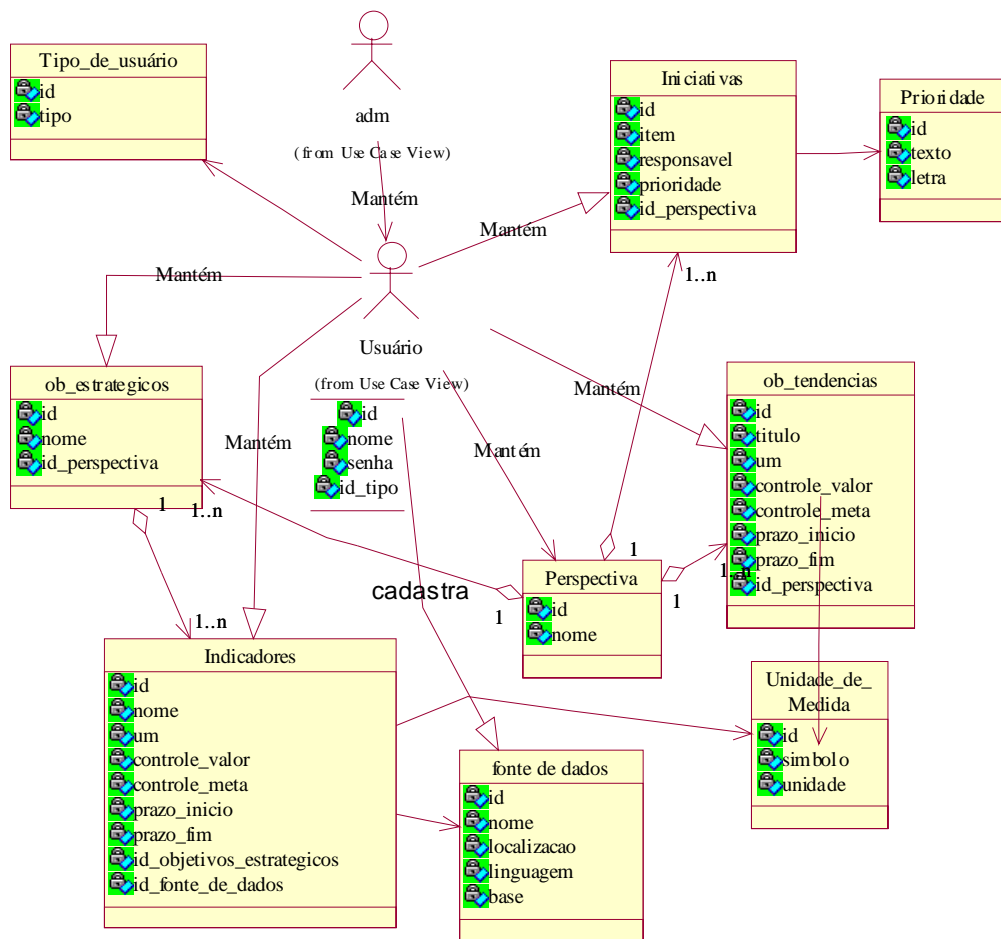


Figura 4 - Diagrama de Classe - Fonte: do autor

4. Considerações Finais

Este trabalho propôs a estruturação de um BSC em uma Instituição de Ensino Superior beneficiando-se de ferramentas da TI como um Sistema de Informação e o Data Warehouse.

Diante do referido estudo, deve-se ressaltar que o processo de gestão é um processo puramente humano, por mais informatizado que seja. As informações colocadas diante dos tomadores de decisão são indicadores para melhor visualização do contexto que o rodeia. A vantagem de implantação de um BSC baseado em um DW em uma IES é propiciar aos gestores acadêmicos uma significativa economia de tempo e esforço no processo de decisão. As decisões continuaram a ser tomadas como de praxe, o que muda é o grau de certeza que antecede à tomada de decisão e, por consequência, sua probabilidade de acerto e precisão.

Referências Bibliográficas

- ALBERTIN, A. L. Administração da informática: funções e fatores críticos de sucesso. São Paulo: Atlas, 1999.
- BATINI, C., & LENZERINI, M. Comparative Analysis Of Methodologies For Database Schema Integration, ACM Computing Surveys. New York, v.18, nº 4, pág.323 - 364, Dez/1986.
- BARBIERI, C. BI – Business Intelligence – Modelagem & Tecnologia. Rio de Janeiro, Axcel Books, 2001.
- BIO, S. R. Sistemas de informação: um enfoque gerencial. São Paulo: Atlas, 1996
- DAVENPORT, T. H. Reengenharia de Processos: como inovar na empresa através da Tecnologia da Informação. Rio de Janeiro: Campus, 1996.
- DEREK, C. UML, The Language of Blueprints for Software. OOPSLA'97 Conference, p. 201-205, 1997.

DRUCKER, P. A prática da administração de empresas. Editora Pioneira, 1981.

FREITAS, H. & BECKER, J. L. & KLADIS, C. M. & HOPPEN, N. Informação e Decisão: Sistemas de Apoio e seu Impacto. Porto Alegre: Ortiz, 1997.

FURLAN, J. D. Unified Modeling Language. São Paulo: McGrawHill, 1998.

HARJINDER, G., & RAO, P. C. The Official Guide to Data Warehousing. Que Corporation, 1996.

IEEE. IEEE Software Standards Collection. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, USA, 1997.

INMON, William H. Como Construir o Data Warehouse. Campus, Rio de Janeiro, 1997.

KAPLAN, R. S., & NORTON, D. P. Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. Harvard Business School Press, 1996a.

KAPLAN, R. S., & NORTON, D. P. Linking the Balanced Scorecard to Strategy. California Management Review, 1996b

KAPLAN, R. S., & NORTON, D. P. A estratégia em ação – Balanced scorecard. 3.ed. Rio de Janeiro : Campus, 1997.

KAPLAN, R. S., & NORTON, D. P. A Organização Orientada para a Estratégia. Rio de Janeiro: Editora Campus: 2000.

KIMBALL, R. Data Warehouse Toolkit. São Paulo : Makron Books, 1998a.

KIMBALL, R., & REEVES L., & ROSS M. & THORNTHWAITE, W. The Data Warehouse Lifecycle Toolkit: Expert Methods for Designing, Developing, and Deploying Data Warehouses. New York, 1998b.

LAUDON, K. C., & LAUDON, J. P. Sistemas de Informação. Rio de Janeiro: LTC, 4º ed, 1999.

LAUDON, K. C., & LAUDON, J. P. Management Information System: Organization and Technology in the networked enterprise. New York: Prentice Hall, 6a ed., 2000.

MIRANDA, M. B. Indicadores de Desempenho estratégicos para um Balanced Scorecard integrado a um sistema de Informação com aplicação para Instituição de Ensino Superior. São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, A. G. de. Data Warehouse Conceitos e Soluções. Florianópolis: Advanced, 1998.

PRESSMAN, R. S. Engenharia de Software. São Paulo, 1995.

RUMBAUGH, J. & BOOCH, G., & JACOBSON I. – UML - Guia do Usuário. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

SOMMERVILLE, I. Software Engineering, Addison-Wesley, 2000

TAPSCOTT, D. Economia Digital. São Paulo: Makron Books, 1997.

OLVE, N. Condutores de performance: um guia prático para o uso do “balanced scorecard”. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2001.

WIEGERS, K.E. Software Requirements. Microsoft Press, Washington, USA, 1999.

Trabalho Completo Publicado em Congresso

ZANCARLI, Felipe Marcel; GOMES, ALBUQUERQUE, Antonio Roberto Pereira Leite de, Marise de Barros Miranda. A aplicação do balanced scorecard para gerenciamento estratégico de uma instituição de ensino superior privada com a utilização de data warehouse. In: XI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2004, Bauru SP. Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção. 2004. v. XI, p. 1-12.

Área: Gestão da Tecnologia da Informação

Linha de Pesquisa: Gestão de Instituições de Ensino Superior Privada.

Estudo das tendências de abordagens de metodologia de pesquisa em engenharia de produção

Vânia Cristina de Souza Pereira (UNINOVE) – vcspereira@uninove.br

Prof. Dr. Antonio Roberto Pereira Leite de Albuquerque (UNIP) – albuquerque@unip.br

Engenharia de Produção, segundo a ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção), está associada às engenharias tradicionais e, dentre todas as engenharias, é a menos tecnológica, pois além de estudar as tecnologias básicas da engenharia, relaciona-se com várias outras áreas, tais como a economia, meio ambiente, finanças, etc. englobando um conjunto maior de conhecimentos e habilidades. Este trabalho procura identificar as tendências das abordagens de pesquisa em Engenharia de Produção através de uma coleta quantitativa de dados, utilizando uma pesquisa exploratória, em resumos de trabalhos publicados nos graus de dissertação de mestrado, tese de doutorado e tese de livre docência. Com os dados obtidos foi feita uma análise quantitativa através de gráficos, procurando demonstrar as tendências observadas. As conclusões principais que obtivemos neste trabalho foram de que; a grande maioria dos trabalhos na Engenharia de Produção tende às Ciências Sociais e que devido ao grande número de estudos de casos realizados não se fazem pesquisas inovadoras em engenharia de precisão, nos centros de pesquisa estudados, ou nada de novo há para se estudar nesta área. Ressaltamos, porém, dificuldades encontradas em alguns trabalhos para a determinação acurada de suas abordagens de pesquisa devido a negligências de seus autores.

Palavras-chave: Metodologia, Pesquisa, Engenharia de Produção.

1. Introdução

A Engenharia de Produção desenvolveu-se, ao longo do século XX, pois a Engenharia tradicional e suas ramificações tinham seu foco voltado para o desenvolvimento, em linhas gerais, para os sistemas técnicos, sem atender às necessidades da época que careciam de métodos e técnicas de gestão dos meios produtivos que permitissem otimizar a utilização de todos os recursos produtivos.

A Engenharia de Produção aborda aspectos relacionados à gestão do negócio, gestão da produção e sistemas técnicos, estando os extremos “linkados” às ciências sociais (administração de empresas) e ciências naturais (engenharias tradicionais) (CUNHA, 2002). Nesse sentido, esta pesquisa visa contribuir para a área de Metodologia e Pesquisa em Engenharia de Produção, fazendo um estudo sobre trabalhos de pós-graduação stricto sensu apresentados em duas instituições de ensino do Estado de São Paulo, buscando, dentro do escopo da pesquisa, visualizar qual a tendência atual da abordagem de pesquisa nesta área.

A intenção deste estudo é pesquisar a Engenharia de Produção através de trabalhos acadêmicos nesta área, de forma a descobrir indicações que determinem em que linha da ciência ela se encontra (LAKATOS, 2001). Para atingir nosso objetivo apresentamos primeiramente um quadro dos conceitos teóricos sobre as abordagens quantitativas e qualitativas (LAKATOS, 2001, LAVILLE 1997, CRESWEL 1994) e pontos de vista igualmente relevantes relacionados à Metodologia e Pesquisa Científica (GOMES, 2003, POPER, 1995, VIEGAS, 1999, NAKANO, 1996).

Posteriormente, expomos a metodologia utilizada para a coleta dos dados e a apresentamos em forma de tabelas e gráficos.

Os dados foram coletados na USP-SIBI e são o resultados da análise de 240 (duzentos e quarenta) trabalhos científicos identificados na área de concentração da Engenharia de Produção, no período de 1996 a 2001 apresentados em São Paulo e São Carlos, nos graus de Dissertação de Mestrado, Tese de Doutorado e Tese de Livre Docência.

Procuramos determinar quais as áreas de Engenharia de Produção pesquisadas, de que forma os dados foram coletados, assim como, conhecer como foram realizadas as suas análises.

Em seguida, apresentamos os resultados obtidos analisando cada representação gráfica e descrevemos a relação entre as variáveis.

Por fim apresentamos nossas conclusões baseadas nos resultados obtidos.

2. Quadro Teórico

Apresentamos abaixo, na Tabela 1, o quadro relativo às abordagens quantitativas e qualitativas e pontos de vista relevantes relacionados à Metodologia e Pesquisa Científica.

Pontos de Vista	Abordagem	
	Quantitativa	Qualitativa
Ciências	Naturais	Sociais
Epistemológico (GAMBOA 1989 apud GOMES 2001)	Positivismo	Interpretativismo
Paradigma	Hipotético-dedutivo	Holístico-indutivo
Papel do pesquisador	Observador à distancia, objetivo	Interpretador da realidade, imerso no contexto
Natureza dos dados	Pesquisa de dados objetivos ou de fatos	Pesquisa subjetiva de opiniões e atitudes
Método de Raciocínio	Dedutivo	Indutivo
Ontológico (DAUM e MERTEN, 2002 apud http://lattes.cnpq.br/lmpl/ontologias.htm)	Objetivismo	Construtivismo
Objetivos	Estudos confirmatórios	Estudos exploratórios
Tipo dos dados	Simple, fragmentáveis, tangíveis, mensuráveis e convergentes	Múltiplos, construídos através da interação humana, holística e divergente.
Representação dos dados	Numéricos	Verbais
Reprodutibilidade dos dados	Repetitivos	Não repetitivos
Análise de dados	Estatística. Inferências a partir das amostras	Conteúdo. Padrões a partir dos próprios dados

Tabela 1. Abordagens quantitativas e qualitativas e pontos de vista

2. Metodologia

2.1. Universo da Pesquisa

Foram coletados na USP-SIBi, os resumos de 240 trabalhos identificados na área de concentração da Engenharia de Produção, no período de 1996 a 2001, apresentados em São Paulo e São Carlos, nos graus de Dissertação de Mestrado, Tese de Doutorado e Tese de Livre Docência (Figuras 1 e 2).

Não foram analisados os trabalhos publicados nos anos de 2002 e 2003 porque os mesmos ainda não estavam cadastrados no sistema USP-SIBi, visto que a pesquisa teve início em julho de 2002.

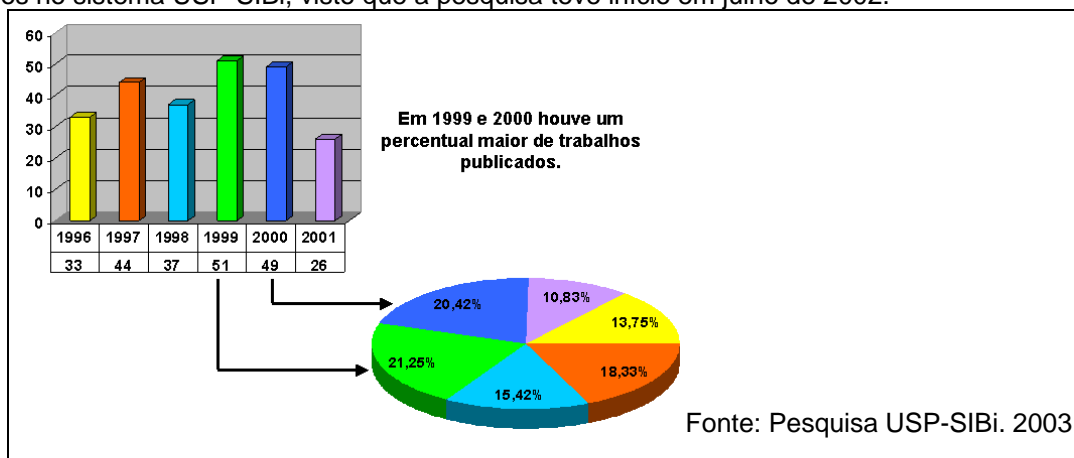


Figura 1. Ano de Publicação dos trabalhos analisados.

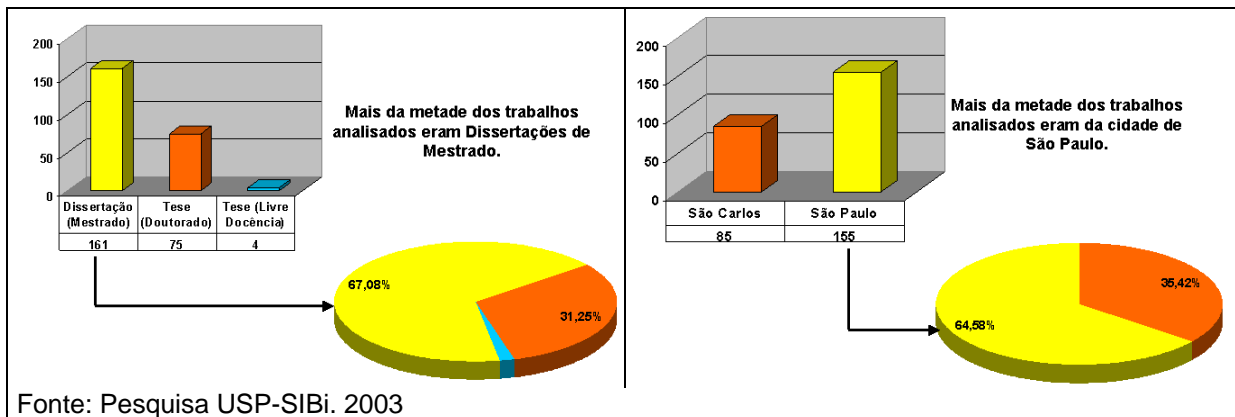


Figura 2. Grau e cidades dos trabalhos analisados.

2.2 Áreas da Engenharia da Produção

As áreas de concentração na Engenharia de Produção foram baseadas nas informações contidas no site da ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção e se dividem em 11 áreas principais: Gerência de Produção, Qualidade, Gestão Econômica, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Engenharia do Produto, Pesquisa Operacional, Estratégias e Organizações, Gestão da Tecnologia, Sistemas de Informação, Gestão Ambiental, Ensino da Engenharia de Produção

Na tabulação (Figura 3) dos dados foram consideradas as 11 áreas principais, sendo que existem sub-áreas, que serviram de auxílio para a melhor identificação durante a classificação.

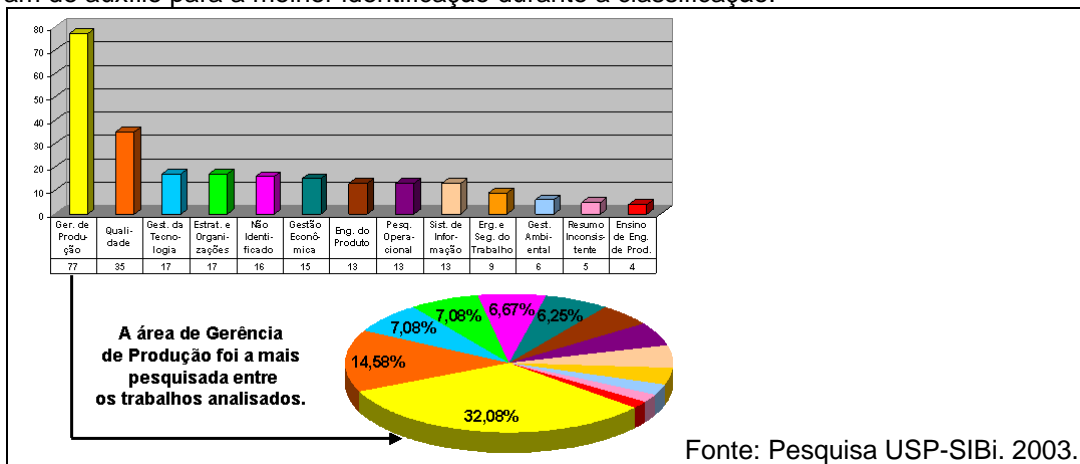


Figura 3. Áreas da Engenharia de Produção dos trabalhos analisados.

A Figura 4 nos apresenta a evolução da quantidade de trabalhos, das cinco áreas mais pesquisadas no período abrangido por este trabalho.

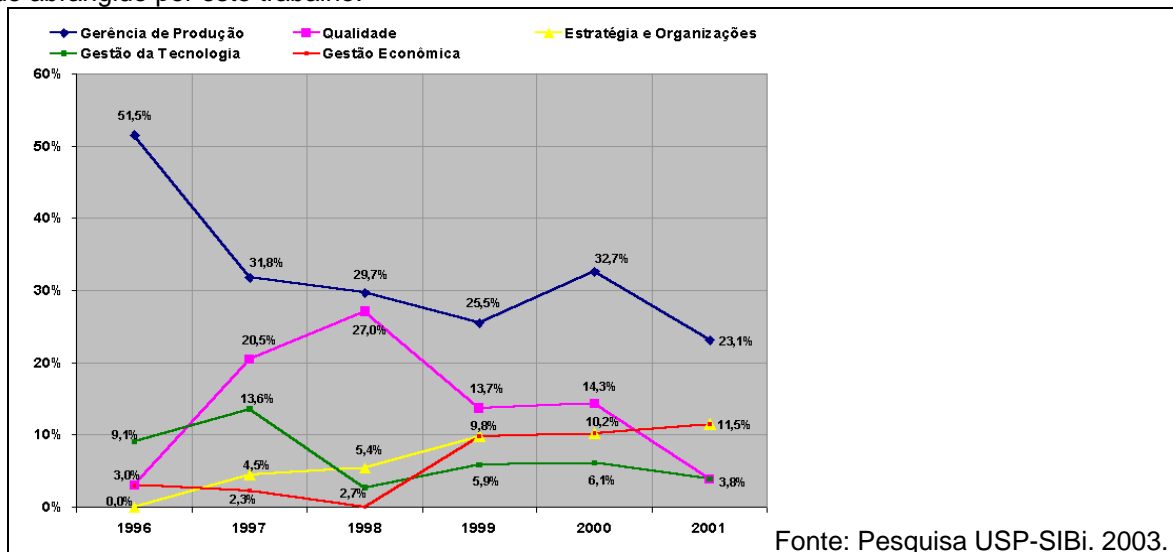


Figura 4. Evolução da quantidade de trabalhos nas Áreas da Engenharia de Produção.

3 Confiabilidade dos Dados

Durante a análise dos trabalhos foram tomadas precauções extras para a determinar qual o nível de confiabilidade das informações referentes às metodologias de pesquisa utilizadas visando uma análise mais acurada para a conseqüente classificação. Foram criados então os níveis: Identificado, Não Identificado, Definido pelo Autor, Resumo Inconsistente

As Figuras 5 e 6 apresentam os dados obtidos em relação à confiabilidade dos dados.

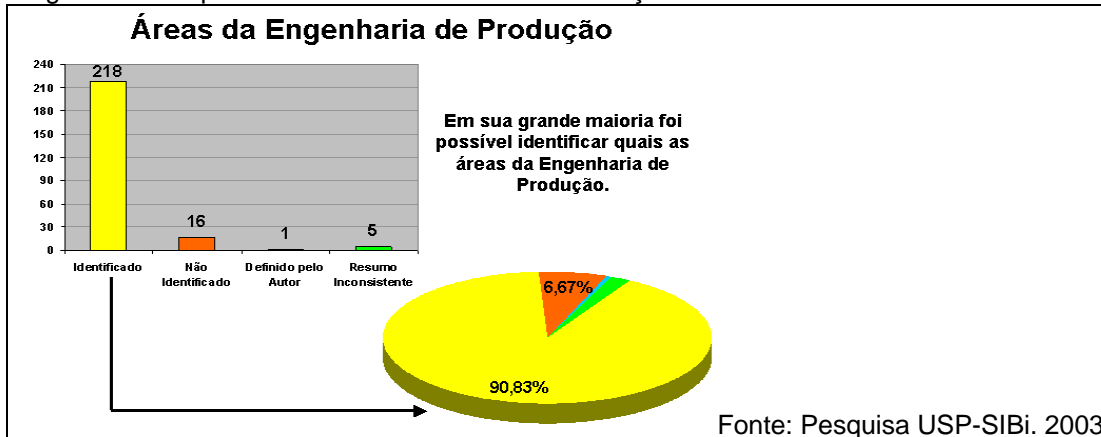


Figura 5. Níveis de Confiabilidade dos trabalhos analisados.

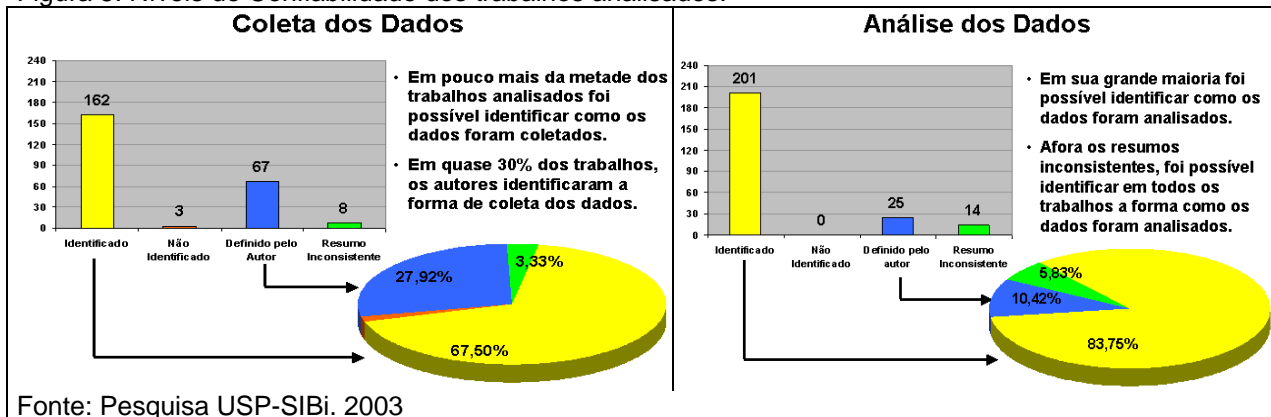


Figura 6. Níveis de Confiabilidade dos trabalhos analisados.

4.1 Tipos de Pesquisa (Métodos de Coleta de Dados)

Partindo de vários métodos de pesquisa encontrados na literatura e os identificados pelos autores, determinamos uma tabela e analisamos os trabalhos publicados. As Figuras 7 e 8 apresentam os números e gráfico das formas de coleta de dados dos trabalhos publicados.

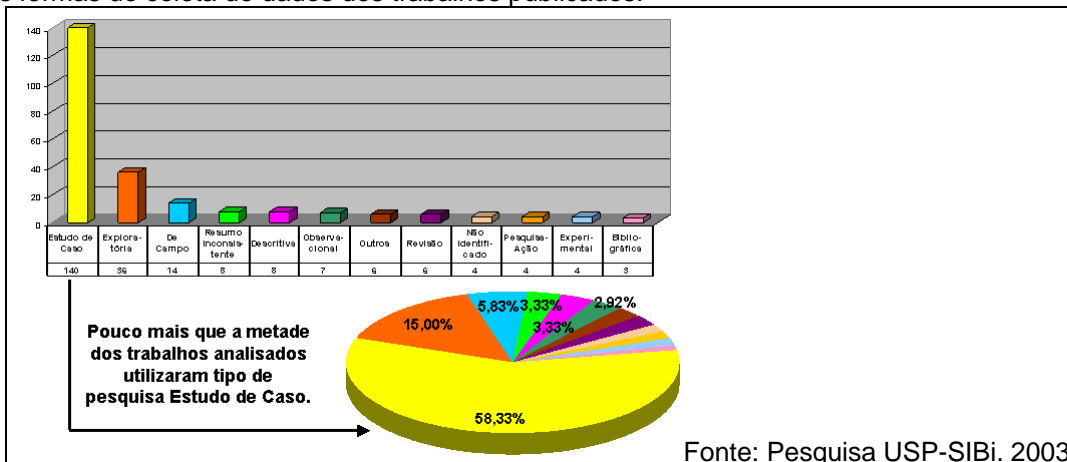


Figura 7. Tipos de Pesquisa nos trabalhos analisados.

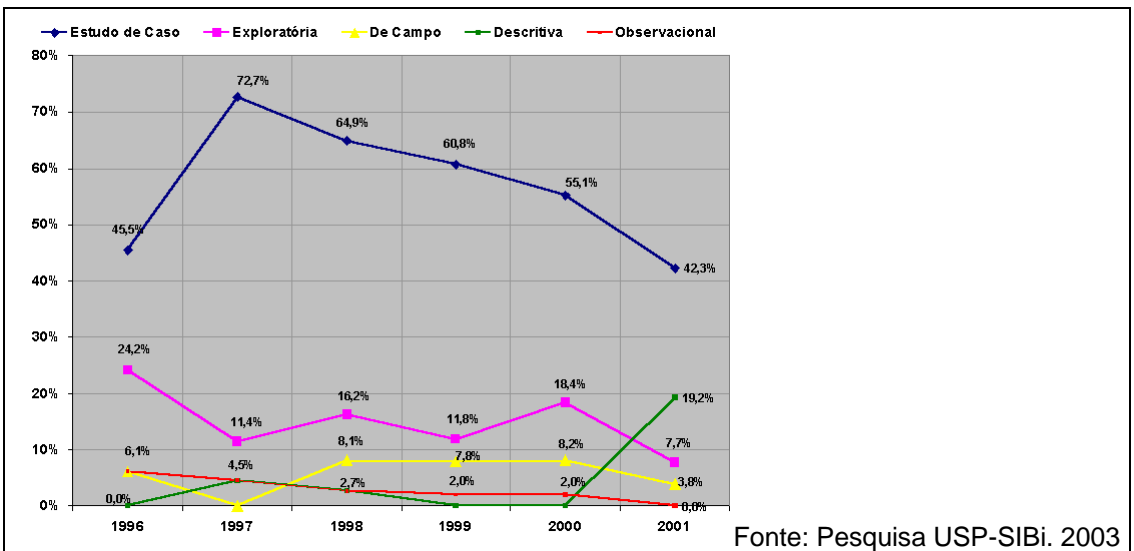


Figura 8. Evolução da quantidade de trabalhos nos Tipos de Pesquisa.

Pelo fato do estudo de caso ser o mais citado (58,33%) dividimos esta categoria em três subcategorias. Estudos de caso que são feitos e concluem que se sujeitam a uma teoria previamente exposta; Estudo de caso feito a partir de uma teoria (modelo) previamente exposta, e; Estudo de caso que é feito e que propõem uma teoria (modelo) na qual se inclui. Apresentamos na Figura 9 os resultados obtidos com esta abordagem

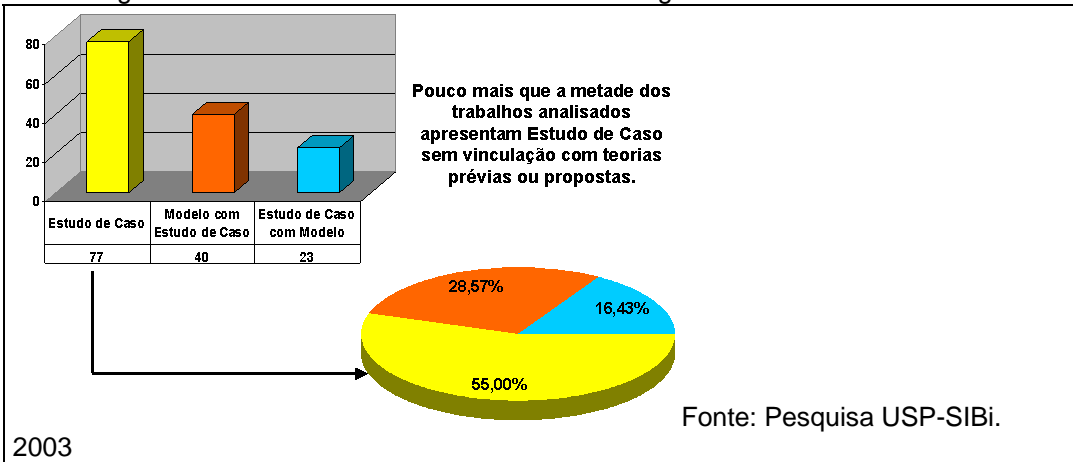


Figura 9. Estudos de Caso nos trabalhos analisados.

4.2. Tipos de análise de dados

Com base nos trabalhos observados e na literatura pesquisada, apresentamos nas tabelas e gráficos abaixo os tipos de análise de dados. (Figura 10 e Figura 11).

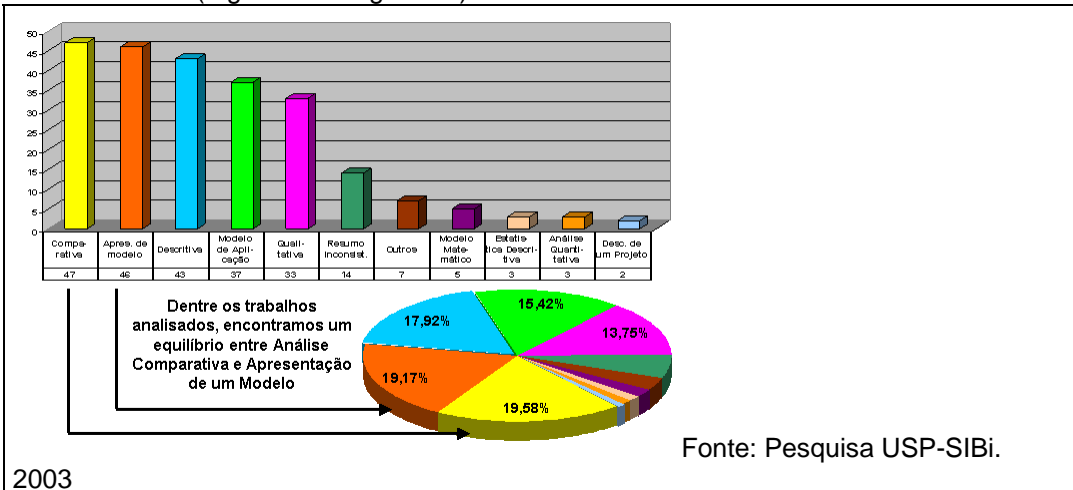


Figura 10. Tipos Análise dos Dados nos trabalhos analisados.

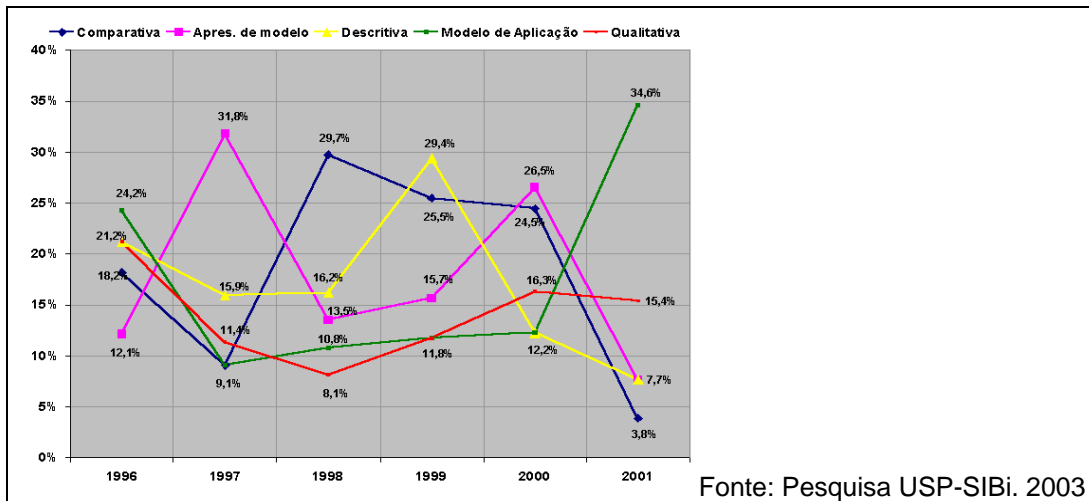


Figura 11. Evolução da quantidade de trabalhos na Análise de Dados

5. Dados originados na pesquisa

A Figura 12 apresenta os dados originados a partir dos tipos de pesquisa, baseados nas abordagens qualitativa e quantitativa.

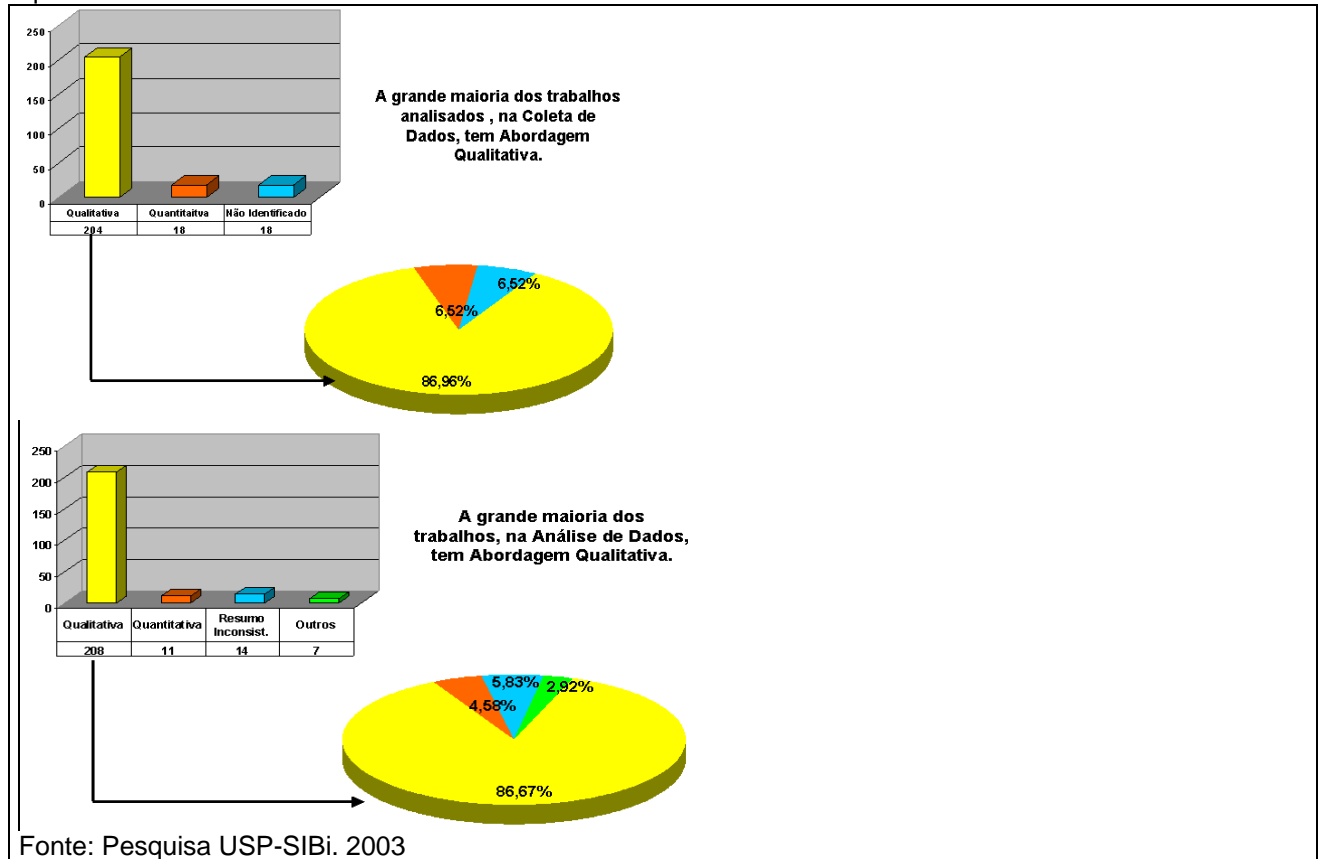


Figura 14. Dados originados na pesquisa dos trabalhos analisados.

6. Conclusões

Algumas considerações são fundamentais para o delineamento do trabalho feito, principalmente no que concerne à área de Engenharia de Produção, que se salienta, dentre outras, no decorrer dos anos abrangidos pela pesquisa, como a de maior concentração de estudos, destacando-se também no grau de Dissertação de Mestrado.

Faz-se necessário considerar sobre outras áreas tais como, Gestão de Tecnologia e Estratégia e Organização, às quais foram dedicados respectivamente Estudos de Caso sem modelo prévio nem posterior, e forma de Análise Comparativa.

Tomando-se como referencial o período de tempo contemplado pelo presente trabalho de pesquisa, a análise da forma como os dados foram coletados nos trabalhos consultados, denuncia o Estudo de Caso como o mais utilizado, ao passo que, num recorte dessa modalidade, verificamos que o Estudo de Caso sem Modelo Prévio é o que se destaca no período.

Relevante dizer que parte dos trabalhos analisados não deixou claros os métodos utilizados em sua pesquisa, em razão do negligenciamento de detalhes essenciais no resumo o que criou entraves à apreciação do estudo feito. A falta de informações sobre o enunciado da questão de pesquisa, os detalhes sobre os métodos de validação, as informações relativas à amostra ou sobre as delimitações do estudo dificultou a nossa tarefa de avaliação.

Quase 3/4 das pesquisas em Engenharia de Produção investigadas utilizaram a Abordagem Qualitativa para a coleta e análise dos dados, sendo que pouco mais de 2/4 dos trabalhos investigados utilizou a forma de Estudo de Caso e pouco menos de 2/4 utilizou a Análise Comparativa ou Apresentação de um Modelo de Aplicação a partir de uma teoria prévia.

A alta porcentagem de estudos de casos, mais de 50 % como abordagem de pesquisa poderia nos, em primeiro momento, leva-nos a acreditar que; não se fazem um grande numero de pesquisas inovadoras em engenharia de precisão, nos centros de pesquisa estudados, ou nada de novo há para se estudar nesta área. Ressaltamos que esta conclusão parcial não deve ser conclusiva merecendo estudos em outros centros de pesquisa.

Referências

- CRESWELL, J.W. Research design; Qualitative and quantitative approaches. Sage Publications, Inc. 1994. 228p.
- CUNHA, G.D. Um panorama atual da Engenharia de Produção. In: ABEPRO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Porto Alegre, 2002. Disponível em <<http://www.abepro.org.br>>. Acesso em: 15 out. 2003.
- GOMES, A.A. Considerações sobre a pesquisa científica: em busca de caminhos... Intertemas: Revista da Toledo, v.5, 2001. Disponível em: <<http://www.unitoledo.br/intertemas/volume5/GOMES,AlbertoAlbuquerque.doc>>. Acesso em: 29 jan. 2003.
- LAKATOS, E. M., MARCONI, M.A. Fundamentos de metodologia científica. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2001. 288p.
- LAVILLE, C. A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Trad. H. Monteiro e F. Setteineri. Porto Alegre: Editoras Médicas Sul Ltda.; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999. 340p.
- NAKANO, D.N.; FLEURY, A.C.C. Métodos de pesquisa na Engenharia de Produção. In ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 16. Piracicaba, 1996. Anais. Piracicaba : Unimep/Abepro/Multiview, 1996.
- POPPER, K. A lógica da pesquisa científica. São Paulo: Cultrix, 1975. 567p.
- VIEGAS, W. Fundamentos de Metodologia Científica. Brasília: Paralelo 15, Editora Universidade de Brasília, 1999. 251p.

Trabalho Completo Publicado em Congresso

PEREIRA, Vânia C S e ALBUQUERQUE, Antonio Roberto Pereira Leite de;. Estudo das tendências de abordagens de metodologia de pesquisa em engenharia de produção. In: XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEPE), 2004, Florianópolis SC. Anais do XXIV ENEGEP. 2004. v. XXIV, p. 1-8.

Área: Engenharia de Produção.

Linha de Pesquisa: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção.

Gestão do Conhecimento e Indicadores de Competências: uso em uma IESP

A. R. P. L. Albuquerque - unip - UNIVERSIDADE PAULISTA (SP - BRASIL)

Belmiro do Nascimento João - EAESP-FGV (SP - BRASIL)

Maurício Pimentel - USJT - UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU (SP - BRASIL)

O presente trabalho apresenta a modelagem de um software para a gestão da formação de competências no Ensino Superior Privado. Apoiado nos conceitos de competência de diversos autores e utilizando algumas práticas da Gestão do Conhecimento. Tal modelagem tornou-se possível pela construção de uma visão e de uma ferramenta de reformulação da forma de planejar e realizar a formação superior, migrando de um paradigma clássico, fundamentado em formação de repertório, para um inovador, fortalecido pela “Formação de Competências”.

Palavras-chave: Competência; Modelo; IESP; Gestão; Conhecimento;

1 INTRODUÇÃO.

Não é nova a expressão do crescente valor e importância do conhecimento para a humanidade. Sentenças como “A Era do Conhecimento”, “Conhecimento Coletivo”, “Sociedade do Conhecimento”, “Economia do Conhecimento” e “Gestão do Conhecimento”, entre outras, tornam-se cada dia mais comuns e denotam claramente o incrível avanço decorrido da necessidade que as sociedades têm de fazer melhor e maior uso dos seus saberes. Saberes e conhecimentos que vão de técnicas a visões de si e do mundo e que, de modo crescente, têm diferenciado pessoas, empresas, comunidades ou nações.

Quem é capaz de produzir, acessar ou simplesmente utilizar conhecimento em favor de seus interesses, parte de um patamar diferenciado no cenário da competição pessoal, comercial ou internacional e que embora isto não seja garantia de sucesso, é verdadeiramente um instrumento de enorme facilitação no alcance dos objetivos.

Muito relevante é o papel atribuído, e já desde há muito desempenhado, às Escolas Superiores que, como produtoras e guardiãs de conhecimento, tiveram sempre importância ímpar na sociedade, principalmente quando a informação e o conhecimento tornaram-se moeda de negociação e diferenciação no mercado empresarial. A confiança no modelo formal para a educação e para a discussão do conhecimento técnico e científico teve importante consequência (LANDES, 1999) sobre a forma como a sociedade entende, reconhece e valoriza o conhecimento.

Embora a experiência e o aprendizado prático tenham sua participação no desenvolvimento de novas técnicas e descoberta de novos conceitos, as Escolas Superiores estiveram sempre à frente das iniciativas de pesquisa e estudos, que são formas de produção e desenvolvimento do conhecimento. Leite (2003) afirma que a escola superior é o local da pesquisa e do ensino superior, onde se divulga, dissemina ou distribui conhecimento. Assim, torna-se necessário que quem queira diferenciar-se a partir de seu conhecimento e capacidades, possa geri-los e deste modo utilizá-los a seu favor e vantagem. Daí é que foi desenvolvido um conjunto de novas técnicas de produção, armazenamento, acesso e utilização do conhecimento, que formam o núcleo da “Gestão do Conhecimento” e que já tem um espaço enorme de aplicação e ainda muito a ser discutido e melhorado.

A gestão destes processos, da produção a utilização, e destes recursos, informações e conhecimentos, mostra-se necessária frente à obrigatoriedade de tornar mais eficiente o aproveitamento, a aplicação e uso do conhecimento de modo a preservar os interesses da organização e atender ao seu plano de ação.

Organizações têm promovido profundas revoluções em suas estruturas de modo a tornar possível a “Gestão do Conhecimento”, buscando com isso poderem lançar-se à frente de seus concorrentes na conquista de seus mercados focos.

A principal questão deste trabalho é o entendimento de que as Instituições de Nível Superior Privadas (IESP) devem dar muita atenção a estas práticas empresariais e perguntar-se como aproveitá-las.

As IESP, na imensa maioria das vezes, trabalham com projetos de graduação ou pós-graduação saídos das cabeças de seus dirigentes e não do reconhecimento das demandas por profissionais que sejam capazes de resolver problemas complexos através da combinação das competências e habilidades, que em parte já eram deles e outras que serão adquiridas durante o curso.

Consideramos que seja inegável a capacidade das IESP de captar e redistribuir conhecimento entre os seus alunos, professores e organizações parceiras, porém a eficiência na formação de competências para a solução

dos problemas e necessidades complexos demonstrados pela sociedade parece-nos que muito ainda deixa a desejar.

2 OBJETIVOS

Este trabalho propõe uma modelagem de um software baseado num modelo conceitual proposto para IESP e no respectivo modelo de dados exemplificando-os através de um estudo de caso que possibilite às IESP agregar a sua valiosa capacidade de produzir e distribuir o conhecimento com a prática de sucesso de Gestão do Conhecimento adotada pelas empresas e pelos setores produtivos.

Este modelo conceitual para a IESP apóia-se em dois pilares:

A formação de competências e não de repertório de conhecimento.

A apresentação de um rol de processos, classificados por grupos, que permitirá a melhor classificação dos processos de educação.

Escopo.

O escopo deste modelo prevê alguns limites, que são:

1. Serão consideradas somente as IESP. Esta restrição deve-se a premissa adotada pelos autores que as Escolas Superiores Privadas têm características marcantes que as diferenciam das Públicas no tocante à vocação para a pesquisa, às formas de gestão, à legislação que as regulamentam e aos interesses e objetivos quanto à produção, armazenamento, acesso e utilização do conhecimento.

2. Dentre os vários focos que a Gestão do Conhecimento (GC) possibilita, serão consideradas para este trabalho a formação e gestão de competências. Isto porque os autores entendem que este papel seja fundamental no desenvolvimento das atividades fins e objetivas das IESP. Ficam portanto fora do escopo as questões ligadas a Registros de Patentes, Biblioteconomia ou Visão Contábil do Conhecimento.

3. Os autores entendem que empresas ou organizações atuantes em outros setores da economia, que não o do ensino superior, foram mais rápidas e eficientes na gestão dos seus conhecimentos, alcançando, já há algum tempo, melhoria em seus processos e resultados e por isso o modelo que será proposto resultará da adaptação das práticas já utilizadas no mercado às condições e realidade do Ensino Superior Privado Brasileiro.

4. O trabalho não discutirá as medidas de avaliação de competência e partirá da premissa que o método de avaliação já exista e seja aceito, pois os autores entendem que este tema seria motivador de outro trabalho complementar e posterior.

3 MÉTODO DA PESQUISA.

Os autores delimitam, para efeito dos estudos a que se propõem, a observação do conhecimento como o conjunto de competências e habilidades pessoais (CI) e corporativas (PI) e todo o processo de criação, aquisição e utilização contínuas.

O trabalho será desenvolvido através de uma pesquisa exploratória baseada em levantamento bibliográfico sobre os temas envolvidos e buscará propor um modelo de aplicação de um conjunto de técnicas que possibilitarão a Gestão do Conhecimento, com foco na formação de competências, nas IESP.

Será apresentado um exemplo de aplicação, desenvolvido a partir da utilização do modelo proposto e das diretrizes para o Curso de Graduação em Administração (ANDRADE, 2003) aprovadas em Junho de 2003 pelo CNE através do Parecer CNE/CSE nº. 134. Assim poder-se-á verificar as diferenças entre as práticas utilizadas por uma IESP, tradicional em São Paulo, no curso de Administração na formatação de seu Projeto Pedagógico e segundo a formatação proposta.

O exemplo será não empírico, já que a aplicação e a obtenção de resultados a serem analisados demandariam alguns anos.

Conceitos teóricos

A dificuldade de tratar as questões do conhecimento de modo a produzir melhores resultados e agregar valor a tudo o que se faz é comum a qualquer negócio – serviço ou produto – que busque na capacidade intelectual algum diferencial. Por conta disto é que muitas empresas vêm investindo na criação de métodos e modelos de GC.

GC é, segundo Bukowitz (2002), o processo pelo qual a organização gera riqueza, a partir do seu conhecimento ou Capital Intelectual. É, portanto uma forma de gerir recursos intelectuais e tirar deles, através de métodos de utilização e valoração, o melhor resultado possível para a organização, seja como diferencial para seus produtos ou serviços, como benefício de marca, como percepção do consumidor ou como melhor gestão de custos e pessoas de modo a obter margens de negociação e ganho financeiros mais favoráveis.

Neste sentido, devemos então especificar quais são os recursos típicos que estão por conta da GC.

Definitivamente a GC está preocupada em gerenciar os processos e formas de utilização do conhecimento e, portanto este é para ela o recurso primordial.

Embora, o conhecimento, seja primordial, o seu domínio é confuso. A dificuldade de separar o que pertence à organização do conhecimento do que ela utiliza e se beneficia - porém pertence aos colaboradores, funcionários, consultores e/ou parceiros é um fator gerador de importantes problemas na prática de gestão.

4 CONHECIMENTO

Mesmo o conhecimento tendo se tornado assunto comum nas organizações e nas conversas cotidianas, é necessário que se faça alguma conceituação de modo a caracterizá-lo como recurso passível de gerenciamento.

Segundo Aranha (1992) o conhecimento é a relação entre um sujeito cognoscente (consciente) e um objeto e ainda, é a forma ou o processo pelo qual o sujeito se coloca no mundo e estabelece as suas relações com as coisas nele existentes.

Esta relação de conhecimento das coisas permite ao homem dominar, experimentar, concluir e adquirir novos conhecimentos de modo a colocar-se apto a resolver seus problemas e proteger seus interesses.

A obtenção de conhecimento transforma tanto o sujeito, que agora possui um novo saber e portanto um novo instrumento na solução de seus problemas e defesa de seus interesses, como o objeto, que embora seja fisicamente o mesmo, passa a ter novo sentido, importância e utilidade (ARANHA, 1992).

Segundo Marçula (2001), epistemologicamente a aquisição do conhecimento pode acontecer de duas maneiras:

- Analiticamente – estudando um problema de forma teórica
- Experimentalmente – estudando um problema de forma prática

Este conhecimento gerado e adquirido é acumulado e cria um repertório que pode ser individual ou coletivo. Perrenoud (2001) complementa este pensamento e afirma que o conhecimento precisa ser construído e utilizado como ferramenta para compreender o mundo e agir sobre ele.

A visão de Perrenoud demonstra que o conhecimento é instrumento para que o conhecedor – aquele que detém o conhecimento – possa exercer domínio sobre o mundo, suas coisas e situações e assim o conhecimento passa a ter utilidade.

O conhecedor pode, através da utilização de seu repertório, direcionar suas ações e atitudes frente aos desafios cotidianos com que se depara, fazendo valer, ao seu próprio interesse, a relação de conhecimento anteriormente estabelecida com as coisas .

Porém, o mundo, e os seus desafios, são complexos e diferentes, a cada momento apresentam problemas e ameaças sempre novas. Em contrapartida o conhecimento tende a ser específico e relacionado a uma experiência já passada, com um objeto ou uma situação observada que o gerou.

Portanto não basta acumular conhecimento, mas é necessário saber como torná-lo fator de facilitação no desenvolvimento de qualquer trabalho realizado ou na solução de problemas comuns e cotidianos.

4.1 Competência

Historicamente a competência tem sido entendida como a capacidade de realizar bem algumas tarefas técnicas ou pessoais, reduzida ao “fazer bem”. Ocorre que a complexidade das situações e problemas surgidos no cotidiano passaram a exigir mais do que o domínio de uma ação isolada.

Le Boterf (2003) afirmam que a competência é a capacidade de navegar na complexidade e ainda ressalta que a complexidade apresenta-se pela quantidade de influências existentes sobre uma situação ou problema, diferente da noção de dificuldade, que nos remete ao julgamento da capacidade de um indivíduo resolver um problema.

ZARAFIAN (1999) citado por Fleury e Fleury (2004) distingue diversos conteúdos em relação às competências, configurando diversas áreas de desenvolvimento: competências sobre processo: os conhecimentos sobre o processo de trabalho; competências técnicas: conhecimentos específicos sobre o trabalho que deve ser realizado; competências sobre a organização: saber organizar os fluxos de trabalho; competências de serviço: aliar a competência técnica à pergunta “qual o impacto que este produto ou serviço terá sobre o consumidor?”; e competências sociais: saber ser, incluindo atitudes que sustentam o comportamento das pessoas. O autor identifica três domínios dessas competências: autonomia, responsabilização e comunicação.

Segundo Andrade (2003) a competência é a capacidade de disponibilizar durante o seu desempenho profissional os atributos adquiridos na vida social, escolar, pessoal e laboral, preparando-se para lidar com incertezas, com a flexibilidade e a rapidez na resolução de problemas. MANFREDI (apud. ANDRADE, 2003) divide a competência em três saberes distintos: o saber fazer; o saber ser; o saber agir.

4.2 Segundo Phillippe Perrenoud

Perrenoud (1999) afirma que a competência é a capacidade de reconhecer a complexidade das situações e dos desafios cotidianos e de tomada de atitude, frente a isto, utilizando o conhecimento aprendido.

É a junção do repertório de saberes, chamado por ele de “Recurso Cognitivo”, com a capacidade de tomar decisões frente a situações problemas e desafios, dos mais específicos aos mais cotidianos.

A solução dos problemas, individuais ou coletivos, exige a capacidade de analisar a situação, compreender suas origens e características, reconhecer o real problema e suas possíveis soluções e ainda optar pela estratégia, recursos e pessoas que possam colaborar na construção da solução desejada (PERRENOUD, 2001).

Ainda segundo Perrenoud (2001), este conjunto de capacidades chama-se competência e vai muito além do conhecimento, ele afirma que é exigido do conhecedor a disposição para assumir os riscos da polivalência e da complexidade no uso do repertório, isto porque há uma diferença significativa entre conhecer e saber fazer uso do conhecimento. A competência se dá pela união sinérgica do conhecimento e da capacidade de decisão frente a um problema.

4.3 Segundo Guy Le Boterf

Le Boterf (2003) que é citado por Perrenoud como o autor de um modelo que representa com mais objetividade e clareza o conceito de competência, apresenta uma estrutura pela qual busca definir a competência. São duas partes como segue:

I. Recursos. O conjunto de capacidades, habilidades e saberes que estão aprendidos e disponíveis na memória. Este conjunto é chamado de “Recursos Cognitivos” por Perrenoud e será chamado de “Repertório” por este autor. Cabe ressaltar que as escolas têm direcionado seus esforços na construção destes recursos ou repertório e que suas ações de ensino e de avaliação refletem claramente a preocupação com a capacidade de acúmulo do conhecimento.

II. Mobilização. Conjunto de princípios éticos, capacidades particulares, talento e habilidades que regem as ações e atitudes do indivíduo e a forma como ele compreende o mundo. Capacidade de transferir conhecimento para um desafio real.

Modelos propostos

4.4 Modelo de Competência

Baseado na visão de conhecimento, apresentada no item 2.2.1, e nas afirmações de Perrenoud e Le Boterf sobre competência, apresentadas no item 2.2.2, neste trabalho adaptou-se uma visão de competência que será utilizada como premissa para o desenvolvimento do modelo a ser proposto.

Neste trabalho entende que os conceitos de competência apresentados por Perrenoud e Le Boterf são bastante parecidos, embora o primeiro o faça de modo dissertativo e o segundo de modo diagramático. A coincidência de idéias (embora haja diferença na nomenclatura) permite a justaposição das duas definições já que ambas demonstram duas funções básicas componentes da capacidade de resolver questões, que são:

I. A capacidade de aprender e acumular informações, seja uma teoria, uma fórmula ou uma experiência, criando entre elas relações abstratas e conceituais cria um repertório que chamaremos repertório ou conhecimento.

II. À capacidade de transferir este conhecimento a uma situação real e adaptá-lo de modo a torná-lo útil e possível de ser utilizado na solução de problemas e desafios e na defesa de interesses chamaremos competência .

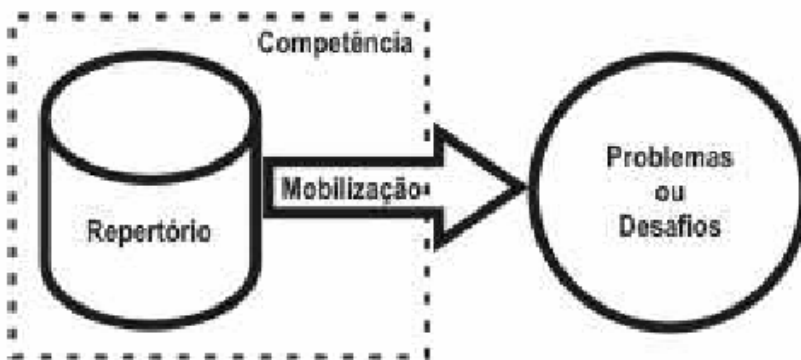


Figura 1 - Estrutura da Competência. Adaptada de Perrenoud e Le Boterf

Esta união cria a capacidade de fazer uso do conhecimento, através de sua mobilização do acumulado cognitivo a situação real, em prol da solução de problemas e defesa dos interesses pessoais ou coletivos.

5 MODELO CONCEITUAL PARA IESP.

Como premissas para a proposta do modelo desejado e anunciado nos objetivos deste trabalho, trabalha-se com o conceito de “Competência Agregada”, entendendo que uma competência poderá ser alcançada pelo desenvolvimento satisfatório de um conjunto de atividades ou eventos pedagógicos integrados e distribuídos durante o curso ou com o aproveitamento de conhecimentos e experiências anteriores a vida acadêmica. O modelo, quando aplicado, proporcionará instrumentação necessária para o melhor planejamento, acompanhamento e direção dos cursos de graduação e pós-graduação. *Para tanto será desenvolvido um modelo de base de dados que cruzará a lista de competências a serem formadas, com as que são parte do repertório inicial dos estudantes, o conjunto de competências pertencente aos professores e formadores e com a expectativa de criação de competência de cada uma das disciplinas e programas desenvolvidos durante o curso.*

Reconhecendo as características bastante subjetivas que envolvem as organizações que se baseiam em conhecimento e os processos de ensino-aprendizagem, os autores buscarão criar uma forma de quantificar as competências a fim de estabelecer relações e comparações entre o planejado e o obtido, a fim de criar julgamento de sucesso e visão clara das mudanças e alterações necessárias para a manutenção da atualidade e adequação do projeto pedagógico ao ambiente organizacional que recebe recursos humanos por ele formados, sem preocupações demasiadas com a questão da avaliação das competências, tema que poderá ser alvo de estudos posteriores.

5.1 A Organização do Conhecimento segundo Schon

Segundo Donald Schon (ANGELONI, 2002) a organização do conhecimento está constituída por estrutura, tecnologia e teoria, onde:

- a estrutura define essencialmente os papéis e as relações das partes, suas funções, controles e objetivos;
- a tecnologia apresenta o conjunto de ferramentas e técnicas que apóiam as operações e a organização;
- a teoria representa os conceitos formais ou informais que ajudam na leitura da realidade e na tomada de atitude frente a este reconhecimento.

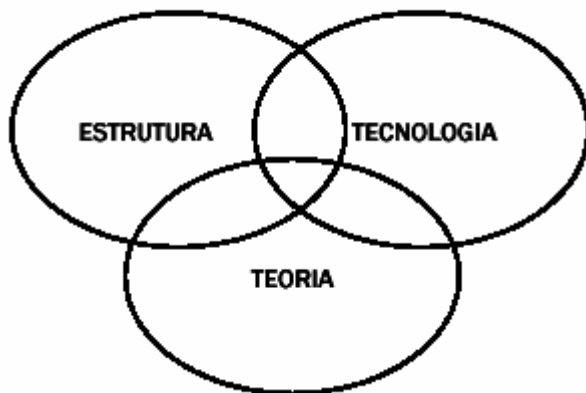


Figura 2- Organização do Conhecimento segundo Schon

Tomando por base a Figura 2 poderemos perceber que a análise necessária para o acompanhamento e reconhecimento dos níveis de sucesso frente à missão e perfis esperados não se dá exclusivamente apoiada em um único ponto da organização, tampouco as ações a serem tomadas no sentido de melhoria e desenvolvimento dos cursos e de seus eventos podem ser isoladas, mas integradas e consistentes de modo a refletir sistemicamente em todo o processo.

Considerando a separação dos conjuntos de processos em burocráticos, pedagógicos e de verificação e qualidade e o modelo proposto por Schon (ANGELONI, 2002) torna-se possível uma adaptação conforme mostra a Figura 3.



Figura 3 - Adaptação do Modelo de Schon à estrutura do Conjunto de Processos

A comparação entre a classificação dos processos proposta por este trabalho e o modelo de representação da organização do conhecimento proposta por Schon, pode ser melhor detalhada se observada a partir da tabela que segue:

Tabela 1- Processos Envolvidos com o Ensino versus Organizações do Conhecimento (Schon)

Constituição das Organizações do Conhecimento. (proposto por Schon) (ANGELONI, 2002)	Processos Envolvidos com o Ensino (proposto por este trabalho)
I. A estrutura define essencialmente os papéis e as relações das partes, suas funções, controles e objetivos	I. Processos burocráticos como o registro de documentação, controle de desenvolvimento das disciplinas e de faltas e notas
II. A tecnologia apresenta o conjunto de ferramentas e técnicas que apóiam as operações da organização	III. Processos pedagógicos que envolvem a montagem e estruturação do curso, a busca de professores com capacidades e habilidades adequadas à cada disciplina e à cada curso, a escolha da linha pedagógica e por conseguinte da bibliografia a ser utilizada, o acompanhamento da produção técnico-científica dos corpos docentes e discentes e a necessária criação de acervo desta produção
III. A teoria representa os conceitos formais ou informais que ajudam na leitura da realidade e na tomada de atitude frente a este reconhecimento	III. Processos de verificação e qualidade do trabalho realizado que estão apoiados nas avaliações disciplinares, avaliações informais, acompanhamento do desenvolvimento contínuo da equipe docente, verificação dos níveis de qualidade obtidos. Avaliação institucional por parte do alunado, do INEP/MEC/CAPES e mais importante, do cumprimento estrito dos objetivos traçados e da missão assumida via Projeto Pedagógico

Refinando o modelo básico de Schon, perceberemos que cada uma das dimensões carrega subitens indicadores que devem ser atentamente analisados e controlados. Ficam subentendidos a comunicação, o conjunto de competências, o conhecimento e as estratégias necessárias para o bom direcionamento dos esforços conjuntos rumo a alcançar os objetivos declarados na missão do curso e nos perfis desejados. Surge então, nas IESP, duas realidades concorrentes no tocante ao conhecimento produzido:

- I. O volume de conhecimento faz as IESP compararem-se às maiores e melhores organizações do conhecimento. A qualidade deste conhecimento é enorme já que é gerado de modo controlado, comprovável e rastreável, características inerentes ao rigor científico.
- II. O nível de aproveitamento do conhecimento gerado e difundido pelas IESP é próximo ao das indústrias mais conservadoras, o que promove uma prática de aproveitamento, melhoria do negócio e aplicação do conhecimento quase desprezíveis.

Aplicando aqui o modelo de Schon surge as questões: Qual dos fatores básicos está falhando na sua função? Como identificar a falha e modelar uma solução?

Para apoiar a análise serão desenvolvidos, a princípio, 3 mapas:

I. O de “Formação Superior”: onde serão apresentados os dados e noções – baseadas em Le Boterf - a qualificação, profissão e ofício a serem alcançados ao fim do curso e o rol de competências que compõem a formação desejada. Cada item de competência será detalhado em Teorias (repertório) e Tecnologias (transferências) componentes de modo a demonstrar qual o conteúdo necessário para a sua conseqüente agregação.

II. O de Eventos: que apresentará quais os módulos de conhecimento - disciplina, palestras, práticas/laboratórios, pesquisa, iniciação científica, entre tantos - serão realizados durante o curso e a indicação da teoria e da tecnologia que se deseja desenvolver em cada um, além da forma de avaliação a ser utilizada para verificação de aproveitamento e formação de competência.

III. O de Aluno: que a exemplo de um histórico escolar, apresentará os eventos cumpridos, as competências teoricamente agregadas e uma avaliação comparativa entre o momento inicial do curso ou evento, quando houver, e o estágio atual ou final da formação.

O modelo, quando aplicado, proporcionará instrumentação necessária para o melhor planejamento, acompanhamento e direção dos cursos de graduação e pós-graduação baseados na análise dos resultados quantitativos obtidos a respeito da formação ou não das competências desejadas.

Para tanto será desenvolvido um modelo de base de dados (figura 4) que cruzará o rol de competências a serem formadas, com as que são parte do repertório inicial dos estudantes, com o conjunto de competências pertencente aos professores e formadores e com a expectativa de criação e desenvolvimento de competências de cada uma das disciplinas, programas e eventos desenvolvidos durante o curso.

Reconhecendo as características bastante subjetivas que envolvem as organizações que se baseiam em conhecimento e os processos de ensino-aprendizagem, o trabalho buscará criar uma forma de quantificar as competências a fim de estabelecer relações e comparações entre o planejado e o obtido, a fim de criar julgamento de sucesso e visão clara das mudanças e alterações necessárias para a manutenção da atualidade e adequação do projeto pedagógico ao ambiente organizacional que recebe recursos humanos por ele formados.

6 O MODELO DE DADOS

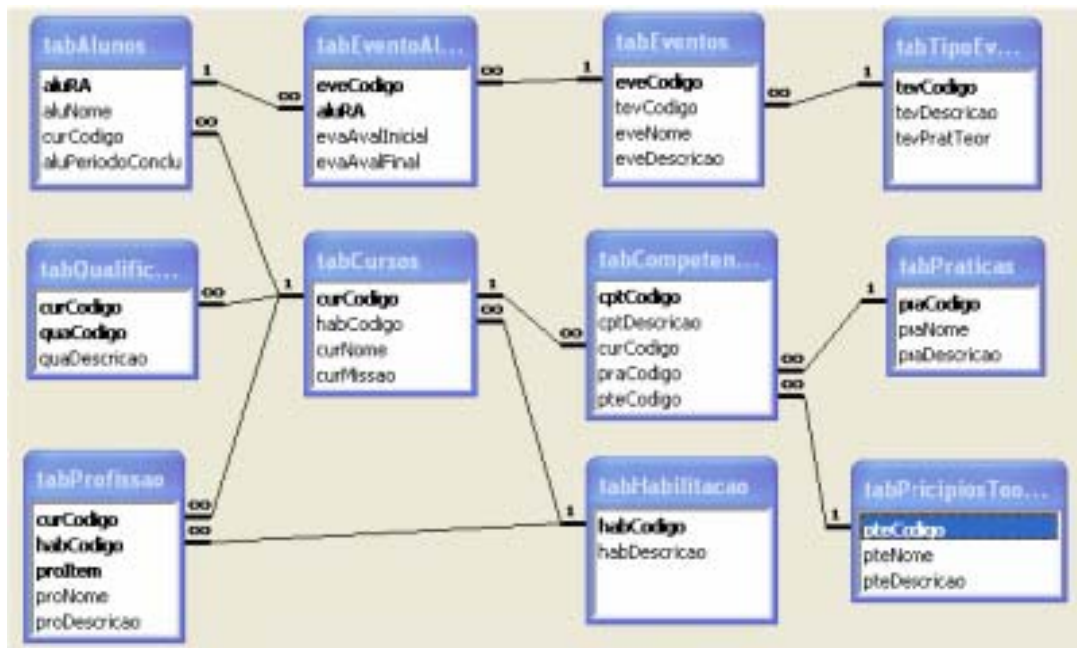


Figura 4 Modelo de Dados

O modelo exposto na figura 4 representa as relações entre os dados referentes às competências desejadas, eventos de construção de saber e competência, curso e avaliação.

A partir dessas relações é que será possível o preenchimento dos formulários de acompanhamento da formação de competências em função das métricas estabelecidas por Le Boterf (2003) ou em função do desenvolvimento individual dos estudantes.

Para efeito de melhor compreensão será apresentado, conforme já afirmado na Metodologia da Pesquisa (item 1.4) um exemplo empírico de comparação entre as práticas hoje adotadas pela IESP observada e a projeção dos resultados obtidos na aplicação do modelo proposto por este trabalho.

7 CASO DE APLICAÇÃO

A fim de apresentar a possibilidade de aplicação do modelo proposto e seus possíveis resultados, foi realizado um levantamento de características do Projeto Pedagógico de um curso de Administração de uma IESP, localizada em São Paulo – SP, tradicional na formação profissional em diversas áreas.

Por entender que o formato utilizado por esta IESP é similar aos utilizados por outras diversas e por questões de sigilo e ética, não serão divulgados neste trabalho, dados que permitam a identificação da escola observada. Mais do que a identificação da escola escolhida como caso de observação, é importante a comparação entre a utilização dos formulários propostos no item 4.1 e apresentados em anexo para a formatação tradicional dos Projetos Pedagógicos e para a formatação baseada no modelo proposto para Formação de Competência.

Vale esclarecer novamente que as informações utilizadas para configurar o Projeto Pedagógico que representará a situação resultante da aplicação do modelo proposto por este trabalho, nada mais são do que adaptação das diretrizes curriculares para os cursos de graduação em Administração, portanto não dizem respeito a nenhum curso existente.

7.1. Caracterização do curso

O formulário “Formação Superior” apresenta informações que caracterizam o curso que se deseja observar. Baseado nas métricas de Le Boterf, está organizado de modo a demonstrar as características gerais do curso quanto a sua construção de conhecimento e competências, pode-se compreender que as características nele constantes serão desenvolvidas em todos os alunos e estudantes que passarem pelo curso especificado. Na tabela 2 é apresentado o curso de Administração objeto da observação do autor e na tabela 3 o resultante da construção baseada no modelo proposto.

Tabela 2 - Formulário “Formação Superior” Preenchido com os dados do Curso Observado.

FORMAÇÃO SUPERIOR: Faculdade de Administração
Curso: Administração – Habilitação Plena
Missão: Oferecer aos interessados pela profissão de Administrador a formação técnica, instrumental e humana necessária para o devido exercício profissional promover contato e troca de experiências entre o corpo docente e discente promover o avanço e o desenvolvimento da ciência no nível adequado à graduação e bacharelado. Fornecer ao mercado profissionais bem formados, competentes e habilitados, capazes de atender às demandas e necessidades de toda sorte de organização humana, social e empresarial. Prover espaço e ambiente motivadores para a realização criadora do talento e anseio dos alunos, professores e colaboradores.
Qualificação:
Formação Básica: Conhecimentos básicos sobre as ciências sociais: psicologia, sociologia, filosofia e direito.
Formação Profissional: Conhecimento das Terias da Administração. Formação da capacidade de gestão de pessoas, recursos e processos: Administração de RH, produção, marketing, finanças, sistemas de informação, OS&M, Planejamento estratégico, contabilidade gerencial, custos e métodos quantitativos.
Formação Tecnológica: Conhecimentos dos Métodos Quantitativos e do Instrumental Tecnológico disponível.
Formação Complementar: Estágio, Atividades Complementares de Iniciação Científica, monitorias, atividades de extensão e eventos.
Profissão: Capacidade de gerir processos e negócios, propor inovação e empreender.
Ofício: Planos de marketing, produção, material, RH, SI e financeiro.
Construção de relatórios contábeis de pequena e média complexidade.
Acompanhamento de processos produtivos e de atendimento a clientes.

Desenvolvimento de um projeto e estudos de viabilidade e realização.		
Competências	Repertório (Teorias)	Transferência (tecnologia)
1. administrar recursos diversos e tecnologias de modo estratégico		
2. criar diferencial nos produtos, serviços e atendimento enfocando a comodidade dos clientes, parceiros e funcionários		
3. desenvolver processos que visem aumentar qualidade, a eficiência e eficácia de seus produtos ou serviços		
4. promover através de planejamento, organização, direção e controle, fluxos de trabalho que melhorem a produtividade e a lucratividade das organizações		
5. representar a organização frente às organizações representativas do mercado		
6. ganhar tempo e dinheiro para a organização		
7. prover a alta gerência das informações gerenciais necessárias para a gestão integral da organização		

Analisando o formulário da tabela 2, pode-se perceber que, embora haja uma certa organização de informações referentes ao curso observado – Missão, Qualificação, Profissão e Ofício – e a indicação das competências a serem desenvolvidas em um profissional de Administração, não clareza das relações entre, por exemplo, as disciplinas ou trabalhos desenvolvidos e os resultados esperados.

Analisando agora o mesmo formulário, preenchido com dados oriundos das diretrizes para os cursos de graduação em Administração e a partir da utilização hipotética do modelo de formação de competências proposto pode-se obter o resultado apresentado na tabela 3.

Tabela 3 - Formulário "Formação Superior" Preenchido com dados das Diretrizes e Aplicação Hipotética do Modelo Proposto – Visão Parcial excluído “competências”

FORMAÇÃO SUPERIOR Faculdade de Administração
Curso: Administração – Habilitação Plena
<p>Missão: promover contato e troca de experiências entre o corpo docente e discente promover o avanço e o desenvolvimento da ciência no nível adequado à graduação e bacharelado. Fornecer ao mercado profissionais bem formados, competentes e habilitados, capazes de atender às demandas e necessidades de toda sorte de organização humana, social e empresarial. Prover espaço e ambiente motivadores para a realização criadora do talento e anseio dos alunos, professores e colaboradores.</p>
<p>Qualificação: <i>Formação Básica:</i> Conhecimentos básicos sobre o comportamento das pessoas e grupos em diversas situações possíveis. Fundamentos de comunicação, psicologia, sociologia, ética e direito. Compreensão do comportamento do mercado – como grupo de pessoas com necessidades: Fundamentos de economia e política. <i>Formação Profissional:</i> Conhecimento das práticas administrativas consagradas e suas aplicações: Terias da Administração. Formas de gestão de pessoas, recursos e processos: Administração de RH, produção, marketing, finanças, sistemas de informação, OS&M e logística. Modelos de negociação e decisão: Planejamento estratégico, contabilidade gerencial, custos, controle orçamentário, contratos e métodos quantitativos. <i>Formação Tecnológica:</i> Métodos quantitativos: Matemática, matemática financeira, pesquisa operacional e estatística. Instrumental Tecnológico: Inovações nas áreas específicas, uso da computação e da informática (TI) e uso das telecomunicações. <i>Formação Complementar:</i> Estágios e Atividades Complementares como: Iniciação científica, monitorias, atividades de extensão e eventos.</p>
<p>Profissão Capacidade de: I. Atuar na defesa dos interesses das organizações e da sociedade, tendo como regulador os princípios éticos e morais. II. Buscar o desenvolvimento e a geração de recursos e riquezas de toda espécie: financeira, econômica, fiscal, social, intelectual, ambiental entre outras. III. Promover o respeito e a elevação necessários à vida e dignidade humanas e a satisfação das necessidades da sociedade, através da produção e comercialização de bens e serviços.</p>

Ofício Competência para a utilização dos conceitos, princípios e teorias aprendidas no desenvolvimento profissional, construindo:

I. Planos de marketing, produção, material, RH, SI e financeiro.

II. Construção de relatórios contábeis de pequena e média complexidade.

III. Acompanhamento de processos produtivos e de atendimento a clientes.

IV. Desenvolvimento de um projeto e estudos de viabilidade e realização.

Competências:

A inserção da visão de competências na configuração do curso, apresentada na tabela 3, cria uma maior percepção de como serão construídas as competências planejadas e demonstra as conexões entre estas mesmas competências e o conteúdo trabalhado durante o curso, criando entre eles um comprometimento maior e mais claro.

7.2. Plano de eventos

Para a melhor cobertura das competências desejadas e para a melhor organização dos esforços de pedagógicos, o formulário “Eventos” possibilita a indicação de cada ocorrência de ensino-aprendizado planejado e as relações com os objetivos a serem alcançados. Só é possível o preenchimento deste formulário quando aplicado o modelo de formação de competências proposto.

Eventos	Tipo	Repertório (Teoria)	Transferência (Tecnologia)	Avaliação
•Teorias da Administração I e II	•DR	•Administração Científica	•Observação da utilização cotidiana	•Relatório de observação
•Teorias da Administração I e II	•DR	•Administração Clássica	•Aplicação real da teoria	•Seminário sobre o caso de aplicação
•Economia I	•DR	•Oferta X Demanda	•Levantamento de casos para análise	•Relatório dos casos
•Apoio à Pequena Empresa	•EX	•Plano de Negócios	•Análise Estratégica e Elaboração de Proposta de Plano de Negócio	•Apresentação dos resultados da Análise e da Implementação
•Canais de Comunicação Eletrônica e a Melhoria da Qualidade do Serviço	•IC	•Metodologia da Pesquisa •Conceituação de Qualidade •Métricas de Qualidade •Desempenho em Serviços	•Pesquisa e Elaboração de Monografia	•Apresentação de Monografia e Banca Julgadora
•Seminários	•DR	•Tipos de Discurso •Formas de Apresentação	•Apresentação de Trabalhos com Temas Escolhidos	•Apresentação
•Matemática I e II	•DR	•Modelagem de problemas e decisões	•Modelagem e tomada de decisões	•Verificação do modelo apresentado.

Tipos:

DR – Disciplinas Regulares

DE – Disciplinas Extras

IC – Iniciação Científica

PE – Pesquisa

EX – Extensão

Figura 5 - Formulário de Eventos

Aqui são apresentadas as correspondências entre os eventos planejados e as competências que cada devem ajudar a construir, especificando qual o conceito, princípio ou formulação teórica estão envolvidos; a forma de prática e transferência e por fim a avaliação que deverá ser realizada.

7.3. Histórico baseado em competências

Após a realização de todos os eventos planejados, obrigatórios ou optativos, pode-se crer que o estudante tenha adquirido conteúdo (repertório) e experiência (capacidade de transferência) sobre diversos assuntos

inerentes ao curso e com isso tenha adquirido competências potenciais que lhe possibilitarão o exercício profissional em níveis de performance possíveis.

O formulário “Histórico das Competências” apresenta o rol de competências como as quais o estudante teve contato e de quem absorveu conteúdo e experiência e ainda, apresenta a avaliação inicial daquela competência, quando houver, e a avaliação final, média da notas alcançadas nos diversos eventos que constroem uma competência específica, possibilitando a comparação e a demonstração da competência agregada ou desenvolvida durante o curso.

Competências:

Competências	Eventos	Avaliação Inicial	Avaliação Final
Aplicar raciocínio lógico, estruturado, crítico e analítico às questões administrativas	Canais de Comunicação Eletrônica e a Melhoria da Qualidade do Serviço	NC	9,5
Criar, manter e desenvolver canais de comunicação	Seminários	NC	8,0
Noções Quantitativas	Matemática I e II	4,3	7,0
Uso de formulações quantitativas nas análises, planos e decisões.	Matemática I e II	4,3	7,0
Uso de formulações quantitativas nas análises, planos e decisões.	Estatística I e II	3,2	5,5
Uso de formulações quantitativas nas análises, planos e decisões.	Pesquisa Operacional	NC	3,0

Figura 6 - Histórico de Competências- visão parcial

Conforme já estabelecido no escopo deste trabalho (item 1.3), não será discutida a formação de um método de avaliação e suas características, assunto que poderá ser objeto de estudo futuro.

O que se tenta mostrar é a possibilidade de organização destas informações a partir de um formulário, por enquanto, sem dar importância a forma de verificação da performance.

A figura 6 apresenta o formulário orientado pelas competências.

Vários pontos ainda merecem pesquisa e desenvolvimento. Exemplo já citado, o método de avaliação das competências, porém há ainda a necessidade da criação de método de apresentação e análise das avaliações coletivas e métricas que possibilitem tomadas de decisões frente ao curso.

A análise e interpretação dos dados apresentados pelos formulários possibilitarão a melhor formatação do Projeto Pedagógico do curso e a indicação das competências adquiridas, desenvolvidas ou agregadas durante o período de formação, assim o estudante ou egresso poderá, além de apresentar suas credenciais baseadas em Disciplinas *versus* Notas – histórico escolar usual, argumentar sobre as suas competências, habilidades e aproveitamento.

As IESP passarão a ter um instrumento de avaliação da formação que proporcionam mais detalhado e influente nas decisões de composição das disciplinas, conteúdos e políticas de cada curso, sem perder de vista a vocação que realiza através de suas práticas de ensino – Humanista ou Capitalista, tendo a possibilidade de desenvolver novas atividades que sejam mais eficientes no alcance de seus objetivos.

8. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, Rui Otávio B., AMBONI, Nério. Diretrizes Curriculares para o Curso de Graduação em Administração. Brasília: Conselho Federal de Administração, 2003.

ANGELONI, Maria Therezinha (org). Organizações do Conhecimento: Infra-estrutura, Pessoas e Tecnologias. São Paulo: Ed. Saraiva, 2002.

ARANHA, Maria Lucia A. MARTINS, Maria Helena P. Temas de Filosofia. São Paulo: Ed. Moderna. 1992

BUKOWITZ, Wendi; WILLIAMS, Ruth. Manual de Gestão do Conhecimento. Porto Alegre/RS. Ed Bookman / PriceWaterHouseCoopers, 2002.

FLEURY, M.T.L., e FLEURY, A. C.C., Alinhando estratégia e competências In. ERA Revista de administração de empresas, volume 44, número 1, janeiro/março 2004, p.44-57

LANDES, David S. A Riqueza e a Pobreza das Nações: Por que algumas são tão ricas e outras tão pobres. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1999

LE BOTERF, Guy. Desenvolvendo a Competência dos Profissionais. Porto Alegre: Artmed, 2003.

LEITE, R. C. Cerqueira. In: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO NO BRASIL: O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES PRIVADAS DE ENSINO E PESQUISA, 1., 2003, São Paulo. Registro em Vídeo disponível no Núcleo de Memória do UniFMU. São Paulo. UniFMU Centro Universitário.

MARÇULA, Marcelo. Metodologia para a Gestão do Conhecimento em Pequenas e Médias Empresas, Apoiada pela Tecnologia da Informação. (Dissertação mestrado) – Universidade Paulista. Departamento de Engenharia de Produção. São Paulo, 2001.

PERRENOUD, Phillipe. Construir as Competências desde a Escola. Porto Alegre: Ed. Artmed.1999.

PERRENOUD, Phillipe. Produção da Tv Cultura. Registro da Vídeo Cultura. Programa Roda Viva em 19/11/2001. VHS. NTSC. Colorido. Sem Narrativa. Legenda.

ZARIFIAN, P. Objectif compétence: Mythe, construction ou réalité ? Paris : Liaisons, 1999

Trabalho Completo Publicado em Congresso

ALBUQUERQUE, Antonio Roberto Pereira Leite de; JOÃO, Belmiro Do Nascimento; PIMENTEL, Mauricio Gonçalves. Gestão de conhecimento e indicadores de competência: uso em uma IESP. In: 1º CONGRESSO ANUAL DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO - CATI 2004, 2004, São Paulo. Anais do 1º Congresso Anual de Tecnologia de Informação - CATI 2004. 2004. v. I, p. 1-14.

Área: Gestão da Tecnologia da Informação

Linha de Pesquisa: Gestão de Instituições de Ensino Superior Privada.

Modelagem de um Sistema de Informação para Gerenciamento Estratégico de uma Instituição de Ensino Superior com Aplicação do Balanced Scorecard

Felippe Marcel Zancarli (Unip) prof@felippe.com.br

Antonio Roberto P. L. Albuquerque (Unip) albuquerque@unip.br

Diante de um novo cenário para as Instituições de Ensino Superior, que se afronta com um crescimento acelerado, grande concorrência e carga de informações gerenciais, faz-se necessária a adoção de um sistema de informação que possa servir de apoio na tomada de decisões estratégicas. O sistema de informação proposto, fará uma análise estratégica temporal baseada em resultados apresentados através dos indicadores levantados no modelo conceitual. Estes, serão alimentados por sistemas integrados de gestão ou através de formulários nativos do sistema de informação em questão. A presente pesquisa traz diagramas gerados na linguagem de modelagem unificada (UML).

1. Introdução

O processo de gestão da Instituição de Ensino Superior Privada (IESP) vem tomando rumo às discussões por parte de seus gestores. O modelo organizacional e sua gestão abraçam os mesmos complexos organismos de uma empresa. Elaborar uma estratégia para se consolidar no mercado diante dos eventos legais do Conselho Nacional de Educação (CNE) e Leis de Diretrizes e Bases (LDB) estabelece a necessidade de um grande apoio da tecnologia da informação como qualquer outra grande estrutura empresarial.

Diante de um novo cenário para a IESP, que se afronta com um crescimento acelerado e carga de informações proporcional, se depara agora com um grande volume de serviços ofertados, competindo no mesmo espaço geográfico, infra-estrutura propiciando maior conforto, preços diferenciados, metodologias de ensino diferentes e estratégias de mercado que tentam criar um diferencial competitivo de modo a garantir a fidelidade do cliente. Dentro deste contexto, é importante ressaltar a forma a ser tratada nesta pesquisa, com respeito a uma IESP. Para facilitar o entendimento, a proposta é utilizar o termo IESP e não entrar no mérito da questão ortodoxa acadêmica. Visualizá-la como uma organização que presta serviços ao ambiente. Sob o ponto de vista de gestão, como toda grande organização, a IESP se preocupa agora com o mercado, com o negócio, com o seu cliente, como os serviços são geridos para evitar queda da produtividade e lentidão dos processos.

Neste cenário, a qualidade dos serviços prestados por uma IESP hoje é exigência de seus clientes, não só na educação, mas como em qualquer setor, seja de bens ou serviços. Qualidade exige investimento em infra-estrutura e recursos humanos da mesma forma que uma organização se comporta para solidificar-se no mercado e para garantir a sobrevivência de longo prazo.

Os desafios atuais, ancorados aos sistemas de informação, são as materializações do mundo abstrato dos negócios, missão e visão. Mensurar estratégias, objetivos estratégicos e seus indicadores de desempenho que visem controlar os novos rumos, novos mercados, novas fronteiras da organização, como ponto de apoio à tomada de decisão, cumprimento de metas estratégicas e posteriormente a modelagem de um sistema de informação para a aplicação do BSC (Balanced scorecard) se tornam desafios a serem estudados nesta pesquisa com a pretensão de colaborar na gestão estratégica das instituições.

1.1 Objetivos

Os principais objetivos desta pesquisa são:

Colaborar na gestão estratégica das instituições;

Estabelecer critérios e indicadores de controle e qualidade dos serviços ofertados;

Gerar o modelo de um sistema de informação para aplicação em uma IESP.

1.2 Plano de Apresentação

Esta pesquisa está estruturada da seguinte forma: no Capítulo 2 é feita uma revisão sobre temas e conceitos utilizados no modelo proposto, tais como: Balanced scorecard, Tecnologia da Informação (TI) e UML (Unified Modeling Language).

No Capítulo 3 é descrita a metodologia adotada nesta pesquisa. No Capítulo 4 é descrito o modelo proposto, dividido em duas partes: Apresentação das Perspectivas, Objetivos e Indicadores levantados dentro do contexto para aplicação do BSC (Modelo Conceitual) e os diagramas gerados a partir da modelagem (abstração) dos mesmos (Modelo Lógico). E no Capítulo 5, a conclusão da pesquisa com futuros trabalhos.

2. Conceitos

2.1 Balanced scorecard

Apresentado por Kaplan e Norton no início da década de 90, o “Balanced scorecard” (BSC) pode ser considerado como a mais conhecida estrutura de medição de desempenho. Entretanto, no meio da década de 90, no decorrer de suas pesquisas, os autores definiram o Balanced scorecard como um sistema de gestão estratégica mais do que um sistema de medição de desempenho. Ele preserva as medidas financeiras tradicionais e as complementa com medidas de desempenho focalizadas nos clientes, nas operações internas e no aprendizado e crescimento. Para cada uma das perspectivas, o BSC busca, por meio de medidas de desempenho, endereçar as seguintes questões (KAPLAN e NORTON, 1996a e 1997):

Perspectiva Financeira: para sermos bem sucedidos financeiramente, como deveríamos ser vistos pelos nossos acionistas ?

Perspectiva dos Clientes: para alcançarmos nossa visão e missão como deveríamos ser vistos pelos nossos clientes?

Processos Internos: para satisfazermos nossos acionistas e clientes, em quais processos de negócio devemos alcançar excelência?

Aprendizado e Crescimento: para alcançarmos nossa visão, como sustentaremos nossa habilidade de mudar e melhorar?

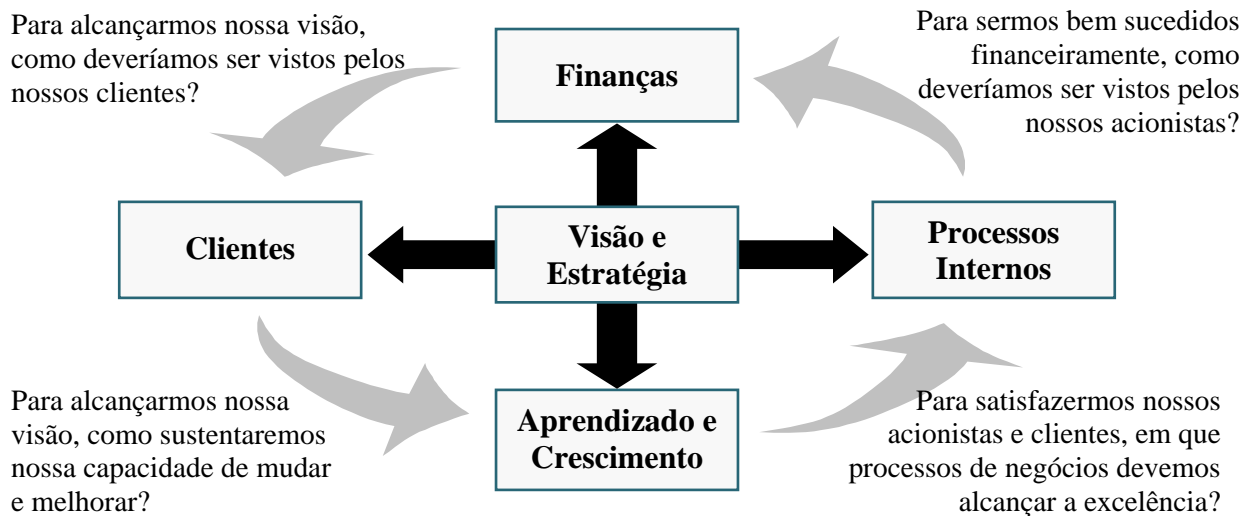


Figura 1: As quatro perspectivas de desempenho do BSC (adaptado Kaplan e Norton, 1997)

Assim, o BSC é construído em torno da idéia de que deve existir um balanço entre medidas de resultados e medidas de determinantes de resultados, denominadas como vetores de desempenho (performance drivers). Além disso, um BSC bem elaborado deverá contar a história da empresa, identificando e tornando explícita a seqüência de hipóteses sobre as relações de causa e efeito entre as medidas de resultado e os vetores de desempenho desses resultados.

Outro ponto importante destacado por Kaplan e Norton (1996b) é o uso do BSC como instrumento para o processo de implementação e revisão da estratégia da empresa. O Balanced scorecard deixa claro que as medidas financeiras e não-financeiras devem fazer parte do sistema de informações para funcionários de todos os níveis da organização. Os objetivos e medidas utilizados no Balanced scorecard não se limitam a um conjunto aleatório de medidas de desempenho financeiro e não-financeiro, pois derivam de um processo hierárquico norteado pela missão e pela estratégia da unidade de negócios em uma relação de causa e efeito. Quando se trata de Balanced scorecard não é possível dissociá-lo dos princípios da administração por objetivos, inicialmente divulgada por Drucker (1981) que se tornou amplamente conhecida e utilizada nas empresas modernas. Os objetivos e as metas de desempenho, assim como as estratégias são traçadas de cima para baixo ao longo de toda a estrutura organizacional.

O BSC não deve ser a re-alocação do sistema de medição já existente na empresa (que gerencia a rotina). As medidas do scorecard devem ser escolhidas para direcionar a atenção dos gerentes e empregados nos fatores esperados para conduzir às rupturas de competitividade da organização (KAPLAN e NORTON, 1996a).

Segundo Kaplan e Norton (1996b e 1997), a estrutura do scorecard viabiliza os seguintes processos gerenciais críticos:

Esclarecer e traduzir a visão estratégica;
Comunicar e associar objetivos e medidas estratégicas;
Planejar, estabelecer metas e alinhar iniciativas estratégicas; e
Melhorar o feedback e o aprendizado estratégico.

Portanto, na visão dos autores, o verdadeiro poder do Balanced scorecard ocorre quando deixa de ser um sistema de medição de desempenho e se transforma em um sistema de gestão estratégica.

2.2 A Tecnologia de Informação

A competitividade está exigindo das empresas, a cada dia que passa, novas maneiras de relacionar-se com o concorrente, com o consumidor e com o fornecedor. A globalização dos negócios e as rápidas mudanças requerem constantes adaptações para a manutenção das empresas no mercado, sendo o acesso à informação um dos pilares dessas mudanças.

Segundo Freitas et al. (1997, p. 24), “a importância da informação dentro das organizações aumenta de acordo com o crescimento da complexidade da sociedade e das organizações. Em todos os níveis organizacionais (operacional, tático e estratégico), a informação é um recurso fundamental”.

O tratamento dessas informações, também denominado Informática ou Sistemas de Informação (SI), faz parte de toda atividade de negócio de uma empresa que oferece um produto ou serviço – desde a concepção, planejamento e produção até a comercialização, distribuição e suporte. Desse modo, os SI têm-se tornado um componente crítico do planejamento estratégico corporativo e da vantagem competitiva (Albertin, 1999).

Segundo Lesca (apud Freitas et al., 1997, p. 33), o SI da empresa é o conjunto interdependente das pessoas, das estruturas da organização, das tecnologias de informação – hardware e software, dos procedimentos e métodos que deveriam permitir à empresa dispor no tempo desejado das informações de que necessita – ou necessitará – para seu funcionamento atual e para sua evolução.

Os SI, de acordo com Laudon e Laudon (2000), permitem uma racional transformação de dados crus e isolados extraídos do ambiente interno ou externo da organização em informações úteis e adequadas ao negócio. Essas informações, por sua vez, subsidiam a tomada de decisão, contribuindo para um melhor desenvolvimento do processo decisório (Bio, 1996).

Segundo Mañas (1999), um SI liga, portanto, três grandes componentes: as pessoas que participam do processo de informação da empresa; as estruturas da organização; e as tecnologias de informação e de comunicação.

Nesse contexto, uma adequada TI pode servir de suporte para ajudar as organizações a sobreviver e prosperar neste ambiente competitivo. Segundo Furlan (1994), TI é toda forma de gerar, armazenar, veicular, processar e reproduzir informações. Alter (1996) conceitua TI como sendo um conjunto de hardwares e softwares que possibilitam o funcionamento dos SI.

Para este autor, as TI estão contidas nos SI que, por sua vez, influenciam os processos de negócios. Estes podem ser vistos como etapas que utilizam pessoas, informações e outros recursos para criar valor aos clientes internos e/ou externos.

Desde que a TI foi introduzida sistematicamente em meados da década de 50, a forma como as organizações operam, o modelo de seus produtos e a comercialização desses produtos mudaram radicalmente.

Evidentemente, os computadores e os telefones beneficiam os processos empresariais: os telefones encurtam o tempo e a distância, permitindo às empresas, por exemplo, monitorar diariamente as vendas gerais e agir de acordo com os dados levantados; os computadores apressam o ritmo de muitas atividades e, ao mesmo tempo, reduzem a necessidade de mão-de-obra (Davenport, 1996).

Segundo Albertin (1999), a partir da década de 80 a informática passou a ter enfoque mais de negócio do que técnico. Esta mudança deve-se à constante evolução das organizações, mercados, competitividade, tecnologia de hardware e recursos humanos, que exigiu uma nova abordagem desta tecnologia. Muitas organizações passaram a investir em TI, de acordo com sua estratégia competitiva e visão de futuro. Tapscott (1997) afirma que atualmente não é possível elaborar uma estratégia ou um projeto de negócio sem considerar a importância da tecnologia.

A TI abre possibilidades inúmeras de compatibilização entre necessidades e realidades empresariais diversas. Sendo assim, para que uma empresa possa tirar total vantagem do uso de modernas TI para ganhar competitividade, é necessário que prime pelo eficiente gerenciamento de implementação e de impacto da nova TI na empresa. Conforme Furlan (1994), o valor da TI depende da sua forma de utilização e de implementação na organização.

2.3 UML (Unified Modeling Language)

Segundo Furlan (1998) a indústria de informática vem oferecendo soluções que buscam minimizar dificuldades reproduzindo ou simulando modelos da realidade de forma mais amigável através de ambientes gráficos e interfaces ricas. Surgiram diversas abordagens que oferecem interessantes direcionamentos para o futuro, simplificando sobremaneira a complexidade do ambiente computacional. Diante disso a UML foi a linguagem escolhida para a modelagem da presente pesquisa.

Ainda segundo Furlan (1998), a UML é a sucessora de um conjunto de métodos de análise e projetos orientados a objeto (OOA&D). A UML é uma linguagem que unifica as metodologias OO (orientação a objetos) de Booch e Rumbaugh através dos seus diagramas. É, portanto, uma linguagem de modelagem que utiliza uma notação para descrever o modelo pretendido.

A UML possui diversos diagramas como de atividades, de "Use Case", ou caso de uso, de colaboração, de seqüência, de estado, de classe, de objeto, de componentes e de desdobramento.

Foi lançada por Grady Booch e Jim Rumbaugh (Derek, 1997) na OOPSLA'95 organizada pela Rational Software Corporation com o nome de método unificado. Em 1996, esse método foi renomeado para UML. No início de 1997, a UML foi submetida pela OMG para padronização e tem sido endossada por várias empresas de software.

O diagrama de caso de uso ou "Use Case" é um tipo de modelagem rica, que é usada para identificar como um sistema se comporta em várias situações que podem ocorrer durante sua operação. Descreve o sistema, seu ambiente e a relação entre os dois. Os componentes desse diagrama são os atores e os "Use Case".

A notação usada pelo Diagrama de "Use Case" é:

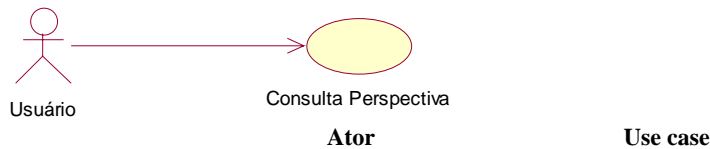


Figura 2: Exemplo de diagrama UML do Caso de Uso "Consulta Perspectiva"

O ator representa qualquer entidade que interage com o sistema. Pode ser uma pessoa ou uma máquina, por exemplo. Assim, deve ter as seguintes características: primeiro, o ator se relaciona com o sistema; segundo, representa os papéis que um usuário do sistema pode desempenhar e terceiro, ele interage ativamente com o sistema, como também é um receptor passivo de informação.

Para representar a interação entre os objetos, a UML utiliza o diagrama de seqüência e o diagrama de colaboração. O diagrama de seqüência mostra a interação entre os objetos ao longo do tempo, apresentando os objetos que participam da interação e a seqüência de mensagens trocadas. O diagrama de colaboração é um modo alternativo para representar a troca de mensagens entre um conjunto de objetos. O diagrama de colaboração mostra a interação organizada em torno dos objetos e suas ligações uns com os outros.

Furlan (1998) afirma que o diagrama de classe é a essência da UML resultando de uma combinação de diagramas propostos pela OMT, Booch e vários outros métodos. Trata-se de uma estrutura lógica em uma superfície de duas dimensões mostrando uma coleção de elementos declarativos do modelo. Utiliza os principais conceitos de abstração oriundos da OO como Generalização/Especialização e Agregação. Este diagrama utiliza, também, os conceitos de cardinalidade vindos do MER (Modelo Entidade e Relacionamento) e servem para a modelagem da visão estática do sistema. (Rumbaugh et al, 2000).

O diagrama de classe representa os aspectos estáticos dos processos de negócios. A UML possui o diagrama de interação. Este especifica uma seqüência de trocas de mensagens para representar o comportamento e interações entre um conjunto de objetos. O diagrama de interação deve ser usado quando se deseja visualizar o comportamento de vários objetos dentro de um único caso de uso, a partir das mensagens que são trocadas entre eles. Um diagrama utilizado na UML para os modelos dinâmicos é o diagrama de atividades. Para Furlan (1998), ele deve ser utilizado em situações em que todos ou a maioria dos eventos representam a conclusão de ações geradas internamente. Ele é útil por apresentar a execução de atividades, a concorrência de operação e as ramificações no fluxo de controle. A incorporação deste diagrama à UML vem reforçar a afirmação de que a OO tem deficiências quanto à representação de interdependências dos processos de negócios, conseqüentemente na metodologia de gestão de valor de processos.

A UML propõe, também, o diagrama de componentes. O diagrama de componentes é um gráfico de componentes conectados pelos relacionamentos de dependências em que podem ser associados a outros por retenção física que representa relacionamentos de composição. Um diagrama de componentes mostra as dependências entre componentes de software. Este diagrama vem acompanhando as novas metodologias de desenvolvimento baseado em componentes de software.

3. A Metodologia

Ao estudar a metodologia proposta por Robert Kaplan e David Norton, apresentada conceitualmente em diversos estudos de caso de organizações dos mais variados segmentos, nesta pesquisa utilizou-se a mesma metodologia para definir os indicadores de desempenho estratégico de uma IESP. Esse estudo revelou por meio de uma estrutura padrão de construção do Balanced scorecard a mensuração de estratégias dentro do contexto de um ambiente acadêmico, mas sob o ponto de vista de uma organização. Também, desenvolveram-se os indicadores de desempenho para uma IESP, vinculando a objetivos estratégicos os indicadores de resultados, assim identificando os indicadores de tendências, que possibilitam evidenciar se o caminho adotado conduz a realização dos objetivos traçados na gestão estratégica de uma IESP. Seguindo a estrutura padrão proposta pelos mentores do Balanced scorecard, por meio de formulários, que transpõe uma facilidade visual dos objetivos vinculados a uma determinada perspectiva, já que a metodologia do BSC está ancorada em 4 perspectivas em torno da missão, da visão e estratégia da organização.

Estudando a metodologia do Balanced scorecard, aliando-a a TI e a gestão da IESP, juntas representam relevância na tomada de decisão, com custos reduzidos e menores desperdícios de tempo, bem direcionadas permitem o sucesso atual e futuro em uma nova realidade. Sua direção implica na comunicação, e não somente em controle constante para a alta gestão e suas diretorias e gerências.

Posteriormente ao levantamento feito, o sistema de informação foi modelado com o auxílio da UML a partir dos formulários gerados baseados nas Perspectivas, Objetivos Estratégicos, Objetivos de Tendência, Iniciativas Estratégicas e seus indicadores.

A Figura 3 mostra uma adaptação dos 6 passos para a construção do Balanced scorecard acrescidos dos passos 7, 8, 9 e 10 que fazem parte do projeto de implementação do sistema da informação.

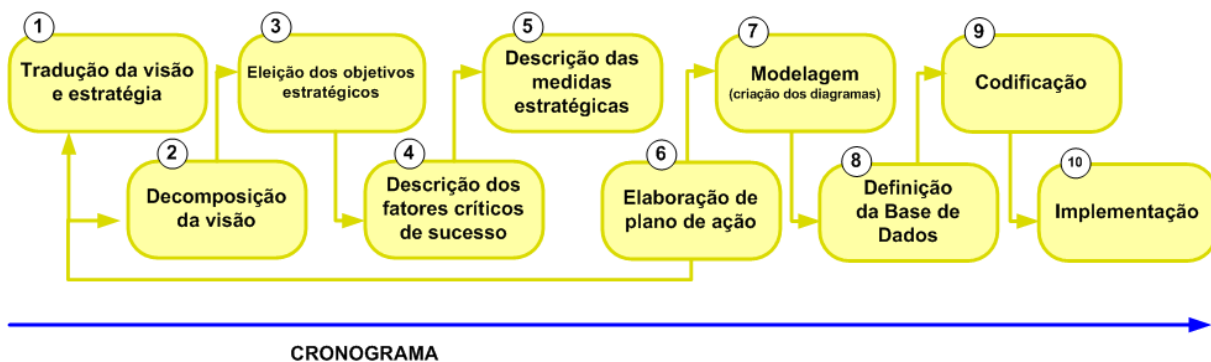


Figura 3: Passos para a construção do Balanced scorecard. Adaptado de Olve (2001) mais fases do projeto do Sistema de Informação.

4. O Modelo Proposto

4.1 O Modelo Conceitual

Com a estratégia estabelecida, os temas estratégicos foram criados em função do plano estabelecido em cima de cada perspectiva. Vale lembrar que as perspectivas propostas pelos mentores do Balanced scorecard são 4 e acrescidas a esta, está a Perspectiva da Educação baseada nas legislações do Conselho Nacional de Educação (CNE), nas Leis de Diretrizes e Bases (LDB) e nos Projetos Pedagógicos estabelecidos pelo Ministério da Educação (MEC) para que os cursos tenham seu conceito máximo.

Os seguintes temas estratégicos foram propostos:

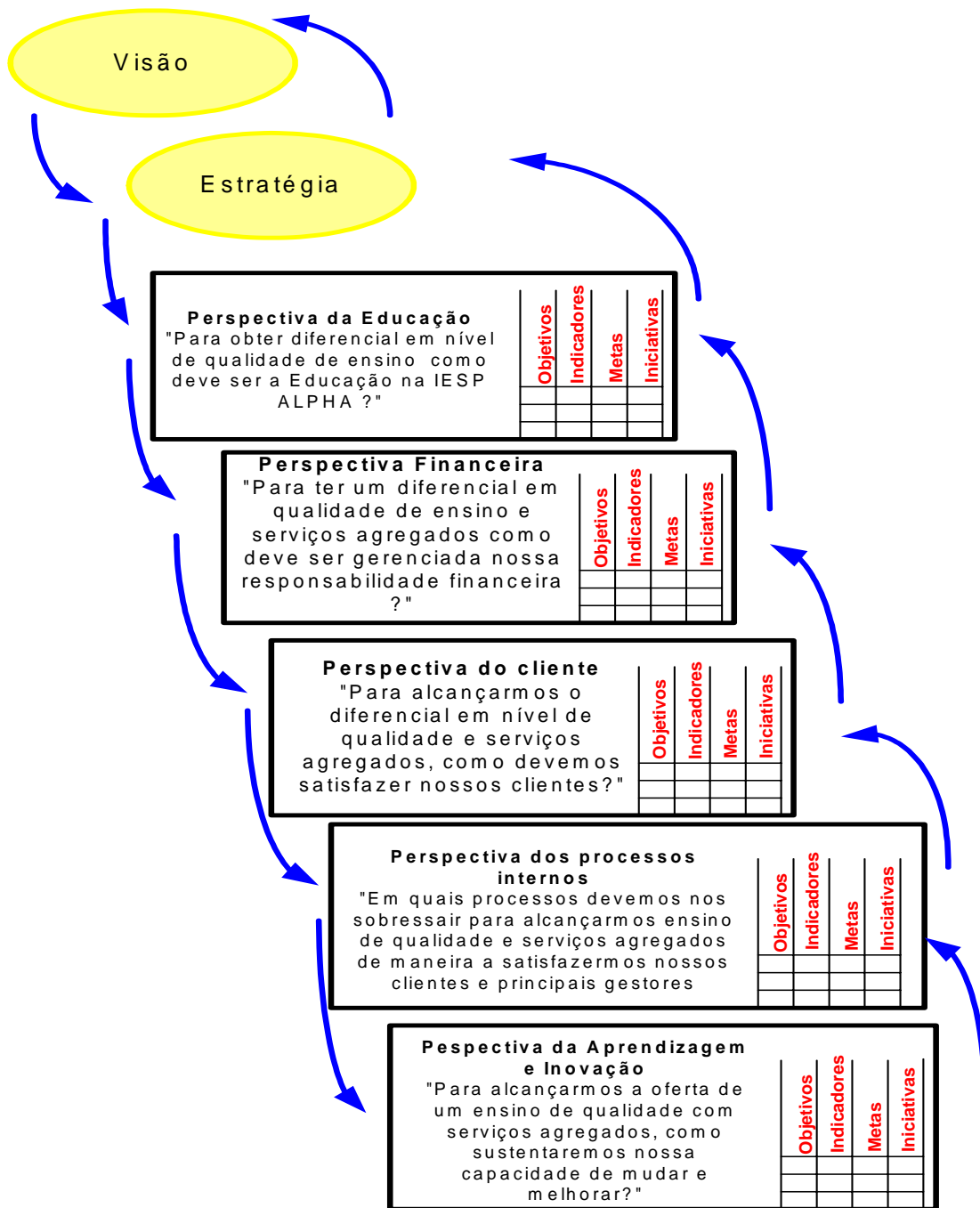


Figura 4 - Temas estratégicos das perspectivas da IESP
 Adaptado de Kaplan e Norton (2000, p 89)

4.2 O Modelo Lógico

O processo inicial para desenvolvimento de um sistema é a análise de requisitos. A IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology (IEEE, 1997) define requisito como uma condição ou capacidade necessária para um usuário resolver um problema ou alcançar um objetivo.

Os requisitos de software estão divididos em requisitos funcionais e não-funcionais (Sommerville, 2000). Os requisitos funcionais definem a funcionalidade que o sistema deve prover a fim de capacitar os usuários a realizar suas tarefas. Em geral, são capturados segundo abordagens de casos de uso e descrição de cenários. Já os não-funcionais são padrões, regulamentos e contratos com os quais o sistema deve ter conformidade, descrição de interfaces externas e requisitos de desempenho. Entre eles, velocidade de resposta, tamanho dos arquivos, facilidade de uso, confiabilidade, robustez, portabilidade, etc. Estes requisitos não são foco desta pesquisa.

O diagrama apresentado abaixo é o Diagrama de Caso de Uso do Sistema, apresentando suas principais funcionalidades:

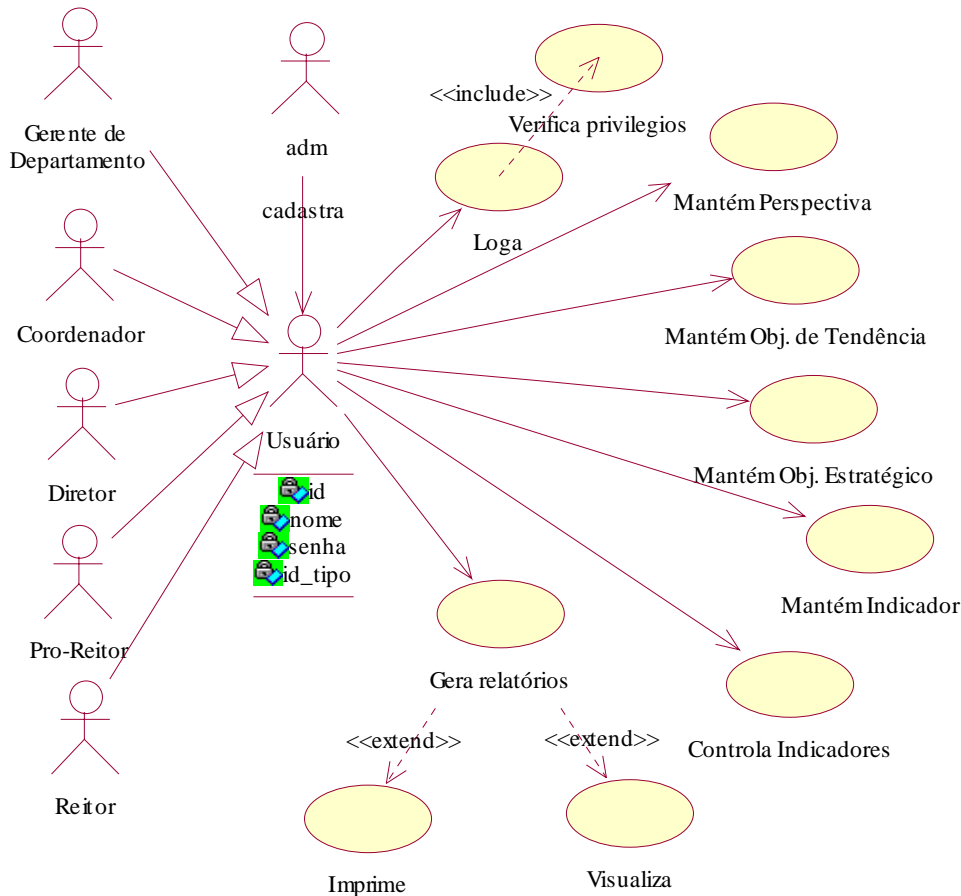


Figura 5 – Modelagem dos requisitos do sistema

Apresentados na figura 5 estão os requisitos estabelecidos através de reunião com os envolvidos no processo.

Após a elaboração do Caso de Uso do Sistema, deve-se preparar os diagramas para os casos de uso de maior relevância (Sommerville, 2000). Como por exemplo: Logar, Cadastrar Perspectiva, Geração de Relatórios, entre outros. Não é necessário detalhar todos os casos de uso. A partir daí então se faz o levantamento dos requisitos do sistema e utilizam-se também estes diagramas para abstrair as classes que comporão o Diagrama de Classe que será apresentado mais adiante.

Podemos descrever os requisitos da seguinte maneira:

Requisito 1 (RF001) – O Usuário do sistema poderá ser de diferentes categorias (Reitor, Pró-Reitor, Diretor, Coordenador e Gerente de Departamento) e cada categoria terá privilégios diferentes no sistema.

Requisito 2 (RF002) – O cadastro de usuários será feito por um funcionário do setor de TI

Requisito 3 (RF003) – O usuário, independente da categoria, deverá logar com nome e senha para que o sistema possa carregar seus privilégios.

Requisito 4 (RF004) – O usuário dependendo da sua categoria poderá usar um “Cadastro de Perspectiva”, item que contempla inclusão, alteração, consulta e exclusão.

Requisito 5 (RF005) - O usuário dependendo da sua categoria poderá usar um “Cadastro de Objetivos de Tendência”, item que contempla inclusão, alteração, consulta e exclusão.

Requisito 6 (RF006) - O usuário dependendo da sua categoria poderá usar um “Cadastro de Objetivos Estratégicos”, item que contempla inclusão, alteração, consulta e exclusão.

Requisito 7 (RF007) - O usuário dependendo da sua categoria poderá usar um “Cadastro de Indicadores”, relacionados aos Objetivos Estratégicos, este item contempla inclusão, alteração, consulta e exclusão.

Requisito 8 (RF008) - O usuário dependendo da sua categoria poderá controlar (atualizar) o valor de um Indicador.

Requisito 9 (RF009) - O usuário dependendo da sua categoria poderá visualizar relatórios na tela ou imprimi-los.

Os códigos gerados para cada requisito serão usados na documentação do Sistema.

A partir dos formulários criados para a implantação do BSC e os passos (de 1 a 6) apresentados (Figura 3), conseguimos definir os Casos de Usos, citados acima e o Diagrama de Classes que é mostrado a seguir:

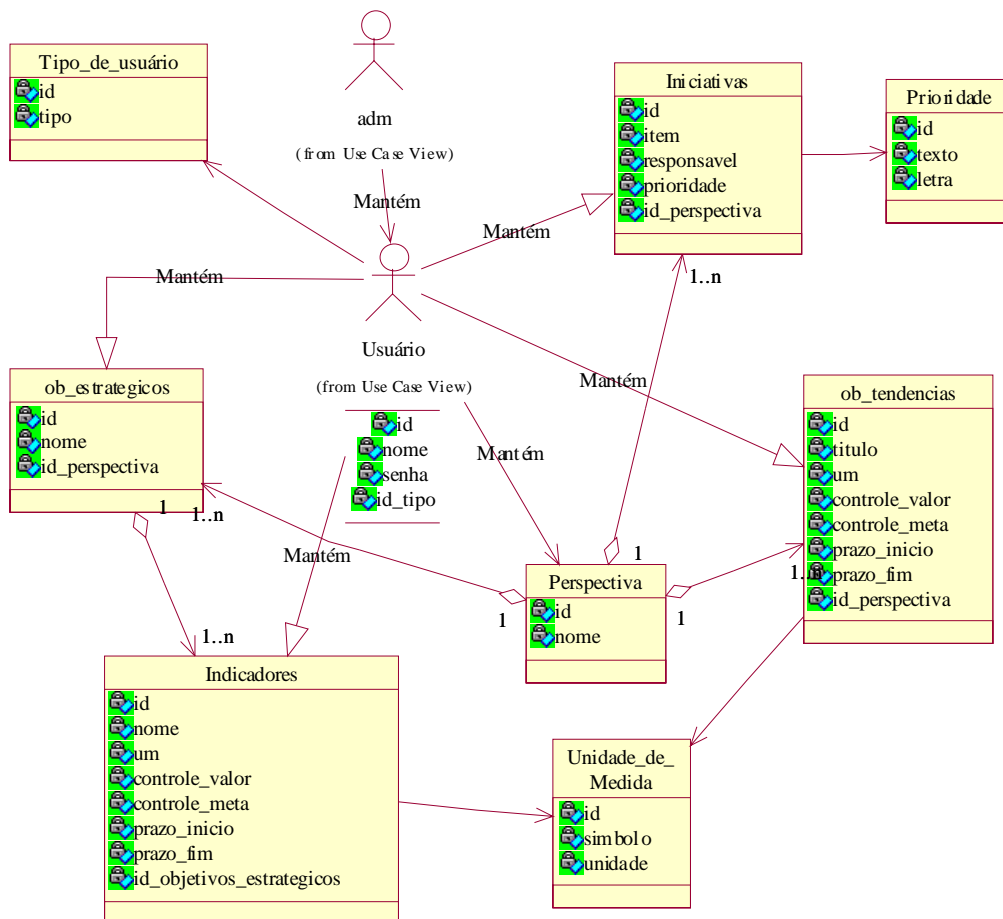


Figura 6 – Diagrama de Classe

5. Considerações Finais

O BSC traduz a missão e a visão estratégica da organização em objetivos e medidas tangíveis, os quais são desdobrados entre os diversos departamentos por meio da matriz de relacionamento. Dessa forma, cada departamento tem como escolher e desenvolver projetos de melhoria e indicadores alinhados à estratégia. Outro fato que devemos observar, é que a IESP em questão apresenta um sistema integrado de gestão. O que nos faz entender que o Sistema de Informação a ser desenvolvido, receberá os valores dos indicadores, já estabelecidos no Modelo Conceitual, diretamente desse sistema. E que a proposta do uso do BSC para a instituição em questão, deverá ser analisada de maneira temporal, ou seja os dados não poderão ser atualizados, apenas inseridos e alimentados no sistema para que seu histórico seja guardado. O que nos remete ao próximo passo do projeto que é a definição e a modelagem de um sistema de Data Warehouse. Segundo Inmon (1997), Data Warehouse é uma coleção de dados orientados por assuntos, integrados, variáveis com o tempo e não voláteis, para dar suporte ao processo gerencial de tomada de decisão. Os sistemas que originarão as informações são formados pelos sistemas legados e integrados da IESP, geralmente voltados para suas áreas meio (pessoal, financeiro, estoques, etc) e fim (vestibular, inscrições, cursos, egressos, etc.). E devido à natureza operacional, tais sistemas são inadequados à formação de relatórios temporais e de difícil utilização pelos dirigentes da IESP. O que inviabilizaria os processos gerenciais do BSC.

6. Referências Bibliográficas

ALBERTIN, A. L. Administração da informática: funções e fatores críticos de sucesso. São Paulo: Atlas, 1999.
 ALTER, S. Information Systems: a Management Perspective. Menlo Park, Califórnia: Benjamin Cummings, 2ª ed., 1996.

BIO, S. R. Sistemas de informação: um enfoque gerencial. São Paulo: Atlas, 1996

DAVENPORT, T. H. Reengenharia de Processos: como inovar na empresa através da Tecnologia da Informação. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

DEREK, COLEMAN. UML, The Language of Blueprints for Software. OOPSLA'97 Conference, p. 201-205, 1997.

DRUCKER, P. A prática da administração de empresas. Editora Pioneira, 1981.

FREITAS, H. BECKER, J. L. KLADIS, C. M. e HOPPEN, N. Informação e Decisão: Sistemas de Apoio e seu Impacto. Porto Alegre: Ortiz, 1997.

FURLAN, J. D.. Reengenharia da Informação: Do Mito à Realidade. São Paulo: Makron Books, 1994.

FURLAN, J. D. Unified Modeling Language. São Paulo: McGrawHill, 1998.

IEEE. IEEE Software Standards Collection. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, USA, 1997.

INMON, William H. Como Construir o Data Warehouse. Campus, Rio de Janeiro, 1997.

KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P. Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. Harvard Business School Press, 1996a.

KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P. Linking the Balanced Scorecard to Strategy. California Management Review, 1996b

KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P. A estratégia em ação – Balanced scorecard. 3.ed. Rio de Janeiro : Campus, 1997.

KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P. A Organização Orientada para a Estratégia. Rio de Janeiro: Editora Campus: 2000.

LAUDON K. C. e LAUDON, J. P. Management Information System: Organization and Technology in the networked enterprise. New York: Prentice Hall, 6a ed., 2000.

MAÑAS, A. V. Administração de Sistemas de Informação. São Paulo: Érica, 1999.

RUMBAUGH, J. BOOCH, G., e JACOBSON I. – UML - Guia do Usuário. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

SOMMERVILLE, I. - Software Engineering, Addison-Wesley, 2000

TAPSCOTT, D. Economia Digital. São Paulo: Makron Books, 1997.

OLVE, N. Condutores de performance: um guia prático para o uso do “balanced scorecard”. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2001.

WIEGERS, K.E. Software Requirements. Microsoft Press, Washington, USA, 1999.

Trabalho Completo Publicado em Congresso

ALBUQUERQUE, Antonio Roberto Pereira Leite de; ZANCARLI, Felipe Marcel. Modelagem de um Sistema de Informação para Gerenciamento Estratégico de uma Instituição de Ensino Superior com Aplicação do Balanced Scorecard. In: VII SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS (SIMPOI), 2004, São Paulo SP. Anais do VII Simpoi. 2004. v. VII, p. 1-12.

Área: Gestão da Tecnologia da Informação

Linha de Pesquisa: Gestão de Instituições de Ensino Superior Privada.

O estado da arte em gerenciamento de riscos em projetos

Adalberto Faria dos Reis (mestrando UNIP) adalberto_reis@uol.com.br

Prof.Dr. Antonio Roberto Pereira Leite de Albuquerque (UNIP) albuquerque@unip.br

Resumo

Menos da metade dos projetos dos setores públicos e privados são bem sucedidos. A vasta literatura que procura determinar as causas deste elevado número de insucesso aponta como alguma das causas principais; as estimativas mal elaboradas baseadas em “experiência pessoal”, o projeto ter vários responsáveis e os objetivos mudaram com o andamento do projeto. Este trabalho enfoca o gerenciamento de riscos que para autores é a mais importante das variáveis que visa aumentar as chances de sucesso destes empreendimentos e cuja aplicação também se expande paralelamente ao crescimento e complexidade dos projetos. Foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica relacionada ao tema e selecionamos aqueles que apresentam os modelos, conceitos e técnicas mais recentes em gerenciamento de riscos em projetos demonstrando que o gerenciamento de riscos em projetos se propõe a ser um instrumento capaz de aumentar as possibilidades de sucesso nos projetos e que não pode ser desconhecido pelos profissionais e acadêmicos que estejam envolvidos em qualquer atividade sujeita a riscos e incertezas.

Palavras-chave: gerenciamento de projetos; gerenciamento de riscos em projetos.

1 - Introdução

Um artigo publicado em 2002 (White, 2002) baseado numa pesquisa com gerentes de projetos, representantes dos setores público e privado, tornou patente que apenas 41% dos projetos foram bem sucedidos. Outro fato relevante divulgado pela pesquisa mostra que apenas 35% dos projetos utilizaram alguma ferramenta de gerenciamento de riscos e que 46% dos projetos apresentaram efeitos colaterais inesperados. Ou seja, é maior a chance de acertar cara ou coroa ao lançar uma moeda (50% de chance) do que ter um projeto bem sucedido e que não produza efeitos imprevistos.

Ao longo deste artigo e nas suas referências, veremos que o gerenciamento de riscos em projetos se propõe a ser um instrumento capaz de aumentar as possibilidades de sucesso levando-nos a concluir que há espaço para melhorar a taxa de sucesso através de maior e melhor utilização de gerenciamento de riscos em projetos.

Desde a década de 1970, a experiência acumulada em projetos dos segmentos industriais em construção civil, aeroespacial, defesa, óleo e gás, e tecnologia da informação, indica que os métodos, técnicas e processos relacionados ao gerenciamento dos riscos e incertezas deve ser parte integrante do gerenciamento de negócios em geral e de projetos, independentemente de seu tamanho e segmento de atuação. (Norris, 1992)

As sociedades de gerenciamento de projetos sediadas nos países desenvolvidos dedicam espaço significativo à discussão e divulgação do gerenciamento de riscos em projetos, dado o reconhecimento, pela profissão e acadêmicos, de sua importância para a prática bem sucedida de gerenciamento de projetos. Confirmando que tal prática não pode ser desconhecido pelos profissionais e acadêmicos que estejam envolvidos em qualquer atividade sujeita a riscos e incertezas.

2 - O processo de gerenciamento de riscos conforme divulgado pelas sociedades de gerenciamento de projetos

As sociedades de gerenciamento de projetos foram criadas e cresceram a partir do final da década de 1960, e perceberam a necessidade de elaborar material de referência para seus membros utilizarem rotineiramente, visando a padronização dos termos e conceitos e, principalmente, servirem de base para a formação e certificação de profissionais (Morris, 2001). Três sociedades se destacam atualmente, tendo capítulos em vários países, incluindo o Brasil, e patrocinando pesquisas, eventos e publicações especializadas: Project Management Institute (PMI), sediado nos Estados Unidos da América; Association for Project Management (APM), sediada na Inglaterra; e International Project Management Association (IPMA), sediada na Suíça.

Nas últimas duas décadas, foram publicados materiais de referência técnica e gerencial por estas sociedades, em várias versões atualizadas, documentos usualmente chamados “Corpo de Conhecimento”

(Body of Knowledge-BOK). Estes documentos reúnem os tópicos e matérias consideradas relevantes para o conhecimento e prática dos profissionais envolvidos em gerenciamento de projetos. São organizados conforme a cultura, filosofia e visão predominante que cada sociedade adota na sua elaboração teórica e prática para o exercício bem sucedido da disciplina de gerenciamento de projetos.

Em todas as atuais versões dos BOKs das três sociedades existem capítulos dedicados ao gerenciamento de riscos. São elas:

IPMA Competence Baseline, version 2.0, 1999

APM Project Management Body of Knowledge, Fourth edition, 2000

A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 2000 edition (pelo PMI)

A seguir, vamos apresentar os elementos em comum e, também, os aspectos específicos de cada documento sobre o tema.

2.1 – Os aspectos comuns em gerenciamento de riscos

Apesar de existir diferenças sutis na terminologia e na forma de organização e apresentação dos conceitos relacionados ao gerenciamento de riscos, existe consenso entre as sociedades sobre os seguintes aspectos:

O termo 'risco' tem significado semelhante, e pode ser definido como um evento ou circunstância que tem o potencial de afetar negativamente os objetivos do projeto.

O termo 'gerenciamento de risco' é definido como um processo formal, integrado aos demais processos de gerenciamento de projetos, e dedicado à identificação, análise, definição das medidas de proteção contra os riscos, e controle sobre os riscos (monitorar sua ocorrência e aplicação efetiva das medidas de proteção).

O gerenciamento de risco é um processo contínuo, que deve acontecer durante todo o ciclo de vida do projeto.

O processo de gerenciamento de risco é um trabalho de equipe, pois suas atividades não podem ser executadas por uma só pessoa, embora deva existir alguém com a responsabilidade formalmente estabelecida para a função de gerente de riscos.

O gerenciamento de riscos é necessário para todos os projetos, independentemente de seu tamanho e complexidade.

Existem medidas típicas que podem ser tomadas com relação aos riscos: evitar (mudar os planos ou objetivos de forma a eliminar o risco); reduzir (planejar de forma a minimizar a possibilidade do risco acontecer ou reduzir o dano potencial); transferir (através de seguro ou cláusulas contratuais, terceiros assumem a responsabilidade pelas perdas) ou aceitar (se a relação custo-benefício das proteções anteriores não for interessante, pode-se resolver correr o risco e deixar para tomar a decisão se e quando o risco acontecer).

Ao conceito de riscos pode ser associado o de oportunidades, ou seja, eventos ou condições que podem afetar positivamente os objetivos do projeto. As oportunidades devem ser gerenciadas tal como os riscos, pelos mesmos processos, embora visando o seu aproveitamento e incorporação ao projeto. No entanto, o foco dos documentos é em relação aos riscos.

Nenhum dos documentos pretende ser completo sobre gerenciamento de riscos, e se limitam a mostrar o escopo e alcance do assunto. Um esforço adicional de pesquisa deve ser realizado pelo leitor em livros e artigos para conhecer melhor o tema.

Aspecto	Conteúdo comum
Definição de risco	Qualquer evento ou circunstância capaz de comprometer o sucesso do projeto
Definição de gerenciamento de risco	Processo integrado ao gerenciamento do projeto e dedicado à identificação dos riscos e implantação de medidas para sua minimização
Momento de aplicação	Ao longo de todo o ciclo de vida do projeto
Forma de organização	Em equipe, e com responsável formalmente indicado
Tipos de projeto nos quais se aplica	Em todo o tipo de projeto, não importando o tamanho ou grau de complexidade
Tipos de medidas	Evitar, reduzir, transferir, aceitar

para gerenciar os riscos	
Alcance do gerenciamento de riscos	Juntamente com os riscos, deve-se gerenciar também as oportunidades para melhorar os resultados do projeto

Tabela 1–Resumo dos aspectos comuns em gerenciamento de riscos (PMI, APM, IPMA)

2.2 – Os aspectos específicos em gerenciamento de riscos

Cada sociedade de gerenciamento de projetos tem uma cultura e sistemática de trabalho própria, bem como visões diferentes sobre o que deve ser incluído em um BOK e a extensão do seu tratamento no documento (Morris, 2001). As principais diferenças observadas em seu conteúdo teórico podem ser resumidas como segue:

As redações que explicam os termos ‘risco’ e ‘gerenciamento de riscos’ são diferentes quanto à escolha das palavras, mas encerram as mesmas idéias.

Os processos do gerenciamento de riscos tem estruturas diferentes, sejam quanto ao número de processos seja quanto as atividades envolvidas em cada um – O PMI enumera 6 processos, enquanto as outras sociedade enumeram 4 – mas o resultado final não é essencialmente diferente, se desconsiderarmos as variações de terminologia e organização das atividades entre os processos.

Com exceção da IPMA, as outras sociedades dividem o processo de análise de riscos em dois processos distintos: análise qualitativa e análise quantitativa. A análise qualitativa é o primeiro passo de análise e sempre deve ser feita. Visa categorizar os riscos em escalas de impacto nos objetivos do projeto (ex: alto, médio ou baixo impacto) e escalar de probabilidade de ocorrência (ex: alta, média ou baixa probabilidade de ocorrência). Com esta classificação é possível definir a prioridade relativa entre os riscos identificados, de forma a saber quais riscos merecem mais atenção por parte da equipe de gerenciamento de projetos. A análise quantitativa é um passo posterior, que deve ser dado se houver necessidade de dimensionar mais precisamente os efeitos dos riscos em custos e prazos. Normalmente será feita apenas para os riscos mais relevantes, conforme apontado pela análise qualitativa, dado que consome um esforço não trivial de buscar dados históricos sobre probabilidades de ocorrência, perdas prováveis, causas mais freqüentes, etc. Com estes dados, pode-se fazer um tratamento probabilístico para quantificar, monetariamente ou em unidades de tempo, os efeitos dos riscos para o projeto.

A APM também elaborou e divulgou um outro documento, chamado Project Risk Analysis and Management (PRAM), publicado em 1992 e republicado em 2000, com 11 páginas de extensão, no qual desenvolve mais detalhadamente o tema de gerenciamento de riscos e sugere uma outra estrutura de processos de gerenciamento de riscos, diferente da presente no APM BOK, no qual há apenas uma página de extensão dedicada ao assunto. Porém, não se trata de uma abordagem diferente entre os dois documentos, mas de tratamentos mais resumido em um e mais detalhado em outro, sobre o mesmo tema.

O documento que desenvolve mais longamente o processo de gerenciamento de riscos é o PMI BOK, com 20 páginas. De maneira similar ao PRAM, comenta mais profundamente cada processo proposto, suas técnicas e métodos e mostra exemplos ilustrativos dos produtos gerados pelos processos de gerenciamento de riscos. Recomenda um processo de planejamento de riscos que não é abordado nos outros BOKs. É o documento de leitura obrigatória para quem quer ter uma base conceitual inicial mais sólida sobre gerenciamento de riscos em projetos. A partir dele, o leitor terá mais facilidade de entender outros livros, documentos e artigos sobre o tema.

A IPMA estende o conceito de riscos em projetos para além dos efeitos negativos nos objetivos do projeto. Sugere considerar, também, outros eventos e situações que tenham impacto negativo como decorrência dos produtos do projeto ou da execução do projeto. É uma abordagem mais holística, em que não apenas o projeto mas os participantes e o seu contexto externo devem ser avaliados na identificação dos riscos.

Aspecto	Conteúdo específico
Definição de risco	O IPMA considera também os efeitos gerados pelo projeto ou seus produtos
Definição de gerenciamento de risco	O PMI considera composto por 6 processos, os demais por 4 processos; o IPMA não descobre análise de riscos em quantitativa e qualitativa

Desenvolvimento dos temas	O PMI é o mais extenso, apresentando mais exemplos e descrevendo mais detalhadamente os processos
---------------------------	---

Tabela 2 – Resumo dos aspectos específicos em gerenciamento de riscos (PMI, APM, IPMA)

Pelo exposto até agora, vemos que existe um núcleo comum e forte entre as sociedades de gerenciamento de projetos sobre os principais conceitos envolvidos em gerenciamento de riscos em projetos. No entanto, nenhum dos documentos pretende ser completo e extensivo sobre os temas que aborda, e precisamos complementar aquele conhecimento com outras fontes para podermos entender mais completamente o assunto e, também, termos condições de praticar com desenvoltura o gerenciamento de riscos em projetos. Sendo assim, apresentamos no próximo capítulo deste trabalho outros elementos práticos e conceituais sobre o assunto em pauta desenvolvidos por outros autores em revistas especializadas, em artigos publicados no últimos 5 anos.

3 - Conceitos e métodos divulgados em artigos recentes

Antes de apresentarmos o resultado de nossa pesquisa, é importante padronizarmos o processo de gerenciamento de riscos para podermos localizar onde cada método ou conceito apresentado se situa e se aplica. Visando estabelecer uma classificação mais simples e útil possível, aproveitaremos a estrutura sugerida pelo documento PRAM (Norris, 1992) para este fim.

Vamos considerar que existem dois grandes processos componentes do gerenciamento de riscos em projetos, com o seguinte escopo:

Análise de riscos: Identificação, avaliação, análise qualitativa e análise quantitativa dos riscos.

Gestão de riscos: Formulação de medidas de proteção contra os riscos, monitoramento e controle dos riscos.

Veremos que também existem artigos que abordam conceitos e idéias abrangentes, que são aplicáveis ao longo de todo o processo de gerenciamento de riscos.

3.1 – Análise de riscos:

A primeira etapa a ser cumprida é identificar sistematicamente os riscos relacionados a um dado projeto. É um esforço relativamente recente e, certamente, novidade para muitos gerentes de projetos. Reconhecendo esta realidade, o International Council on Systems Engineering (INCOSE), através de seu Risk Management Working Group (RMWG) e o PMI, através de seu Risk Management Interest Group (RiskSIG), desenvolveram o Universal Risk Project, cujo relatório final apresenta uma lista de 'áreas de risco universais' as quais estariam presentes em todos os projetos independentemente de sua natureza e objetivo (Hall, 2002). A lista de áreas de risco pretende servir de guia ao processo de identificação de riscos, em suporte ao trabalho da equipe de gerenciamento de riscos. No relatório são apresentados dois casos práticos da aplicação da lista de áreas de risco. É uma referência indispensável sobre o tema.

Um método que pudesse ajudar não apenas a identificar mas a organizar a grande quantidade de dados sobre os riscos do projeto de forma a facilitar a compreensão de suas origens e relações com outros riscos, e possíveis focos de concentração ao longo do projeto, seria de grande valia, inclusive em apoio aos outros processos de gerenciamento de riscos, em especial a avaliação dos riscos. Com este objetivo em mente, foi desenvolvido o método Risk Breakdown Structure (RBS) (Hillson, 2002). Este método complementa os benefícios da referência comentada no parágrafo anterior, pois a partir das áreas universais de risco, permite criar tanto uma estrutura de riscos específica de um só projeto ou, a estrutura de riscos comum a uma série de projetos semelhantes que estejam sendo realizados por uma organização. Desta forma, a reutilização do RBS em outros projetos semelhantes é facilitada e incentivada. O artigo mencionado mostra diversos exemplos de uso de RBS em diferentes tipos de projetos como ilustração da aplicação do método.

Um outro recurso importante para auxílio na fase de análise de riscos é poder visualizar os riscos identificados, e os caminhos que relacionam suas causas com seus impactos no projetos. O Risk Concept Mapping é uma técnica de representação gráfica desenvolvida para este fim (Bartlett, 2002). A técnica deve ser aplicada em grupo, o que valoriza e potencializa seus resultados para a equipe do projeto, e não apenas no time encarregado de gerenciamento de riscos. É importante ressaltarmos que uma técnica gráfica como esta pode ser aplicada com pouco esforço nas diversas fases do projeto, resumindo e facilitando a comunicação dos riscos, bem como o aprendizado sobre como os riscos se comportam a medida que os projetos são conduzidos.

As atividades de avaliação de riscos visam dimensionar o impacto dos riscos, priorizá-los e, eventualmente, identificar novos riscos. Obter dados na quantidade e qualidade adequadas é a chave para

uma boa avaliação. Esta tarefa deve ser estruturada para poder ser realizada eficientemente e, no futuro, replicada em outros projetos. Uma das técnicas sugeridas é entrevistar pessoas com experiência em projetos semelhantes e nos temas técnicos do projeto em questão para obter estes dados. Surgem as dúvidas: Como montar um questionário? Como fazer as entrevistas? Como tratar as polarizações de idéias dos entrevistados? Qual o critério para medir probabilidade e impacto? De que forma converter os resultados das entrevistas em dados úteis para o gerenciamento de riscos? O artigo de Hullett e Preston (Hullett, 2000) se dedica a tratar destas questões, muito relevantes nas etapas de análise qualitativa dos riscos e, também, preparatórias para a análise quantitativa. Exemplos de questionários e tabelas de organização dos dados coletados são apresentados, bem como uma série de procedimentos e cuidados a serem seguidos ao longo do processo de coleta de dados.

Uma vez conseguido obter dados para análise de riscos com sucesso, é preciso aplicar uma metodologia de análise de riscos que seja eficaz e rápida na sua utilização, sob pena de atrasar as atividades de planejamento do projeto e do gerenciamento de riscos. Um artigo relevante neste aspecto nos conta sobre a Risk Diagnostic Methodology (RDM) e sua aplicação pela multinacional Unilever em seus projetos de inovação (Walsh, 2002). É um estudo de caso interessante, que descreve sucintamente a metodologia e seus resultados em uma empresa de grande porte, que implementa projetos complexos em todo o mundo. A RDM propõe uma forma prática de realizar o processo de análise qualitativa de riscos.

Outra abordagem para realizar a análise qualitativa de riscos é a Risk Factor Analysis (RFA) desenvolvida pela equipe Probabilistic Risk and Hazards Analysis Group, do Los Alamos National Laboratory (Kindinger, 2000). Seu objetivo é dar resultados rápidos e confiáveis de modo a agilizar o processo de análise de riscos, e recomenda-se sua aplicação através de reuniões em grupo. Sua estrutura também facilita o exercício posterior de recomendar medidas para resolver os riscos identificados.

3.2 – Gestão de riscos:

A partir da análise de riscos, deve-se elaborar opções para proteger o projeto contra os riscos e, em seguida, decidir qual opção será adotada, ou, em caso de riscos relevantes, quais opções e em que ordem devem ser executadas. Um exercício desta complexidade e, no caso de grandes projetos, de significativa magnitude, não pode ser realizado sem que se estabeleça uma estratégia básica para orientar os trabalhos em concordância com a cultura e nível de tolerância ao risco da organização patrocinadora e dos interessados no projeto. Além disso, as medidas de proteção ao risco devem ser compatíveis com a estratégia geral do negócio, e incluir uma visão econômica sobre ganhos e perdas, ou poderá faltar apoio de partes da organização, ou do projeto, à implementação destas medidas. Logo, é preciso um método de decisão que incorpore estes elementos, conforme proposto por Piney em seu método 'Project Risk Response Chart' (Piney, 2002). Este artigo desenvolve o método com exemplos ilustrativos e, mais importante, também incorpora a idéia de aproveitar e gerenciar as oportunidades, como parte do processo de gerenciamento de riscos do projeto.

Um outro trabalho que desenvolve mais profundamente os conceitos, critérios, requisitos e técnicas de desenvolvimento de medidas contra os riscos foi realizado em 1999 por um consultor especializado em gerenciamento de projetos (Hillson, 1999). O importante conceito de riscos secundários, que são gerados em função da opção de proteção adotada, é discutido de forma simples e objetiva. Este é um artigo de referência obrigatória para quem pretende desenvolver e implementar uma estratégia e um plano de proteção contra riscos.

Por fim, vale a pena o gerente de projeto e a equipe encarregada do gerenciamento de riscos conhecer uma maneira de entender os riscos sob a ótica dos interessados no projeto ("stakeholders"), pois isto possibilita uma melhor avaliação das opções de proteção e decidir qual delas seria a melhor segundo esta ótica. Uma abordagem com este objetivo e baseada na teoria da utilidade é desenvolvida por Piney em outro trabalho (Piney, 2003), no qual explora esta teoria, muito utilizada em análises e tomada de decisão em economia e finanças.

3.3 – Aplicação geral:

Um elemento a ser considerado quando da aplicação de gerenciamento de riscos em projetos é utilizar um sistema que suporte o seu registro, controle e comunicação. Um exemplo baseado na indústria automobilística ilustra bem as características e benefícios de um sistema para este fim e é documentado por pesquisadores da Universidade de Warwick (Patterson, 2002). Outras duas referências importantes sobre sistemas de apoio ao gerenciamento de riscos são documentados em dois outros artigos elaborados por pesquisadores de Israel (Raz, 1999) (Raz, 2001). Em um dos artigos se discute o processo de benchmarking

das ferramentas e, em outro, se estuda quais ferramentas são mais utilizadas por gerentes de projetos e quais são mais relevantes para o sucesso dos respectivos projetos. Os três artigos permitem ao leitor ganhar subsídios para fazer sua própria seleção de ferramentas, a partir dos conceitos e experiências relatadas.

Um aspecto muito importante do gerenciamento de riscos é perceber e controlar as inter-relações que existem entre certos riscos, que compartilham causas e efeitos comuns. Quando estas inter-relações não são percebidas e gerenciadas, acontece o chamado efeito bola de neve, no qual um problema surge e desencadeia uma série de outros que comprometem seriamente o sucesso do projeto. Uma equipe de consultores finlandeses desenvolveu o método Risk Interrelation Management (RIM) (Kuismanen, 2002), especificamente para introduzir nos processos de gerenciamento de riscos o tratamento das relações entre riscos.

Um assunto já considerado em artigos mencionados anteriormente mas que merece atenção especial é a inclusão do gerenciamento de oportunidades em conjunto com os processos de gerenciamento de riscos. Dois artigos, o primeiro de autoria de um pesquisador da Universidade de Sidney (Jaafari, 2001) e o segundo de autoria de um consultor (Hillson, 2002-2), exploram o tema em profundidade e segundo óticas complementares. Não há dúvidas que as organizações patrocinadoras de projetos e suas equipes de gerenciamento de riscos têm muito a ganhar se não se limitarem a apenas gerenciar ameaças, mas complementar este esforço para também aproveitar oportunidades de gerar ganhos para o projeto e para a organização em geral. O trabalho adicionado é pequeno e compensado pelo ganho de qualidade do processo de gerenciamento de riscos, que se torna mais do que um instrumento de controle do projeto, assumindo o papel de auxiliar na geração de valor da organização.

Um passo além dos conceitos apresentados até agora em riscos e oportunidades é proposto por dois pesquisadores da Universidade de Southampton (Ward, 2003). Neste artigo, os autores recomendam mudar a terminologia e conceitos adotados em gerenciamento de riscos de projetos, de forma a expandi-lo em um gerenciamento de incertezas de projetos. A mudança proposta visa corrigir alguns desvios e polarizações de pensamento que a abordagem tradicional tem mostrado, onde muitos elementos de incerteza são desconsiderados quando se foca apenas ameaças (o sinônimo mais comum para risco) e oportunidades. Se a visão for voltada para as fontes de variabilidade e de ambigüidade em um projeto, expande-se a capacidade de identificação e exploração de riscos e oportunidades, pois as incertezas não se limitam apenas aos 'eventos' e 'circunstâncias' da definição tradicional de risco, dado que as incertezas acontecem em vários outros elementos e momentos de um projeto. Por fim, o objetivo é tornar o projeto e seus produtos mais robustos, por um controle das incertezas e eles inerentes, e mais capazes de agregar valor às partes interessadas. É importante notar que os autores reconhecem que esta nova abordagem carece de testes e experimentos para sua validação. Entendemos que a proposta é interessante mas tem um requisito importante: pessoas maduras em gerenciamento de risco tradicional e que já tenham aprendido o suficiente para dar este passo ousado com razoável chance de sucesso.

Uma proposta que certamente agradará aos amantes da matemática é a utilização de Números Nebulosos em gerenciamento de riscos (Kuchta, 2001). A autora desenvolveu um algoritmo para avaliar o grau de criticalidade de um projeto através do estudo da criticalidade de suas atividades e da rede de atividades do projeto (rede PERT). O número nebuloso associado à criticalidade de uma atividade é função no nível de risco da atividade. O resultado almejado com a proposta é duplo: permitir ao gerente do projeto avaliar as atividades mais críticas (de maior risco) que deverão exigir maior supervisão sua; e permitir ao tomador de decisão na organização avaliar a criticalidade de diversos projetos e, assim, decidir quais deles implantar em função da relação retorno-criticalidade(risco). Embora a autora não comente, recomendamos que essa medida de criticalidade suporte a decisão objetiva sobre a prioridade na alocação de recursos entre projetos. Cabe observar que o método requer a atribuição dos números nebulosos e de pesos relativos a esses números como resultado de julgamento pessoal, e não está proposto, no artigo, o modelo de análise para atribuir esses valores. Ou seja, a organização que quiser implantar o método deverá também definir um conjunto objetivo de critérios para atribuição de valores, de forma a que seus resultados possam ser uniformemente aplicados pelas diversas pessoas envolvidas na aplicação do algoritmo e pelos tomadores de decisão.

Uma outra opção para os que gostam de modelagem matemática e aplicações de simulação de cenários é proposta por um professor da Universidade do Minho, baseada em dinâmica de sistemas (Rodrigues, 2001). Um método de gerenciamento de projetos e de riscos é apresentada no artigo, mas entendemos que será preciso consultar e estudar as referências citadas para que o leitor se familiarize com os conceitos e técnicas necessárias para implementar esta método. Observamos que talvez esta não seja a melhor forma de uma organização iniciar sua prática de gerenciamento de riscos, pelo nível de abstração envolvido ao se modelar e gerenciar projetos com base na teoria de sistemas, a menos que já esteja familiarizada em utilizar estes conceitos em suas atividades rotineiras.

4 - Conclusão

Nossa pesquisa revela que gerenciar riscos não é uma tarefa trivial, pois envolve conhecimentos e experiências somente disponíveis em pessoas com maturidade pessoal e profissional, que já tenham enfrentado diversas dificuldades e desafios e acreditem que os mesmos devem ser previstos e enfrentados de maneira planejada e organizada. Para elas, há diversas fontes de referência capazes de auxiliar na realização bem sucedida do gerenciamento de riscos, e algumas alternativas sobre como fazê-lo, de acordo com preferências ou competências pessoais.

Gerenciar riscos será sempre um esforço que não dependerá apenas do gerente de projetos e sua equipe de riscos, mas também de outros elementos da organização onde se desenvolve o projeto. Para conhecer as condições gerais que favorecem a um gerenciamento de riscos bem sucedido, recomendamos a leitura do trabalho do Doutor David Hullet (Hullet, 2001). A partir dele, quem tiver vontade de realizar o gerenciamento de riscos perceberá que há outras frentes de ação a serem perseguidas, dentro e fora de um projeto qualquer, para que os benefícios almejados sejam realizáveis com uma satisfatória relação custo-benefício.

5 – Bibliografia

- BARTLETT, J. Using risk concept maps in a project or programme. . In: THE FIFTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2002, Jun. 2002, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com> Acesso em 09 jun.2004.
- HALL, D. et all; Universal Risk Project Final Report. Risk Management Research and Development Program, Feb.2002. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.
- HILLSON, D. The risk breakdown structure (RBS) as an aid to effective risk management. In: THE FIFTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2002, Jun. 2002, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.
- HILLSON, D. Developing effective risk responses. . In: PROCEEDINGS OF THE 30TH ANNUAL PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 1999 SEMINARS & SYMPOSIUM, 2000, Philadelphia . Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.
- HILLSON, D. Extending the risk process to manage opportunities. . International Journal of Project Management 20,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 235-240, 2002
- HULLETT, D.T.; PRESTON J.Y. Garbage in, garbage out? Collect better data for your risk assessment. In: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE ANNUAL SEMINARS & SYMPOSIUM, 2000, Houston. Proceedings...p. 983-989
- HULETT, D.T. Key characteristics of a mature risk management process. In: THE FOURTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2001, Jun. 2001, London. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.
- JAAFARI, A. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift. International Journal of Project Management 19,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 89-101, 2001
- KINDINGER, J.P.; DARBY J.L. Risk factor analysis – a new qualitative risk management tool. . In: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE ANNUAL SEMINARS & SYMPOSIUM, 2000, Houston. Proceedings...p. 959-963
- KUCHTA, D. Use of fuzzy numbers in project risk (criticality) assessment International Journal of Project Management 19,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 305-310, 2001
- KUISMANEN, O.; SAARI, T.;VAHAKILA, J. Risk interrelation management – controlling the snowball effect In: THE FIFTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2002, Jun. 2002, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.
- MORRIS, P.W.G. Updating the project management bodies of knowledge. Project Management Journal, 32/3, ABI/INFORM Global, p. 21-30, Sep. 2001,
- NORRIS, C.; PERRY, J.;SIMON P. Project Risk Analysis and Management. The Association of Project Management, Buckinghamshire, Mar. 1992. Disponível em : <http://www.apm.org.uk> Acesso em 07 jun.2004.
- PATTERSON, F.D.; NEAILEY, K. A risk register database to aid the management of project risk. International Journal of Project Management 20,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 365-374, 2002
- PINEY, C. Risk response planning – selecting the right strategy In: THE FIFTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2002, Jun. 2002, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.
- PINEY, C. Applying utility theory to risk management Project Management Journal, 34/3, ABI/INFORM Global, p. 26-31, Sep. 2003

RAZ, T.; MICHAEL, E. Benchmarking the use of project risk management tools, . In: PROCEEDINGS OF THE 30TH ANNUAL PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 1999 SEMINARS & SYMPOSIUM, 2000, Philadelphia . Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.

RAZ, T.; MICHAEL, E. Use and benefits of tools for project risk management International Journal of Project Management 19,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 9-17, 2001

RODRIGUES, A.G. Managing and modelling project risk dynamics – a systems dynamics-based framework In: THE FOURTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2001, Jun. 2001, London. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.

WALSH, B.L. Risk Diagnosis Methodology in Unilever – A case study. In: THE FIFTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2002, Jun. 2002, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.

WARD, S.; CHAPMAN, C. Transforming project risk management into project uncertainty management . International Journal of Project Management 21,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 97-105, 2003

WHITE, D.; FORTUNE, J. Current practice in project management – an empirical study. International Journal of Project Management 20,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 1-11, 2002

Trabalho Completo Publicado em Congresso

ALBUQUERQUE, Antonio Roberto Pereira Leite de; REIS, Adalberto Faria dos. O estado da arte em gerenciamento de riscos em projetos. In: XI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2004, Bauru SP. Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção. 2004. v. XI, p. 1-18.

Área: Gestão de projetos

Linha de Pesquisa: Riscos em projetos

UTILIZANDO A NORMA ISO / IEC 12207 NOS PROCESSOS DE CICLO DE VIDA DO SOFTWARE

MARCELO NOGUEIRA¹.

Resumo - As empresas de desenvolvimento de sistemas têm seus recursos materiais e humanos tanto quanto sobrecarregados, diante da demanda a ela submetida. Porém a não adoção de uma norma de qualidade de software, ou por falta de cultura ou até por desconhecimento da existência da norma, levam projetos de suma relevância ao insucesso e aumentando ainda mais a quantidade de casos dos sistemas inacabados, conseqüentemente desperdiçando tempo, recursos financeiros e não atendendo as necessidades dos clientes e nem do desenvolvedor.

Palavras-chave - Qualidade de Software, ISO 12207, Engenharia de Software.

INTRODUÇÃO

Num ambiente competitivo e de mudança cada vez mais complexo, a gestão adequada da Informação assume uma importância decisiva no processo de tomada de decisão nas organizações.

Tratando-se de um tema simultaneamente abrangente e especializado, a adoção da Engenharia de Software como linha base da Gestão da Informação, possibilitará, não só desenvolver e consolidar os conhecimentos no desenvolvimento de software para encarar com confiança os novos desafios no mundo dos negócios, e também reforçar as competências profissionais, mantendo-se atualizado em relação ao potencial dos sistemas de informação e das novas tecnologias numa perspectiva empresarial e competitiva globalmente.

A partir do conhecimento adquirido de normas de Qualidade de Software, o desenvolvedor será elemento multiplicador de soluções, contribuindo e agregando valor aos sistemas novos e para os já existentes, com aplicação de metodologias e tecnologias adequadas, capazes de gerir com sucesso as informações relevantes aos negócios aplicáveis, trazendo às organizações, vantagens competitivas.

No estudo da Engenharia de Software, demonstra preocupação com a “Crise do Software” que atualmente ele intitula como “Aflição Crônica”, chegando a determinar números expressivos sobre

a não finalização de projetos de sistemas começados e não terminados[11].

Num mundo cada vez mais de recursos financeiros escassos, como é possível aceitar tal desperdício de tempo e dinheiro. O mesmo autor também aponta para o possível problema causador de tal absurdo: “A falta de adoção de métodos, ferramentas e procedimentos no desenvolvimento de software e a difícil relação de entendimento entre o usuário com o desenvolvedor”.

Várias técnicas de modelagem foram criadas e o desenvolvedor mesmo assim ainda tem dificuldades de realizar um projeto de sistemas livre de manutenções e re-trabalhos, condenando diretamente a qualidade do produto.

A adoção da norma [3], pelo desenvolvedor de software, direciona como estruturar e gerenciar o ciclo de desenvolvimento, proporcionando acompanhamento de todo o processo, permitindo que o software venha representar a realidade da empresa modelada para geração de um sistema customizado, atendendo assim seus requisitos e as necessidades desta empresa.

Adotar a norma permite padronizar os processos de desenvolvimento de software, aumentando a aderência a uma ferramenta de apoio a modelagem do software agregando a elas facilidades de relacionamento e compreensão do Usuário e do Desenvolvedor, utilizando métodos sistêmicos que diminuirão erros na modelagem, e por conseqüência a manutenção exagerada, eliminação de custos indevidos, extinção do tempo desnecessário dedicado ao re-trabalho, obtendo qualidade no software, bem como criar a real possibilidade de extrair de um sistema, informações relevantes que venham não só para contribuir com a decisão, mas para ser um fator de excelência empresarial, permitindo novos negócios, permanência e sobrevivência num mercado atuante.

RELEVÂNCIA

Atualmente com a visão global permitindo a participação nas exportações de software para outros países, cada vez mais a qualidade no processo de desenvolvimento e do produto de

¹ Marcelo Nogueira, Universidade Paulista, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

software ganha maior observação e adoção das melhores práticas e soluções tecnológicas.

ENGENHARIA DE SOFTWARE

Engenharia é a arte das construções, embasada no conhecimento científico e empírico, adequada ao atendimento das necessidades humanas [12].

Engenharia de Software é a metodologia de desenvolvimento e manutenção de sistemas modulares, com as seguintes características [12]:

- Adequação aos requisitos funcionais do negócio do cliente e seus respectivos procedimentos pertinentes;
- Efetivação de padrões de qualidade e produtividade em suas atividades e produtos;
- Fundamentação na tecnologia da informação disponível, viável e oportuna;
- Planejamento e gestão de atividades, recursos, custos e datas.

Engenharia de Software é [10]:

- “O estabelecimento e uso de sólidos princípios de engenharia para que se possa obter economicamente um software que seja confiável e que funcione eficientemente em máquinas reais”;
- “Descendente da engenharia de sistemas e de hardware. Abrange um conjunto de 3 elementos fundamentais (métodos, ferramentas e procedimentos), que possibilita, ao gerente, o controle do processo de desenvolvimento do software e oferece ao profissional uma base para a construção de software de alta qualidade”.

Engenharia de Software é[7]:

- “É o estudo dos princípios e sua aplicação no desenvolvimento e manutenção de sistemas de software”;
- “Tanto a engenharia de software como as técnicas estruturadas são coleções de metodologias de software e ferramentas”;

Como conclusão, pode-se relatar que engenharia de software é um conjunto de práticas para desenvolvimento de soluções de software, ou seja, roteiro que pode utilizar diversas técnicas.

A seqüência de passos preestabelecidos permite optar e variar de técnicas e ferramentas na suas diversas fases [13].

OBJETIVOS DA ENGENHARIA DE SOFTWARE

De um modo geral, considera-se que os objetivos primários da Engenharia de Software são o aprimoramento da qualidade dos produtos de software e o aumento da produtividade dos engenheiros de software, além do atendimento aos requisitos de eficácia e eficiência, ou seja, efetividade [6].

A Engenharia de Software visa sistematizar a produção, a manutenção, a evolução e a recuperação de produtos intensivos de software, de modo que ocorra dentro de prazos e custos estimados, com progresso controlado e utilizando princípios, métodos, tecnologia e processos em contínuo aprimoramento. Os produtos desenvolvidos e mantidos, seguindo um processo efetivo e segundo preceitos da Engenharia de Software asseguram, por construção, qualidade satisfatória, apoiando adequadamente os seus usuários na realização de suas tarefas, operam satisfatória e economicamente em ambientes reais e podem evoluir continuamente, adaptando-se a um mundo em constante evolução [1].

Associando a esses objetivos, o termo engenharia pretende indicar que o desenvolvimento de software deve submeter-se a leis similares às que governam a manufatura de produtos industriais em engenharias tradicionais, pois ambos são metodológicos [6].

Com base nos objetivos da Engenharia de Software, fica evidente a necessidade da adoção de uma norma de qualidade para padronizar e gerenciar os processos de desenvolvimento de software.

CRISE DO SOFTWARE

Para generalizar o termo, ocorre quando o software não satisfaz seus envolvidos, sejam clientes e/ou usuários, desenvolvedores ou empresa [12].

A expressão “Crise do Software”, que começou a ser utilizada na década de 60, tem historicamente aludido a um conjunto de problemas recorrentemente enfrentados no processo de desenvolvimento (Construção, implantação e manutenção) de software [6].

Esses problemas não se referem apenas a programas que não funcionam. Na verdade, a chamada “Crise do Software” abrange todos os problemas relacionados a [12]:

- Como sistemas computacionais são construídos;
- Como sistemas computacionais são implantados, referindo-se aqui ao processo de

substituir sistemas antigos, desativando sistemas correntemente em operação, ou ao processo de instalar um sistema inteiramente novo;

- Como é provida a manutenção da quantidade crescente de software construído, associado a sistemas computacionais cada vez mais complexos;
- Como fazer face à crescente demanda para construção de software, visando satisfazer ao conjunto enormemente variado de anseios por informatização, atualmente detectado na sociedade moderna;
- Como administrar as questões comportamentais, envolvendo os clientes e/ou usuários e a política, cultura e filosofia empresarial.

Apesar da enorme variedade de problemas que caracterizam a crise do software, engenheiros de software e gerentes de projetos para desenvolvimento de sistemas computacionais tendem a concentrar suas preocupações no seguinte aspecto: "A enorme imprecisão das estimativas de cronogramas e de custos de desenvolvimento" (Tabelas 1, 2, 3 e 4) [4].

TABELA 1
CUSTOS EM PROJETO DE SOFTWARE POR FASE DE DESENVOLVIMENTO.

Custos em projeto de software por Fase de Desenvolvimento	
Etapa de Trabalho	%
Análise de Requisitos	3
Desenho	8
Programação	7
Testes	15
Manutenção	67

TABELA 2
CUSTOS PARA CORREÇÃO DE ERROS DE SOFTWARE [4].

Custos para Correção de Erros de Software				
Fase de desenvolvimento do software	% de Desvios (\$)	Erros introduzidos (%)	Erros encontrados (%)	Custo Relativo para Correção
Análise de Requisitos	5	55	18	1,0
Desenho	25	30	10	1,0 - 1,5
Teste do Código e da Unidade	10			
Teste de Integração	50	10	50	1,0 - 5,0
Validação e Documentação	10			
Manutenção Operacional		5	22	10 - 100

TABELA 3
EXCEDENTES DE CUSTO [4].

Excedentes de Custo	
% Excedente de Custo	% de Respostas
<20%	15,5%
21% - 50%	31,5%
51% - 100%	29,6%
101% - 200%	10,2%
201% - 400%	8,8%
>400%	4,4%

TABELA 4
EXCEDENTE DE PRAZO [4].

Excedente de Prazo	
% Excedente de Prazo	% de Respostas
<20%	13,9%
21% - 50%	18,3%
51% - 100%	20,0%
101% - 200%	35,5%
201% - 400%	11,2%
>400%	1,1%

QUALIDADE DE SOFTWARE

Atingir um alto nível de qualidade de produto ou serviço é o objetivo da maioria das organizações. Atualmente não é mais aceitável entregar produtos com baixa qualidade e reparar os problemas e as deficiências depois que os produtos foram entregues ao cliente. [13]

Para muitos engenheiros de software, a qualidade do processo de software é tão importante quanto à qualidade do produto. Assim na década de 90 houve uma grande preocupação com a modelagem e melhorias no processo de software. Abordagens importantes como as normas ISO 9000 e a ISO / IEC 12207, o modelo CMM (Capability Maturity Model) e o SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) sugerem que melhorando o processo de software, podemos melhorar a qualidade dos produtos [5].

A qualidade é consequência dos processos, das pessoas e da tecnologia. A relação entre e qualidade do produto e cada um desses fatores é complexa. Por isso, é muito mais difícil controlar o grau de qualidade do produto do que controlar os requisitos.[9]

Prevê-se que na primeira década dos anos 2000, após ajustarem seus processos para a produção de software de qualidade dentro de prazos e orçamentos confiáveis, as organizações serão pressionadas por seus concorrentes a reduzir substancialmente os prazos para a entrega de produtos. Organizações que sejam capazes de integrar, harmonizar e acelerar seus processos de desenvolvimento e manutenção de software terão a primazia do mercado [5].

Ainda que divulgadas na década de 90, o conhecimento e utilização das normas e modelos para qualidade de software, estão distantes de tornar-se realidade nas empresas desenvolvedoras de software, conforme (Tabelas 5, 6, 7 e 8).

TABELA 5
CONHECIMENTO DA NORMA ISO/IEC 12207 [8].

Conhecimento da Norma NBR ISO/IEC 12207 - Processos de Ciclo de Vida de Software -					
Categorias	Total	Micro	Pequena	Média	Grande
Conhece e usa sistematicamente	3,9	1,4	3,8	2,6	9,1
Conhece e começa a usar	8,3	6,1	6,8	7,7	14,8
Conhece, mas não usa	55,1	48,6	51,1	64,1	67,0
Não conhece	32,7	43,9	38,3	25,6	9,1

TABELA 6
CONHECIMENTO DA NORMA ISO 9000 [8].

Conhecimento das Normas ISO 9000 - Gestão da Qualidade					
Categorias	Total	Micro	Pequena	Média	Grande
Conhece e usa sistematicamente	19,4	3,4	16,3	34,1	44,0
Conhece e começa a usar	14,8	14,1	18,5	12,2	12,1
Conhece, mas não usa	52,4	62,4	50,4	43,9	41,8
Não conhece	13,4	20,1	14,8	9,8	2,2

TABELA 7
CONHECIMENTO DO MODELO CMM [8].

Conhecimento do modelo CMM - Capability Maturity Model					
Categorias	Total	Micro	Pequena	Média	Grande
Conhece e usa sistematicamente	3,9	0,7	2,9	2,5	11,4
Conhece e começa a usar	17,1	3,4	20,4	30,0	29,5
Conhece, mas não usa	53,7	62,2	48,9	47,5	48,9
Não conhece	25,3	33,8	27,7	20,0	10,2

TABELA 8
CONHECIMENTO DO PROJETO SPICE [8].

Conhecimento do projeto SPICE - Software Process Improvement and Capability dEtermination (Technical Report ISO/IEC TR 15504)					
Categorias	Total	Micro	Pequena	Média	Grande
Conhece e usa sistematicamente	1,0	2,0	-	-	1,1
Conhece e começa a usar	3,2	1,4	3,0	5,1	5,7
Conhece, mas não usa	56,7	49,0	50,4	59,0	77,3
Não conhece	39,1	47,6	46,6	35,9	15,9

Diante deste fato, podemos afirmar que por falta de utilização das normas ou modelos de qualidade de software, produzimos softwares de qualidade contestável e participando efetivamente da “Crise do Software” [10].

ISO/IEC 12207

A globalização da economia vem influenciando as empresas produtoras e prestadoras de serviços de software a alcançar o patamar de qualidade e produtividade internacional para enfrentarem a competitividade cada vez maior. A norma internacional NBR ISO/IEC 12207 – Tecnologia da Informação – Processos de Ciclo de Vida de Software [ISO12207: 97] é usada como referência em muitos países, inclusive no Brasil, para alcançar esse diferencial competitivo [5].

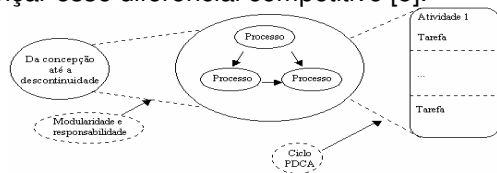


FIGURA 1
ARQUITETURA DA NORMA NBR ISO 12207 [5].

Ela tem por objetivo auxiliar os envolvidos na produção de software a definir seus papéis, por meio de processos bem definidos, e assim proporcionar às organizações que a utilizam um melhor entendimento das atividades a serem

executadas nas operações que envolvem, de alguma forma, o software.

A arquitetura descrita na norma (Figura 1) [5] utiliza uma terminologia bem definida e é composta de: processos, atividades e tarefas para aquisição, fornecimento, desenvolvimento, operação, e manutenção do software.

A norma estabelece uma arquitetura de alto nível para o ciclo de vida do software que abrange desde a concepção até a descontinuidade do mesmo. Essa arquitetura é baseada em processos-chave e no inter-relacionamento entre eles e segue dois princípios básicos:

- **Modularidade:** Os processos têm alta coesão e baixo acoplamento, ou seja, todas as partes de um processo são fortemente relacionadas e o número de interfaces entre os processos é mantido ao mínimo.
- **Responsabilidade:** Cada processo na norma é de responsabilidade de uma “Parte envolvida”, que pode ser uma organização ou parte dela. As partes envolvidas podem ser da mesma organização ou de organizações diferentes.

Na norma ISO/IEC 12207, os processos que envolvem o ciclo de vida do software são agrupados em três classes que representam sua natureza. Cada processo é definido em termos de suas próprias atividades, e cada atividade é adicionalmente definida em termos de suas tarefas [5].

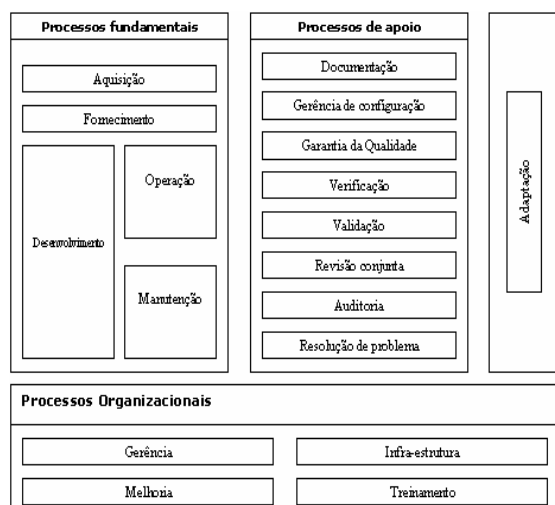


FIGURA 2
PROCESSOS DE CICLO DE VIDA DO SOFTWARE [ISO12207: 97].

PROCESSOS FUNDAMENTAIS

Os processos fundamentais atendem ao início, à contratação entre o adquirente e o fornecedor e a execução do desenvolvimento, da operação ou

manutenção de produtos de software durante o ciclo de vida do software [5].

Nas empresas de desenvolvimento, os processos fundamentais acontecem ainda que não estruturados pela adoção de uma norma, mas pela necessidade da realização da prestação de serviço ou do desenvolvimento dentro da própria empresa.

O planejamento é feito de modo precário pela ausência constante de documentação entre o desenvolvedor e o adquirente. Existe resistência em ambas as partes interessadas em gerar documentação, pois normalmente acreditam estar “perdendo tempo” na especificação dos requisitos, no planejamento num todo do projeto. Muitos desenvolvedores partem direto para o desenvolvimento (Codificação) e depois são levados a um processo de correção e manutenção interminável, provocando desgaste da relação comercial estabelecida, com o não cumprimento de prazos de entrega e o custo do projeto que foi orçado por uma estimativa aleatória acumularão prejuízos intangíveis.

PROCESSOS DE APOIO

Os processos de apoio auxiliam e contribuem para o sucesso e a qualidade do projeto de software.

Um processo de apoio é empregado e executado quando necessário para documentação, gerência de configuração, garantia da qualidade, processo de verificação, processo de validação, revisão conjunta, auditoria e resolução de problemas [5].

A documentação do software será a última tarefa que o desenvolvedor irá se preocupar, sendo tratado como se não tivesse que acontecer antes do desenvolvimento propriamente dito, a fim de ser possível acompanhar se os requisitos do projeto foram atendidos ou se nem foram especificados no momento oportuno. Os processos de verificação e validação ocorrem unilateralmente, ou seja, “este requisito era óbvio, nem precisava mencionar”, e para atender as necessidades do adquirente, este processo será repetido por inúmeras vezes, alongando a manutenção e atrasando o funcionamento e atendimento as necessidades do negócio.

PROCESSOS ORGANIZACIONAIS

Os processos organizacionais são empregados por uma organização para estabelecer e implementar uma estrutura constituída pelos processos de ciclo de vida e pelo pessoal envolvido no desenvolvimento do software. Eles são geralmente empregados fora do domínio de projetos e contratos específicos; entretanto, os ensinamentos desses projetos e contratos contribuem para a

melhoria da organização, são eles: Processos de Gerência, Infra-estrutura, Melhoria, e Treinamento [5].

O processo de gerência depende diretamente do porte da empresa. Em alguns casos existirá a pessoa responsável, em outros o próprio desenvolvedor assumirá o papel, mas não a função, ou seja, aparecerá como responsável, mas devido à carência de tempo e de recursos humanos fará todo o trabalho e não praticará a gerência do projeto.

Para implementar os processos de infra-estrutura, melhoria e treinamento, é fundamental a figura de gerência que exercerá acompanhamento das necessidades do projeto e seus devidos ajustes quanto a estrutura necessária para um desenvolvimento dentro dos requisitos do projeto, do dinamismo necessário para melhoria contínua do processo e os devidos treinamentos para adequação das tecnologias especificadas nos requisitos.

PROCESSOS DE ADAPTAÇÃO

O processo de adaptação define as atividades necessárias para adaptar a norma para sua aplicação na organização ou em projetos. A adaptação deve ser executada com base em alguns fatores que diferenciam uma organização ou projeto de outros, dentre os quais a estratégia de aquisição, modelos de ciclo de vida de projeto, características de sistemas e software e cultura organizacional. A existência desse processo permite que a norma seja adaptável a qualquer projeto, organização, modelo de ciclo de vida, cultura e técnica de desenvolvimento [5].

A adaptação inicia-se com a disseminação da norma promovendo o conhecimento de sua estrutura, a necessidade de sua adoção e os principais benefícios e medindo os impactos que ela trará a partir de sua implantação. Diante da realidade e do “caos” em que as empresas de desenvolvimento vivem com a falta de estrutura e planejamento, os empresários desenvolvedores se voltarão para o processo de desenvolvimento de software com qualidade, observando a “fatia” de mercado que poderá expandir seus negócios e ser ponto de referência no mercado de software brasileiro.

Atualmente já existe um movimento das empresas para adoção de normas e modelos de maturidade do processo de desenvolvimento de software, buscando melhor produtividade e com ênfase em promover uma reengenharia nos processos de desenvolvimento de software, que até então eram basicamente vindos da experiência dos “desenvolvedores de código” e não de gestores de projetos de grande expressão, e que assumem

papel de alta relevância nas empresas para se obter vantagens competitivas num mercado que busca a informação certa no momento certo.

CONCLUSÃO

Todas as normas e modelos de qualidade para software têm por objetivo buscar organização e melhoria contínua no processo de desenvolvimento de software. Porém fica identificado que a ISO/IEC 12.207, possui pontos importantes a serem ressaltados:

- Adequação aos princípios e objetivos da Engenharia de Software.
- Possibilita então ser fator crítico para o sucesso no desenvolvimento de software.
- Adaptabilidade na inexistência de alguns processos, dependendo do porte da empresa desenvolvedora de software [ISO/IEC 12207: 97].
- Com a sua adoção é possível contribuir para o fim da “Crise do Software”.
- Com os processos de desenvolvimento de software controlados, documentados e gerenciados o desenvolvedor poderá assumir projetos de alta complexidade, aliados a técnica e criatividade, pois terá mais chance de sucesso.
- Melhor capacitado e provedor de metodologias que levam ao desenvolvimento de software com qualidade, o desenvolvedor poderá criar soluções que atendam as necessidades e os requisitos da empresa, contribuindo para criação de vantagens competitivas, sustentando as bases estratégicas das organizações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FIORINI, SOELI T., et al. *Engenharia de Software com CMM*, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1998.
- [2] IEEE STD. 610 12-1990, *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, IEEE, Piscataway, NJ, 1997.
- [3] NBR ISO/IEC 12207:1997, *Tecnologia de Informação – Processos de Ciclo de Vida de Software*, Rio de Janeiro, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [4] LEE, RICHARD C. e TEPFENHART, WILLIAM M., *UML e C++ - Guia de desenvolvimento orientado a objeto*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2002.
- [5] MACHADO, CRISTINA ÂNGELA FILIPAK in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.

[6] MAFFEO, BRUNO, *Engenharia de Software e Especificação de Sistemas*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.

[7] MARTIN, JAMES, *Engenharia da Informação*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1991.

[8] MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Secretaria de Política de Informática, *Qualidade e Produtividade no Setor de Software Brasileiro*, Brasília, N.4, 2002.

[9] FILHO, WILSON DE PÁDUA PAULA, *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2003.

[10] PRESSMAN, ROGER S., *Engenharia de Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 1995.

[11] PRESSMAN, ROGER S., *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. McGraw-Hill, 2002.

[12] REZENDE, DENIS ALCIDES, *Engenharia de Software e Sistemas de Informações*, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1999.

[13] SOMMERVILLE, IAN, *Engenharia de Software*, São Paulo, Ed. Pearson Education, 2003.

GOVERNANÇA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO COM COBIT

Marcelo Nogueira¹

Resumo - Para a maioria das organizações, a informação e a tecnologia que suportam os negócios representam seus ativos mais valiosos. Em um ambiente cada vez mais competitivo e dinâmico, a administração requer qualidade, funcionalidade e facilidade no uso dos recursos de TI, assim como alta disponibilidade a custos mais baixos. Não há dúvidas quanto aos benefícios do uso da tecnologia, entretanto, para ser bem sucedida, uma organização deve adotar um modelo de gestão que possibilite a eficácia e eficiência da TI. É nesse contexto que o CobiT surge como um guia de melhores práticas para a governança de TI.

Palavras-chave: COBIT, Tecnologia da informação, Governança de TI.

INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma grande expectativa acerca das aplicações da tecnologia da informação nas empresas, graças às novas alternativas para os negócios que elas proporcionam e às melhorias que trazem aos processos existentes.

Contudo há um questionamento sobre os ganhos reais advindos dos investimentos maciços em tecnologia, pois, muitas vezes, o retorno fica aquém do esperado [1].

Num mundo cada vez mais de recursos financeiros escassos, como é possível aceitar desperdícios de tempo e dinheiro. Vários motivos são apontados para a possível causa “A falta de adoção de métodos, ferramentas e procedimentos no desenvolvimento de tecnologias e a difícil relação de entendimento entre o usuário com o analista desenvolvedor” [2].

Várias técnicas de gestão para projetos de Tecnologia da Informação foram criadas e mesmo assim o analista ainda tem dificuldades de realizar projetos livres de manutenções e correções constantes, condenando diretamente a qualidade do produto entregue.

RELEVÂNCIA

A prática da governança é definida simplesmente como o “Ato de governar”, ou seja é algo inerente à ação de se comandar um ambiente formado por pessoas, processos e tecnologias. No entanto, o conjunto de atitudes às quais o termo diz respeito atualmente, principalmente quando se fala em governança corporativa, vai muito além disso. Hoje, o termo se refere a uma melhor forma de gerenciar

esse ambiente, identificando processos, definindo responsabilidades e, principalmente, mostrando claramente os resultados obtidos para a corporação. Sempre com um objetivo: dar transparência ao negócio [3].

GOVERNANÇA CORPORATIVA

A Governança Corporativa é o modelo de gestão pelo qual as organizações são administradas e controladas.

A Governança Corporativa contempla os seguintes tópicos:

- Efetividade e eficiência das operações;
- Confiabilidade dos relatórios financeiros;
- Conformidade com leis e regulamentos;
- Proteção dos ativos;
- Transparência na relação com os acionistas, colaboradores e clientes;
- Prestação de contas;

GOVERNANÇA DE TI

Neste contexto, surge a governança de TI e o gerenciamento de riscos como assuntos fundamentais para as empresas e gestores, visto que os maiores riscos a que estão expostas as organizações hoje estão relacionados à tecnologia da informação.

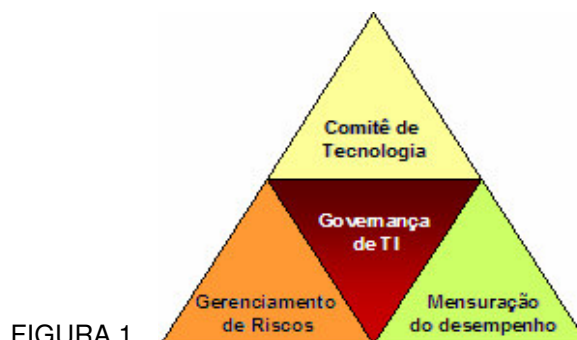


FIGURA 1

FOCO DA GOVERNANÇA DE TI.

Governança de TI é um conjunto de processos e controles que direcionam estratégia de Tecnologia da Informação, garantindo que a TI possa suportar as estratégias e objetivos do negócio.

Governança de TI é uma estrutura de relacionamentos e processos para dirigir e controlar a organização no atingimento dos objetivos desta

¹ Marcelo Nogueira, R. Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

organização, adicionando valor, ao mesmo tempo que equilibra os riscos em relação ao retorno da TI e seus processos.

Para a maioria das organizações, a informação e a tecnologia que suportam os negócios representam seus ativos mais valiosos. Em um ambiente cada vez mais competitivo e dinâmico, a administração requer mais qualidade, funcionalidade e facilidade no uso dos recursos de TI, assim como alta disponibilidade a custos mais baixos. Não há dúvidas quanto aos benefícios do uso da tecnologia, entretanto, para ser bem sucedida, uma organização deve adotar um modelo de gestão que possibilite a eficácia e eficiência da TI. É nesse contexto que o CobiT® surge como um guia de melhores práticas para a governança de TI.

BENEFÍCIOS

- Estruturas e processos visando a garantir que a TI suporte e maximize os objetivos e estratégias da organização;
- Permite controlar – medir, auditar – a execução e a qualidade dos serviços;
- Viabiliza o acompanhamento de contratos internos e externos;
- Define condições para o exercício eficaz da gestão com base em conceitos consolidados de qualidade;
- Alinha a estratégia de TI com as do negócio;
- Mais capacidade e agilidade para novos modelos de negócios ou ajustes nos modelos atuais;
- Explicita a relação entre aumento nos custos de TI e aumento no valor da informação;
- Mantém os riscos do negócio sob controle;
- Explicita a importância da TI na continuidade dos negócios;
- Mede e melhora continuamente a performance de TI.

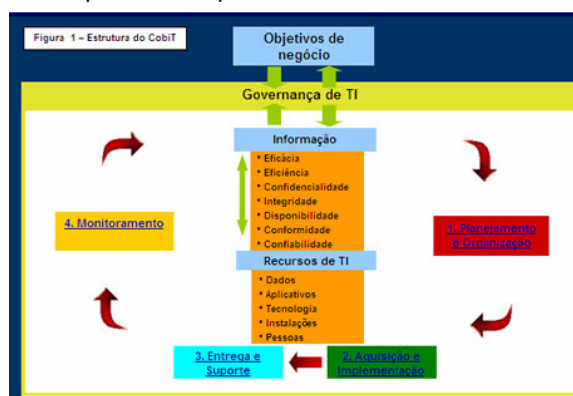
O QUE É O COBIT?

O CobiT (Control Objectives for Information and related Technology) pode ser traduzido como Objetivos de Controle para a Informação e Tecnologia relacionada. Publicado pela ISACA (Information Systems Audit and Control Foundation) em 1996, o CobiT está em sua terceira edição, marcando sua transferência para o IT Governance Institute, e acrescentando em sua estrutura as guias de gerenciamento requeridas pela governança corporativa. O CobiT foi desenvolvido com base no consenso de especialistas de todo o mundo no que concerne as melhores práticas e metodologias, tais como códigos de conduta (Conselho Europeu, OECD,

ISACA etc.) critérios de qualificação para os sistemas e processos de TI (ITSEC, TCSEC, ISO 9000, SPICE, TickIT, Common Criteria etc.), padrões profissionais para controle interno e auditoria (COSO, IFAC, AICPA, CICA, ISACA, IIA, PCIE, GAO etc.), práticas de mercado e requerimentos legais, governamentais e específicos dos mercados que dependem fortemente de tecnologia, tais como os setores financeiro e de telecomunicações.

O grande diferencial do CobiT é sua orientação para negócios, o que vem atender as seguintes demandas:

- Da administração e gerência, visando equilibrar os riscos e os investimentos em controles no ambiente dinâmico de TI;
- Dos usuários, que dependem dos serviços de TI e seus respectivos controles e mecanismos de segurança para realizar suas atividades;
- Dos auditores, que podem utilizá-lo para validar suas opiniões ou para recomendar melhorias dos



controles internos à administração.

FIGURA 2
ESTRUTURA DO COBIT.

As atividades de TI são apresentadas pelo CobiT de forma lógica e estruturada, relacionando riscos de negócios, necessidades de controles e questões técnicas. O CobiT pode ser usado independentemente da plataforma tecnológica adotada pela organização e se aplica também a qualquer segmento de indústria.

O CobiT agrupa os processos de TI em 4 domínios abrangentes (vide Figura 2 – Estrutura do CobiT):

- Planejamento e Organização;
- Aquisição e Implementação;
- Entrega e Suporte;
- Monitoramento.

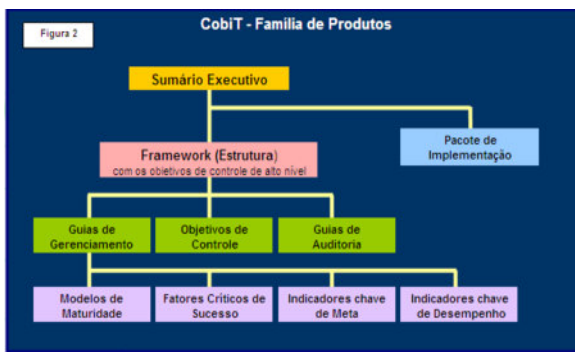


FIGURA 3
COBIT – FAMÍLIA DE PRODUTOS.

O CobiT contém 34 Objetivos de Controle de alto nível e 318 objetivos detalhados para os processos de TI. Esses Objetivos de Controle são suportados pelos Guias de Auditoria que possibilitam aos auditores e gerentes revisarem os processos específicos de TI assegurando que os controles sejam suficientes ou que necessitam de melhorias.

O terceiro principal componente do CobiT são os Guias de Gerenciamento (vide Figura 3 – CobiT – Família de Produtos).

Os Guias de Gerenciamento são compostos por:

Modelos de Maturidade: São usados para definir o perfil da empresa em relação aos controles adotados para os processos de TI e fornecem um método de nivelção para cada um dos 34 processos de TI, de forma que a organização possa se enquadrar em um ranking de inicial a otimizado (1 a 5) (vide figura 4).

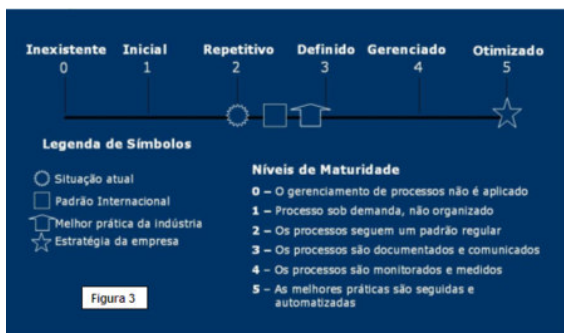


FIGURA 4
MODELOS DE MATURIDADE.

Fatores críticos de sucesso: Definem as questões e ações mais importantes para que a gerência possa ter controle sobre os processos de TI. Identificam o que a gerência deve fazer estratégica, técnica, procedural e organizacionalmente.

Indicadores chave de metas: definem medidas que informam a gerência, depois do fato ocorrido, se um processo de TI atendeu os requerimentos de negócios.

Geralmente expressos em termos dos seguintes critérios de informação:

- Disponibilidade da informação necessária para suportar o negócio;
- Redução de riscos de integridade e confidencialidade;
- Custo-eficiência de processos e operações;
- Validação da confiabilidade, efetividade e conformidade;

Indicadores chave de desempenho: definem medidas para determinar quão bem está sendo realizado um processo de TI visando atingir a meta definida. São os indicadores principais para saber se a meta será ou não atingida e podem também apontar capacidades, práticas e habilidades.

Os Guias de Gerenciamento trazem as diretrizes para a implementação.

Desta forma, a alta administração tem acesso às seguintes informações:

- Onde a organização está;
- A situação atual dos melhores do mercado;
- Permite visualizar onde a organização quer estar;

O CobiT é um padrão aberto, sendo que seus componentes se encontram disponíveis para download na página do IT Governance Institute [5] ou na página da ISACA [6], exceto as guias de auditoria.

IMPLEMENTAÇÃO

A implementação do CobiT deve ser realizada de acordo com uma metodologia bem definida, de forma a possibilitar um gerenciamento e acompanhamento de todas as fases necessárias para sua correta adequação às necessidades do negócio. (Figura 5)



FIGURA 5
EXEMPLO DE METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO.

CONCLUSÃO

O COBIT, o tema governança de TI, ambos são recentes e estão sendo adotados paulatinamente pelas organizações. Várias pesquisas ainda serão feitas com o objetivo de avaliar e validar os processos neles contidos, a fim de buscar o sucesso da TI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LAURINDO, FERNANDO J.B., Tecnologia da Informação – Eficácia nas organizações, São Paulo, Editora Futura, 2002.

[2] PRESSMAN, ROGER S. Engenharia de Software, Rio de Janeiro, Ed. Mc Graw Hill , 2002.

[3] CERIONI, THAIS ALINE, Cada Peça em seu lugar, Information Week, Ed.122, São Paulo, ITMidia, 2004, <http://www.informationweek.com.br> .

[4] B5C, Big Five Consulting, <http://www.b5c.com.br> , acesso em 26/08/2004.

[5] ITGI, IT Governance Institute, <http://www.itgovernance.org> , acesso em 26/08/2004.

[6] ISACA, Information System Audit and Control Association, <http://www.isaca.org> acesso em 26/08/2004.

AUMENTANDO A PRODUTIVIDADE NA ENGENHARIA DE SOFTWARE BASEADA EM COMPONENTES

Marcelo Nogueira¹

Resumo: O reuso, no contexto da engenharia de software, nem é uma idéia velha, nem nova. Os desenvolvedores têm usado idéias, abstrações e processos desde os primeiros dias da computação, mas as primeiras abordagens ao reuso eram as da prática corrente. Hoje, sistemas complexos e de alta qualidade precisam ser desenvolvidos em períodos de tempo muito curtos. Isso implica na utilização de componentes.

Palavras-chave: Reuso, Componentes, Engenharia de Software.

INTRODUÇÃO

A engenharia de software baseada em componentes (*component-based software engineering*, CBSE) é um processo que enfatiza o projeto e a construção de sistemas baseados em computador usando “componentes” de software reusáveis. [3]

ENGENHARIA DE SOFTWARE

Engenharia de Software é a metodologia de desenvolvimento e manutenção de sistemas modulares, com as seguintes características [5]:

- Adequação aos requisitos funcionais do negócio do cliente e seus respectivos procedimentos pertinentes;
- Efetivação de padrões de qualidade e produtividade em suas atividades e produtos;
- Fundamentação na tecnologia da informação disponível, viável e oportuna;
- Planejamento e gestão de atividades, recursos, custos e datas.

Como conclusão, pode-se relatar que engenharia de software é um conjunto de práticas para desenvolvimento de soluções de software, ou seja, roteiro que pode utilizar diversas técnicas.

OBJETIVOS DA ENGENHARIA DE SOFTWARE

De um modo geral, considera-se que os objetivos primários da Engenharia de Software são o aprimoramento da qualidade dos produtos de software e o aumento da produtividade dos engenheiros de software, além do atendimento aos requisitos de eficácia e eficiência, ou seja, efetividade [1].

Com base nos objetivos da Engenharia de Software, fica evidente a necessidade da adoção de um modelo sistêmico para padronizar e gerenciar os processos de desenvolvimento de software.

Segundo Rezende [5], pode-se resumir que a anticrise é a união e trabalho conjunto e harmonioso de três elementos: Empresa (Alta Administração), Cliente e/ou usuário e a unidade de informática (Desenvolvedores de soluções).

QUALIDADE DE SOFTWARE

Atingir um alto nível de qualidade de produto ou serviço é o objetivo da maioria das organizações. Atualmente não é mais aceitável entregar produtos com baixa qualidade e reparar os problemas e as deficiências depois que os produtos foram entregues ao cliente. [6]

Abordagens importantes como as normas ISO 9000 e a ISO / IEC 12207, o modelo CMM (Capability Maturity Model) e o SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) sugerem que melhorando o processo de software, podemos melhorar a qualidade dos produtos.

ENGENHARIA DE SOFTWARE BASEADA EM COMPONENTES

A CBSE, superficialmente parece bastante semelhante à engenharia de software convencional ou orientada a objetos. O processo começa quando uma equipe de software estabelece os requisitos para um sistema a ser construído usando técnicas de coleta de requisitos convencionais. Um projeto arquitetural é estabelecido, mas ao invés de passar imediatamente a tarefas de projeto mais detalhadas, a equipe examina os requisitos para determinar que subconjunto é mais adequado à *composição*, do que à construção. Isto é, a equipe formula as seguintes questões para cada requisito do sistema: [2]

- Componentes comerciais prontos para uso (*commercial off-the-shelf*, COTS) estão disponíveis para implementar o requisito?
- Componentes reusáveis, internamente desenvolvidos, estão disponíveis para implementar o requisito?
- As interfaces dos componentes disponíveis são compatíveis com a arquitetura do sistema a ser construído?

A equipe tenta modificar ou remover os requisitos do sistema que não podem ser implementados com COTS ou com componentes próprios. Se os requisitos não puderem ser mudados ou descartados, os métodos convencionais ou de orientação a objetos de engenharia de software são aplicados para desenvolver aqueles componentes novos, que precisam ser trabalhados pela engenharia para satisfazer os requisitos. Mas para aqueles requisitos que podem ser atendidos com componentes disponíveis, um

¹ Marcelo Nogueira, R. Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

conjunto diferente de atividades de engenharia de software começa: [2]

- Qualificação de componentes: Os requisitos e a arquitetura do sistema definem os componentes que serão necessários. Os componentes reusáveis (seja COTS ou próprios) normalmente são identificados pelas características de suas interfaces. Isto é, os serviços fornecidos e os meios pelos quais os consumidores tem acesso a esses serviços são descritos como parte da interface do componente. Mas a interface não fornece um panorama completo do grau em que o componente vai satisfazer a arquitetura e os requisitos. O engenheiro de software precisa usar um processo de exploração e análise para adequar cada componente.
- Adaptação de componente: A arquitetura do software representa padrões de projeto que são compostos de componentes (unidades de funcionalidade), conexões e coordenação. De fato, a arquitetura define as regras de projeto para todos os componentes, identificando os modos de conexão e coordenação. Em alguns casos, os componentes reusáveis existentes podem estar em desacordo com as regras de projeto da arquitetura. Esses componentes devem ser adaptados para satisfazer às necessidades da arquitetura ou descartados e substituídos por outros componentes, mais adequados.
- Composição de componentes: O estilo arquitetural desempenha novamente um papel importante no modo pelo qual os componentes de software são integrados para formar um sistema em funcionamento. Identificando os mecanismos de conexão e de coordenação (ex.: propriedades do projeto em tempo de execução), a arquitetura determina a composição do produto final.
- Atualização de componentes: Quando são implementados sistemas com componentes COTS, a atualização é complicada pela necessidade de terceiros (a empresa que desenvolveu o componente reusável pode não estar à disposição da empresa de engenharia de software).

O termo componente foi usado repetidamente, no entanto, uma descrição definitiva do termo é imprecisa. Existem as seguintes possibilidades: [2]

- Componente – uma parte não-trivial de um sistema, praticamente independente é substituível, que preenche uma função clara no contexto de uma arquitetura bem definida.
- Componente de software em execução – um pacote dinamicamente constituído de um ou mais programas, geridos como uma unidade, ao qual se tem acesso através de interfaces documentadas, que podem ser descobertas durante a execução.
- Componente de software – uma unidade com dependências de contexto apenas explícita e contratualmente especificadas.

- Componente de negócio – implementação, em software, de um conceito de negócio ou processo de negócio “autônomo”.

Além dessas descrições, os componentes de software podem também ser caracterizados com base no seu uso, no processo CBSE. Além de componentes COTS, o processo CBSE produz: [2]

- Componentes qualificados – avaliados por engenheiros de software para garantir que não apenas a funcionalidade, mas também o desempenho, a confiabilidade, a usabilidade e outros fatores de qualidade satisfazem os requisitos do sistema ou do produto a ser construído.
- Componentes adaptados – adaptados para modificar características não requeridas ou indesejáveis (também chamado mascarar ou empacotar).
- Componentes montados – integrados no estilo arquitetural e interconectados com uma infra-estrutura adequada para permitir que os componentes sejam coordenados e geridos efetivamente.
- Componentes atualizados – para substituir o software existente à medida que novas versões de componentes se tornam disponíveis.

Como a CBSE é uma disciplina em evolução, é improvável que uma definição unificadora surja a curto prazo.

O PROCESSO CBSE

O processo CBSE deve ser caracterizado de um modo que não identifique apenas candidatos a componente, mas também qualifique a interface de cada componente, adapte componentes para remover discordâncias arquiteturais, monte componentes num estilo arquitetural selecionado e atualize os componentes, à medida que os requisitos do sistema se modifiquem. [2]

O modelo de processo para a engenharia de software baseada em componentes enfatiza caminhos paralelos, nos quais a engenharia de domínio ocorre simultaneamente com o desenvolvimento baseado em componentes. A engenharia de domínio realiza o trabalho necessário para estabelecer um conjunto de componentes de software que podem ser reusados pelo engenheiro de software. Esses componentes são então transportados através da “fronteira” que separa a engenharia de domínio do desenvolvimento baseado em componentes.

ENGENHARIA DE DOMÍNIO

O objetivo da engenharia de domínio é identificar, construir, catalogar e disseminar um conjunto de componentes de software que tem aplicabilidade a software existente e futuro, num particular domínio de aplicação. A meta global é estabelecer mecanismos que permitam aos engenheiros de software compartilhar esses componentes, reusá-los, durante o trabalho com sistemas novos e existentes. [2] [4]

A engenharia de domínio inclui três principais atividades: análise, construção e disseminação. Pode ser alegado que o reuso vai desaparecer, não por eliminação, mas por integração do contexto da prática de engenharia de software. À medida que o reuso tem uma maior ênfase, alguns acreditam que a engenharia de domínio vai se tornar tão importante quanto a engenharia de software durante a próxima década.

O PROCESSO DE ANÁLISE DE DOMÍNIO

Os passos do processo de análise de domínio no contexto da engenharia de software orientada a objetos foram definidos como: [2] [3] [4]

1. Defina o domínio a ser investigado.
2. Categorize os itens extraídos do domínio.
3. Colete uma amostra representativa das aplicações do domínio.
4. Analise cada aplicação da amostra.
5. desenvolva um modelo de análise para os objetos.

É importante notar que a análise de domínio é aplicável a qualquer paradigma de engenharia de software e pode ser aplicada tanto para o desenvolvimento convencional quanto para o orientado a objetos.

A expansão do segundo passo da análise de domínio, sugere uma abordagem de oito passos para a identificação e categorização de componentes reusáveis: [2]

1. Selecione funções ou objetos específicos
2. Abstraia funções ou objetos.
3. Defina uma taxonomia.
4. Identifique as características comuns
5. Identifique as relações específicas
6. Abstraia as relações
7. Crie um modelo funcional
8. Defina uma linguagem de domínio

Uma linguagem de domínio permite a especificação e posterior construção de aplicações dentro do domínio.

Apesar de os passos mencionados fornecerem um modelo útil para a análise de domínio, não fornecem diretrizes para decidir que componentes de software são candidatos a reuso.

Abaixo um conjunto de questões pragmáticas como guia para identificar componentes de software reusáveis: [2]

- A funcionalidade do componente é necessária em implementações futuras?
- Quão comum é a função do componente dentro do domínio?
- Há duplicação da função do componente dentro do domínio?
- O componente é dependente de hardware?
- O hardware permanece imutável entre implementações?
- As especialidades do hardware podem ser removidas para outro componente?

- O projeto é suficientemente otimizado para a implementação seguinte?
- Podemos adicionar parâmetros a um componente não-reusável de modo que se torne reusável?
- O componente é reusável em várias implementações apenas com pequenas modificações?
- O reuso pela modificação é exequível?
- Um componente não-reusável pode ser decomposto para produzir componentes reusáveis?
- Quão válida é a decomposição de componente para reuso?

CONCLUSÃO

É importante que os desenvolvedores de software reconheçam que não é possível desenvolver sistemas com qualidade, cumprir prazos e custos e atender às expectativas dos usuários sem ter um processo de desenvolvimento por componentes definido, compreendido e utilizado por toda a equipe.

O nível de complexidade da sua implementação pode ser dimensionada de acordo com o porte do sistema, viabilizando para as pequenas organizações desenvolvedoras de software. Possibilita então ser um dos fatores críticos para o sucesso no desenvolvimento de software.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MAFFEO, BRUNO, *Engenharia de Software e Especificação de Sistemas*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.

[2] FILHO, WILSON DE PÁDUA PAULA, *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2003.

[3] PETERS, JAMES F. et al. *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 2001.

[4] PRESSMAN, ROGER S., *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. McGraw-Hill, 2002.

[5] REZENDE, DENIS ALCIDES, *Engenharia de Software e Sistemas de Informações*, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1999.

[6] SOMMERVILLE, IAN, *Engenharia de Software*, São Paulo, Ed. Pearson Education, 2003.

e-PROCUREMENT COMO UMA SOLUÇÃO ESTRATÉGICA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NO SUPPLY CHAIN

Marcelo Nogueira¹

Resumo - O propósito deste artigo, é mostrar a importância dos investimentos em tecnologias aplicadas ao negócio. Embora as empresas enfrentem constantes e crescentes pressões por redução de custos a curto prazo, elas não devem eliminar a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias. O risco de redução ou até mesmo corte nesse tipo de investimento, é limitar a prontidão da empresa frente aos desafios impostos pelo ambiente competitivo, seja por uma recuperação da atividade econômica ou pelo aquecimento repentino da demanda. Especificamente o e-Procurement, como ferramenta estratégica do Business to Business, é uma das boas soluções de Tecnologia da Informação - Business Intelligence. Ela proporciona uma extraordinária maximização na redução dos custos ligados à cadeia de fornecimento, chegando a uma economia média de 40%.

INTRODUÇÃO AO E-PROCUREMENT

A *Internet* é um novo meio de comunicação, um novo canal para conduzir negócios e, para alguns produtos, um novo canal de distribuição. Conjugada com as novas tecnologias de informação e de comunicação, seu impacto econômico tem sido comparado à introdução das ferrovias e outras tecnologias que ampliaram mercados e elevaram a produtividade da economia. A *Internet* permite que as empresas operem e os negócios aconteçam em qualquer lugar e a qualquer hora. A *Internet* possibilita a criação de novos modelos de negócios e tem o potencial de alterar a forma como os atuais negócios são conduzidos tradicionalmente. É importante observar que a *Internet* não afeta só a comercialização de bens e serviços. Ela afeta também a forma de organizar e gerir as empresas oferecendo alternativas de comunicação, coordenação, colaboração e controle que antes estavam fora do alcance do administrador e de suas equipes e parceiros de negócios.

Com a difusão da *Internet*, um número significativo de grandes empresas está começando a montar novos sistemas para explorar as vantagens que este novo meio proporciona, tanto na aquisição como na venda de produtos. As empresas normalmente estão ligadas a fornecedores, clientes ou ambos. Desta forma, independente de sua vontade, a maioria terá de enfrentar o problema de utilizar, de alguma forma, a *Internet* para conduzir seus negócios. Um importante desafio será o de não ficar somente à mercê das ameaças que este novo

ambiente traz, mas também saber aproveitar os benefícios e as oportunidades que este proporciona.

Apesar de grandes diferenças de avaliação, todos os institutos de pesquisa sobre o comércio eletrônico divulgam estudos e previsões de que o *B2B* (*Business to Business*) é e continuará sendo muito maior que o *B2C* (*Business to Consumer*). Estas pesquisas mostram que o volume de negócios no mercado americano de *B2B* é superior ao do *B2C* por um fator que flutua entre oito e catorze vezes. No caso da América Latina, a diferença é menor, mas, ainda assim, por um fator maior que dois. Os critérios utilizados por estas pesquisas não são divulgados com clareza e, portanto, elas devem ser consideradas com restrições. De qualquer forma, indicam uma tendência clara de predomínio do *B2B* nas transações via *Internet*. Nesse contexto, a implementação do sistema de *e-Procurement* em sistemas de informação teve início nos sistemas *EDI* (*Electronic Data Interchange*) onde rapidamente se tornaram num *standard*. O *EDI* permite a troca de informação comercial entre duas ou mais organizações. No final dos anos 90, a massificação da utilização da *Internet* facultou a introdução de novos modelos de *e-Procurement*, percebendo-se rapidamente que estes poderiam melhorar os sistemas de *EDI* já existentes, dado terem custos de implementação e exploração mais reduzidos. Deste modo, o *e-Procurement* foi alargado a fornecedores e compradores de menores dimensões, uma vez que o *EDI* exigia investimentos muito elevados.

Na vida cotidiana executamos várias transações comerciais, como por exemplo, cada vez que compramos um bem alimentar, estamos realizando uma transação comercial. Todos nós controlamos as nossas compras e identificamos onde gastamos mais. Surpreendente é o fato de algumas empresas não controlarem as suas compras, eis então, como as empresas podem controlar suas comprar e gerar lucros a partir daí.

FUNDAMENTOS

Pela etimologia da palavra *e-Procurement* significa obtenção eletrônica, ou seja, como já sabemos todas as transações eletrônicas que envolvam a *Internet* levam o "e", o qual significa meio eletrônico. O sistema de *e-Procurement* possui diversos objetivos, e podemos destacar desta forma que sua maior finalidade é, através de um sistema informatizado, determinar no seu departamento quais os fornecedores possíveis para um certo material. Cite-se como exemplo, o caso da empresa que necessita de um produto específico, o *e-Procurement*

¹ Marcelo Nogueira, UNIP- Universidade Paulista, Rua Dr. Bacelar 1212, 4º, 04026-002, São Paulo, SP, Brasil, marcelo@noginfo.com.br.

permite buscar a cotação na *Internet*, e essa busca é feita entre os possíveis fornecedores para esse determinado item, bem como o preço praticado para cada um deles fazendo com que a empresa obtenha de forma ágil as cotações para aquele determinado produto. Num futuro não muito distante tais práticas deverão ser largamente utilizadas, uma vez que, essa é uma evolução natural do processo produtivo. Os ganhos com a implementação desse sistema são variáveis, mas certamente giram em torno de 5 a 45%, pois esse desempenho é obtido, principalmente, nos materiais indiretos, aqueles que não são aplicados diretamente na produção. Como exemplo, pode-se citar os insumos utilizados na manutenção de equipamentos e material de escritório. Desta forma, no modo tradicional, quando a empresa cota determinado produto, normalmente, a fez com três fornecedores, segundo os hábitos do mercado, pois se a empresa faz isso com uma gama muito grande de fornecedores o dispêndio seria bem maior, uma vez que não existe tempo hábil para tais operações. Por sua vez, diante do sistema de *e-Procurement* é indiferente o número de fornecedores a serem consultados, pois a ferramenta executa o serviço para você e as chances da empresa obter preços melhores são multiplicadas.

Há também a redução considerável das atividades internas do setor de compras, pois o sistema efetuará todo o trabalho de coleta de preços e automaticamente o transfere aos fornecedores, afetando favoravelmente o chamado custo total de aquisição. Quando há ganhos nessa área da empresa, o impacto refletirá positivamente no lucro da empresa, justamente pela forte participação dos insumos sobre o total das receitas.

Perante o *e-Procurement*, os próprios empregados podem realizar pedidos através da *Internet*, de forma direta. Porém, para a sua aplicação à empresa compradora deve estabelecer critérios, um perfil corporativo para guiar as compras. Pois, no sistema de *e-Procurement*, como no sistema tradicional, o empregado frente uma necessidade, realiza um pedido, que por sua vez, passa por um filtro interno dentro da empresa, após isso, o empregado fica à espera de uma autorização. Se a autorização chega, o pedido segue o seu curso e aqui acabam as coincidências e fazendo um comparativo percebe-se que no sistema tradicional, as compras são centralizadas num departamento concreto. Já com o *e-Procurement*, diferentemente a gestão dos pedidos de material fungível provém do local da empresa em que se gera a necessidade de compras.

O *e-Procurement* é um dos serviços *on-line* na área de *B2B*, que apresenta uma oportunidade enorme para a redução de gastos, pois transfere para a *Web (World Wide Web)* o processo de gerenciamento de compra de suprimentos, e proporciona muitos benefícios para as empresas que já o utilizam.

A automatização dos processos que permite as soluções de *e-Procurement*, supram as necessidades de compra e que sejam satisfeitas em tempo recorde, evitando atrasos que podem afetar a produtividade. Dentre outras muitas coisas, a implementação do *e-Procurement* pode significar a existência de comunicação assíncrona entre duas entidades conhecidas *B2B*, que interagem entre elas através de um relacionamento comercial previamente estabelecido.

Através do *e-Procurement* as empresas podem encomendar seus produtos através de catálogos eletrônicos, disponibilizados por fornecedores, bem como podem fazer requisições eletrônicas, aprovação de cotações interligando ponto a ponto entre fornecedores e compradores.

PRINCIPAIS FUNÇÕES E PROCESSOS

Empresas especializadas em diversos segmentos comerciais, através do *e-Procurement* disponibilizam de serviços de leilão virtual permitindo a cotação de produtos ou serviços por meio da *Internet*, com gerenciamento total do processo, visando à diminuição do ciclo de compras, redução de custos com a identificação de um número maior de fornecedores e agilidade da comunicação entre compradores e fornecedores.

Entretanto, deve-se ressaltar que os projetos internos ou realizados por meio de prestadores de serviços buscam a eficiência de processos de compras com a promessa de reduzir em até 15% os gastos de empresas. E comprovadamente, algumas pesquisas mostram que os investimentos em ferramentas de *e-Procurement* utilizado para a gestão de suprimentos pode representar uma economia até 13 vezes maior do que o valor dos investimentos feitos em tecnologia, implementação e gestão de mudanças para adotar tais ferramentas.

A filosofia do *e-Procurement* é justamente a agilidade e controle de compras, através da cotação eletrônica e pesquisa de preços na *Internet*, com o objetivo de resultar em economia real. Essa prática pretende reduzir preços de insumos e compras, assim como melhorar a relação com fornecedores.

Existem três campos, no qual as empresas praticam ou buscam atuar com o *e-Procurement*:

- Empresas que querem controle total do processo;
- Empresas que recorrem a consultorias e *software-houses* para implementação de seus projetos;
- Empresas prestadoras de serviços que criam comunidades verticais ou ligadas ao cliente.

O *e-Procurement* pode ser implementado entre uma empresa e seus fornecedores, em uma modalidade "1 para N", mas, pode ser implementado também numa comunidade de clientes e fornecedores "N para N". E nesse caso, temos os chamados *e-Marketplaces*, portais da *Internet* fechados para grupos de clientes e fornecedores

previamente cadastrados para troca de informações e, principalmente, para fazer negócios.

Esse sistema oferece uma nova opção de divulgação de produtos e serviços para clientes e parceiros, potencializa o marketing e a propaganda, uma vez que permite direcionar a informação ao seu mercado consumidor.

E dentre diversos fatores que podem potencializar o uso do *e-Procurement*, deve-se citar que o mesmo permite uma fiel realização de consulta de preços, compra e *follow up* de uma empresa a diversos fornecedores, além do que possibilita o acompanhamento *on-line* do faturamento e envio das mercadorias com todas as informações relevantes a esse processo.

Normalmente também é utilizado para a realização de leilões virtuais de produtos e serviços, e possibilita a inclusão do item desejado, preenchimento das ofertas por item e por lote, *ranking* de preços, além de emissão do pedido de compra pelo vencedor. Todo o processo do leilão virtual pode ser feito através do sistema, desde a resposta às solicitações de orçamento até o fechamento da venda com emissão da nota fiscal e acompanhamento das faturas.

Visa, desta forma, substituir o processo manual, solucionando problemas na chamadas cotações por fax ou telefone, viabilizando a melhor procura de preços de produtos e serviços, substituindo o elevado custo de telefonia, dentre muitos outros. Mas, dentre as diversas funções ainda pode-se destacar que esse sistema visa evitar:

- Classificação incorreta: quando as compras estão sendo realizadas pelo modo tradicional, muitas vezes não são classificadas corretamente, sendo registradas em diversas ocasiões com um código genérico sem qualquer significado;
- Identificadores repetidos: uma vez que a existência de dois códigos para o mesmo produto ou fornecedor, outra situação que ocorre freqüentemente, provoca a incoerência da informação;
- Imputação incorreta de custos: desconhecimento dos centros de custo na organização ou a identificação incorreta do departamento responsável acaba por levar à imputação e classificação incorreta dos custos.

Então, visando simplificar os procedimentos, principalmente com a finalidade de cortar custos elevados pelo setor de compras é que o *e-Procurement* funciona, tal como no controle das compras. Nos tempos que correm em que existe uma elevada competição global, cada vez mais os mercados estão sujeitos a pressões econômicas variadas. Estas pressões levam as organizações a desenvolver novas estratégias para conseguir ano após ano melhorias na produtividade e na redução dos custos.

A redução do custo na obtenção de bens e serviços traduz-se em aumentos nos lucros. Em contraste, as melhorias transparecem em outras áreas. E as três fases citadas para melhorar o processo de compras da sua organização são:

- **Sourcing:** Processo de identificação de fornecedores importantes para a organização, em que se estabelecem contratos de fornecimento de bens e serviços e se acordam regras comerciais, descontos de quantidade, volume de compras anuais, etc.;
- **e-Procurement:** Após o estabelecimento do contrato, cabe ao departamento de compras disponibilizar informação dos produtos e serviços negociados. Os outros departamentos não se devem preocupar em procurar melhores propostas, pois têm a certeza que o que está disponível no catálogo de compras é o melhor negócio possível. Nesta fase também são definidos os fluxos de aprovações para as requisições de cada departamento, ou seja, existem regras pré-definidas para se realizarem compras e estas são claras para qualquer colaborador da organização;
- **Análise:** Uma vez que o sistema de *e-Procurement* está perfeitamente interligado com os sistemas financeiros de *back-office* deixamos de ter a necessidade de cada vez que existe uma compra reproduzirmos essa mesma compra no sistema financeiro, pois ela já está representada. Combinando a informação financeira com a informação das compras dá-se a possibilidade ao gestor de em tempo real analisar o que se passa na organização.

Outro ponto muito importante a ser discutido é que a empresa deverá ter profissionais de *Procurement* para que obtenha sucesso, sendo que estes deverão ser orientados para negociação de melhores contratos, além de possuírem capacidade para identificar os fornecedores mais importantes para a organização. Para tal deve-se dar a possibilidade a estes profissionais de *Procurement* de utilizarem sistemas de informação que lhes permitam realizar consultas ao mercado com a freqüência necessária. *RFP (Request for Proposal)* e *RFQ (Request for Quote)* são duas das possibilidades que os profissionais de *Procurement* têm ao seu dispor.

A possibilidade de se retirar análises do sistema em tempo real, onde as decisões são tomadas em tempo útil, ou seja, ainda antes de se executarem as compras é um dos benefícios de se utilizar uma solução de *e-Procurement*.

MUDANÇA DE PARADIGMAS

Por um bom período de tempo, a *Web* foi encarada apenas como um novo meio de comunicação, sem uma clara aplicação para negócios. Se essa vocação para negócios não tivesse

seja percebida e aceita pela comunidade de usuários, a *Internet* não teria conseguido um crescimento tão veloz. O impressionante número de 130 milhões de pessoas conectadas no mundo inteiro faz da *Internet* uma ferramenta com alcance para um enorme mercado consumidor. A grande revolução advinda da *Internet*, os conceitos de distância foram redefinidos, bem como pode-se perceber um aumento na autonomia do indivíduo isolado. Diferentemente de outros meios de comunicação e negócios, a *Internet* possui uma característica muito especial: nenhum outro meio de comunicação possibilita que uma empresa disponibilize seu catálogo de produtos, responda solicitações específicas de usuários e realize vendas com tanta facilidade e flexibilidade. Os especialistas apontam que todo esse crescimento é apenas o início de um processo que irá modificar

B2B Companies	B2B e-Markets	B2B Total
19,9%	20,7%	20,0%

sensivelmente a forma com que os negócios são realizados no mundo. Os vários desdobramentos ligados à *Internet* ainda estão se sedimentando e alguns, como o comércio eletrônico, ainda são incipientes, especialmente fora dos EUA. Além do comércio eletrônico, as áreas de treinamento, desenvolvimento de sites, provimento de conteúdo, telefonia via *Internet*, planejamento e montagem de *intranets*, dentre outros, também deverão apresentar um crescimento muito grande nos próximos anos, consolidando uma nova economia nas próximas décadas.

A questão do Comércio Eletrônico tem sido extensivamente tratada na mídia nacional e internacional nos últimos anos. Este novo canal de comercialização tem sido apresentado como elemento impulsionador de grandes transformações nos padrões de concorrência, estratégias de *marketing* e nas próprias estruturas organizacionais das empresas. O estudo do Comércio Eletrônico e a compreensão do perfil dos clientes vêm favorecendo a ampliação deste canal de vendas. As pessoas consomem cada vez mais produtos e serviços pela *Internet*, o que faz com que a rede deixe de ser somente um grande canal de informação, para se tornar também um efetivo meio de negócios, onde cliente e empresa podem se beneficiar.

No que tange, entretanto, o processo de identificação e qualificação de fornecedores, diante da solução do *e-Procurement* não cabe os sistemas manuais, e sim um processo de busca automatização, onde basta um simples clique no mouse e todos estão à sua disposição com todas as informações que a empresa compradora necessita para consulta.

INDICADORES

A *Camara-e.net* e a *e-Consulting@ Corp.* divulgam o *B2BOL*, referente ao ano de 2003, apresentando os volumes transacionados digitalmente entre empresas, seja através de portais proprietários (*B2B Companies*), seja de *e-Marketplaces* independentes (*B2B e-Markets*).

O total de negócios *B2B* foi de R\$ 149,6 bilhões, sendo que o *B2B Companies*, praticado via portais proprietários, alcançou R\$ 130,9 bilhões em 2003, e o *B2B* realizado em *e-Marketplaces* independentes atingiu R\$ 18,7 bilhões no mesmo período.

O trimestre mais surpreendente foi o último do ano, após três trimestres seguidos de baixo crescimento, o comércio entre empresas registrou R\$ 44,1 bilhões, sendo que o *B2B Companies* foi de R\$ 41,4 bilhões e o *B2B e-Marketplaces* independentes atingiu R\$ 5,8 bilhões no quarto trimestre.

FIGURA 1

CRESCIMENTO 4º / 3º TRIMESTRE DE 2003.

O crescimento apresentado foi de 20% em relação ao trimestre anterior.

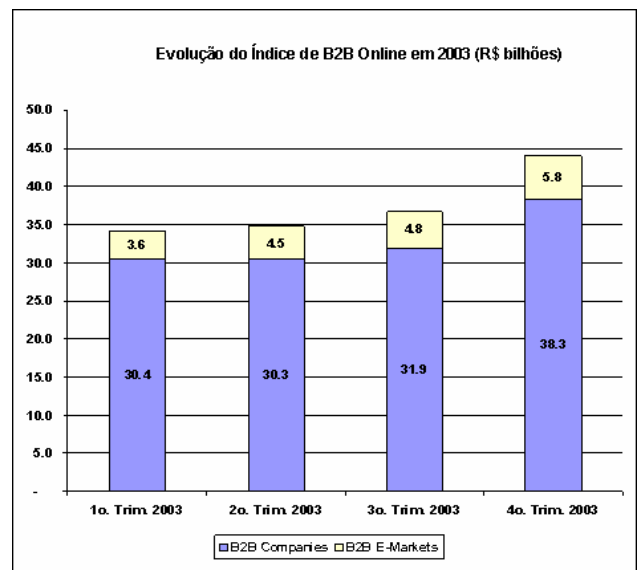
VOLUME DE NEGÓCIOS B2B ONLINE NO PAÍS

FIGURA 2

GRÁFICO EVOLUTIVO

REDUÇÃO NOS CUSTOS

As maiores economias para as empresas no *B2B* tendem a ocorrer na aquisição. Tradicionalmente, porém, se alguma empresa pode comprar melhor



através da *Internet*, deve existir alguma outra que está perdendo negócios ou margem. A lógica da rede, porém, é um pouco diferente. O que ocorre é a redução das imperfeições de mercado e a redução conjunta dos custos de venda e de produção na cadeia de fornecimento. Muitos especialistas já identificaram na economia americana a existência de

ganhos de produtividade em quase todos os setores da economia graças, não só à *Internet*, mas também às tecnologias da informação e da comunicação como um todo. Para as empresa, além do mais, a redução de custos de compra ocorre também através de redução dos custos de transação. Através da *Internet*, as empresas podem efetuar transações a uma fiação do custo que atualmente possuem. Todo o processo que envolve telefonemas, fax e outros documentos podem ser resumidos a rápidas trocas eletrônicas de dados, com a vantagem de uma maior confiabilidade e integração. Também é possível reduzir custos de visitas e do tempo que o cliente gasta com o processo, contribuindo para um custo total de compra menor. Para as empresas esta é mais uma oportunidade de minimizar os seus problemas de custos de escala e, ao mesmo tempo, potencializar a qualidade de atendimento, liberando a força de vendas para outras atividades junto ao cliente. Diversas empresas já estão utilizando a *Internet* para colocar em contato seus clientes com suas unidades e com seus colaboradores, onde quer que estejam, aumentando a produtividade e a agilidade de suas ações. Além disso, diversos tipos de aplicativos que gerenciam o trabalho de pessoas e grupos à distância têm gerado ganhos consideráveis de custos e de tempo. A *Internet* tem o potencial de integrar diversas tecnologias de comunicação ampliando desta forma, sua eficácia.

As empresas que, em função de seu tamanho, freqüentemente terceirizam diversas funções e serviços administrativos têm, com a *Internet*, uma excelente alternativa para integrar melhor, seus prestadores de serviços e, eventualmente, expandir a subcontratação em áreas antes consideradas inviáveis, tudo isto com custos comparativamente menores.

BENEFÍCIOS PARA A ORGANIZAÇÃO

Dentre as inúmeras vantagens advindas da solução de *e-Procurement*, destaca-se que a mesma permite automatizar e flexibilizar o processo de compras dentro da organização desde a criação de uma requisição, até à recepção dos bens e serviços. Através do *e-Procurement* é possível estabelecer uma via de comunicação bidirecional, entre os compradores e fornecedores baseados numa plataforma *Web*, onde se obtêm os seguintes benefícios:

- Melhoria do processo de comunicação entre a organização e os fornecedores;
- Processo de aprovação transparente para o requisitante;
- Possibilidade de acompanhamento do processo por responsáveis não intervenientes;
- Consulta das compras efetuadas com a possibilidade de se realizarem previsões de consumo;

- Redução do ciclo de compras dentro da organização;
- Redução significativa das tarefas administrativas da compra;
- Redução da logística interna no tratamento dos materiais ou serviços adquiridos;
- Redução dos processos de pagamentos de requisições das compras e do número de requisições de compras;
- Redução dos erros de processamento de requisições e respectivas informações contabilísticas;
- Informações mais confiáveis para as atividades de negociação e acompanhamento de gastos;
- Compras com as melhores condições negociadas de bens e serviços;
- Redução dos custos administrativos e operacionais;
- Os profissionais de *Procurement* focalizam-se em tarefas mais estratégicas para a organização;
- Maior nível de confiança entre as partes negociantes.

BENEFÍCIOS PARA OS FORNECEDORES

- Aumentar a participação no grupo;
- Reduzir custos de comunicação;
- Reduzir seus custos de venda;
- Aumentar a velocidade na realização de negócios;
- Obter maior fidelidade dos clientes;
- Poder integrar seu *E.R.P's* aos clientes.

CONCLUSÃO

Através de um módulo de *e-Procurement*, as empresas podem agilizar seus processos de compra, cotando com vários fornecedores os produtos necessários para suas atividades genéricas. Assim, *e-Procurement* é mais uma ferramenta que sua empresa pode utilizar para agilizar suas operações, otimizar recursos e manter o foco nas atividades essenciais ao seu sucesso. Assim, o *e-Procurement* além das vantagens do acesso facilitado com baixos custos a fornecedores e consumidores, fornece na área de compras, as vantagens da desintermediação, como redução de tempo de contato, atualização de informações, dentre outras inúmeras e incontáveis vantagens. Para tanto as empresas devem estar preparadas para enfrentar esse novo desafio de estabelecimento em rede, buscando definir as estratégias corretas para posicionarem-se de forma competitiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Almeida e Silva, Carlos Eduardo Nunes de. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management). www.ipanema.ucam.edu.br/pd/pdfs/admmat, 10.03.2004.

- [2] Amor, Daniel. A (r)evolução do e-Business. São Paulo: Makron Books, 2000.
- [3] Barbieri, Carlos. BI-Business Intelligence Modelagem e Tecnologia, Rio de Janeiro: Editora Axcel Books, 2001.
- [4] Cardoso, Mardel. O lucro começa pela Compra. Disponível em: http://www.ceinter.com.br/conteudo/View_Article_Stage_3.asp?Article_ID=1 , 15.01.2004.
- [5] Carissimi, Leonardo. Encurtar distância entre compradores e vendedores: só se for com segurança. <http://www.revistadigital.com.br/opiniaoleitor.asp?NumEdicao=105&CodMateria=329>, 20.01.2004.
- [6] Cronin, M. J. Fazendo "business" via Internet. São Paulo: Érica, 1995.
- [7] Dornier, Philippe-Pierre. Logística e Operações Globais. São Paulo: Atlas, 2000
- [8] e-Consulting®, Índice *B2B Online*, <http://www.e-consultingcorp.com.br/b2bol/>, 04/05/2004
- [9] Kalakota, Ravi. e-Business: estratégias para alcançar o sucesso no mundo digital, Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.
- [10] Tapscott, D. Economia Digital. São Paulo: Makron Books, 1995.

GERÊNCIA DE CONFIGURAÇÃO – UMA VISÃO DAS NORMAS E MODELOS DE QUALIDADE PARA PEQUENAS EMPRESAS

Marcelo Nogueira¹

Resumo - As empresas de desenvolvimento de sistemas de pequeno porte têm seus recursos materiais e humanos tanto quanto limitados e sobrecarregados, diante da demanda a ela submetida. Porém a não implementação da gerência de configuração nos projetos de sistemas, podem causar sérios danos e prejuízos, quando requisitos são alterados por qualquer natureza e não são controlados e rastreados. A confiabilidade do produto de software é influenciada pelo processo de desenvolvimento do software. Um processo repetitivo de controle, orientado no sentido de evitar defeitos, poderá provavelmente desenvolver um sistema confiável. A não utilização dessas práticas fundamentais da Engenharia de Software ou por falta de cultura ou até por desconhecimento da sua existência, levam projetos de suma relevância ao insucesso e aumentando ainda mais a quantidade de casos de fracasso no desenvolvimento de sistemas, conseqüentemente desperdiçando tempo, recursos financeiros e não atendendo as necessidades dos clientes, desviando os objetivos do desenvolvedor.

Palavras-chave: Gerência de Configuração, Engenharia de Software, Pequenas Empresas.

INTRODUÇÃO

Num ambiente de desenvolvimento de software altamente complexo, a gestão de configuração de software tem caráter essencial quando as modificações e alterações são inevitáveis durante todo o ciclo de vida do software. Estas alterações geram confusão aos desenvolvedores. A confusão aparece quando estas alterações não são analisadas antes de serem feitas, não são registradas antes de serem codificadas, e não são relatadas aos envolvidos no sentido de controlar e evitar erros.

A gestão de configuração de software é um tema simultaneamente abrangente e especializado, dentro das melhores práticas da Engenharia de Software que possibilitará desenvolver e consolidar os conhecimentos no desenvolvimento de software, bem como preparar os micro, pequenos e médios desenvolvedores para encarar com confiança os novos desafios no mundo dos negócios, e também reforçar as competências profissionais, mantendo-se atualizado em relação ao potencial dos sistemas de informação e das novas tecnologias numa perspectiva empresarial e competitiva globalmente.

No estudo da Engenharia de Software, o autor Roger S. Pressman [10], demonstra preocupação com a “Crise do Software”, referindo-se aos projetos não finalizados no tempo estimado, bem como com o custo excedido.

Num mundo cada vez mais de recursos financeiros escassos, como é possível aceitar tal desperdício de tempo e dinheiro. O mesmo autor também aponta para o possível problema causador de tal absurdo: “A falta de adoção de métodos, ferramentas e procedimentos no desenvolvimento de software e a difícil relação de entendimento entre o usuário com o analista desenvolvedor”.

Várias técnicas de gestão de projetos foram criadas e o desenvolvedor mesmo assim ainda tem dificuldades de realizar projetos de sistemas livres de manutenções e correções constantes, condenando diretamente a qualidade do produto entregue.

A adoção da Gestão de Configuração de Software no desenvolvimento de Sistemas, pelo micro, pequeno e médio desenvolvedor de software, direciona como estruturar, gerenciar e controlar por todo o ciclo de vida do software, proporcionando acompanhamento de todo o processo, permitindo que o software venha representar a realidade da empresa modelada para geração de um sistema adequado, atendendo assim seus requisitos e as necessidades desta empresa.

RELEVÂNCIA

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia [8], a participação de mercado das micro, pequenas e médias empresas desenvolvedoras de software correspondem 65,1% do total (Tabela1). Diante da dimensão deste mercado ainda em franca expansão, que motivou a prestar atenção especial para este tema.

TABELA 1
Porte das Organizações, segundo comercialização bruta anual.

Porte das Organizações	
Portes	%
Micro	16,5
Pequena	25,3
Média	23,3
Grande	34,9

Atualmente com a visão global permitindo a participação nas exportações de software para outros países, cada vez mais a qualidade no processo de desenvolvimento e do produto de software ganha

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

maior observação e adoção das melhores práticas e soluções tecnológicas.

ENGENHARIA DE SOFTWARE

Segundo Pressman [10], Engenharia de Software é:

- “Descendente da engenharia de sistemas e de hardware. Abrange um conjunto de 3 elementos fundamentais (métodos, ferramentas e procedimentos), que possibilita, ao gerente, o controle do processo de desenvolvimento do software e oferece ao profissional uma base para a construção de software de alta qualidade”.

Como conclusão, pode-se relatar que engenharia de software é um conjunto de práticas para desenvolvimento de soluções de software, ou seja, roteiro que pode utilizar diversas técnicas.

OBJETIVOS DA ENGENHARIA DE SOFTWARE

A Engenharia de Software visa sistematizar a produção, a manutenção, a evolução e a recuperação de produtos intensivos de software, de modo que ocorra dentro de prazos e custos estimados, com progresso controlado e utilizando princípios, métodos, tecnologia e processos em contínuo aprimoramento. Os produtos desenvolvidos e mantidos, seguindo um processo efetivo e segundo preceitos da Engenharia de Software asseguram, por construção, qualidade satisfatória, apoiando adequadamente os seus usuários na realização de suas tarefas, operam satisfatória e economicamente em ambientes reais e podem evoluir continuamente, adaptando-se a um mundo em constante evolução [2].

Com base nos objetivos da Engenharia de Software, fica evidente a necessidade da adoção da gestão sistêmica das configurações do software como princípios de qualidade para padronizar e gerenciar os processos de desenvolvimento de software.

CRISE DO SOFTWARE

Para generalizar o termo, ocorre quando o software não satisfaz seus envolvidos, sejam clientes e/ou usuários, desenvolvedores ou empresa [11].

A expressão “Crise do Software”, que começou a ser utilizada na década de 60, tem historicamente aludido a um conjunto de problemas recorrentemente enfrentados no processo de desenvolvimento (Construção, implantação e manutenção) de software [7].

Apesar da enorme variedade de problemas que caracterizam a crise do software, engenheiros de software e gerentes de projetos para desenvolvimento de sistemas computacionais tendem a concentrar suas preocupações no seguinte aspecto: “A enorme

imprecisão das estimativas de cronogramas e de custos de desenvolvimento” [5].

QUALIDADE DE SOFTWARE

Atingir um alto nível de qualidade de produto ou serviço é o objetivo da maioria das organizações. Atualmente não é mais aceitável entregar produtos com baixa qualidade e reparar os problemas e as deficiências depois que os produtos foram entregues ao cliente [14].

Segundo Machado [6], para muitos engenheiros de software, a qualidade do processo de software é tão importante quanto à qualidade do produto. Assim na década de 90 houve uma grande preocupação com a modelagem e melhorias no processo de software. Abordagens importantes como as normas ISO 9000 e a ISO / IEC 12207, o modelo CMM (Capability Maturity Model) e o SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) sugerem que melhorando o processo de software, podemos melhorar a qualidade dos produtos.

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia [8], ainda que divulgadas na década de 90, o conhecimento e utilização das normas e modelos para qualidade de software, estão distantes de tornar-se realidade nas empresas desenvolvedoras de software, conforme (Tabelas 6, 7, 8 e 9).

TABELA 6
CONHECIMENTO DA NORMA ISO/IEC 12207 [8].

Conhecimento da Norma NBR ISO/IEC 12207 - Processos de Ciclo de Vida de Software -					
Categorias	Total	Micro	Pequena	Média	Grande
Conhece e usa sistematicamente	3,9	1,4	3,8	2,6	9,1
Conhece e começa a usar	8,3	6,1	6,8	7,7	14,8
Conhece, mas não usa	55,1	48,6	51,1	64,1	67,0
Não conhece	32,7	43,9	38,3	25,6	9,1

TABELA 7
CONHECIMENTO DA NORMA ISO 9000 [8].

Conhecimento das Normas ISO 9000 - Gestão da Qualidade					
Categorias	Total	Micro	Pequena	Média	Grande
Conhece e usa sistematicamente	19,4	3,4	16,3	34,1	44,0
Conhece e começa a usar	14,8	14,1	18,5	12,2	12,1
Conhece, mas não usa	52,4	62,4	50,4	43,9	41,8
Não conhece	13,4	20,1	14,8	9,8	2,2

TABELA 8
CONHECIMENTO DO MODELO CMM [8].

Conhecimento do modelo CMM - Capability Maturity Model					
Categorias	Total	Micro	Pequena	Média	Grande
Conhece e usa sistematicamente	3,9	0,7	2,9	2,5	11,4
Conhece e começa a usar	17,1	3,4	20,4	30,0	29,5
Conhece, mas não usa	53,7	62,2	48,9	47,5	48,9
Não conhece	25,3	33,8	27,7	20,0	10,2

TABELA 9
CONHECIMENTO DO PROJETO SPICE [8].

Conhecimento do projeto SPICE - Software Process Improvement and Capability dEtermination (Technical Report ISO/IEC TR 15504)					
Categorias	Total	Micro	Pequena	Média	Grande
Conhece e usa sistematicamente	1,0	2,0	-	-	1,1
Conhece e começa a usar	3,2	1,4	3,0	5,1	5,7
Conhece, mas não usa	56,7	49,0	50,4	59,0	77,3
Não conhece	39,1	47,6	46,6	35,9	15,9

Segundo Machado [6], a globalização da economia vem influenciando as empresas produtoras e prestadoras de serviços de software a alcançar o patamar de qualidade e produtividade internacional para enfrentarem a competitividade cada vez maior.

Diante deste fato, podemos afirmar que por falta de utilização das normas ou modelos de qualidade de software, produzimos softwares de qualidade contestável e participando efetivamente da “Crise do Software”.

GESTÃO DE CONFIGURAÇÃO DE SOFTWARE

Segundo Sommerville [14] o gerenciamento de configuração (*configuration management – CM*) é o desenvolvimento e aplicação de padrões e procedimentos para gerenciar um produto de sistema em desenvolvimento. É necessário gerenciar os sistemas em desenvolvimento porque, à medida que eles se desenvolvem, são criadas muitas versões diferentes de software. Essas versões incorporam propostas de mudanças, correções de defeitos e adaptações para diferentes hardwares e sistemas operacionais. É possível que haja várias versões em desenvolvimento e em uso ao mesmo tempo. É necessário manter o controle das mudanças que foram implementadas e de como essas mudanças foram incluídas no software.

Segundo Pressman [10] a gestão de configuração de software (*software configuration management, SCM*) é uma atividade guarda-chuva que é aplicada ao longo de todo o processo de software. Como modificações podem ocorrer em qualquer época, as atividades de SCM são desenvolvidas para identificar as modificações, controlar modificações, garantir que as modificações sejam adequadamente implementadas e relatar as modificações a outros interessados.

As mudanças descontroladas em software geralmente levam ao caos e/ou crise de software.

Segundo Rezende [11] na engenharia de software, os artefatos que devem ser controlados incluem a documentação, os modelos e o próprio código (fontes e executável). Mesmo para projetos de porte muito pequeno, um mínimo de controle de versões é necessário para evitar o desperdício de trabalho. Com o controle de versões conservam-se versões antigas dos artefatos, que contém material que pode vir a ser novamente aproveitado, mas evita-se que versões mais antigas venham de forma inadvertida, a tomar o lugar de versões mais novas. Esse tipo de erro é comum mesmo em projetos individuais; e essa espécie de desperdício é facilmente evitada.

Gestão de Configuração de Software no CMMI

O CMMI – (*Capability Maturity Model Integrated*) foi desenvolvido pelo [13] (*Software Engineering Institute*), ligado à CMU (*Carnegie Mellon University*), em Pittsburgh, nos Estados Unidos. O desenvolvimento desse modelo foi financiado pelo DoD, Departamento de Defesa Americano, com o objetivo de se estabelecer um padrão de qualidade para software desenvolvido para as forças armadas [9].

O CMMI foi concebido para o desenvolvimento de grandes projetos militares e, para a sua aplicação em projetos menores e em outras áreas, é necessário um trabalho cuidadoso de interpretação e adequação à realidade da organização [2].

No modelo CMMI foram estabelecidos níveis referentes à maturidade que a organização possui para desenvolver software: Inicial (1), gerenciado (2), definido (3), gerenciado Quantitativamente (4) e otimizado (5) [1].

Cada nível de maturidade está dividido em áreas-chave de processo chamadas de PA (*Process Area*), que estabelecem grandes temas a serem abordados, somando 18 áreas-chave.

No nível 2 do CMMI, os métodos de gerenciamento de software são documentados e acompanhados. Políticas organizacionais orientam os projetos estabelecendo processos de gerenciamento. Práticas bem-sucedidas podem ser repetidas em novos projetos. No nível 2 existe um sistema de gerenciamento implantado, que garante o cumprimento de custos e prazos em projetos similares já desenvolvidos anteriormente [9].

Entre as PA's do nível 2 do CMMI está presente o Gerenciamento da Configuração de Software.

O propósito do Gerenciamento de Configuração é para estabelecer e manter a integridade de produtos usando a identificação de configuração, controle de configuração, condição de configuração, e auditorias de configuração [1].

A área do processo de Gerenciamento de Configuração envolve [1]:

- Identificar a configuração de produtos selecionados que compõem as *baselines* em pontos dados no tempo;
- Controlar mudanças para artigos de configuração;
- Construir ou prover especificações dos produtos de software;
- Manter a integridade das *baselines*;
- Prover condição e dados precisos de configuração atuais para desenvolvedores, usuários finais, e clientes;

Gestão de Configuração na norma ISO 12207

A norma internacional NBR ISO/IEC 12207 – Tecnologia da Informação – Processos de Ciclo de Vida de Software [4] é usada como referência em muitos países, inclusive no Brasil, para alcançar esse diferencial competitivo.

Ela tem por objetivo auxiliar os envolvidos na produção de software a definir seus papéis, por meio de processos bem definidos, e assim proporcionar às organizações que a utilizam um melhor entendimento das atividades a serem executadas nas operações que envolvem, de alguma forma, o software.

A arquitetura descrita na norma [6] utiliza uma terminologia bem definida e é composta de: processos, atividades e tarefas para aquisição, fornecimento, desenvolvimento, operação, e manutenção do software.

Está estruturada em 3 processos de Ciclo de Vida [4]:

- Processos Fundamentais
- Processos de Apoio
- Processos Organizacionais

A gestão de configuração de software está presente nos processos de apoio de ciclo de vida.

Os processos de apoio auxiliam e contribuem para o sucesso e a qualidade do projeto de software.

Um processo de apoio é empregado e executado quando necessário para documentação, gerência de configuração, garantia da qualidade, processo de verificação, processo de validação, revisão conjunta, auditoria e resolução de problemas [6].

A norma ISO 12207, descreve que o processo de Gerência de Configuração consiste em:

- Implementação do processo;
- Identificação da configuração;
- Controle da configuração
- Relato da situação da configuração
- Avaliação da configuração
- Gerência de Liberação e distribuição

Gestão de Configuração de Software na ISO 90003

A família ISO 9000 é composta de uma série de normas, e reconhece que existem 4 diferentes categorias genéricas de produtos e publicou diretrizes para implementação de sistemas da qualidade para cada uma destas categorias: Hardware: ISO 9004-1; Serviços: ISO 9004-2; Materiais Processados: ISO 9004-3; e Software: ISO 9000-3.

Devido as dificuldades específicas de interpretação de como implantar os requisitos da ISO 9001 ou 9002

em software, é fundamental o uso da ISO 9000-3 para auxiliar a implantação do sistema de gestão da qualidade. Esta dificuldade está relacionada com a terminologia usada na ISO 9001, muito voltada para hardware; usando a ISO 9000-3 esta barreira é eliminada [15].

As normas da série ISO 9000 foram expandidas com a edição das normas internacionais de série 10.000, que complementam estas e fornecem diretrizes para planos de qualidade, auditorias internas, qualificação de auditores, comprovação metrológica e manuais de qualidade [3].

Nessa expansão foi criada uma norma específica para o Gerenciamento da Configuração. É a ISO 10007:95 - Gestão da qualidade. Diretrizes para gestão da configuração.

A norma ISO 10.007 fornece diretrizes para gestão da configuração. Esta é uma disciplina da gestão que é aplicada sobre o ciclo de vida de um produto, a fim de fornecer visibilidade e controle de suas funcionalidades e características físicas. As atividades descritas são uma forma de satisfazer certos requisitos encontrados em outras normas da série ISO 9000.

Na norma ISO 9000-3, o gerenciamento de configuração está inscrito no requisito Identificação e rastreabilidade e consiste em: [3]:

- Quando apropriado, a organização deve identificar o produto por meios adequados ao longo da realização do produto. A organização deve identificar a situação do produto no que se refere aos requisitos de monitoramento e de medição.
- Quando a rastreabilidade é um requisito, a organização deve controlar e registrar a identificação única do produto.

Gestão de Configuração de Software no projeto SPICE

A ISO/IEC 15504, SPICE (*Software Process Improvement and Capability dEtermination*), presta-se à realização de avaliações de processos de software com dois objetivos: a melhoria dos processos e a determinação da capacidade de processos de uma organização [12].

Se o objetivo for à melhoria dos processos, a organização pode realizar a avaliação gerando um perfil dos processos que serão usados para a elaboração de um plano de melhorias. A organização deve definir os objetivos e o contexto, bem como escolher o modelo e o método para a avaliação e definir os objetivos de melhoria [12].

No segundo caso, a empresa tem o objetivo de avaliar um fornecedor em potencial, obtendo o seu perfil de capacidade. Para isso ela deve definir os objetivos e o contexto da avaliação, os modelos e métodos de avaliação e os requisitos esperados. O perfil de capacidade permite ao contratante estimar o risco associado à contratação daquele fornecedor em potencial para auxiliar na tomada de decisão de contratá-lo ou não [12].

A norma ISO 15504, foi baseada nos principais modelos existentes como CMMI, TRILLIUM e BOOTSTRAP, tendo entre objetivos básicos realizar uma harmonização destes diversos modelos existentes e prover um *framework* para estes modelos e outros que possam ser criados [12].

Este modelo de referência descreve um conjunto de processos e boas práticas da Engenharia de Software consideradas universais e fundamentais. Quarenta processos e componentes de processos são descritos e organizados em cinco categorias de processo: Cliente-fornecedor, Engenharia, Suporte, Gerência e Organização. Estes processos são um superconjunto dos processos definidos na ISO / IEC 12207.

A gerência de Configuração está também presente no SPICE, na categoria SUPORTE denominado processo de Gerência de Configuração.

CONCLUSÃO

Todas as normas e modelos de qualidade para software têm por objetivo buscar organização e melhoria contínua no processo de desenvolvimento de software. A implementação da gestão de configuração de software está totalmente ligada a essas normas e modelos. Diante o quadro atual de baixa adoção das normas e modelos aqui no Brasil, segundo o MCT, citado neste trabalho, temos aqui identificado que a “Crise do Software” se justifica pela falta de metodologias e processos de controle e gerenciamento de configuração no desenvolvimento de software.

A situação ainda piora quando tratamos de pequenas e médias empresas, onde normalmente o desenvolvedor é sobrecarregado de tarefas e com prazos e custos extremamente inviáveis, a não

implementação da gestão de configurações, compromete diretamente a qualidade do software.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CMMI, SEI, *Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University*, <http://www.sei.cmu.edu>.
- [2] FIORINI, SOELI T., et al. *Engenharia de Software com CMM*, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1998.
- [3] NBR ISO/IEC 9001:2000, 9000-3 – *Software* - Rio de Janeiro, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [4] NBR ISO/IEC 12207:1997, *Tecnologia de Informação – Processos de Ciclo de Vida de Software*, Rio de Janeiro, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [5] LEE, RICHARD C. e TEPFENHART, WILLIAM M., *UML e C++ - Guia de desenvolvimento orientado a objeto*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2002.
- [6] MACHADO, CRISTINA ÂNGELA FILIPAK in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [7] MAFFEO, BRUNO, *Engenharia de Software e Especificação de Sistemas*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.
- [8] MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Secretaria de Política de Informática, *Qualidade e Produtividade no Setor de Software Brasileiro*, Brasília, N.4, 2002.
- [9] PESSOA, MARCELO E SPINOLA, MAURO in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [10] PRESSMAN, ROGER S., *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. McGraw-Hill, 2002.
- [11] REZENDE, DENIS ALCIDES, *Engenharia de Software e Sistemas de Informações*, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1999.
- [12] SALVIANO, CLENIO, in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [13] SEI, *Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University*, <http://www.sei.cmu.edu>.
- [14] SOMMERVILLE, IAN, *Engenharia de Software*, São Paulo, Ed. Pearson Education, 2003.
- [15] XAVIER, JORGE HERCULES, in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2002.

MODELANDO PROCESSOS COM IDEF

MARCELO NOGUEIRA¹

Resumo - A IDEF é uma ferramenta de modelagem bastante conhecida e utilizada. A sigla IDEF vem de Integrated Computer Aided Manufacturing Definition, e foi desenvolvida na década de 70 pela força aérea americana. A idéia da ferramenta é mostrar o fluxo de informações dentro dos processos. Sua utilização é fundamental para melhorar a descrição e compreensão dos processos em estudo.

Palavras-chave: IDEF, processos.

INTRODUÇÃO

Para a realização de mapeamento dos processos de negócio em geral, existem diversas ferramentas disponíveis que podem ser utilizadas.

Ferramentas como SADT, IDEF e EPC são bastante populares na representação de processos de negócio.

A IDEF é uma ferramenta de modelagem bastante conhecida e utilizada. [2]

A sigla IDEF vem de Integrated Computer Aided Manufacturing Definition, e foi desenvolvida na década de 70 pela força aérea americana.

A idéia da ferramenta é mostrar o fluxo de informações dentro dos processos. [2]

Ela apresenta 6 tipos de representações básicas:[1]

IDEF0, IDEF1, IDEF1X, IDEF3, IDEF4 e IDEF5.

IDEF 0

IDEF0 é uma notação para representação gráfica que mostra o processo e as suas atividades componentes. [2]

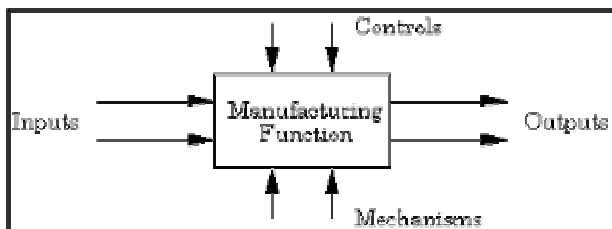


FIGURA 1

EXEMPLO IDEF 0

A representação IDEF0 é a mais utilizada.

Ela é adequada para a representação estática de processos. [2]

IDEF0 é um método projetado para modelar as decisões, ações, e atividades de uma organização ou sistema.

A figura abaixo mostra a representação básica de informações e função.

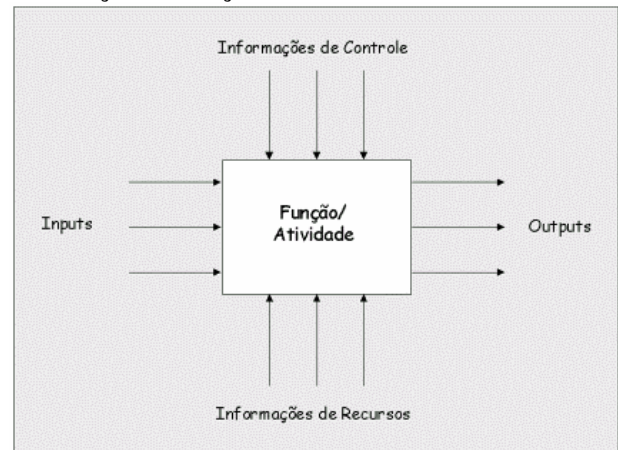


FIGURA 2

VISÃO BÁSICA DOS ELEMENTOS DO IDEF0

Através do IDEF0 o fluxo de informações existentes entre funções é mapeado, possibilitando uma visão gradativamente detalhada do processo. [2]

Esse detalhamento é feito para cada função ou atividade, através de sucessivas explosões das funções.

A figura abaixo ilustra este tipo de detalhamento.

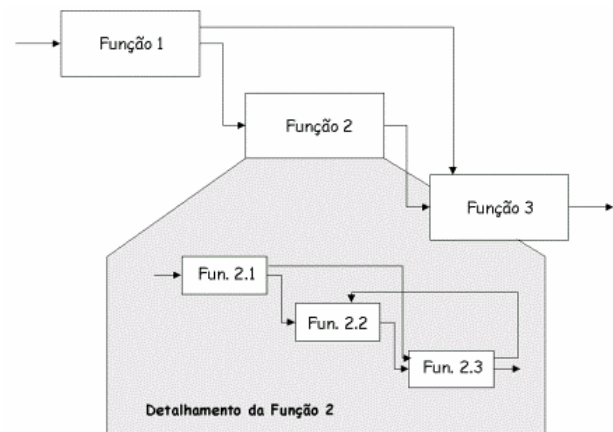


FIGURA 3

ESQUEMA DE DETALHAMENTO DE FUNÇÕES DO IDEF0

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 - 4º - CEP 04026-002 - São Paulo - SP, marcelo@noginfo.com.br

IDEF 1

IDEF1 foi projetado como um método para análise e comunicação no estabelecimento dos requisitos. [2]

IDEF1 é geralmente indicado para identificar como as informações estão atualmente administradas na organização.

Determina qual dos problemas identificados durante a análise de necessidades são causadas por falta de gerenciamento de informações apropriadas.

Especifica as informações que serão administradas na sua implementação. [2]

O IDEF1 captura as informações que existe sobre objetos dentro do escopo de um empreendimento.

A perspectiva de IDEF1 de um sistema de informações não inclui só os componentes de sistema automatizado, mas objetos também não automatizados como as pessoas, arquivos, gabinetes, telefones, etc.

IDEF1 foi projetado como um método para as organizações analisar claramente as suas necessidades de gerenciamento de recurso de informações e requisitos.[1]

IDEF1 é um método de análise usada para identificar o:

- Informações colecionadas, armazenadas, e administradas pelo empreendimento.
- As regras do gerenciamento de informações.
- Relações lógicas dentro do empreendimento refletida nas informações.
- Problemas resultantes da falta de bom gerenciamento das informações.

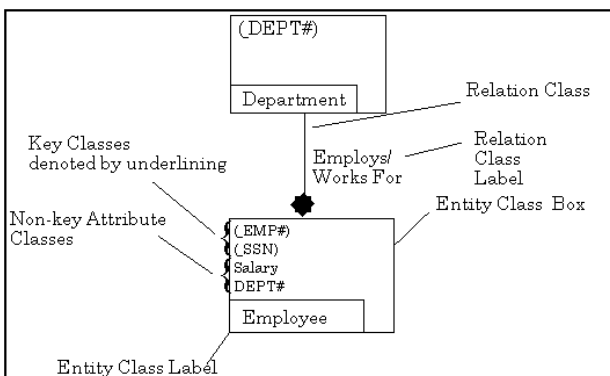


FIGURA 4
EXEMPLO IDEF 1

Os resultados de análise de informações podem ser usados nos planejamentos estratégicos e táticos dentro do empreendimento para alavancar

seus recursos de informações e para alcançar vantagem competitiva. [1]

Seus planos podem incluir o projeto e implementação de sistemas automatizados que podem ser mais eficaz no aproveitamento das informações disponíveis para o empreendimento.

Os modelos de IDEF1 provêm a base para que decisões de projeto, fornecendo aos gerentes, o conhecimento exigido para estabelecer boa política de gerenciamento das informações.

IDEF 1X

IDEF1X é uma notação projetada para representar graficamente a estrutura de informação existente em um negócio. [2]

IDEF1X é um método utilizado para modelagem de bancos de dados relacionais com uma sintaxe projetada para suportar a semântica necessária para desenvolver um esquema conceitual. [1]

Um esquema conceitual é uma definição integrada e única dos dados de empreendimento que está imparcial em direção a qualquer aplicativo e independente de seu acesso e memória física.

IDEF1X é mais útil para projeto de banco de dados lógico depois que os requisitos de informações são conhecidas e a decisão para implementar um banco de dados relacional já foi feita. [1]

Conseqüentemente, a perspectiva de sistema de IDEF1X é enfocada nos elementos de dados reais em um banco de dados relacional.

Se o sistema de destino não é um sistema relacional, por exemplo, um sistema orientado a objeto, IDEF1X não é o melhor método.

Existem várias razões por que IDEF1X não ser apropriado para implementações de sistema não relacional.

Embora a terminologia entre IDEF1 e IDEF1X é bem parecida, existem diferenças fundamentais nos conceitos teóricos dos dois métodos.

Uma entidade em IDEF1X se refere a uma coleção ou conjunto de instâncias de dados semelhantes que podem ser individualmente distintos de um ao outro.

Os membros individuais são chamados instâncias de entidade.

Deste modo, uma caixa em IDEF1X representa um conjunto de ítems de dados do mundo real.

Uma característica poderosa de IDEF1X é seu suportar os tipos de dados para a modelagem lógica e pelo uso de uma estrutura de classificação na sua construção. [1]

IDEF 3

IDEF3 é uma técnica dinâmica que descreve o comportamento de um sistema. [2]

A descrição do IDEF3, provê um mecanismo para coleccionar e documentar processos. [1]

O IDEF3 captura a precedência e as relações de causalidade entre situações e eventos em um formulário natural para peritos de domínio provendo um método estruturado para expressar conhecimento sobre como um sistema, processo, ou trabalhos de organização. [2]

As descrições de IDEF3 podem ser:

- Registro dos dados resultantes de entrevistas em atividades de análise de sistemas.
- Determina o confronto de recurso de informações da organização nos argumentos de operação importantes de um empreendimento.
- O documento dos procedimentos de decisão e ciclo de vida dos dados.
- Administração e configuração de dados e controle de mudanças e definição de política dos dados.
- Projeto de sistema e análise de mudanças do projeto.
- Geração de modelo de simulação.

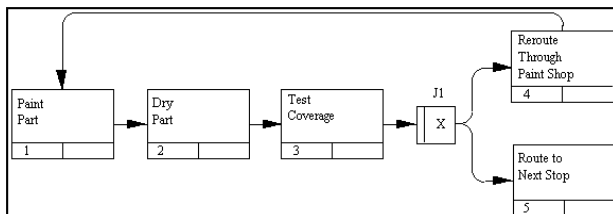


FIGURA 5
DESCRIÇÃO DO PROCESSO IDEF3

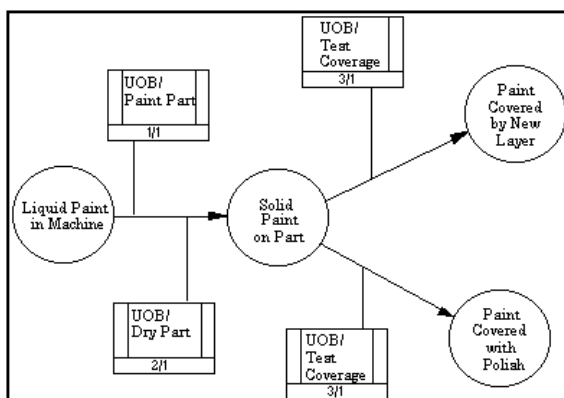


FIGURA 6
DIAGRAMA DE REDE DE TRANSIÇÃO IDEF3

IDEF 4

A natureza intuitiva da programação orientada a objeto, tornou-se mais fácil à produção de código. [2]

Infelizmente, a facilidade com que software é produzido também faz com que seja mais fácil a criação de um projeto de software mais pobre, resultando em sistemas carentes em modularidade e manutenibilidade.

O método de IDEF4 é projetado para ajudar na aplicação correta desta tecnologia.

Com mais de trinta métodos orientados a objeto em existência hoje, por que nós devíamos escolher IDEF4?

O mais importante é que o IDEF4 visualiza o projeto orientado a objeto como um bloco de desenvolvimento de um sistema macro, ao invés de uma análise orientada a objeto ambígua. IDEF4 é significativamente diferente de outros métodos de projeto orientado a objeto, principalmente por suportar as estratégias de interação entre herança de classe, composição de objeto, decomposição funcional, e polimorfismo sem tanta profundidade.

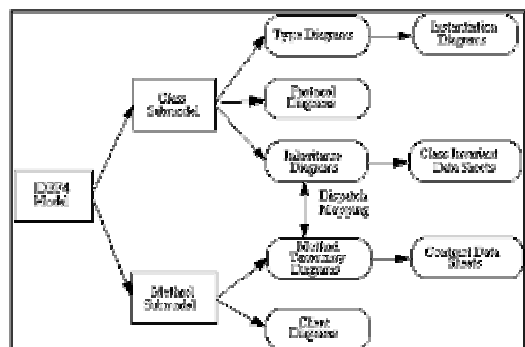


FIGURA 7
ORGANIZAÇÃO DO MODELO IDEF4

IDEF 5

Historicamente, a ontologia surgiu como um ramo da filosofia conhecida como metafísica, que lida com a natureza dos objetos existentes. [1]

A meta tradicional da ontologia, em particular, é para dividir o mundo "em suas articulações," descobrir em que categorias ou tipos fundamentais que definem os objetos do mundo.

O método de IDEF5 provê teoricamente e empiricamente uma forma de ajudar a criar, modificar, e manter ontologias. Com procedimentos padronizados, e habilidade de representar as

informações ontológicas de forma intuitiva e de natural qualidade.

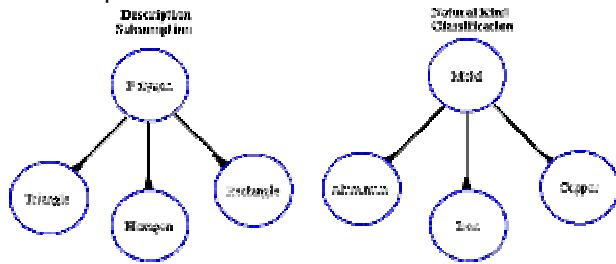


FIGURA 8

IDEF 5 – TIPOS DIFERENTES DE CLASSIFICAÇÃO

CONCLUSÃO

Todas metodologias de representação visual das informações, possuem características particulares, das quais diferenciam a adaptação, de acordo com as necessidades dos projetos. O IDEF possui abrangência de detalhes, que permite ao analista, o detalhamento mais profundo dos requisitos, obtendo mais chance de sucesso do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IDEF, <http://www.idef.com/default.html>, acessado em 27/07/2004.
- [2] NUMA, Núcleo de Manufatura Avançada, IDEF, <http://www.numa.org.br/transmeth/ferramentas/ffma/peam.htm#mapeam>

GESTÃO DE INFRAESTRUTURA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO COM ITIL

Marcelo Nogueira ¹

Resumo - O ITIL (Information Technology Infrastructure Library) é o modelo de referência para gerenciamento de processos de TI mais aceito mundialmente. A metodologia foi criada pela secretaria de comércio (Office of Government Commerce, OGC) do governo Inglês, a partir de pesquisas realizadas por Consultores, Especialistas e Doutores, para desenvolver as melhores práticas para a gestão da área de TI nas empresas privadas e públicas. Atualmente se tornou a norma BS-15000, sendo esta um anexo da ISO 9000/2000. O foco deste modelo é descrever os processos necessários para gerenciar a infraestrutura de TI eficientemente e eficazmente de modo a garantir os níveis de serviço acordados com os clientes internos e externos.

Palavras-chave: ITIL, .

INTRODUÇÃO - GOVERNANÇA DE TI

Governança de tecnologia da Informação é uma estrutura de relacionamentos e processos para dirigir e controlar a organização no atingimento dos objetivos desta organização, adicionando valor, ao mesmo tempo em que equilibra os riscos em relação ao retorno da TI e seus processos. [2]

São estruturas e processos visando a garantir que a TI suporte e maximize os objetivos e estratégias da organização. [2]

A governança permite controlar, medir, auditar, a execução e a qualidade dos serviços e: [2]

- Viabiliza o acompanhamento de contratos internos e externos da organização.
- Define condições para o exercício eficaz da gestão com base em conceitos consolidados de qualidade.
- Alinha a estratégia de TI com as do negócio.
- Mais capacidade e agilidade para novos modelos de negócios ou ajustes nos modelos atuais;
- Explicita a relação entre aumento nos custos de TI e aumento no valor da informação;
- Mantém os riscos do negócio sob controle;
- Explicita a importância da TI na continuidade dos negócios;
- Mede e melhora continuamente a performance de TI.

BS 15000

A especificação para Gestão dos Serviços e Processos de Tecnologia da Informação (TI) – BS 15000, foi preparado pelo Comitê Técnico BDD/3 do Instituto de Padronização Britânico (BSI). [3]

O comitê técnico BDD/3, composto pela *British Computer Society (BCS)*, *Central Computer and Telecommunications (CCTA)*, *IT Service Management Forum (itSMF)*, *National Audit (NAO)* e alguns colaboradores, foi responsável pela emissão da especificação em 15 de Novembro de 2000. [3]

O modelo especificado é aplicável na gestão dos serviços e processos de TI, além desta aplicação ela pode ser utilizada para:

- As organizações buscarem propostas para *outsource* dos serviços;
- Organizações que requerem um acesso consistente para todos os provedores de serviços em uma cadeia de fornecimento (*supply chain*);
- *Benchmark* da gestão dos serviços de TI dos provedores existentes;
- Base formal para certificação.

O relacionamento entre os diferentes processos de gestão, planejamento do serviço e os processos de gestão considerados nesta norma são mostrados na ilustração abaixo: [3]

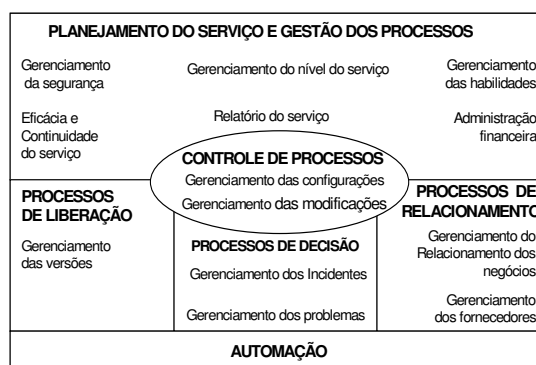


FIGURA 1

PROCESSO DE GESTÃO E PLANEJAMENTO DO SERVIÇO.

Os relacionamentos entre os diferentes processos de gestão e planejamento dos serviços foram mostrados acima, agora é interessante

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

conhecermos como a versão 2000 desta norma está organizada. A seguir será mostrado como está organizada a norma:

TABELA 1
CONTEÚDO DA NORMA BS 15000

ITEM	DESCRIÇÃO
1	ESCOPO
2	REFERENCIAS NORMATIVAS
3	DEFINIÇÕES
4	PRINCIPIO GERAL
5	GESTÃO E PROJETO DO SERVIÇO
6	PROCESSOS DE RELACIONAMENTO
7	PROCESSOS DE DECISÃO
8	CONTROLE DE PROCESSO
9	GERENCIAMENTO DAS VERSÕES
ANEXO A (INFORMATIVO) OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÕES	
BIBLIOGRAFIA	

O escopo, que compreende o item número 1 desta norma, foi mostrado no início deste artigo. O item a seguir indica que a BS 15000 está referenciando itens do documento *DISC PD 005 (Code of Practice for IT Service Management)*.

O item número 3 algumas definições que não estão definidas no documento DISC PD 005, como, por exemplo, temos “métrica”, que está definido como o elemento mensurável da função ou processo do serviço.

A partir do item 4 ao item 9 temos a descrição do modelo de gestão, para a Gestão dos Serviços e Processos de Tecnologia da Informação (TI).

No item 4 da norma foram detalhados os limites da gestão de serviços. Estes limites devem ser definidos de acordo com as características de cada organização, sua localização, seus ativos e a tecnologia empregada. Dentro destes limites estão definidos: [3]

- O direcionamento e os recursos necessários para implementação da gestão dos serviços de TI;
- As competências necessárias para os profissionais que executam atividades nesta área;
- Como deve ser evidenciada a melhoria contínua da qualidade dos serviços;
- Como devem ser executadas as auditorias;
- Como deve ser demonstrada a conformidade dos objetivos da gestão dos serviços.

No item número 5 (que é dedicado a gestão e o planejamento do serviço) está definido o nível de gestão do serviço. Isto pode ser traduzido:

- Como é usada eficazmente a gestão para a tradução e a integração dos requisitos solicitados;
- Como a organização assegura a continuidade dos serviços;
- Como a organização produz informações para a tomada de decisões;
- Como é controlado e calculado o custo para provisão e recuperação dos serviços;
- A competência da gestão da organização.

No item 5, destaca-se a utilização do *SLA (Service Level Agreement)*, como ferramenta para obtenção do entendimento entre o provedor do serviço e um cliente que documenta e define o nível do serviço desejado.

No item 6, dedicado ao Processo de Relacionamento estão detalhados os processos para gerar e manter um bom relacionamento entre o provedor de serviço e o cliente. Este relacionamento é baseado no entendimento do cliente e o direcionamento de seu negócio. O relacionamento descrito é traduzido:

- Na gestão do relacionamento dos negócios;
- Na gestão dos fornecedores.

Um outro item, que é o de número 7, trata dos processos de resolução. Neste processo estão descritas as formas de redução da degradação, pelo gerenciamento do ciclo de vida completo dos incidentes, além da identificação e gerenciamento das causas fundamentais da minimização dos incidentes.

No penúltimo item desta norma está definido o Controle dos processos. Este item objetiva: [3]

- Registrar e controlar os componentes dos serviços ou infraestrutura e proteção da integridade dos sistemas de informações e meio físico.
- Assegurar que as mudanças requeridas nos negócios, infraestrutura ou serviço são avaliadas, aprovadas e implementadas de uma forma controlada.
- O planejamento da implementação de novos serviços ou modificação de serviços e demonstração dos resultados alcançados.

No último item desta norma está definido como planejar e receber uma versão para garantir que qualquer modificação dos itens de configuração

sejam corretos, rastreáveis, protegidos e autorizados.

O QUE É ITIL™

O ITIL™ (*Information Technology Infrastructure Library*) é o modelo de referência para gerenciamento de processos de TI mais aceito mundialmente. A metodologia foi criada pela secretaria de comércio (*Office of Government Commerce, OGC*) do governo Inglês, a partir de pesquisas realizadas por Consultores, Especialistas e Doutores, para desenvolver as melhores práticas para a gestão da área de TI nas empresas privadas e públicas. Atualmente se tornou a norma BS-15000, sendo esta um anexo da ISO 9000/2000. O foco deste modelo é descrever os processos necessários para gerenciar a infra-estrutura de TI eficientemente e eficazmente de modo a garantir os níveis de serviço acordados com os clientes internos e externos. [1]

Entre os processos que fazem parte do modelo de referência, podemos citar:

- Planejamento de serviços;
- Gerenciamento de incidentes;
- Problemas;
- Mudanças;
- Configuração;
- Operações;
- Segurança;
- Capacidade;
- Disponibilidade;
- Custos;
- Entrada em produção;
- Testes.

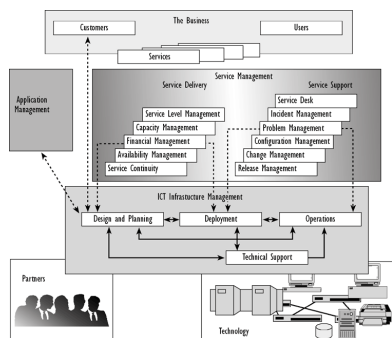


FIGURA 2
ESTRUTURA ITIL

As empresas que o adotaram estão preocupadas em gerar valor do TI para os negócios da empresa e provar este valor de maneira adequada, através de processos corretos. [1]

As normas ITIL™ estão documentadas em aproximadamente 40 livros, onde os principais processos e as recomendações das melhores práticas de TI estão descritas. O ITIL™ é composto

por módulos. Os mais importantes são o "IT Service Support" e o "IT Service Delivery".

CARACTERÍSTICAS DO ITIL™

- As principais características do ITIL™ são:
- Modelo de referência para processos de TI não proprietário;
- Adequado para todas as áreas de atividade;
- Independente de tecnologia e fornecedor;
- Um padrão de fato;
- Baseado nas melhores práticas;
- Um modelo de referência para a implementação de processos de TI;
- Padronização de terminologias;
- Interdependência de processos;
- Diretivas básicas para implementação;
- Diretivas básicas para funções e responsabilidades dentro de cada processo;
- Checklist testado e aprovado;
- O que fazer e o que não fazer.

PORQUE ITIL™?

O ITIL™ conduz a uma forma de trabalho orientada a processos objetivando oferecer um serviço de alta qualidade e garantia para os clientes da área de TI. As vantagens de trabalhar orientado a processos são listadas abaixo: [1]

- Faz com que as melhorias de qualidade possam ser medidas;
- Torna os processos de gerenciamento dos serviços de TI mensuráveis;
- Fornece uma forma consistente de trabalho;
- Fornece uma terminologia padronizada;
- Aperfeiçoa os processos de comunicação;
- Aumenta a satisfação do cliente ajustando corretamente sua expectativa;
- Auxilia na obtenção da certificação ISO 9000.

CASOS DE SUCESSO

1 - PROCTER & GAMBLE [2]

- Adotou ITIL em 1997;
- Economizou US\$ 500 milhões em 4 anos;
- 6 a 8% em corte de custos operacionais
- 15 a 20% em redução de staff de tecnologia

2 - Governo de Ontario, Canadá [2]

- Adotou ITIL para melhorar o serviço de 25.000 usuários em 1.000 locais;
- Criou um *service desk* que melhorou a resposta e reduziu os custos com chamados em 40%;

3 - ABN Amro [2]

- Iniciou ITIL em 2001 – Data Center e implantação de equipamentos do banco/agências;
- Deve estar concluído em 2005;

- Centralização do help-desk: aumento de chamados de 20.000 para 60.000;
- Tempo de atendimento reduzido em 20%;
- Volume de reclamações reduzido em 80%;
- 94% dos atendimentos completados em menos de 20 segundos;

CONCLUSÃO

A governança de TI tem sido largamente difundida e implementada nas organizações. No entanto para o seu sucesso, depende diretamente da adoção em conjunta com metodologias e padrões de qualidade. No caso do ITIL, o adic5ionamento da cultura de qualidade nos processos ficou demonstrada nesse artigo, devido ao enriquecimento que a norma BS 15000 contém.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ITIL, ITIL Definições, Consist, acessado em 26/08/2004

<http://www.consist.com.br/brasil/consistism/itil.htm>

[2] BRODBECK, Henrique J., Governança de TI, acessado em 30/07/2004

<http://www.inf.ufrgs.br/~brodbeck/>

[3]Sasaki, Luís Hiromitsu , Conhecendo a norma de Gestão de Serviços TI (BS 15000). Acesso 04/06/03

<http://www.alternet.com.br/canal/administracao/bs15000.doc>

[4]Ghigonetto, Mauricio, ITIL, acesso em 07/08/2004.

http://www.emm.usp.br/g_fr_tutor.html

UTILIZANDO A LÓGICA PARACONSISTENTE PARA ANÁLISE DE RISCOS EM PROJETOS DE SOFTWARE

Marcelo Nogueira¹, Jair Minoro Abe², José Pacheco de A. Prado³, João Inácio da S. Filho⁴.

Resumo - Com o apoio da lógica Paraconsistente é possível validar os riscos identificados na revisão bibliográfica, através da implementação do algoritmo para-analisador nos dados extraídos da pesquisa quantitativa realizada com especialistas. Com o resultado da análise, foi atribuído um peso para cada item de risco. Introduzidos ao banco de dados de uma ferramenta de software, possibilita o cálculo de exposição e avaliação do risco. Informação vital para a gestão dos riscos.

Palavras-chave: lógica Paraconsistente, riscos, gestão de riscos.

INTRODUÇÃO LÓGICA PARACONSISTENTE

A lógica paraconsistente constitui um assunto novo. Por esse motivo apresenta-se uma visão geral antes de a proposta ser descrita.

A lógica clássica ou tradicional se baseia, entre outros, em três princípios: 1) Princípio da identidade: todo objeto é idêntico a si mesmo; 2) Princípio do terceiro excluído: de duas proposições contraditórias, uma é verdadeira; 3) Princípio da contradição (ou da não contradição): entre duas proposições contraditórias, uma é falsa.

Uma teoria dedutiva é *consistente* se não possuir teoremas contraditórios, um dos quais é a negação do outro. Caso contrário, a teoria é *inconsistente* (ou contraditória). Uma teoria chama-se *trivial* se todas as fórmulas (ou sentenças) de sua linguagem forem nela demonstráveis; em hipótese contrária, diz-se *não-trivial* [2].

Analogamente, a mesma definição se aplica a sistemas de proposições, conjunto de informações etc. (levando-se em conta, naturalmente, o conjunto de suas conseqüências).

Se a lógica subjacente a uma teoria T é a clássica ou alguma de suas extensões, T é inconsistente se e somente se for trivial. Em conseqüência, se quiser erigir teorias ou sistemas de informação inconsistentes, mas não-triviais, é preciso usar um tipo novo de lógica.

Lógica paraconsistente é uma lógica que pode servir de base a teorias inconsistentes e não-triviais. Desse modo, a lógica paraconsistente é de importância

fundamental para edificar sistemas de informação ou teorias inconsistentes, mas não-triviais.

A lógica paraconsistente encontra varias aplicações no setor de inteligência artificial (IA), na programação lógica etc. e demonstra ser de significado básico para a Ciência da Computação.

BREVE HISTÓRICO

Os precursores da lógica paraconsistente são L.Lukasiewicz, N.A. Vasil 'ëv e S. Jaskowski. Embora Lukasiewicz e Vasil 'ëv fossem contemporâneos, aparentemente um não conheceu o outro. Lukasiewicz não produziu nenhum sistema lógico paraconsistente, mas suas idéias influenciaram seu estudante S. Jaskowski que criou a chamada lógica discursiva.

Em 1910, Lukasiewicz publicou um livro e um artigo onde analisava o princípio da contradição de Aristóteles. De acordo com o autor, Aristóteles já admitia que a validade desse princípio poderia ser negada. Também entre 1910 e 1913, o russo Nicolai Vasil 'ëv (1880-1940) salientou, de forma independente, que similarmente ao que se deu com os axiomas de geometria euclidiana, alguns princípios da lógica aristotélica poderiam ser revisados, dentre eles o Princípio da Contradição. Como é bem sabido, o questionamento do chamado Quinto Postulado de Euclides mostrou que ele era independente dos demais axiomas da geometria euclidiana, podendo, portanto ser substituído por alguma forma de negativa, originando-se com isso as chamadas "geometrias não-euclidianas". Uma delas, a geometria Riemanniana, foi usada por Albert Einstein (1879-1955) na formulação da relatividade geral; resumidamente, a "geometria do mundo" (de acordo com a teoria da relatividade), é não-euclidiana.

Lukasiewicz e Vasil 'ëv preocuparam-se com a possibilidade da derrogação do Princípio da Contradição, mas não construíram sistemas lógicos estrito senso que dessem vazão a esta possibilidade. Foi um discípulo de Lukasiewicz, S. Jaskowski (1906-1965), quem apresentou em 1948 um sistema lógico que poderia ser aplicado a sistemas envolvendo inconsistências sem que no entanto resultasse que todas as suas fórmulas pudessem ser derivadas como teoremas. O sistema de Jaskowski limitou-se a

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

² Jair Minoro Abe, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, jairabe@uol.com.br

³ José Pacheco de A.Prado, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, jprado@unip.com.br

⁴ João Inácio da S. Filho, R.Princesa Isabel, 25, V.Belmiro, CEP 11.075-501 – Santos – SP, inacio@unisanta.br

uma parte da lógica, que tecnicamente se denomina de cálculo de proposições, aparentemente não tendo percebido a possibilidade das lógicas paraconsistentes em sentido amplo.

O lógico brasileiro Newton C. A. da Costa (1929-), então professor da UFPR, independentemente de Jaskowski (cujos trabalhos haviam sido publicados em polonês), iniciou a partir da década de 50 estudos no sentido de desenvolver sistemas lógicos que pudessem envolver contradições, motivado por questões de natureza tanto filosóficas quanto matemáticas. Os sistemas de Costa se estenderam muito além dos de Jaskowski, abrangendo-os como casos particulares. Costa é reconhecido internacionalmente como o real criador das lógicas paraconsistentes (o termo “paraconsistente”, que literalmente significa “ao lado da consistência”, foi cunhado pelo filósofo peruano Francisco Miró Quesada em 1976) como salientamos no início destas considerações.

APLICAÇÕES

Em 1991, [2] fizeram os primeiros estudos sobre os fundamentos da lógica paraconsistente anotada, em 1992, ABE deu continuidade. Em seu estudo ABE estudou a lógica de predicados, a teoria de modelos, a teoria anotada de conjuntos e alguns sistemas modais, estabelecendo um estudo sistemático dos fundamentos das lógicas anotadas apontadas em trabalhos anteriores.

Outra aplicação dos sistemas anotados foi iniciada por ABE em 1993, e juntamente com discípulos implementou a linguagem de programação paraconsistente Paralog [5] independentemente dos resultados obtidos em 1987 por SUBRAHMANNIAN, 1987. Tais idéias foram usadas na construção de um protótipo e na especificação de uma arquitetura com base na lógica paraconsistente anotada que integra vários sistemas computacionais – planejadores, base de dados, sistemas de visão etc. – de uma célula de manufatura [5] e representação de conhecimento por Frames, que permite representar inconsistências e exceções.

Também em Silva Filho, [3] se introduziram circuitos digitais (portas lógicas *Complement*, *And* e *Or*) inspirados nas lógicas paraconsistentes anotadas $P\Box$. Tais circuitos permitem sinais “conflitantes” implementados em sua estrutura de modo não-trivial. Acredita-se que a contribuição dos circuitos elétricos paraconsistentes seja pioneira na área dos circuitos elétricos, abrindo-se novas vias de investigação. Nas pesquisas relacionadas com a parte de hardware, foi a edificação do analisador lógico. O para-analisador permite tratar conceitos de incerteza, inconsistência e paracompleteza [3]. Também foram construídos controladores lógicos com base nas lógicas anotadas – paracontrol, simuladores lógicos – para o

tratamento de sinais – para-sônicos [3]. Como materialização dos conceitos discutidos, construiu-se o primeiro robô paraconsistente com o hardware paraconsistente: a robô Emmy, e já está sendo construído o protótipo II [4].

Os sistemas anotados também englobam aspectos dos conceitos envolvidos em raciocínio não-monotônico, *defesiabile*, *default* e deôntico [2].

Versões de lógicas anotadas também envolvem muitos aspectos das lógicas *fuzzy*. Isso pode ser visto sob vários ângulos. A teoria anotada de conjuntos engloba *in totum* a teoria de conjuntos *fuzzy* [2].

Versões axiomatizadas da teoria *fuzzy* foram obtidas [2]. Foi erigido o controlador híbrido *parafuzzy* que une características das lógicas anotada e *fuzzy* [4]. Finalmente, aspectos algébricos também foram investigados por Abe [2]. Uma visão geral de alguns aspectos das aplicações dos sistemas notados pode ser vista em [2].

RESUMO DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA

As lógicas anotadas constituem uma classe de lógica paraconsistente. Tais lógicas estão relacionadas a certos reticulados completos, que desempenham um papel mérito importante. As conclusões são obtidas a partir de informações que não são categóricas, mas que trazem evidência (crença) do fato a ser analisado. Exemplo proposição: “O quanto um fator de risco representa a um projeto de software”.

Um especialista do conhecimento em questão omite sua opinião que varia de 0% até 100%. A partir daí, o processo será manipulado matematicamente. Se nesse exemplo for 0% fica 0,0. se for 100% passa a ser 1,0 . A evidência favorável é expressa pelo símbolo μ e a contrária por λ .

LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA $E \Box$

Seja $\tau = \langle \tau \mid , \leq \rangle$ um reticulado finito fixo, onde:

1. $\tau = [0, 1] \times [0, 1]$ onde $[0, 1]$ indica o intervalo unitário real.
2. $\leq = \{ (\mu_1, \lambda_1), (\mu_2, \lambda_2) \in \{[0, 1] \times [0, 1]\}^2 \mid \mu_1 \leq \mu_2 \text{ e } \lambda_1 \leq \lambda_2 \}$ (onde \leq indica a ordem usual dos números reais). Tais reticulado denomina-se reticulado de valores – verdade.

A idéia epistemológica intuitiva da associação de uma anotação (μ, λ) a uma proposição p significa que o grau de evidência (crença) em p é μ , enquanto o grau de evidência contrária (descrença) é λ .

Intuitivamente, em tal reticulado, $(1.0, 0.0)$ indica “crença total” - verdade; $(0.0, 1.0)$ indica “descrença total” – falsidade ; $(1.0, 1.0)$ indica “crença totalmente inconsistente” - inconsistência; e $(0.0, 0.0)$ indica “ausência total de crença”.

Fixamos também um operador $\sim: |\tau| \rightarrow |\tau|$. O operador \sim constitui o "significado" do símbolo lógico de negação do sistema que será considerado.

Outros valores do reticulado são:

\perp indica o mínimo de $\tau = (0,0, 0,0)$

\top indica o máximo de $\tau = (1,0, 1,0)$;

A linguagem da LPA E τ possui os seguintes símbolos primitivos:

1. Símbolos proposicionais: p, q, r etc.
2. Conectivos: \neg (negação), \wedge (conjunção), \vee (disjunção) e \rightarrow (implicação).
3. Cada membro de τ é uma constante de anotação: $(\mu_1, \lambda_1), (\mu_2, \lambda_2)$ etc.
4. Símbolos auxiliares: parênteses [2].

REPRESENTAÇÃO DOS RETICULADOS ASSOCIADOS À LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA

A lógica paraconsistente anotada pode ser representada, de modo particular, por meio de um reticulado de Hasse.

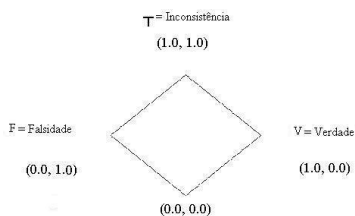


FIGURA 1
RETICULADO FINITO DE HASSE.

Lógica Paraconsistente – o reticulado \square

Análise da LP E τ no quadrado unitário do plano cartesiano.

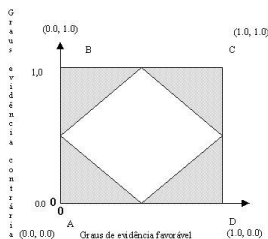


FIGURA 2
RETICULADO ASSOCIADO À LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA.

No quadrado unitário do plano cartesiano, a reta AC tem uma equação característica dada por $X-Y=0$. Usando os graus de evidência (crença) e de evidência contrária (descrença) do reticulado obtém-se:

$$\mu - \lambda = 0$$

Podemos traçar infinitas retas paralelas à reta AC. A distância entre a reta AC e qualquer uma das retas paralelas é calculada por $X-Y=d$, que com os correspondentes graus de evidência (crença) e de evidência contrária (descrença) resulta $\mu - \lambda = d$

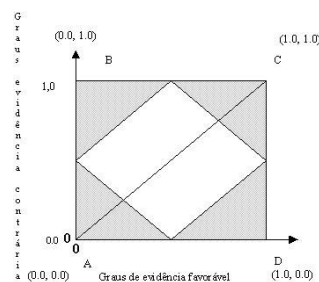


FIGURA 3
EQUAÇÃO DA RETA (A).

Grau de certeza G_c

+1.....-1
verdadeiro falso

$$G_c = \mu - \lambda$$

Exemplo:

$$\mu - \lambda$$

$G_c = 0$ (o estado lógico resultante é indefinido).

Grau de contradição G_{ct}

$$\text{Equação da reta: } x + y - 1 = 0$$

Com as evidências favorável e desfavorável:

$$\mu_1 + \lambda_1 - 1 = 0$$

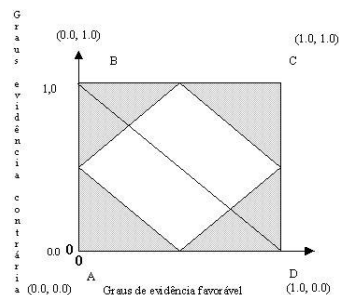


FIGURA 4
EQUAÇÃO DA RETA (B)

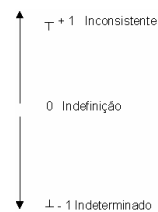


FIGURA 5
EIXO DOS GRAUS DE CONTRADIÇÃO G_{ct}

Exemplo de localização no gráfico:

Grau de evidência $\mu_1 = 0,9$

Grau de evidência contrária $\lambda_1 = 0,1$

Cálculo do grau de certeza $G_c = 0,9 - 0,1$

$$G_c = 0,8$$

Cálculo do grau de contradição $G_{ct} = 1,0 + 0,6 - 1$

$$G_{ct} = 0,6$$

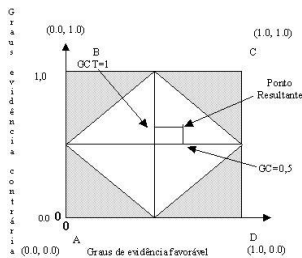


FIGURA 6

EXEMPLO DE LOCALIZAÇÃO DE PONTOS.

ALGORITMO PARA-ANALISADOR

Agora serão apresentados métodos que proporcionam meios de utilização da E□, trazendo resultados compensadores na obtenção de dados capazes de promover novas formas de tratamento do conhecimento incerto. O conhecimento incerto é aquele que é discutível e ao qual, normalmente, e se associa uma medida de incerteza que descreva, de algum modo, crenças para as quais existem certas evidências de apoio [4].

Lógica paraconsistente anotada de anotação com dois valores no quadrado unitário do plano cartesiano (QUPC). A representação do reticulado associado à LP E□ pode ser feita no quadrado unitário do plano cartesiano real. Dessa forma todos os valores envolvidos serão estudados e discutidos no plano cartesiano, proporcionando melhor entendimento e visualização.

Nessa representação, no eixo μ estão os valores anotacionais correspondentes ao grau de crença e, no eixo λ, os valores que correspondem ao grau de descrença. Os pontos assinalados no gráfico determinam os estados extremos do reticulado. São eles:

- Ponto A = (0.0, 0.0) Paracompleto
- Ponto B = (0.0, 0.1) Falso
- Ponto C = (1.0, 1.0) Inconsistente
- Ponto D = (1.0, 0.0) Verdadeiro

TABELA 1

VALORES-VERDADE PARA SINAIS DE ENTRADA BINÁRIOS, ONDE μ e λ SÃO INDEPENDENTES.

Sinais de entrada		
Grau de Crença	Grau de Descrença	Estado resultante
μ	λ	
1	1	T
1	0	v
0	1	F
0	0	⊥

Os valores dos sinais dos graus de crença e descrença que estão representados no quadrado unitário do plano cartesiano variam de 0 a 1. Nesse intervalo podem ter seus valores considerados discretos (multivalorados) ou de valoração contínua com o tempo (analogicos). Com a análise ponto a

ponto do QUPC, é elaborada uma tabela de valores-verdade com sinais de entrada compostos pelos graus de crença e descrença e os correspondentes estados lógicos resultantes de saída.

A negação da lógica paraconsistente anotada é operador ~. Utilizando termos usuais da lógica clássica, esse operador será denominado de operador not. Na aplicação do Operador not, a negação ocorre apenas nos estados lógicos resultantes que denotam certeza, que são os dois estados: "falso" e "verdadeiro".

Na lógica paraconsistente anotada é proposto que a aplicação dos conectivos or e and entre duas fórmulas atômicas A e B siga os mesmos procedimentos aplicados à lógica clássica, que é a maximização no conectivo or e a minimização no conectivo and.

Na LPE τ, o tipo de tratamento dado às anotações é que define o estado resultante na saída. Sendo assim, a aplicação dos conectivos or e and, é obtida conforme o procedimento feito com o operador not. Serão consideradas duas fórmulas proposicionais com seus respectivos graus de crença e descrença A (μ1, λ2) e B (μ1, λ2). Denominam-se essas formulas proposicionais de sinais anotados A e B.

A seguir, será apresentada a tabela de valores-verdade da aplicação dos conectivos or e and para duas proposições A e B com os respectivos sinais de entrada μ1 (grau de crença) e λ2 (grau de descrença).

TABELA 2

VALORES-VERDADE DA APLICAÇÃO DO CONECTIVO OR QUANDO OS SINAIS DE ENTRADA μ1 E λ2 SÃO BINÁRIOS E INDEPENDENTES.

Sinais de entrada						
Grau de crença		Grau de descrença		Conectivo OR		Estado resultante
μ a	μ b	λ a	λ b	μ R	λ R	
1	1	1	1	1	1	T
1	1	1	0	1	1	T
1	1	0	1	1	1	T
1	1	0	0	1	0	v
1	0	1	1	1	1	T
1	0	1	0	1	1	T
1	0	0	1	1	1	T
1	0	0	0	1	0	v
0	1	1	1	1	1	T
0	1	1	0	1	1	T
0	1	0	1	1	1	T
0	1	0	0	1	0	v
0	0	1	1	0	1	F
0	0	1	0	0	1	F
0	0	0	1	0	1	F
0	0	0	0	0	0	⊥

Quadrado unitário do plano cartesiano de resolução 12, com todos os pontos de destaque e linhas de limitação, onde os valores de crença e descrença são ternários e não complementares.

TABELA 3

VALORES-VERDADE DA APLICAÇÃO DO CONECTIVO AND QUANDO OS SINAIS DE ENTRADA M1 E L2 SÃO BINÁRIOS E INDEPENDENTES.

Sinais de entrada						Estado resultante
Grau de crença		Grau de descrença		Conectivo OR		
μa	μb	λa	λb	μR	λR	
1	1	1	1	1	1	T
1	1	1	0	1	0	v
1	1	0	1	1	0	v
1	0	0	0	1	0	v
1	0	1	1	0	1	F
1	1	1	0	0	0	⊥
1	0	0	1	0	0	⊥
1	0	0	0	0	0	⊥
0	1	1	1	0	1	F
0	1	1	0	0	0	⊥
0	1	0	1	0	0	⊥
0	1	0	0	0	0	⊥
0	0	1	1	0	1	F
0	0	1	0	0	0	⊥
0	0	0	1	0	0	⊥
0	0	0	0	0	0	⊥

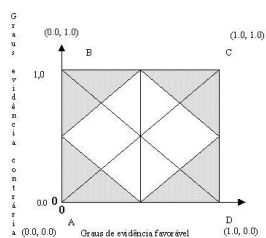


FIGURA 7

O RETICULADO COM RESOLUÇÃO 12.

Com as descrições de todas as regiões do reticulado, será apresentada toda a simbologia do algoritmo para-analisador elaborada com base na LPE □.

Quatro valores limites externos:

$V_{cve} = C_1 =$ Valor de controle de veracidade; $0 \leq V_{cve} \leq 1$

$V_{cfa} = C_2 =$ Valor de controle de falsidade; $-1 \leq V_{cfa} \leq 0$

$V_{cic} = C_3 =$ Valor de controle de inconsistência; $0 \leq V_{cic} \leq 1$

$V_{cpa} = C_4 =$ Valor de controle de paracompleteza; $-1 \leq V_{cpa} \leq 0$

Esses valores prevalecerão quando uma proposição é considerada, por exemplo, "verdadeira" no sentido de tornarmos uma decisão positiva, e assim por

adiante. A figura a seguir ajudará a introdução de conceitos suplementares.

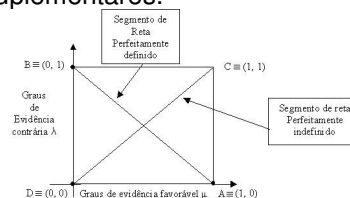


FIGURA 8

REPRESENTAÇÃO DO ALGORITMO PARA-ANALISADOR.

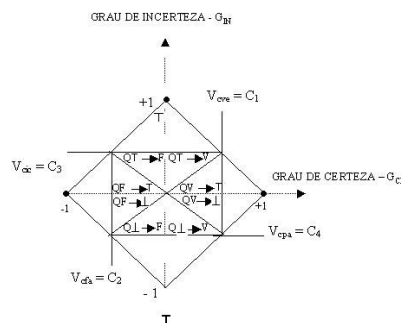


FIGURA 9

DIAGRAMA COM OS GRAUS DE INCERTEZA E DE CERTEZA, COM VALORES AJUSTÁVEIS DE CONTROLE-LIMITE NOS EIXOS.

TABELA 4 ESTADOS EXTREMOS.

Estados Extremos	Símbolos
Verdadeiro	v
Falso	F
Inconsistente	T
Paracompleto	⊥

TABELA 5 ESTADOS NÃO EXTREMOS.

Estados Não-Extremos	Símbolo
Quase verdadeiro tendendo ao inconsistente	$QV \rightarrow T$
Quase verdadeiro tendendo ao paracompleto	$QV \rightarrow \perp$
Quase falso tendendo ao inconsistente	$QF \rightarrow T$
Quase falso tendendo ao paracompleto	$QF \rightarrow \perp$
Quase inconsistente tendendo ao verdadeiro	$QT \rightarrow V$
Quase inconsistente tendendo ao falso	$QT \rightarrow F$
Quase paracompleto tendendo ao verdadeiro	$Q^\perp \rightarrow V$
Quase paracompleto tendendo ao falso	$Q^\perp \rightarrow F$

Essas regiões são facilmente caracterizáveis por meio dos graus de incerteza, o que deixará de ser feito neste texto. Detalhes completos se encontram

na obra de Costa [2]. Novamente, a subdivisão apresentada é modificável e ajustável de acordo com as características e peculiaridades de cada aplicação.

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a Lógica Paraconsistente e suas particularidades. Os fatores de risco em projetos de software possuem incertezas, com a adoção da LPA é possível analisar esses fatores, devido a sua simplicidade e precisão em tratar com as evidências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABE, J. M. Fundamentos da lógica anotada. 1992. 192 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo.

[2] DA COSTA, Newton C. A. et al. Lógica Paraconsistente Aplicada. São Paulo: Atlas, 1999.

[3] DA SILVA FILHO, João Inácio; ABE, Jair Minoro. Fundamentos das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes. São Paulo: Arte & Ciência, 2000. 296 p.

[4] DA SILVA FILHO, João Inácio; ABE, Jair Minoro. Introdução à Lógica Paraconsistente Anotada. 1^o ed. São Paulo: Emmy, 2000.

[5] PRADO, José Pacheco de Almeida. Uma arquitetura para inteligência artificial distribuída baseada em Lógica Paraconsistente Anotada. 1995. 217 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

[6] NOGUEIRA, Marcelo, Um Framework para gestão de riscos em projetos de software apoiado em lógica paraconsistente anotada., 2004, 224 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Paulista, São Paulo.

“A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE MÉTRICAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE SOFTWARE”

MARCELO NOGUEIRA¹

Resumo - A utilização de medições no processo de construção de produtos está presente em todas as áreas da engenharia. No entanto, profissionais ligados ao desenvolvimento de software, aderem técnicas de medição em poucos projetos. Por falta de cultura ou total desconhecimento da importância da adoção desse processo, levam estimativas de tempo e custos dos projetos a serem formuladas sem base real do esforço para iniciar, implementar e implantar o software na organização. Os fatores contidos no processo de métricas são fatores críticos de sucesso na produção de software.

Palavras-chave – métricas, Desenvolvimento de Software.

INTRODUÇÃO

A medição é fundamental para qualquer atividade de engenharia. Na engenharia de software também tem a mesma importância.

Métricas de software referem-se a um amplo campo de medições, aplicada ao processo de software, com o objetivo de melhorá-lo de forma contínua.

Pode ser usada ao longo de um projeto de software para auxiliar na estimativa, no controle de qualidade, na avaliação de produtividade e no controle do projeto.

Existem muitas métricas de software já consagradas, porém cada uma tem um foco especial naquilo que se deseja medir. Para este estudo, foi escolhida a análise por pontos de função.

ANÁLISE POR PONTO DE FUNÇÃO

Métricas de software orientadas à função usam uma medida da funcionalidade entregue pela aplicação como valor de normalização. [8]

Como “funcionalidade” não pode ser medida diretamente, deve ser originada indiretamente usando outras medidas diretas. [5]

Métricas orientadas a função foram inicialmente propostas por Albercht, que sugeriu uma medida chamada ponto por função.

Pontos por função são originados usando uma relação empírica baseada em medidas de contagem (direta) do domínio de informação do software e avaliação da complexidade do software. [1]

Cinco características do domínio da informação são determinadas e as contagens são registradas nos lugares próprios da figura.

Os valores do domínio da informação são definidos da seguinte maneira: [6]

- Quantidade de entradas do usuário. Cada entrada do usuário, que fornece dados distintos orientados à aplicação do software, é contada. Entradas devem ser distinguidas de consultas, que são contadas separadamente.
- Quantidade de saídas do usuário. Cada saída do usuário, que fornece informação orientada à aplicação para o usuário, é contada. Nesse contexto, saída refere-se a relatórios, telas, mensagens de erro, etc. Itens de dados individuais dentro de um relatório não são contados separadamente.
- Quantidade de consultas do usuário. Uma consulta é definida como uma entrada on-line, que resulta na geração de alguma resposta imediata do software sob a forma de uma saída on-line. Cada consulta distinta é contada.
- Quantidade de arquivos. Cada arquivo mestre lógico (i. e., grupo de dados lógico, que pode ser parte de uma base de dados maior ou um arquivo separado) é contado.
- Quantidade de interfaces externas. Todas as interfaces em linguagem de máquina (ex. arquivos de dados em um meio de armazenamento), que são usadas para transmitir informação a outro sistema, são contadas.

CASO: AUTOMAÇÃO DE LOJA

Para extrair as informações necessárias para a medição, é necessária a elaboração do escopo do projeto a ser desenvolvido através da construção de um diagrama de fluxo de dados de nível zero, o diagrama de contexto.

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

É através desse diagrama que será possível efetuar as contagens necessárias para a aplicação das equações que compõem a análise por ponto de função.

Com o levantamento dos valores do domínio da informação, atribuindo-os as tabelas a seguir, chegará então a quantidade de pontos por função.

Foi escolhido um caso de automação de loja, por se tratar de um software comercial utilizável e de fácil compreensão para contribuir com este trabalho.

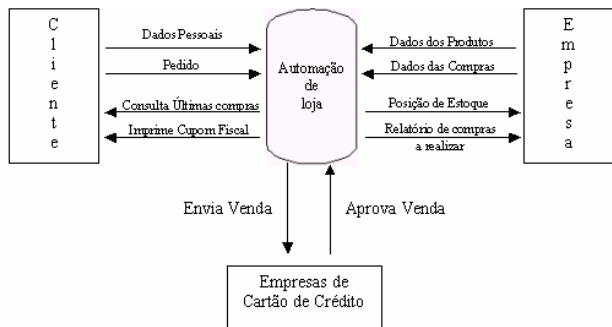


FIGURA 1
DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS NÍVEL 0

De acordo com o DFD (Automação de loja) realizamos a seguinte contagem:

Entradas:

- Dados Pessoais
- Pedidos
- Dados do Produto
- Dados das Compras
- Aprova Vendas

Saídas:

- Imprime Cupom Fiscal
- Relatório de Compras a realizar
- Envia Vendas

Consultas:

- Últimas compras
- Posição de estoque

Arquivos:

- Cliente
- Empresa

Interfaces Externas:

- Empresas de Cartão de Crédito

Atribuindo a tabela a seguir, chegamos a quantidade de ponto por função:

Parâmetro de medição	Contagem	Simple	Médio	Complexo	
Quantidade de entrada do usuário	05	x 3	4	6	
Quantidade de saídas do usuário	03	x 4	5	7	
Quantidade de consultas do usuário	02	x 3	4	6	
Quantidade de arquivos	02	x 7	10	15	
Quantidade de interfaces externas	01	x 5	7	10	
Total de Contagem					

TABELA 1
TABELA DE CÁLCULO FPA

Uma vez coletados esses dados, um valor de complexidade é associado com cada contagem.

Organizações que usam os métodos de pontos por função desenvolvem critérios para determinar se uma instância particular é simples, média ou complexa.

Não obstante, a determinação da complexidade é um tanto quanto subjetiva.

Parâmetro de medição	Contagem	Simple	Médio	Complexo	
Quantidade de entrada do usuário	05	x 3	4	6	20
Quantidade de saídas do usuário	03	x 4	5	7	21
Quantidade de consultas do usuário	02	x 3	4	6	08
Quantidade de arquivos	02	x 7	10	15	14
Quantidade de interfaces externas	01	x 5	7	10	10
Total de Contagem					73

TABELA 2
TABELA DE CÁLCULO FPA - COMPLEXIDADE

Para contar os pontos por função (function points, FP), é usada a seguinte relação:

$$FP = \text{total de contagem} \times [0,65 + 0,01 \times \Sigma(F_i)]$$

Em que total da contagem é a soma de todas as entradas de FP obtidas. Então:

$$FP = 73 \times [0,65 + 0,01 \times \Sigma(F_i)]$$

Os F_i ($i = 1$ a 14) são “valores de ajustes de complexidade”, baseados nas respostas às seguintes perguntas: [6]

1. O sistema requer salvamento (*backup*) e recuperação (*recovery*)?
2. Comunicações de dados são necessárias?
3. Há funções de processamentos distribuídos?
4. O desempenho é crítico?
5. O sistema vai ser executado em um ambiente operacional existente, intensamente utilizado?
6. O sistema requer entrada de dados on-line?
7. A entrada de dados on-line exige que a transação de entrada seja construída através de várias telas ou operações?
8. Os arquivos mestre são utilizados on-line?
9. As entradas, saídas, arquivos ou consultas são complexas?
10. O processamento interno é complexo?
11. O código é projetado para ser reusado?
12. A conversão e a instalação estão incluídas no projeto?
13. O sistema está projetado para instalações múltiplas em diferentes organizações?
14. A aplicação está projetada para facilitar modificações e para facilidade de uso pelo usuário?

Cada uma dessas questões é respondida usando uma escala que varia entre 0 a 5: [4]

- 0 = Não importante ou não aplicável;
- 1 = Insignificante influência;
- 2 = Influência moderada;
- 3 = Influência média;
- 4 = Influência significativa;
- 5 = Absolutamente essencial.

Os valores constantes na Equação e os fatores de peso, que são aplicados às contagens do domínio de informação, são determinados empiricamente.

Então:

Nº	Perguntas	VAC
1	O sistema requer salvamento (<i>backup</i>) e recuperação (<i>recovery</i>)?	4
2	Comunicações de dados são necessárias?	4
3	Há funções de processamentos distribuídos?	0
4	O desempenho é crítico?	3
5	O sistema vai ser executado em um ambiente operacional existente, intensamente utilizado?	2
6	O sistema requer entrada de dados on-line?	3
7	A entrada de dados on-line exige que a transação de entrada seja construída através de várias telas ou operações?	3
8	Os arquivos mestre são utilizados on-line?	3
9	As entradas, saídas, arquivos ou consultas são complexas?	4
10	O processamento interno é complexo?	3
11	O código é projetado para ser reusado?	4
12	A conversão e a instalação estão incluídas no projeto?	3
13	O sistema está projetado para instalações múltiplas em diferentes organizações?	0
14	A aplicação está projetada para facilitar modificações e para facilidade de uso pelo usuário?	5
Total		41

TABELA 3

TABELA DE CÁLCULO FPA - AJUSTES

Atribuindo o valor de F_i na fórmula, resultará:

$$FP = 73 \times [0,65 + 0,0 \times 41]$$

Então:

$$FP = 77,38 \text{ pontos de função.}$$

Empiricamente foi determinado que a produtividade média (pessoa/mês) equivale a **6,5 FP/pm**. [6]

Ressaltando que esse valor pode ser alterado de acordo com histórico e de acordo com cada domínio estudado. [7]

Considerando um valor bruto salarial para cada profissional de R\$ 1.300,00 p/ mês, é possível concluir que:

$$\text{Custo por FP} = R\$ 1.300,00 / 6,5 = R\$ 200,00$$

(Valor bruto salarial / Produtividade média)

$$\text{Custo Total} = 77,38 * 200,00 = R\$ 15.476,00$$

(Quantidade de FP * custo por FP)

$$\text{Esforço Estimado} = 77,38 / 6,5 = 11,90 \text{ p/m}$$

(Quantidade de FP / Produtividade Média).

CONCLUSÃO

Todas as normas e modelos de qualidade para software sugerem a prática de métricas. No entanto é um processo cultural e não um processo operacional. Os fatores e pesos do FPA são baseados em práticas genéricas e devem ter sua validação para cada projeto. Por se tratar de um método consagrado e simples de se implementar, sua adoção é fundamental e obrigatório para o sucesso do desenvolvimento de softwares, bem como fazer parte de qualquer metodologia usada pela organização em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LEITE, JULIO CESAR SAMPAIO DO PRADO, in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [2] MACHADO, CRISTINA ÂNGELA FILIPAK in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [3] MAFFEO, BRUNO, *Engenharia de Software e Especificação de Sistemas*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.
- [4] FILHO, WILSON DE PÁDUA PAULA, *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2003.
- [5] PETERS, JAMES F. et al. *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 2001.
- [6] PRESSMAN, ROGER S., *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. McGraw-Hill, 2002.
- [7] REZENDE, DENIS ALCIDES, *Engenharia de Software e Sistemas de Informações*, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1999.
- [8] SOMMERVILLE, IAN, *Engenharia de Software*, São Paulo, Ed. Pearson Education, 2003.

ASPECTOS RELEVANTES NA GESTÃO DE PROJETOS DE SOFTWARE

Marcelo Nogueira¹

Resumo - As empresas de desenvolvimento de software têm buscado ao longo de anos, construir produtos com qualidade, bem como cumprir prazos e custos estimados. No entanto as dificuldades inerentes aos projetos de software têm afetado diretamente a qualidade do produto final implementado. Por isso, faz-se necessário a adoção de modelos de gestão de projetos, adequados as particularidades dessa tecnologia, a fim de se obter sucesso no desenvolvimento.

Palavras-chave: Software, Gestão de Projetos.

INTRODUÇÃO

A gestão de projetos é um tema simultaneamente abrangente e especializado, dentro das melhores práticas da Engenharia de Software que possibilitará desenvolver e consolidar os conhecimentos no desenvolvimento de software, bem como preparar os micro, pequenos e médios desenvolvedores para encarar com confiança os novos desafios no mundo dos negócios, e também reforçar as competências profissionais, mantendo-se atualizado em relação ao potencial dos sistemas de informação e das novas tecnologias numa perspectiva empresarial e competitiva globalmente.

No estudo da Engenharia de Software, o autor Roger S. Pressman [1], demonstra preocupação com a “Crise do Software”, referindo-se aos projetos não finalizados no tempo estimado, bem como com o custo excedido.

Num mundo cada vez mais de recursos financeiros escassos, como é possível aceitar tal desperdício de tempo e dinheiro. O mesmo autor também aponta para o possível problema causador de tal absurdo: “A falta de adoção de métodos, ferramentas e procedimentos no desenvolvimento de software e a difícil relação de entendimento entre o usuário com o analista desenvolvedor”.

GESTÃO DE PROJETOS

As organizações executam trabalho. O trabalho envolve serviços continuados e/ou projetos, embora possa haver superposição entre os dois. Serviços continuados e projetos possuem muitas características comuns; por exemplo, ambos são:

- Executados por pessoas
- Restringidos por recursos limitados
- Planejados, executados e controlados

O QUE É PROJETO?

“Um projeto é um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único.” [2]

Gerência de Projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, e técnicas para projetar atividades que visem atingir ou exceder as necessidades e expectativas das partes envolvidas, com relação ao projeto.

O ato de atingir ou exceder as necessidades e expectativas das partes envolvidas, invariavelmente envolve o equilíbrio entre demandas concorrentes:

- Escopo, prazo, custo e qualidade
- Diferentes necessidades e expectativas das partes envolvidas
- Necessidades concretas e expectativas

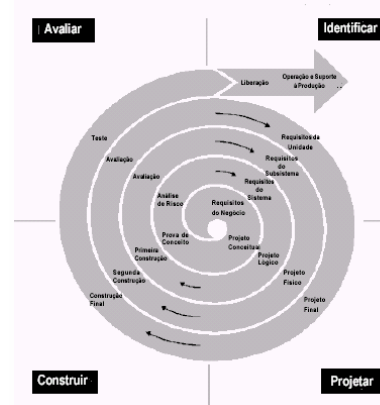


FIGURA 1

CICLO DE VIDA DO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE.

Os processos de gerência de projetos podem ser organizados em cinco grupos, cada um deles contendo um ou mais processos:

- Processos de encerramento – Formalizar a aceitação do projeto ou fase e encerrá-lo de uma forma organizada.
- Processos de iniciação – reconhecer que um projeto ou fase deve começar e se comprometer para executá-lo.
- Processos de planejamento – planejar e manter um esquema de trabalho viável para se atingir aqueles objetivos de negócios que determinaram a existência do projeto.
- Processos de execução – coordenar pessoas e outros recursos para realizar o plano.
- Processos de controle – assegurar que os objetivos do projeto estão sendo atingidos, através da

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

monitoração e da avaliação do seu progresso, tomando ações corretivas quando necessárias.

GERÊNCIA DE INTEGRAÇÃO

A Gerência da Integração do Projeto inclui os processos requeridos para assegurar que os diversos elementos do projeto estão adequadamente coordenados. Ela envolve fazer compensações entre objetivos e alternativas eventualmente concorrentes, a fim de atingir ou superar as necessidades e expectativas.

Por exemplo, a gerência de integração do projeto começa quando uma estimativa de custo é necessária para um plano de contingência ou quando os riscos associados com várias alternativas de recursos humanos precisam ser definidas. Entretanto, para um projeto ser completado com sucesso, a integração, da mesma forma, deve também ocorrer em diversas outras áreas: O trabalho do projeto deve ser integrado com as operações continuadas da organização executora:

- O escopo do produto e o escopo do projeto devem ser integrados.
- Os subprodutos de diferentes especialidades funcionais (tais como desenhos de projetos de engenharia civil, elétrica, e mecânica) devem ser integrados.

GERÊNCIA DE ESCOPO

A Gerência do Escopo do Projeto inclui os processos requeridos para assegurar que o projeto inclua todo o trabalho necessário, e tão somente o trabalho necessário, para complementar de forma bem sucedida o projeto Iniciação.

No contexto de projeto, o termo escopo refere-se á:

- Escopo do produto – aspectos e funções que devam ser incluídos no produto ou serviço.
- Escopo do projeto – o trabalho que deve ser feito com a finalidade de entregar um produto de acordo com os aspectos e as funções especificados.

GERÊNCIA DE TEMPO

Gerência do Tempo do Projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto será implementado no prazo previsto.

Em alguns projetos, especialmente os menores, o seqüenciamento das atividades, a estimativa da duração das atividades e o desenvolvimento do cronograma estão tão unidos que podem ser vistos como um único processo (por exemplo, podem ser realizados por um único indivíduo, durante um curto intervalo de tempo). Esses processos são aqui apresentados como processos distintos porque as ferramentas e técnicas são diferentes para cada um.

GERÊNCIA DE CUSTO

A Gerência do Custo do Projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto será concluído dentro do orçamento aprovado.

A gerência do custo do projeto consiste, fundamentalmente, nos custos dos recursos necessários à implementação das atividades do projeto. Entretanto, a gerência do custo do projeto deve, também, considerar os efeitos das decisões do projeto no custo de utilização do produto do projeto.

Por exemplo, limitar o número de revisões do projeto pode reduzir os custos do projeto à custa de um aumento no custo de operação do cliente. Esta visão mais ampla da gerência do custo do projeto é, freqüentemente, chamada de custo do ciclo de vida (*life-cycle costing*).

GERÊNCIA DE QUALIDADE

A Gerência da Qualidade do Projeto inclui os processos requeridos para garantir que o projeto irá satisfazer as necessidades para as quais ele foi empreendido. Isto inclui “todas as atividades da função de gerência geral que determinam as políticas de qualidade, objetivos e responsabilidades e para a implementação destes, por meio de planejamento da qualidade, controle da qualidade, garantia da qualidade e melhoria da qualidade, dentro do sistema de qualidade”.

A gerência da qualidade do projeto deve ser direcionada tanto para a gerência do projeto quanto para o produto do projeto. O fracasso em se atingir os requisitos de qualidade em qualquer das dimensões, pode trazer conseqüências negativas sérias para uma ou até mesmo para todas as partes envolvidas do projeto. Por exemplo:

- O atendimento aos requisitos dos clientes, através de trabalho extra da equipe do projeto, pode produzir conseqüências negativas na forma de aumento de rotatividade de empregados.
- O atendimento aos objetivos de cronograma do projeto realizando-se as inspeções planejadas de qualidade apressadamente, pode vir a gerar conseqüências negativas caso algum erro não seja detectado.

GERÊNCIA DE RECURSOS HUMANOS

A Gerência dos Recursos Humanos do Projeto inclui os processos requeridos para possibilitar o uso mais efetivo das pessoas envolvidas com o projeto. Isto inclui todos os interessados do projeto, patrocinadores, clientes, contribuintes individuais e outros.

Existe um substancial corpo de literatura sobre como lidar com pessoas no contexto produtivo e operacional. Alguns dos principais tópicos incluem:

- Liderar, comunicar, negociar, Principais;
- Habilidades da Administração Geral;
- Delegar, motivar, treinar, monitorar e outros assuntos relacionados ao trato com indivíduos;
- Formação da equipe, tratamento de conflitos, e outros assuntos relacionados ao trato com grupos;
- Avaliação do desempenho, recrutamento, manutenção, relações de trabalho, regulamentações de saúde e segurança e outros assuntos relacionados à administração da função de recursos humanos.

GERÊNCIA DE COMUNICAÇÕES

A Gerência das Comunicações do Projeto inclui os processos requeridos para garantir a geração apropriada e oportuna, a coleta, a distribuição, o armazenamento e o controle básico das informações do projeto. Fornece ligações críticas entre pessoas, idéias e informações que são necessárias para o sucesso. Todos os envolvidos no projeto devem estar preparados para enviar e receber comunicações na “linguagem” do projeto e devem entender como as comunicações, que eles estão individualmente envolvidos, afetam o projeto como um todo.

A comunicação é um contexto mais amplo e envolve um corpo de conhecimento substancial que não é único para o contexto de projeto. Por exemplo:

- Modelos emissor-receptor – ciclos de feedback, barreiras à comunicação, etc.
- Escolha de meio de comunicação - quando comunicar por escrito, quando comunicar de forma oral, quando escrever um memorando informal, quando escrever um relatório formal, etc.
- Estilo de redação: voz ativa ou voz passiva, estrutura da frase, escolha das palavras, etc.
- Técnicas de apresentação: linguagem corporal, desenho dos visuais de suporte, etc.
- Técnicas de gerência de reuniões: preparação de agenda, tratamento de conflitos, etc.

GERÊNCIA DE RISCOS

A Gerência de Risco do Projeto inclui os processos envolvidos na identificação, análise e resposta aos riscos do projeto. Isto inclui a maximização dos resultados de eventos positivos e minimização das consequências de eventos negativos.

Diferentes áreas de aplicação usam, freqüentemente, diferentes nomes para os processos descritos aqui. Por exemplo:

- A identificação dos riscos e a quantificação dos riscos são tratados às vezes como um processo único, e o processo resultante é conhecido como análise de risco ou avaliação de riscos;

- O desenvolvimento de respostas aos riscos é, algumas vezes, chamado de planejamento de respostas ou redução de riscos;
- O desenvolvimento de respostas aos riscos e o controle de respostas aos riscos são, às vezes, tratados como um processo único e o processo resultante pode ser chamado de gerência de riscos.

GERÊNCIA DE AQUISIÇÕES

A Gerência de Aquisições do Projeto inclui os processos necessários à obtenção de bens e serviços externos à organização executora. Para simplificação, os bens e serviços, seja um ou vários, serão geralmente referidos como um “produto”.

A Gerência de Aquisições do Projeto é discutida do ponto de vista do comprador na relação comprador-fornecedor. A relação comprador-fornecedor pode existir em muitos níveis do projeto.

Dependendo da área de aplicação, o fornecedor pode ser chamado de contratado, ou um vendedor. O fornecedor tipicamente irá gerenciar o seu trabalho como um projeto. Nestes casos:

- O comprador torna-se o cliente e é, portanto um *stakeholder* chave para o fornecedor.
- A equipe de gerência de projetos do fornecedor deve se preocupar com todos os processos de gerência de projetos, e não somente com aqueles dessa área de conhecimento.
- Os termos e condições do contrato tornam-se uma entrada chave para muitos dos processos do fornecedor. O contrato pode conter exatamente a entrada (principais subprodutos, marcos chaves, objetivos de custo) ou ele pode limitar as opções da equipe do projeto (a aprovação do comprador sobre as decisões de alocação de pessoal é freqüentemente exigida em projetos de design).

CONCLUSÃO

Aqui foi apresentado as áreas de conhecimento do PMBOK. A não adoção dessa metodologia para a gestão de projetos representa um dos fatores de risco no processo de desenvolvimento de software. [3]

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PRESSMAN, ROGER S., *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. McGraw-Hill, 2002.

[2]PMI, PMBOK, Project Management Institute, 2000.

[3]NOGUEIRA,MARCELO, Um Framework para gestão de riscos em projetos de software, Dissertação de Mestrado, Universidade Paulista, São Paulo, 2004.

ENGENHARIA DE REQUISITOS COMO FATOR DE CRÍTICO DE SUCESSO NA PRODUÇÃO DE SOFTWARE

Marcelo Nogueira¹

Resumo — As empresas de desenvolvimento de sistemas têm seus recursos materiais e humanos tanto quanto sobrecarregados, diante da demanda a ela submetida. Porém a não implementação da engenharia de requisitos como fator crítico de sucesso no desenvolvimento de software, ou por falta de cultura ou até por desconhecimento da sua existência, levam projetos de suma relevância ao insucesso e aumentando ainda mais a quantidade de casos dos sistemas inacabados, conseqüentemente desperdiçando tempo, recursos financeiros e não atendendo as necessidades dos clientes e nem do desenvolvedor.

Palavras-chave: Engenharia de Requisitos, Engenharia de Software.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo principal apresentar os métodos da engenharia de software, no âmbito da engenharia de requisitos, como processo fundamental e fator crítico de sucesso no desenvolvimento de software através de aplicação de um modelo estruturado para resolução de problemas / questões apresentadas pelos clientes / usuários.

INTRODUÇÃO

Tratando-se de um tema simultaneamente abrangente e especializado, a adoção da Engenharia de Requisitos como linha base da Gestão da Informação, possibilitará, não só desenvolver e consolidar os conhecimentos no desenvolvimento de software, bem como prepará-los para encarar com confiança os novos desafios no mundo dos negócios, e também reforçar as competências profissionais, mantendo-se atualizado em relação ao potencial dos sistemas de informação e das novas tecnologias numa perspectiva empresarial e competitiva globalmente.

A partir do conhecimento adquirido da Engenharia de Requisitos de Software, o desenvolvedor será elemento multiplicador de soluções, contribuindo e agregando valor aos sistemas novos e para os já existentes, com aplicação de metodologias e tecnologias adequadas, capazes de gerir com sucesso as informações relevantes aos negócios

aplicáveis, trazendo às organizações, vantagens competitivas.

O autor Roger S. Pressman [11], também aponta para o possível problema causador de tal absurdo: “A falta de adoção de métodos, ferramentas e procedimentos no desenvolvimento de software e a difícil relação de entendimento entre o usuário com o desenvolvedor”.

A implementação da Engenharia de Requisitos, pelo desenvolvedor de software, direciona como realizar uma especificação de requisitos que venha estruturar a fase de análise do desenvolvimento do software, proporcionando método sistemático de levantamento dos requisitos acompanhando todo o processo, permitindo que o software venha representar a realidade da empresa modelada para geração de um sistema customizado, atendendo assim as necessidades desta empresa, obtendo qualidade no software, bem como criar a real possibilidade de extrair de um sistema, informações relevantes que venham não só para contribuir com a decisão, mas para ser um fator de excelência empresarial, permitindo novos negócios, permanência e sobrevivência num mercado atuante.

RELEVÂNCIA

Atualmente com a visão global permitindo a participação nas exportações de software para outros países, cada vez mais a qualidade no processo de desenvolvimento e do produto de software ganha maior observação e adoção das melhores práticas e soluções tecnológicas que atendam os requisitos estabelecidos.

Considerado por Brooks [2] como problema essencial:

“A parte mais difícil do desenvolvimento de software é decidir precisamente o que será desenvolvido. Nenhuma outra parte do trabalho é tão difícil quanto estabelecer (definir) os detalhes técnicos necessários incluindo todas as interfaces para pessoas, máquinas e para outros sistemas de software. Nenhuma outra parte do trabalho é tão possível de ocasionar erros no sistema como essa. Nenhuma outra parte é tão difícil de ser posteriormente consertada”.

¹ Marcelo Nogueira, R. Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

Para compreender melhor a engenharia de requisitos, veremos alguns conceitos e objetivos a seguir da engenharia de software.

ENGENHARIA DE SOFTWARE

Engenharia de Software é a metodologia de desenvolvimento e manutenção de sistemas modulares, com as seguintes características [12]:

- Adequação aos requisitos funcionais do negócio do cliente e seus respectivos procedimentos pertinentes;
- Efetivação de padrões de qualidade e produtividade em suas atividades e produtos;
- Fundamentação na tecnologia da informação disponível, viável e oportuna;
- Planejamento e gestão de atividades, recursos, custos e datas.

Como conclusão, pode-se relatar que engenharia de software é um conjunto de práticas para desenvolvimento de soluções de software, ou seja, roteiro que pode utilizar diversas técnicas.

OBJETIVOS DA ENGENHARIA DE SOFTWARE

De um modo geral, considera-se que os objetivos primários da Engenharia de Software são o aprimoramento da qualidade dos produtos de software e o aumento da produtividade dos engenheiros de software, além do atendimento aos requisitos de eficácia e eficiência, ou seja, efetividade [8].

Com base nos objetivos da Engenharia de Software, fica evidente a necessidade da adoção de um modelo sistêmico para padronizar e gerenciar os processos de desenvolvimento de software.

CRISE DO SOFTWARE

Para generalizar o termo, ocorre quando o software não satisfaz seus envolvidos, sejam clientes e/ou usuários, desenvolvedores ou empresa [12].

Esses problemas não se referem apenas a programas que não funcionam. Na verdade, a chamada "Crise do Software" abrange todos os problemas relacionados a [12]:

- Como sistemas computacionais são construídos;
- Como sistemas computacionais são implantados, referindo-se aqui ao processo de substituir sistemas antigos, desativando sistemas correntemente em operação, ou ao processo de instalar um sistema inteiramente novo;

- Como é provida a manutenção da quantidade crescente de software construído, associado a sistemas computacionais cada vez mais complexos;
- Como fazer face à crescente demanda para construção de software, visando satisfazer ao conjunto enormemente variado de an17os por informatização, atualmente detectado na sociedade moderna;
- Como administrar as questões comportamentais, envolvendo os clientes e/ou usuários e a política, cultura e filosofia empresarial.

A não implementação da engenharia de requisitos permite erros no levantamento dos requisitos do sistema, e somente percebidos na implantação do sistema, gerando assim uma fase de manutenção e correção do software interminável, excedendo no custo desta fase e alongando o prazo de término substancialmente.

ANTICRISE DO SOFTWARE

Segundo Rezende [12], pode-se resumir que a anticrise é a união e trabalho conjunto e harmonioso de três elementos: Empresa (Alta Administração), Cliente e/ou usuário e a unidade de informática (Desenvolvedores de soluções).

A Unidade de informática é um dos principais agentes de mudança nas organizações, preocupando-se com o negócio empresarial, auxiliando efetivamente os gestores nos processos de tomada de decisão, tanto operacionais, como gerenciais e estratégicas.

QUALIDADE DE SOFTWARE

Atingir um alto nível de qualidade de produto ou serviço é o objetivo da maioria das organizações. Atualmente não é mais aceitável entregar produtos com baixa qualidade e reparar os problemas e as deficiências depois que os produtos foram entregues ao cliente. [13]

Abordagens importantes como as normas ISO 9000 e a ISO / IEC 12207, o modelo CMM (Capability Maturity Model) e o SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) sugerem que melhorando o processo de software, podemos melhorar a qualidade dos produtos.

Prevê-se que na primeira década dos anos 2000, após ajustarem seus processos para a produção de software de qualidade dentro de prazos e orçamentos confiáveis, as organizações serão pressionadas por seus concorrentes a reduzir substancialmente os prazos para a entrega de produtos. Organizações que sejam capazes de integrar, harmonizar e acelerar seus processos de

desenvolvimento e manutenção de software terão a primazia do mercado [7].

REQUISITOS

Segundo Pádua, o fluxo de requisitos reúne as atividades que visam a obter o enunciado completo, claro e preciso dos requisitos de um produto de software. Esses requisitos devem ser levantados pela equipe do projeto, em conjunto com representantes do cliente, usuários chaves e outros especialistas da área de aplicação [9].

Os requisitos de sistema de software são, freqüentemente, classificados com funcionais ou não funcionais ou como requisitos de domínio [13]:

- **Requisitos Funcionais:** São declarações de funções que o sistema deve fornecer, como o sistema deve reagir a entradas específicas e como deve se comportar em determinadas situações. Em alguns casos, os requisitos funcionais podem também explicitamente declarar o que o sistema não deve fazer. Exemplo: O software deve permitir ampla consulta sobre os dados dos pedidos do cliente, inclusive via Internet [14].
- **Requisitos Não Funcionais:** São restrições sobre os serviços ou as funções oferecidas pelo sistema. Entre eles destacam-se restrições de tempo, restrições sobre o processo de desenvolvimento, padrões, entre outros. Exemplo: O acesso aos recursos do software deve ser restrito a pessoas autorizadas [14].
- **Requisitos de domínio:** São requisitos que se originam do domínio de aplicação do sistema e que refletem características desse domínio. Podem ser requisitos funcionais ou não funcionais. Exemplo: Deve haver uma interface-padrão com o usuário para todos os bancos de dados, que terá como base o padrão X [13].

ENGENHARIA DE REQUISITOS

Engenharia de requisitos, uma subárea da engenharia de software, tem por objetivo tratar o processo de definição dos requisitos de software. Para isso estabelece um processo pelo qual o que deve ser feito é elicitado, modelado e analisado. Esse processo deve lidar com diferentes pontos de vista e usar uma combinação de métodos, ferramentas e pessoal. O produto desse processo é um modelo, do qual um documento chamado 'requisitos' é produzido. Esse processo é perene e acontece em um contexto previamente definido e que chamamos de 'Universo de informações' [6].

A engenharia de requisitos fornece um mecanismo adequado para entender o que o cliente deseja, analisar as necessidades, avaliar a exequibilidade, negociar uma solução razoável, especificar a

solução de maneira não-ambígua, validar a especificação e administrar os requisitos à medida que eles são transformados num sistema em operação. O processo da engenharia de requisitos pode ser descrito em cinco passos distintos [11]:

- Elicitação de requisitos
- Análise e negociação de requisitos
- Especificação de requisitos
- Modelagem do sistema
- Validação de requisitos
- Gestão de requisitos

ELICITAÇÃO DE REQUISITOS

Certamente parece muito simples – pergunte ao cliente, aos usuários e a outros quais são os objetivos do sistema ou do produto, o que precisa ser conseguido, como o sistema ou o produto se encaixa nas necessidades do negócio e, finalmente, como o sistema ou o produto vai ser usado no dia-dia. Mas não é simples – é muito difícil.

“Na industria de software, as necessidades dos clientes são muito difíceis de serem acessados ou descobertos. Geralmente deve-se deixar margens nos sistemas para futuras mudanças. Os requisitos geralmente são vagos” [3].

O maior problema encontrado na fase de Elicitação de Requisitos, diz respeito aos problemas encontrados no processo de comunicação entre desenvolvedores de softwares e clientes. A especificação mal definida da operacionalidade do sistema é o fator crucial do processo.

Isso se deve em grande parte dos casos, ao fato do solicitante (cliente) não ter o domínio técnico sobre os termos utilizados e das dificuldades encontradas para especificação das prioridades do sistema, acabando por ocasionar uma falha de comunicação.

A essa falha de comunicação nomeia-se ruído ou distúrbio de comunicação, que representa uma falha no processo de emissão e recepção da informação.

Os ruídos de comunicação nessa fase do projeto, são fatores determinantes do sucesso ou insucesso do projeto e acarretará problemas no produto final, seja através de excedentes de custo ou cronograma.

A elucidação dos termos do projeto de forma mais clara e não ambíguas, serão determinantes para atender de maneira satisfatória a solicitação do cliente, com um produto final que atenda suas expectativas.

Para ajudar a contornar esses problemas, os engenheiros de sistemas devem abordar a atividade de coleta de requisitos de um modo organizado.

Os produtos de trabalho produzidos como consequência das atividades de elicitação de requisitos vão variar de acordo com o tamanho do sistema ou do produto a ser construído. Para a maioria dos sistemas, os produtos de trabalho incluem:

- Uma declaração da necessidade e da viabilidade.
- Uma declaração delimitada de escopo do sistema ou do produto.
- Uma lista de usuários e interessados que participaram da atividade de elicitação de requisitos.
- Uma descrição do ambiente técnico do sistema.
- Uma lista de requisitos e as restrições do domínio que se aplicam a cada um.
- Um conjunto de cenários de utilização que fornece entendimento do uso do sistema ou do produto em diferentes condições de operação.
- Quaisquer protótipos desenvolvidos para melhor definir os requisitos.

Cada um desses produtos de trabalho é revisado por todo o pessoal que participou da elicitação de requisitos.

ANÁLISE E NEGOCIAÇÃO DE REQUISITOS

Uma vez reunidos os requisitos, os produtos de trabalho mencionados anteriormente formam a base para a análise de requisitos. A análise categoriza os requisitos e os organiza em subconjuntos relacionados; explora cada um em relação aos demais; examina-os quanto à consistência, omissões e ambigüidade; e ordena-os com base nas necessidades dos clientes / usuário [11].

À medida que à medida que a análise de requisitos começa, as seguintes perguntas são formuladas e respondidas:

- Cada requisito está consistente com o objetivo global do sistema/produto?
- Todos os requisitos foram especificados no nível de abstração adequado?
- O requisito é realmente necessário, ou pode ser essencial para o objetivo do sistema?
- Cada requisito é limitado e não-ambíguo?
- Cada requisito tem atribuição? Isto é, uma fonte está associada a cada requisito?
- Algum requisito conflita com outros requisitos?

- Cada requisito é realizável no ambiente técnico que vai alojar o sistema ou o produto?
- Cada requisito pode ser testado, quando estiver implementado?

Não é incomum que os clientes / usuários peçam mais do que pode ser conseguido, considerando os recursos limitados do negócio.

O engenheiro de sistemas precisa reconciliar esses conflitos por intermédio de um processo de negociação. Os riscos associados a cada requisito são identificados e analisados. Estimativas grosseiras do esforço de desenvolvimento são feitas e usadas para avaliar o impacto de cada requisito no custo do projeto e no prazo de entrega. Usando uma abordagem iterativa, requisitos são eliminados, combinados ou modificados de modo que cada parte alcance algum grau de satisfação.

ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS

No contexto de sistemas baseados em computador, o termo especificação significa coisas diferentes para pessoas diferentes. Uma especificação pode ser um documento escrito, um modelo gráfico, um modelo matemático formal, uma coleção de cenários de uso, um protótipo ou qualquer combinação desses elementos. Para sistemas grandes, um documento escrito, combinando descrições em linguagem natural e modelos gráficos podem ser a melhor abordagem. Cenários de uso podem, entretanto, ser tudo que é necessário para produtos ou sistemas pequenos que residem em ambientes técnicos bem-entendidos [11].

MODELAGEM DO SISTEMA

Cada sistema baseado em computador pode ser modelado como uma transformação de informação usando um gabarito entrada – processamento – saída. Essa visão pode ser estendida para incluir duas características adicionais dos sistemas – processamento e manutenção de interface com o usuário e autoteste [11].

VALIDAÇÃO DE REQUISITOS

Os produtos de trabalho produzidos como consequência da engenharia de requisitos são avaliados quanto à qualidade durante o passo de validação. A validação de requisitos examina a especificação para garantir que todos os requisitos do sistema tenham sido declarados de modo não-ambíguo; que as inconsistências, omissões e erros tenham sido detectados e corrigidos e que os produtos de trabalho estejam de acordo com as normas estabelecidas para o processo, projeto e produto [11].

GESTÃO DE REQUISITOS

Gestão de requisitos é um conjunto de atividades que ajuda a equipe de projeto identificar, controlar e rastrear requisitos e modificações de requisitos em qualquer época, à medida que o projeto prossegue [11].

“Geralmente, requisitos corretos no início do projeto são mudados posteriormente” [3].

ERGONOMIA COGNITIVA

A Ciência Cognitiva, segundo Peters [10], é o estudo de como o conhecimento é adquirido, representado na memória e utilizado na resolução de problemas. A abordagem da ciência cognitiva à programação de computadores enfoca como os programadores representam o conhecimento, como as estruturas dos programas são aprendidas e como o conhecimento é aplicado no desenvolvimento de software.

A ergonomia cognitiva é o estudo das habilidades de resolução de problemas, análise de informações e procedurais relativas à influência dos fatores humanos. As questões dos fatores humanos relativos a estruturas de linguagem de programação, programação de computadores e interação homem-computador são respondidas de forma cognitiva em termos de esforço mental exigido.

A limitação da memória de curto prazo é o grave obstáculo ao desenvolvimento de programas de computador em grande escala. Isso significa que não é possível compreender tantos elementos ao mesmo tempo a ponto de controlarem as várias conexões existentes entre os componentes de um sistema de software. O agrupamento é visto como uma forma de combater esse problema. O agrupamento é o processo de reunir itens com atributos semelhantes ou relacionados para formar um item único.

O agrupamento fornece a base para os modelos de compreensão de programas úteis na manutenção de software, ou seja, a compreensão do software é auxiliada por representações internas de um sistema com planos e esquemas. O processo de entendimento coincide documentos do sistema, como requisitos, aos planos de programação utilizando regras do discurso para selecionar planos. O resultado de cada coincidência de um documento externo com um plano é a representação mental atualizada, que é armazenada como um novo plano.

Concluindo, podemos detectar que a dificuldade de compreender e especificar requisitos em diferentes níveis de abstração vai defrontar com a nossa capacidade cognitiva de adquirir o conhecimento

para criar soluções de software. O estudo da ergonomia cognitiva e sua aplicação juntamente com a implementação da engenharia de requisitos, serão fatores críticos de sucesso no desenvolvimento de software.

CONCLUSÃO

É importante que os desenvolvedores de software reconheçam que não é possível desenvolver sistemas com qualidade, cumprir prazos e custos e atender às expectativas dos usuários sem ter um processo de desenvolvimento de requisitos definido, compreendido e utilizado por toda a equipe.

Quanto à engenharia de requisitos podemos ainda acrescentar:

Adequação aos princípios e objetivos da Engenharia de Software.

O nível de complexidade da sua implementação pode ser dimensionada de acordo com o porte do sistema, viabilizando para as pequenas organizações desenvolvedoras de software. Possibilita então ser fator crítico para o sucesso no desenvolvimento de software.

Pode ser utilizada alinhada as normas ISO de qualidade de software 12207, 9000-3.

Com a sua implementação é possível contribuir para o fim da “Crise do Software”.

Alinhada a ciência cognitiva, permite transformar problemas em agrupamentos menores, facilitando a compreensão e criação de solução.

Com os processos de desenvolvimento de software controlados, documentados e gerenciados o desenvolvedor poderá assumir projetos de alta complexidade, aliados a técnica e criatividade, pois terá mais chance de sucesso.

Melhor capacitado e provedor de metodologias que levam ao desenvolvimento de software com qualidade, o desenvolvedor poderá criar soluções que atendam as necessidades e os requisitos da empresa, contribuindo para criação de vantagens competitivas, sustentando as bases estratégicas das organizações.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

[1] BLASCHEK, JOSÉ ROBERTO. *Gerência de Requisitos, o principal problema dos projetos de software*, Artigo Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

- [2] BROOKS, F. *Essence and accidents to software engineering*. Los Alamos, California, IEEE Computer Society, v.4, n.3, 1987.
- [3] FREITAS, LUÍS RICARDO NAPOLITANO, *Projetos em Tecnologia da Informação – Como acertar através da análise dos erros*. Dissertação de Mestrado, USP-SP, 2000.
- [4] IEEE STD. 610 12-1990, *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, IEEE, Piscataway, NJ, 1997.
- [5] LEE, RICHARD C. e TEPFENHART, WILLIAM M., *UML e C++ - Guia de desenvolvimento orientado a objeto*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2002.
- [6] LEITE, JULIO CESAR SAMPAIO DO PRADO, in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [7] MACHADO, CRISTINA ÂNGELA FILIPAK in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [8] MAFFEO, BRUNO, *Engenharia de Software e Especificação de Sistemas*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.
- [9] FILHO, WILSON DE PÁDUA PAULA, *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2003.
- [10] PETERS, JAMES F. et al. *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 2001.
- [11] PRESSMAN, ROGER S., *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. McGraw-Hill, 2002.
- [12] REZENDE, DENIS ALCIDES, *Engenharia de Software e Sistemas de Informações*, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1999.
- [13] SOMMERVILLE, IAN, *Engenharia de Software*, São Paulo, Ed. Pearson Education, 2003.
- [14] SPINOLA, MAURO DE MESQUITA, *Diretrizes para o desenvolvimento de software de sistemas embutidos*, Tese de Doutorado, USP - São Paulo, 1998.

GESTÃO DE RISCOS EM PROJETOS DE SOFTWARE

Marcelo Nogueira¹,Jair Minoro Abe², José Pacheco de A. Prado³, João Inácio da S. Filho⁴.

Resumo - As empresas de desenvolvimento de software possuem características especiais, diante da demanda a elas submetidas. Com a realização de projetos sobre pressão de prazos e custos, processos fundamentais são ignorados como por exemplo a gestão de riscos. A falta de foco nos riscos dos projetos de software, bem como a determinação de seu grau de exposição, pode causar transtornos e prejuízos ao projeto. A confiabilidade do produto de software é influenciada pelo seu processo de desenvolvimento. Um processo repetitivo, orientado no sentido de monitorar e controlar os riscos, permite que o software desenvolvido, tenha confiabilidade. A não adoção dessas práticas fundamentais da Engenharia de Software por falta de cultura ou por resistência a mudanças, levam projetos de suma relevância ao insucesso e aumentando os casos de fracassos no desenvolvimento de software.

Palavras-chave: Desenvolvimento de software, Riscos,Engenharia de Software.

INTRODUÇÃO AOS RISCOS

Segundo Robert Charette [1], a definição de risco é: “Em primeiro lugar, risco afeta acontecimentos futuros. Presente e passado não preocupam, pois o que colhemos hoje já foi semeado por nossas ações anteriores. A questão é mudando nossas ações hoje, podemos criar oportunidade para uma situação diferente e possivelmente melhor para nós amanhã? Isso significa, em segundo lugar, que risco envolve mudança, como por exemplo, mudança de pensamento, opinião, ações ou lugares..., e em terceiro lugar, o risco envolve escolha e a incerteza que a própria escolha envolve. Assim, paradoxalmente, o risco, como a morte e os impostos, é uma das poucas certezas da vida”.

Quando o risco é considerado no contexto da Engenharia de Software, as três fundamentações conceituais de Charette estão sempre em evidência:

1. O futuro é nossa preocupação: Que riscos podem causar o insucesso do projeto de software?

2. A mudança é nossa preocupação: Como as mudanças de requisitos do cliente, afetam a pontualidade e o sucesso geral?

3. Devemos cuidar das escolhas: Que métodos e ferramentas devemos usar, quantas pessoas devem ser envolvidas, quanta ênfase em qualidade é suficiente?

Peter Drucker disse certa vez, “já que é fútil tentar eliminar riscos e questionável tentar minimizá-los, o essencial é que os riscos considerados sejam certos”. Antes que possamos identificar os “riscos certos”, que acontecerão durante um projeto de software, é importante identificar todos os demais que são óbvios, tanto para gerentes quanto para profissionais.

Segundo Higuera [1], “um risco 100% provável é uma restrição ao projeto de software”.

Um grande volume de dados publicados aponta para os riscos que ocorrem os projetos de software executados se a utilização de processos adequados [4]. Um levantamento publicado de uma base de dados de 4.000 projetos, constatou a ocorrência freqüente dos seguintes problemas:

- 70% dos projetos de grandes aplicativos sofrem instabilidade dos requisitos. Os requisitos crescem tipicamente cerca de 1% ao mês, atingindo níveis de mais de 25% de inchaço ao final do projeto.
- Pelo menos 50% dos projetos são executados com níveis de produtividade abaixo do normal.
- Pelo menos 25% dos softwares de prateleira e 50% dos produtos feitos por encomenda apresentam níveis de defeitos superiores ao razoável.
- Produtos feitos sob pressão de prazos podem quadruplicar o número de defeitos.
- Pelo menos 50% dos grandes projetos de software estouram seu orçamento e seu prazo.
- 2/3 dos projetos de software muito grandes são cancelados antes do final.
- Os usuários não ficam satisfeitos com 25% dos produtos comerciais para PC, 30% dos produtos comerciais para mainframe e 40% dos produtos feitos por encomenda.
- Tipicamente, 50% do patrimônio de software das empresas não são usados.

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

² Jair Minoro Abe, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, jairabe@uol.com.br

³ José Pacheco de A.Prado, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, jprado@unip.com.br

⁴ João Inácio da S. Filho, R.Princesa Isabel, 25, V.Belmiro, CEP 11.075-501 – Santos – SP, inacio@unisanta.br

- Atritos entre a área de tecnologia da informação e a alta gerência ocorrem em mais de 30% das organizações.
- Atritos com clientes ocorrem, no desenvolvimento de aplicativos, em 50% dos contratos por administração e 65% dos contratos por empreitada.

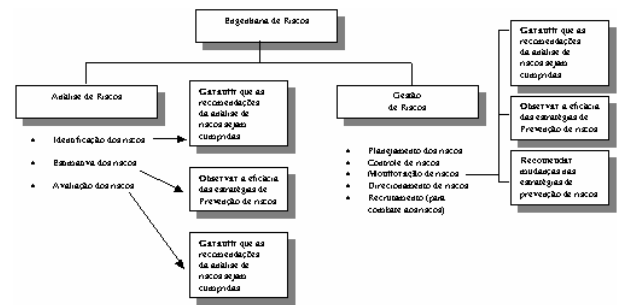


FIGURA 1
TAXONOMIA DA ENGENHARIA DE RISCOS.

O risco de projeto pode ser estimado qualitativamente. O principal objetivo da análise de riscos é desenvolver um conjunto de estratégias de prevenção de riscos.

TABELA 1

ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE RISCOS - IEEE [3].

Esquema de Classificação de Riscos	Descrição
Alto	A correção de irregularidades ou a implementação de melhorias apresentam risco alto de impacto negativo no projeto.
Médio	A correção de irregularidades ou a implementação de melhorias apresentam risco médio de impacto negativo no projeto.
Baixo	A correção de irregularidades ou a implementação de melhorias apresentam risco baixo de impacto negativo no projeto.
Zero	A correção de irregularidades ou a implementação de melhorias apresentam risco desprezível de impacto negativo no projeto.

GESTÃO DE RISCOS

Gestão de Riscos é composta por atividades coordenadas para direcionar uma organização em relação ao risco. A gestão de riscos, geralmente inclui avaliação, tratamento, aceitação e comunicação de riscos.

A gestão de riscos envolve cinco atividades principais: Planejamento, controle, monitoração, direcionamento e recrutamento [5].

A gestão de riscos é particularmente importante para projetos de software, devido às incertezas inerentes que a maioria dos projetos enfrenta.

De modo simplificado, podemos pensar no risco como uma probabilidade de que alguma circunstância adversa realmente venha ocorrer. Os riscos podem ameaçar o projeto, o software que está sendo desenvolvido ou a organização. Essas categorias de riscos podem ser definidas como se segue:

1. Riscos relacionados ao Projeto: São os riscos que afetam a programação ou os recursos do projeto.
2. Riscos relacionados ao Produto: São os riscos que afetam a qualidade ou o desempenho do software que está em desenvolvimento.
3. Riscos para os negócios: São os riscos que afetam a organização que está desenvolvendo ou adquirindo o software.

O processo de gestão de riscos envolve vários estágios:

1. Identificação dos riscos: São identificados os possíveis riscos de projeto, produto e negócios.
2. Análise de riscos: São avaliadas as possibilidades e as conseqüências da ocorrência desses riscos.
3. Planejamento de riscos: São traçados planos para enfrentar os riscos, seja evitando-os, seja minimizando seus efeitos sobre o projeto.
4. Monitoramento de riscos: O Risco é constantemente avaliado e os planos para a diminuição dos riscos revisados, à medida que mais informações sobre eles se tornam disponíveis.

Segundo Pádua [4], os riscos devem ser estimados e monitorados:

A estimativa de riscos é uma atividade muito importante e pouco praticada; um bom planejamento não apenas o que deve acontecer se tudo correr bem, mas também o que pode correr mal, quais as conseqüências dos problemas e o que pode ser feito para combatê-los.

TABELA 2
EXEMPLO DE ESTIMATIVA DE RISCOS

Prioridade	Risco	Gravidade	Probabilidade	Impacto Previsto	Contra-medidas Previstas
1	Falta de Equipamentos para testes beta.	A	M	Impossibilidade de realizar os testes beta.	Cobrar providência do cliente.
2	Defeitos na Engenharia de Software	M	M	Vários dias de atraso por alteração de requisitos.	Incluir na primeira liberação os requisitos mais complexos.
3	Falta de Usuários responsáveis por testes.	A	B	Impossibilidade de realizar os testes beta.	Cobrar providência do cliente.
4	Falta de inventário das mercadorias para o cadastramento	A	B	Impossibilidade de realizar os testes beta.	Cobrar providência do cliente.
5	Falta de povoamento inicial das bases de dados.	A	B	Impossibilidade de realizar os testes beta.	Cobrar providência do cliente.
6	Mudança de Legislação	M	B	Pode ser necessário refazer partes referentes à nota fiscal.	Isolar as classes e interfaces susceptíveis de mudança de legislação.

Entre os fatores de riscos que devem ser considerados podem ser incluídos:

- Riscos legais;
- Riscos Tecnológicos;
- Riscos devidos ao tamanho e à complexidade do produto;
- Riscos relativos a pessoal;
- Riscos relativos à aceitação pelos usuários;

Sommerville, descreve os tipos de riscos que podem afetar o projeto e do ambiente organizacional em que o software está sendo desenvolvido. [3]

Contudo, muitos riscos são considerados universais e eles envolvem as seguintes áreas:

- Tecnologia
- Pessoal
- Organizacional
- Ferramentas
- Requisitos
- Estimativa

A estimativa dos riscos compreende as seguintes tarefas:

- Identificação dos riscos possíveis em relação ao projeto;
- Análise desses riscos, avaliando-lhes a probabilidade e o provável impacto;
- Previsão de contra-medidas curativas ou preventivas;
- Priorização dos riscos, organizando-os de acordo com a probabilidade e o impacto.

Os riscos não permanecem constantes durante a execução de um projeto. Alguns desaparecem, outros novos surgem, e outros sofrem alterações de probabilidade e impacto, mudando, portanto a prioridade. Um relatório de acompanhamento do projeto juntamente com uma tabela atualizada para monitoração dos riscos. A tabela de estimativa deve ser repetida e atualizada para refletir as modificações ocorridas, até que os riscos sejam concretizados ou completamente eliminados [4]

As questões a seguir foram derivadas de dados de riscos obtidos por levantamento feito com gerentes de projeto de software experientes, em diferentes partes do mundo [1].

As questões estão ordenadas por sua importância relativa em relação ao sucesso de um projeto:

1. A alta administração do software e do cliente empenhou-se formalmente em apoiar o projeto?

2. Os usuários finais estão entusiasticamente empenhados com relação ao projeto?
3. Os requisitos estão plenamente entendidos ?
4. Os clientes envolveram-se totalmente na especificação dos requisitos?
5. Os usuários finais têm expectativas realistas ?
6. O escopo do projeto é estável?
7. A equipe de projeto tem a combinação de aptidões adequadas?
8. Os requisitos do projeto são estáveis?
9. A equipe de projeto tem experiência com a tecnologia a ser implementada?
10. A quantidade de pessoal é adequada ao projeto?
11. Todos os membros da equipe e usuários envolvidos no projeto concordam com a importância do projeto e com os requisitos do sistema?

Se qualquer dessas questões for respondida negativamente, os passos de atenuação, monitoração e gestão devem ser instituídos imediatamente. O grau em que o projeto está em risco é diretamente proporcional ao número de respostas negativas a essas questões.

Segundo PMBOK [6], existem ferramentas e técnicas para identificação de riscos. São elas:

- Listas de Verificação: Questões do produto, tecnologia e pessoas envolvidas no projeto;
- Fluxogramas: Melhor compreensão das causas e efeitos dos riscos do projeto;
- Entrevistas: Entrevistas orientadas aos riscos com participação de várias partes envolvidas;

CONCLUSÃO

Aqui foi possível verificar a importância da gestão de riscos nos projetos de software. O fracasso ou o sucesso estão diretamente ligados a essas variáveis e, contudo serão objetos de estudo e análise para que possam ser monitoradas e controladas durante os projetos de software.

A partir do estudo do “Estado da Arte”, podemos identificar os riscos e analisa-los diante do seu grau de ocorrência.

Para validar este processo utiliza-se o para-analisador, construído através da Lógica Paraconsistente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PRESSMAN, ROGER S., Engenharia de Software, Rio de Janeiro, Ed. McGraw-Hill, 2002.

[2] REZENDE, DENIS ALCIDES, Engenharia de Software e Sistemas de Informações, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1999.

[3] SOMMERVILLE, IAN, Engenharia de Software, São Paulo, Ed. Pearson Education, 2003.

[4] FILHO, WILSON DE PÁDUA PAULA, *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2003.

[5] PETERS, JAMES F. et al. *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 2001.

[6] PMI, PMBOK, Project Management Institute, 2000.

BUSCANDO SATISFAÇÃO DO CLIENTE COM A MÉTRICA SIX SIGMA

MARCELO NOGUEIRA¹

Resumo - Sigma é uma unidade estatística de medida que reflete quão bom é o desempenho de um processo. Quando o número de defeitos em um produto ou processo diminui, o rendimento e o valor sigma aumentam. Por definição, Six Sigma é uma medida estatística quantitativa significando menos que 4 defeitos por milhão de oportunidades. A medida Six Sigma significa que os produtos e processos satisfazem o cliente 99.99966% do tempo. A estratégia Six Sigma contém dois rigorosos métodos analíticos que empregam ferramentas estatísticas tanto no desenvolvimento de novos produtos e processos (DFSS) como na melhoria dos produtos e processos existentes (DMAIC). Cada método requer a otimização na saída de um processo (Y) focando nossos esforços nas variáveis de entrada do processo (X's). Matematicamente, isto significa que $Y = f(X)$, ou Y é uma função de X. Para alcançar o nível de qualidade Six Sigma, devemos entender e atuar sobre as entradas e causas, não apenas sobre as saídas e sintomas.

Palavras-chave - Six Sigma.

INTRODUÇÃO - SIX SIGMA

Six Sigma é a maneira pela qual gerenciamos nosso negócio. É um símbolo, uma filosofia, uma medida, uma estratégia e uma meta.

UM SÍMBOLO

Representado pela letra grega 

UMA FILOSOFIA

Six Sigma é uma filosofia para atingirmos desempenho de classe mundial como foco nas necessidades de nossos clientes e na eliminação de defeitos. [1]

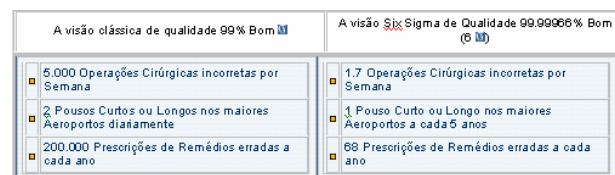
Isto requer entender nossos clientes totalmente e melhorar nossa habilidade em satisfazer plenamente suas necessidades.

UMA MEDIDA

Sigma é uma unidade estatística de medida que reflete quão bom é o desempenho de um processo. [1]. Quando o número de defeitos em um produto ou processo diminui, o rendimento e o valor sigma aumentam.

Por definição, Six Sigma é uma medida estatística quantitativa significando menos que 4 defeitos por milhão de oportunidades.

A medida Six Sigma significa que os produtos e processos satisfazem o cliente 99.99966% do tempo. [1]



A visão clássica de qualidade 99% Bom	A visão Six Sigma de Qualidade 99.99966% Bom (6 σ)
5.000 Operações Cirúrgicas incorretas por Semana	1,7 Operações Cirúrgicas incorretas por Semana
2 Pausas Curtos ou Longos nos maiores Aeroportos diariamente	1 Pauso Curto ou Longo nos maiores Aeroportos a cada 5 anos
200.000 Prescrições de Remédios erradas a cada ano	88 Prescrições de Remédios erradas a cada ano

FIGURA 1
Visão SIX SIGMA

UMA ESTRATÉGIA

A estratégia Six Sigma contém dois rigorosos métodos analíticos que empregam ferramentas estatísticas tanto no desenvolvimento de novos produtos e processos (DFSS) como na melhoria dos produtos e processos existentes (DMAIC). [1]

Cada método requer a otimização na saída de um processo (Y) focando nossos esforços nas variáveis de entrada do processo (X's).

Matematicamente, isto significa que $Y = f(X)$, ou Y é uma função de X.

Para alcançar o nível de qualidade Six Sigma, devemos entender e atuar sobre as entradas e causas, não apenas sobre as saídas e sintomas.

O MÉTODO DMAIC

D - Define (Definir): Definir com precisão o escopo do projeto.

M - Measure (Medir): Determinar a localização ou foco do problema.

A - Analyze (Analisar): Determinar as causas de cada problema prioritário.

I - Improve (Melhorar): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.

C - Control (Controlar): Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA

Para se obter sucesso na seleção de projetos candidatos a utilização da metodologia Seis Sigma, devem ser avaliados a partir de alguns critérios: [4]

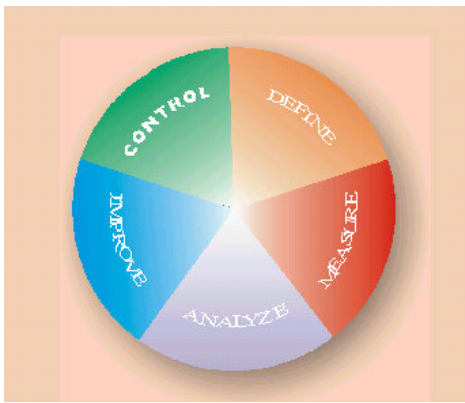


FIGURA 2
DMAIC [4]

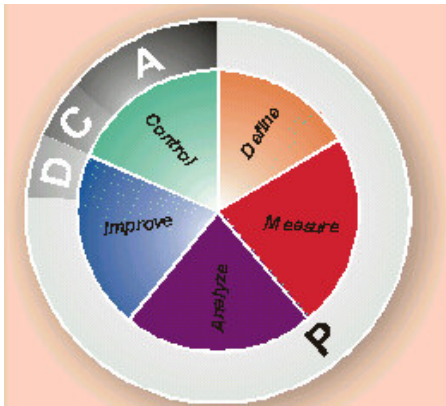


FIGURA 3
RELACIONAMENTO ENTRE O DMAIC E O CICLO PDCA [4]

MATRIZ PARA SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA

Toda a metodologia é acompanhada de várias tabelas e matrizes para a realização de avaliações e análises. [4]

Como pode ser exemplificada pela figura 4.

Potenciais projetos	Critérios para seleção							TOTAL
	Grau de importância dos critérios (5 a 10)							
	10	9	8	7	6	5		
Reduzir em 50% as devoluções dos clientes por problemas na embalagem, até 30/10/01	3	5	3	3	5	1	5	109
Reduzir em 20% o índice de anomalias nos motores importados, até 31/12/01	5	5	1	1	3	3	3	167
Reduzir em 30% o custo de material comprado, até 31/12/01	1	0	5	5	3	3	3	141

Legenda:
 0 - critério não atendido
 5 - fortemente atendido
 3 - moderadamente atendido
 1 - fracamente atendido
 0 - não é atendido

Critérios para seleção:
 1. Redução de custos para o cliente, através da redução da embalagem.
 2. Redução de custos para o aumento da utilização dos clientes (consumidores).
 3. Chance elevada de conclusão dentro do prazo.
 4. Evidência sobre o investimento.
 5. Tendência do problema ou oportunidade.
 6. Disponibilidade de equipe de trabalho motivada.
 7. Conhecimentos importantes gerados para a empresa.

* 0 que acontecerá se nada for feito

FIGURA 4
MATRIZ DE SELEÇÃO DE PROJETOS

1. Complexidade dos projetos:

- Se, no estágio inicial de desenvolvimento, o projeto se mostrar muito amplo (ou muito simples), o escopo do trabalho deverá ser imediatamente alterado.
- É importante estabelecer metas ambiciosas, mas atingíveis, para os projetos Seis Sigma.

2. Tipos de ganhos resultantes dos projetos:

- O retorno financeiro a curto prazo é apenas uma parte dos ganhos resultantes do Seis Sigma.
- A chance de um projeto ser bem-sucedido será maior se o Champion for o responsável pela performance da área que será diretamente afetada pelos resultados do projeto.

3. Qualificações básicas de um projeto Seis Sigma:

- Existe uma lacuna entre a performance atual e a necessária.
- A causa do problema não é conhecida.
- A solução ótima para o problema não é conhecida.

Os Projetos com a solução já identificada, geralmente, o início do título de projetos deste tipo é Implementar, devem ser executados de acordo com os métodos para gerenciamento de projetos ou precisam ser redefinidos.

CASOS DE METAS DE PROJETOS SEIS SIGMA

Na elaboração do plano de metas para a metodologia Seis sigma, é necessário o estabelecimento de metas. [4]

Abaixo segue alguns exemplos utilizados em empresas:

- Reduzir em 20% o custo de fabricação do componente WWX do produto XYZ até dd/mm/aa.
- Reduzir em 60% o scrap do componente TVZ do produto XYW até dd/mm/aa.

- Aumentar em 50% o índice de satisfação dos consumidores quanto ao atendimento da Rede Autorizada, até dd/mm/aa.
- Reduzir em 50% o volume total de produtos não faturados por incapacidade de atendimento aos pedidos, até dd/mm/aa.

GARANTIA DA CONSOLIDAÇÃO DA CULTURA SEIS SIGMA

Comum para todas as implantações de metodologias, a foco principal é estabelecer uma adequação e absorção de uma nova cultura organizacional. [4]

Para tanto deve se observar e estabelecer pontos fundamentais. Abaixo alguns exemplos:

- Promoção contínua da expansão do Seis Sigma – envolvimento de todas as áreas da empresa, fornecedores e clientes.
- Aprofundamento e adequação do uso da metodologia à realidade vigente e à visão que se busca alcançar.
- Ampla e freqüente divulgação dos resultados obtidos com o Seis sigma.
- Promoção de treinamentos específicos para os especialistas do programa, para a aquisição de novos conhecimentos no âmbito do Seis Sigma.

TENDÊNCIAS MUNDIAIS DO SEIS SIGMA

Desde a sua criação, a sua adoção vem crescendo e sendo utilizada pelas organizações que tem foco no cliente.

A questão qualidade já deixou de ser incremental e passou a ser parte do processo.

Desta forma algumas tendências mundiais se destacam, demonstrando a relevância que a metodologia traz, principalmente nos resultados apresentados até aqui.

A seguir algumas destas tendências: [3]

- Crescente implementação do programa em áreas administrativas, de vendas e de serviços.
- Adoção do Seis Sigma pela empresa como um todo, principalmente nos setores envolvidos diretamente no relacionamento com os clientes/consumidores, e não apenas nas áreas de manufatura.
- Disseminação do Design for Six Sigma (DFSS) como uma extensão do Seis Sigma para o

projeto de novos produtos (bens ou serviços) e processos.

- Maior valorização dos chamados “soft” savings que podem ser gerados pelos projetos Seis Sigma.
- Um exemplo de “soft” saving são os ganhos que resultam quando são evitadas perdas de clientes que poderiam ocorrer em consequência da deterioração da imagem da marca do produto e/ou da empresa.
- Envolvimento cada vez mais efetivo dos fornecedores da empresa no programa.
- Maior compreensão de que o Seis Sigma deve estar em contínua evolução, a partir de uma base sólida construída nos estágios iniciais de implementação do programa.
- Aproveitamento da aprendizagem obtida a partir das primeiras experiências (acertos e erros) com o programa, o que resulta, por exemplo, em projetos e candidatos escolhidos com mais critério e no maior entendimento dos papéis dos patrocinadores e especialistas do Seis Sigma.
- Ampliação do consenso de que o programa – quando ele realmente apresenta os requisitos necessários para receber a denominação “Seis Sigma” – “veio para ficar”, não sendo apenas mais uma moda passageira na área da qualidade.
- O Seis Sigma já existe há cerca de 15 anos, a partir de seu nascimento na Motorola, e vem sofrendo aprimoramentos desde então, sendo adotado por um número cada vez maior de organizações.
- Alguns indicadores da consolidação mundial do Seis Sigma:
 - O lançamento da ASQ Six Sigma Forum Magazine.
 - A implementação do ASQ Six Sigma Forum.
 - A instituição do exame da ASQ para certificação de Black Belts.

CONCLUSÃO

Todas as normas e modelos de qualidade têm por objetivo buscar organização e melhoria continua no processo de desenvolvimento dos produtos e serviços.

Porém ficou identificado que o Seis Sigma, possui pontos importantes a diferenciais aos outros modelos de qualidade.

O seis sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, caracterizada por uma abordagem sistêmica, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da otimização de produtos e processos, com o conseqüente incremento da satisfação de clientes e consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] GE, Produtos e Qualidade Six Sigma, <http://www.gesupply.com.br>, acessado em 26/08/2004.

[2] WERKEMA, Maria Cristina, Criando a cultura seis sigma, Editora Qualitymark Editora, RJ.

[3] WERKEMA, Seis sigma a brasileira, <http://www.werkemaconsultores.com.br/publicacaoes.htm>, acessado em 25/10/2004

[4] WERKEMA, Maria Cristina, Seis Sigma – Passo a Passo, SIMPEP, <http://www.simpep.feb.unesp.br> acessado em 30/07/2004

BUSCANDO QUALIDADE DE SOFTWARE COM A APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE TESTE

Marcelo Nogueira¹

Resumo — Teste de software é um elemento crítico da garantia de qualidade de software e representa a revisão final da especificação, projeto e geração do código. O desenvolvimento de software envolve uma série de atividades de produção em que as oportunidades para injetar a falibilidade humana são enormes. Com a aplicação de técnicas de teste, é possível obter qualidade no processo de desenvolvimento de software.

Palavras-chave: Testes, Engenharia de Software.

INTRODUÇÃO

Apresenta-se neste artigo um conjunto de procedimentos e técnicas para a realização do fluxo de testes de software. Embora menos eficazes que as revisões e inspeções para a remoção de defeitos, os testes são indispensáveis para detectar os defeitos que ainda escapam das revisões e para avaliar-se o grau de qualidade de um produto e de seus componentes.

O teste exaustivo é geralmente impossível, mesmo para produtos relativamente simples. Para testar um programa cuja entrada seja um texto de dez caracteres, por exemplo, é necessário analisar 26^{10} [6]

Combinações. Enquanto muitos desses testes são redundantes, a utilização de força bruta pode deixar a descoberto muitos casos com alta probabilidade de defeitos, como entradas com mais de 10 caracteres. Focaliza-se aqui o desenho de testes que tenham a mais alta probabilidade de descobrir defeitos com o mínimo de esforço.

RELEVÂNCIA

Atualmente com a visão global permitindo a participação nas exportações de software para outros países, cada vez mais a qualidade no processo de desenvolvimento e do produto de software ganha maior observação e adoção das melhores práticas e soluções tecnológicas que atendam os requisitos estabelecidos.

É nesse âmbito que os testes de software participam em caráter crítico para o sucesso do desenvolvimento.

ENGENHARIA DE SOFTWARE

Engenharia de Software é a metodologia de desenvolvimento e manutenção de sistemas modulares, com as seguintes características [8]:

- Adequação aos requisitos funcionais do negócio do cliente e seus respectivos procedimentos pertinentes;
- Efetivação de padrões de qualidade e produtividade em suas atividades e produtos;
- Fundamentação na tecnologia da informação disponível, viável e oportuna;
- Planejamento e gestão de atividades, recursos, custos e datas.

Como conclusão, pode-se relatar que engenharia de software é um conjunto de práticas para desenvolvimento de soluções de software, ou seja, roteiro que pode utilizar diversas técnicas.

OBJETIVOS DA ENGENHARIA DE SOFTWARE

De um modo geral, considera-se que os objetivos primários da Engenharia de Software são o aprimoramento da qualidade dos produtos de software e o aumento da produtividade dos engenheiros de software, além do atendimento aos requisitos de eficácia e eficiência, ou seja, efetividade [5].

Com base nos objetivos da Engenharia de Software, fica evidente a necessidade da adoção de um modelo sistêmico para padronizar e gerenciar os processos de desenvolvimento de software.

CRISE DO SOFTWARE

Para generalizar o termo, ocorre quando o software não satisfaz seus envolvidos, sejam clientes e/ou usuários, desenvolvedores ou empresa [8] [7].

Esses problemas não se referem apenas a programas que não funcionam. Na verdade, a chamada "Crise do Software" abrange todos os problemas relacionados a [8]:

- Como sistemas computacionais são construídos;
- Como sistemas computacionais são implantados, referindo-se aqui ao processo de

¹ Marcelo Nogueira, R. Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

substituir sistemas antigos, desativando sistemas correntemente em operação, ou ao processo de instalar um sistema inteiramente novo;

- Como é provida a manutenção da quantidade crescente de software construído, associado a sistemas computacionais cada vez mais complexos;
- Como fazer face à crescente demanda para construção de software, visando satisfazer ao conjunto enormemente variado de necessidades, atualmente detectadas na sociedade moderna;
- Como administrar as questões comportamentais, envolvendo os clientes e/ou usuários e a política, cultura e filosofia empresarial.

QUALIDADE DE SOFTWARE

Atingir um alto nível de qualidade de produto ou serviço é o objetivo da maioria das organizações. Atualmente não é mais aceitável entregar produtos com baixa qualidade e reparar os problemas e as deficiências depois que os produtos foram entregues ao cliente. [9]

Abordagens importantes como as normas ISO 9000 e a ISO / IEC 12207, o modelo CMM (Capability Maturity Model) e o SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) sugerem que melhorando o processo de software, podemos melhorar a qualidade dos produtos.

Prevê-se que na primeira década dos anos 2000, após ajustarem seus processos para a produção de software de qualidade dentro de prazos e orçamentos confiáveis, as organizações serão pressionadas por seus concorrentes a reduzir substancialmente os prazos para a entrega de produtos. Organizações que sejam capazes de integrar, harmonizar e acelerar seus processos de desenvolvimento e manutenção de software terão a primazia do mercado [4].

REQUISITOS

Segundo Pádua, o fluxo de requisitos reúne as atividades que visam a obter o enunciado completo, claro e preciso dos requisitos de um produto de software. [6]

Esses requisitos devem ser levantados pela equipe do projeto, em conjunto com representantes do cliente, usuários-chaves e outros especialistas da área de aplicação [3].

OBJETIVOS DOS TESTES

O fluxo de testes é crítico para o desenvolvimento de software. Frequentemente, o fluxo de testes

insere tantos erros em um produto quanto à própria implementação. [6]

Por outro lado, o custo para correção de um erro na fase de manutenção é de sessenta a cem vezes maior que o custo para corrigi-lo durante o desenvolvimento.

Embora as revisões técnicas sejam mais eficazes na detecção e remoção de defeitos, os testes são importantes para complementar às revisões e aferir o nível de qualidade conseguido. A realização de testes é, quase sempre, limitada por restrições de cronograma e orçamento; eles determinam quantos testes será possível executar. É importante que os testes sejam bem planejados e desenhados, para conseguir-se o melhor proveito possível dos recursos alocados para eles.

Um objetivo central de toda a metodologia dos testes é maximizar a sua cobertura, ou seja, a quantidade potencial de defeitos que podem ser detectados por meio do teste. Deseja-se conseguir detectar a maior quantidade possível de defeitos que não foram apanhados pelas revisões, dentro de dados limites de custo e prazos. [6]

MÉTODOS DE TESTES

Para serem eficazes, os testes devem ser cuidadosamente desenhados e planejados. Testes irreproduzíveis e improvisados são quase inúteis e devem ser evitados. Durante e após a realização dos testes, os resultados de cada teste devem ser minuciosamente inspecionados, comparando-se resultados previstos e obtidos, pois nem sempre é óbvio quando um teste detectou um defeito. [6]

Os desenvolvedores não são as pessoas mais adequadas para testar seus próprios produtos. Assim como nas revisões, os autores têm maior dificuldade em enxergar problemas, comparados com pessoas que não participam do desenho e da implementação. O trabalho de testadores independentes é particularmente importante no caso dos testes de aceitação e de integração, que exercitam o produto como um todo.

O planejamento e o desenho dos testes devem ser feitos por pessoas experientes, que conheçam adequadamente a metodologia de testes usada. Por outro lado, a realização dos testes baseados em planos e especificações de testes bem-definidos pode ser feita por pessoas menos experientes, ou pode até ser parcialmente automatizada. [6]

Os testes são indicadores da qualidade do produto, mais do que meios de detecção e correção de erros. Quanto maior o número de defeitos detectados em um software, provavelmente maior também o número de defeitos não-detectados. A

ocorrência de um número anormal de defeitos em uma bateria de testes indica uma provável necessidade de redesenho dos itens testados.

Existem basicamente duas maneiras de se construir testes:

- Método da **caixa branca**: tem por objetivo determinar defeitos na estrutura interna do produto, através do desenho de testes que exercitem suficientemente os possíveis caminhos de execução.
- Método da **caixa preta**: tem por objetivo determinar se os requisitos foram total ou parcialmente satisfeitos pelo produto. Os testes de caixa preta não verificam como ocorre o processamento, mas apenas os resultados produzidos. [6]

BATERIA DE TESTES

A lista a seguir enumera e descreve brevemente os tipos de bateria de testes, ou conjuntos de testes de software de determinada categoria:

1. Testes de aceitação têm por objetivo validar o produto, ou seja, verificar se ele atende aos requisitos especificados. No Praxis padrão, são executadas duas baterias de testes de aceitação: ao final da construção, na iteração de testes Alfa, eles são executados no ambiente do fornecedor, no início da transição, na iteração de testes Beta, eles são executados nos ambientes definitivos de operação. Os testes de aceitação podem ser divididos em testes funcionais e não-funcionais. [6]
2. Testes de integração têm por objetivo verificar as interfaces de uma arquitetura de produto. Dentro do praxis, esses testes têm por objetivo verificar se as unidades implementadas em cada iteração funcionam corretamente, em conjunto com as unidades já implementadas em iterações anteriores, realizando corretamente os casos de uso que se quer nessa iteração. No praxis padrão, existe tipicamente uma bateria de testes de integração para a iteração de desenho implementável e para cada liberação. [6]
3. Testes de unidade têm por objetivo verificar um elemento que possa ser logicamente tratado como uma unidade de implementação. Em produtos implementados com tecnologia orientada a objetos, uma unidade é tipicamente uma classe. Em alguns casos, pode ser conveniente tratar como unidade um grupo de classes correlatas. No praxis padrão, apenas unidades especialmente críticas são testadas por baterias formalizadas. Essas seriam

unidades cuja falha pudesse acarretar conseqüências graves, como risco de vida ou perdas materiais vultosas. Normalmente, os testes de unidades são feitos pelos próprios desenvolvedores, como parte do fluxo de implementação. [6]

No padrão de nomenclatura de software do IEEE, na UML, a bateria de testes para validação do produto como um todo é chamada de testes de sistema, reservando-se o termo testes de aceitação para os testes feitos pelo cliente como parte de um procedimento de aceitação do produto. Como no praxis o conteúdo desses dois grupos de testes é idêntico, preferiu-se chamá-los de testes de aceitação, sejam eles realizados no ambiente do fornecedor (no praxis padrão, na iteração de testes Alfa) ou do cliente (no praxis padrão, na iteração de testes Beta). [6] [1] [2]

Uma categoria especial de baterias de teste é formada pelos testes de regressão, que executam novamente um subconjunto de testes previamente executados em uma das baterias acima descritas. Seu objetivo é assegurar que alterações em partes do produto não afetem as partes já testadas. As alterações realizadas, especialmente durante a manutenção, podem introduzir erros nas partes previamente testadas. Os teste de regressão, na prática, devem ser sempre automatizados; as demais baterias podem ser executadas de forma manual ou automatizada. [6]

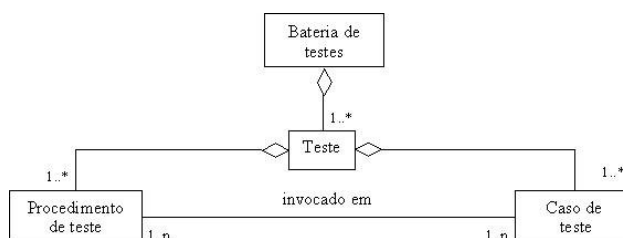


FIGURA 1
ESTRUTURA DE TESTES

CONCLUSÃO

É importante que os desenvolvedores de software reconheçam que não é possível desenvolver sistemas com qualidade, cumprir prazos e custos e atender às expectativas dos usuários sem ter um processo de testes definido, compreendido e utilizado por toda a equipe.

O nível de complexidade da sua implementação pode ser dimensionado de acordo com o porte do sistema, viabilizando para as pequenas organizações desenvolvedoras de software. Possibilita então ser um dos fatores críticos para o sucesso no desenvolvimento de software.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEEE STD. 610 12-1990, *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, IEEE, Piscataway, NJ, 1997.
- [2] LEE, RICHARD C. e TEPFENHART, WILLIAM M., *UML e C++ - Guia de desenvolvimento orientado a objeto*, São Paulo, Ed. Makron , 2002.
- [3] LEITE, JULIO CESAR SAMPAIO DO PRADO, in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [4] MACHADO, CRISTINA ÂNGELA FILIPAK in WEBER, KIVAL CHAVES, et al. *Qualidade e Produtividade em Software*, São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.
- [5] MAFFEO, BRUNO, *Engenharia de Software e Especificação de Sistemas*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.
- [6] FILHO, WILSON DE PÁDUA PAULA, *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2003.
- [7] PRESSMAN, ROGER S., *Engenharia de Software*, Rio de Janeiro, Ed. McGraw-Hill, 2002.
- [8] REZENDE, DENIS ALCIDES, *Engenharia de Software e Sistemas de Informações*, Rio de Janeiro, Ed. Brasport, 1999.
- [9] SOMMERVILLE, IAN, *Engenharia de Software*, São Paulo, Ed. Pearson Education, 2003.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO COMO APOIO AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DAS ORGANIZAÇÕES

MARCELO NOGUEIRA¹

Resumo - Com a globalização as distâncias entre as empresas se tornaram menores, por esta razão elas tiveram que criar diferenças para se manterem competitivas. O primeiro passo foi criar uma estratégia clara para suas organizações. Com isso, a palavra estratégia, antes restrita a ambientes militares, se tornou uma palavra de utilização empresarial, transferindo os conhecimentos militares para a utilização em situações do dia a dia corporativo. Outro ponto que entrou de vez para a rotina empresarial neste cenário foi à utilização de sistemas de informação, que ajudam a controlar os custos, receitas e todas as transações dentro de uma empresa, mas acima disto, servem para melhorar o conhecimento das informações e facilitar a comunicação dentro de uma organização. De posse destes dois novos conceitos, as empresas tiveram que aprender a se planejar, criando assim um novo tipo de administração, focada no planejamento estratégico.

Palavras-chave – Sistemas de Informação, Planejamento Estratégico.

INTRODUÇÃO

Com o advento da globalização, cada vez mais as empresas, buscam apoiar-se em sistemas de informações que possam trazer relevantes contribuições aos negócios. O grande desafio está em buscar tecnologias que possam de forma real, organizar operacionalmente o processo de informação, centralizar dados de forma que possam ser analisados agrupadamente, e conseqüentemente encontrar nessa base de dados, ligações e possíveis informações que levarão a estabelecer estratégias de negócios em mercados ainda não explorados ou não enxergados, obtendo diferenciação e vantagens competitivas.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

O ambiente da era da informação, tanto para as organizações do setor de produção quanto para as do setor de serviços, exige novas capacidades para assegurar o sucesso competitivo. A capacidade de mobilização e exploração dos ativos intangíveis ou invisíveis tornou-se muito mais decisiva do que investir e gerenciar ativos físicos tangíveis. Os ativos intangíveis permitem que uma empresa: [11]

- Desenvolva relacionamentos que conservem a fidelidade dos clientes existentes e permitam que novos segmentos de clientes e áreas de mercado que sejam atendidos com eficácia e eficiência.
- Lance produtos e serviços inovadores desejados por seus clientes-alvo.
- Produza bens e serviços customizados de alta qualidade a preços baixos e com ciclos de produção mais curtos.
- Mobilize as habilidades e a motivação dos funcionários para a melhoria contínua de processos, qualidade e os tempos de resposta.
- Utilize tecnologia da informação, bancos de dados e sistemas.

Com a implementação do BI, as empresas enfrentarão o ambiente de competição com maiores possibilidades de obtenção de êxito nas suas operações, diante das possibilidades reveladas pelas informações omitidas pelo aglomerado de dados esquecidos em suas bases.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO → VANTAGEM COMPETITIVA

Segundo Laudon [4], um dos papéis mais importantes para os sistemas de informação tem sido a sua aplicação em problemas que se relacionam à vantagem competitiva de uma empresa.

Esses sistemas são chamados de sistemas de informação estratégicos, porque concentram suas operações em resolver problemas relacionados com a prosperidade da empresa a longo prazo e sobrevivência.

Tais problemas podem significar a criação de novos produtos e serviços, o estabelecimento de novas relações com clientes e fornecedores, ou a descoberta de meios mais eficientes e mais eficazes de se administrar às atividades internas da empresa.

Os sistemas de informação estratégicos fornecem informações que vão possibilitar um apoio aos processos decisórios e operacionais. Esses processos, ocorrendo da forma mais consciente e correta, vão fornecer vantagem competitiva [3].

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

O objetivo desses sistemas é fornecer soluções que permitirão às empresas derrotar e frustrar concorrentes.

Embora qualquer aplicação de um sistema de informação seja “importante” no sentido que ele resolve algum problema empresarial importante, um sistema estratégico de informação é aquele que coloca a empresa em uma vantagem competitiva. Os sistemas estratégicos de impacto têm ação de grande alcance e estão profundamente arraigados; eles mudam fundamentalmente os objetivos, produtos, serviços ou relações internas e externas da empresa [4].

Abordagem Sistêmica na Solução de Problemas

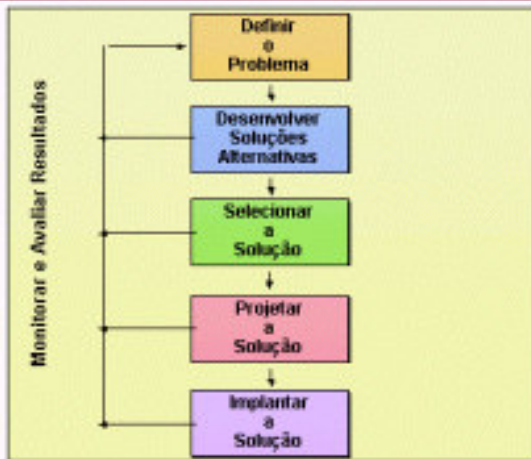


FIGURA 1

ABORDAGEM SISTÊMICA NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

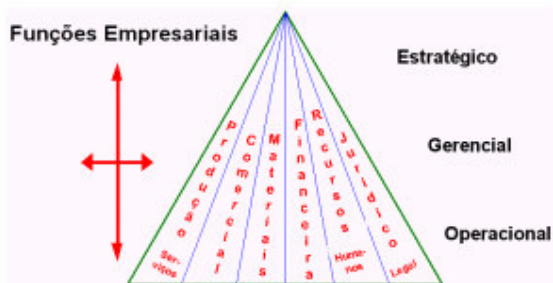


FIGURA 2

ESTRUTURA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.

Conforme Porter [9], existem 5 forças competitivas para serem analisadas:

- Riscos de novos concorrentes
- Poder de barganha dos fornecedores
- Poder de barganha dos compradores
- Risco de produtos substitutos
- Rivalidade entre empresas existentes

Ainda estabelece 3 alternativas estratégicas genéricas:

- Liderança Global de custos
- Diferenciação
- Enfoque



FIGURA 3

POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO

Através dos sistemas de informação estratégicos, as empresas terão as informações que apoiarão para a tomada de decisão nos aspectos favoráveis e direcionados ao seu posicionamento estratégico adotado, obtendo assim vantagens competitivas.

TIPOS DE VANTAGENS COMPETITIVAS

As vantagens competitivas tornaram-se a base do pensamento estratégico moderno. As demais técnicas de apoio à decisão são dignas de respeito, porém devem ser relegadas a um segundo plano. É extremamente importante entender a racionalidade das vantagens competitivas, seu valor e seu uso [21]. Zaccarelli ainda distingue cinco tipos de vantagens competitivas (VC) e dois tipos de posições privilegiadas (PP) para o sucesso de uma organização:

- VC por ter preferência dos clientes / consumidores;
- VC por custos internos relativamente baixos;
- VC por custos externos relativamente baixos;
- VC por ter diferenciação no negócio;
- VC por ter na empresa pessoas com extraordinária capacidade de localizar e aproveitar oportunidades de negócios;
- PP por estar em um bom negócio em si;

- PP por administrar invenções em monopólio temporário;

Diante dos tipos de vantagens competitivas apresentadas, as soluções de tecnologia para apoio a decisão, devem estar alinhadas e expressar em tempo real a sua viabilização e concretização desses diferenciais.

SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTÃO

Com o avanço da Tecnologia da Informação as empresas passaram a utilizar sistemas computacionais para suportar suas atividades.

Geralmente, em cada empresa, vários sistemas foram desenvolvidos para atender aos requisitos específicos das diversas unidades de negócio, plantas, departamentos e escritórios.

Por exemplo, o departamento de planejamento da produção utiliza um sistema próprio e o departamento de vendas utiliza outro. Dessa forma, a informação fica dividida entre diferentes sistemas [15].

O principal problema dessa fragmentação da informação é a dificuldade de obtenção de informações consolidadas e a inconsistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema.

Os sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) solucionam esses problemas ao agregar, em um só sistema integrado, funcionalidades que suportam as atividades dos diversos processos de negócio das empresas.

Os sistemas ERP surgiram a partir da evolução dos sistemas MRP (Material Resource Planning).

Neles, foram agregados as funções de programação mestre da produção, cálculo de necessidades de capacidade, cálculo detalhado de necessidade de capacidade, controle do chão de fábrica, controle de compras e, mais recentemente, Sales & Operations Planning. Dessa forma, os sistemas MRP deixaram de atender apenas as necessidades de informação referentes ao cálculo da necessidade de materiais, para atender às necessidades de informação para a tomada de decisão gerencial sobre outros recursos de manufatura.

O MRP passou, então, a ser chamado de MRP II (Manufacturing Resource Planning - Planejamento de Recursos de Manufatura) [17].

Após a implantação do ERP, o passo seguinte é a implementação das tecnologias para inteligência empresarial, ou Business Intelligence (BI), entre elas Data Warehouse, Data Mining, CRM entre outras [5].

A informação é a chave para o sucesso neste novo milênio. Com ela é possível prever tendências, antecipar fatos e guiar com mais segurança as ações empresarias. [14]

Para a implementação do BI com sucesso, faz-se necessário à utilização dos conceitos de inteligência competitiva.

INTELIGÊNCIA COMPETITIVA

Inteligência Competitiva é um processo sistemático e poderoso para decifrar os sinais do mercado em tempo de salvar uma empresa do declínio.

Este processo, ou metodologia que permitirá a uma empresa evitar pontos cegos, que conseguiriam derrubar até mesmo os gigantes do mercado [14].

No fluxo real da inteligência competitiva, podemos ressaltar três pontos básicos: [13]

- A informação precisa ser pesquisada e coletada, pois nem sempre estará disponível;
- O processo de inteligência competitiva, para dar resultados precisa ser permanente e não esporádico;
- O quadro de referência competitiva evolui no tempo e, por isso, precisa ser avaliado historicamente;

Serra afirma que existem cinco fatores essenciais para o sucesso de um processo de inteligência competitiva:

- Regionalidade;
- Dinamismo;
- Regulamentação;
- Concentração;
- Integração;

E para iniciar um projeto de inteligência competitiva nas organizações, há um conjunto básico de passos a serem seguidos:

- Definir temas de interesse;
- Mapear o ambiente competitivo relativo a cada tema;
- Identificar as fontes de informação pertinentes;

- Efetuar uma pesquisa preparatória de material básico a respeito de cada tema, para que possa estabelecer um contexto de análise;
- Definir a estratégia de coleta de informações;
- Implantar a atividade de pesquisa, coleta e registro das informações;
- Identificar *experts* para darem apoio técnico à análise;
- Definir os métodos de análise que serão empregados;
- Criar bases de dados de referência para cada tema;

A inteligência competitiva pode ser vista como uma pirâmide. Os quatro lados da pirâmide têm a seguinte interpretação:

- Pessoas
- Processos
- Informações

- Tecnologia

As quatro camadas, da base para o topo, correspondem a cinco processos fundamentais da inteligência competitiva: [13]

- Planejamento e direção
- Pesquisa e coleta de informações
- Análise e contextualização
- Disseminação e uso
- Gestão e avaliação, que atravessa todas as outras camadas verticalmente.

Existem várias ferramentas e/ou técnicas disponíveis no mercado que podem de alguma forma atender às necessidades da organização e trazer vantagem competitiva a ela.

Todas com um único fundamento: o armazenamento de uma grande massa de dados que compõem o negócio da organização e seu ambiente externo, permitindo depois uma exploração e análise, que se traduzem em informações úteis e necessárias para as decisões a serem tomadas. [13]

Essas ferramentas disponíveis no mercado tecnológico são responsáveis pela viabilização da implementação do BI nas organizações.

BUSINESS INTELLIGENCE

A história do Business Intelligence teve início na década de 70, quando alguns produtos de BI foram fornecidos para os analistas de negócio. O grande problema era que esses produtos exigiam intensa e

exaustiva programação, não disponibilizavam informação em tempo hábil nem de forma flexível, e além de tudo tinha alto custo de implantação [13].

Com o surgimento dos bancos de dados relacionais, dos PC's e das interfaces gráficas como Windows, aliados ao aumento de complexidade dos negócios, começaram a surgir os primeiros produtos realmente direcionados aos analistas de negócios, que possibilitavam rapidez e uma maior flexibilidade de análise.

Características dos sistemas de BI: [2]

- Extrair e integrar dados de múltiplas fontes;
- Fazer uso da experiência;
- Analisar dados contextualizados;
- Trabalhar com hipóteses;
- Procurar relações e causa e efeito;
- Transformar os registros obtidos em informação útil para o conhecimento empresarial.

Os sistemas de informação desenvolvidos com as tecnologias citadas respeitam as técnicas e os objetivos característicos dos sistemas de BI.

CONCLUSÃO

Diante da importância dos sistemas de informação, e as vantagens que eles permitem que as empresas alcancem, alinhados ao planejamento estratégico empresarial, contribuirá para que todo o aparato de TI seja construído de forma que possa realmente alcançar os resultados esperados, prevendo as possíveis oscilações do mercado, corrigindo as rotas a tempo de que a empresa não fracasse na sua atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALCANTARA, ALEXANDRE, *Business Intelligence – Produzindo Resultados*, 2003. http://www.dwbrasil.com.br/html/artbi_20030602.html.
- [2] BARBIERI, CARLOS, *BI-Business Intelligence – Modelagem e Tecnologia*, Ed. Axcel Books, Rio de Janeiro, 2001.
- [3] BOGHI, CLÁUDIO, et al., *Sistemas de Informação*, Ed. Érica, São Paulo, 2002.
- [4] LAUDON, KENNETH C., et al., *Sistemas de Informação*, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 1999.
- [5] NOGUEIRA, MARCELO, *Gestão de Riscos na Implantação de ERP*, UNIP – Universidade Paulista, São Paulo, 2003.
- [6] O'BRIEN, JAMES, *Sistemas de Informação*, Ed. Saraiva, São Paulo, 2001.
- [7] HUGUES, ARTUR M., *Database Marketing estratégico*, Ed. Makron, São Paulo, 1998.

- [8] INMON, WILLIAM H., *Como construir um data warehouse*, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1997.
- [9] PORTER, MICHAEL E., *Competitive Advantage*, The Free Press, New York, 1985.
- [10] REZENDE, DENNIS, *Sistemas de Informação*, Ed. Brasport, Rio de Janeiro, 2003.
- [11] KAPLAN, ROBERT S., et al., *A Estratégia em Ação*, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1997.
- [12] KIMBALL, RALPH, *Data Warehouse toolkit*, Ed. Makron, São Paulo, 1997.
- [13] SERRA, LAÉRCIO, *A essência do Business Intelligence*, Ed. Berkeley, São Paulo, 2002.
- [14] GILAD, BENJAMIN, *Business Blindspots*, Ed. Infonortics, São Paulo, 2001.
- [15] SOUZA, CESAR A., et al., *Sistemas ERP no Brasil*, Ed. Atlas, São Paulo, 2003.
- [16] STOLLEN WERK, M. F. L., *Gestão Estratégica e Inteligência Tecnológica*, Dissertação DEA, Universidade Aix-Marseille, França, 1997.
- [17] CORRÊA, H. L., ERPs: por que as implantações são tão caras e raramente dão certo? In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Industriais, 1998, Anais do simpósio, SP.
- [18] FLEURY, ANDRÉ LEME, *Dinâmicas organizacionais em mercados eletrônicos*, Ed. Atlas, São Paulo, 2001.
- [19] CARDOSO, MARIO SERGIO, et al., *CRM em ambiente e-business*, Ed. Atlas, São Paulo, 2001.
- [20] HERING, J.P., *Producing CTI That meets management needs and expectation. SCIP – Competitive Technology Inteligência Symposium. Boston, 1997.*
- [21] ZACCARELLI, SERGIO B., *Estratégia e Sucesso nas Empresas*, Ed. Saraiva, São Paulo, 2002.

A INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS NA BUSCA DA VANTAGEM COMPETITIVA

MARCELO NOGUEIRA¹.

Resumo - A globalização e a conseqüente abertura de mercados ensejou uma nova necessidade nos negócios, a de monitorar o ambiente de atuação através da coleta e análise das informações, visando a diminuição de riscos na tomada de decisão e buscando a vantagem competitiva para a empresa. Neste cenário faz-se necessária à transformação de informações isoladas em conhecimento e, assim, surge a Inteligência de Negócios, que é um Sistema que viabiliza este processo de transformação.

Palavras-chave - Inteligência de Negócios, Vantagem Competitiva, Business Intelligence.

INTRODUÇÃO

Com a globalização da economia, as empresas se deparam com um cenário de competitividade internacional. Custos menores, lançamento de novos produtos e serviços em prazos cada vez mais apertados, inovações tecnológicas, são apenas algumas das exigências que as empresas devem satisfazer para manterem-se vivas no mercado.

Desde que surgiram os primeiros gerenciadores de banco de dados, observou-se que as empresas saíram em disparada fazendo sistemas de controle para seus departamentos. Isso desencadeou uma verdadeira desordem dentro da própria empresa, algo que gerou grandes desencontros de dados. Vários relatórios que teoricamente deveriam ter o mesmo resultado acabavam gerando informações desencontradas, o que obrigava os diretores a seguirem sua intuição e experiência, em vez de terem informações exatas sobre o seu próprio negócio. Depois que tantas empresas esforçaram-se para compilar dados nos seus sistemas de gestão ou de relacionamento com clientes, utilizando a Tecnologia da Informação, é indispensável o seu aproveitamento de forma inteligente.

A Administração de dados está rotulada como Business Intelligence (BI), (Inteligência dos Negócios), porém o propósito e as características continuam as mesmas. Obter informações rapidamente e de forma estruturada, ajudará as empresas a sair na frente.

A Tecnologia da Informação tem-se apresentado como fundamental na remodelagem das organizações para esta nova era. Através de investimentos em sistemas de informação e comunicações as empresas estão obtendo vantagens competitivas. Os gerentes e diretores, poderão ter as informações rapidamente, e também terão mais tempo para melhorarem todos os seus processos e analisarem mais os seus dados, que depois de armazenados num Data Warehouse (DW), deixarão de serem dados, e passarão a ser valiosas informações. Através disso, a Tecnologia da Informação passa a exercer o seu grande papel, que é o de fornecer informações de qualidade, deixando de ser um amontoado de dados. Conhecimento do negócio na era da competição global e as comunicações on line, passou a ser visto com outro enfoque. Este novo enfoque é chamado de Inteligência de Negócios.

RELEVÂNCIA

Este trabalho tem por objetivo mostrar a importância da implementação da Inteligência de Negócios na obtenção de vantagem competitiva para as organizações com a utilização da Tecnologia da Informação, através da análise e extração das informações, que possibilitam suporte à tomada de decisão nos negócios alinhados à estratégia.

A necessidade de monitorar permanentemente seu ambiente de atuação, mediante coleta, análise e validação de informações sobre concorrentes, clientes, parceiros, fornecedores e demais atores, visando à diminuição de riscos na tomada de decisão, a partir do desenvolvimento de uma base de conhecimento sobre o negócio. O que as empresas modernas realmente precisam são formas de gerenciar as freqüentes mudanças pelas quais tem passado.

A CONTRIBUIÇÃO DA TI

Atualmente as empresas necessitam cada vez mais de informações rápidas e precisas. A tecnologia passa a ser uma ferramenta importante, pois através dela um sistema pode ser capaz de interpretar sinais, informações e verifica os impactos que estes sinais podem causar nas suas estratégias. O termo Tecnologia da Informação firmou-se a partir da década de 80, substituindo as

¹ Marcelo Nogueira, Rua Dr. Bacelar 1212 – 4º - CEP 04026-002 – São Paulo – SP, marcelo@noginfo.com.br

expressões informática e processamento de dados, anteriormente de uso disseminado.

Chiavenato [1], afirma que a tecnologia é “um conjunto de conhecimentos, técnicas, ferramentas e atividades utilizadas para transformar os insumos organizados em saídas ou resultados”.

O autor define que Tecnologia da Informação são “processos, práticas ou sistemas que facilitam o processamento e transporte de dados e informações”.

Segundo Laurindo [6], o conceito de Tecnologia da Informação (TI) “é mais abrangente do que os de processamento de dados, sistemas de informação, engenharia de software, informática ou o conjunto de hardware e software, pois envolve aspectos humanos, administrativos e organizacionais”.

Conforme Keen [4], o termo Tecnologia da Informação “abrange conceitos que não são claros e que estão em constante mudança no que se refere a computadores, telecomunicações, ferramentas de acesso e recursos de informação multimídia”.

Rezende [8] conceitua a Tecnologia da Informação como “recursos tecnológicos e computacionais para geração e uso da informação. Esse conceito enquadra-se na visão de gestão da Tecnologia da Informação e do conhecimento”.

Cruz [2] Tecnologia da Informação pode ser “todo e qualquer dispositivo que possa tratar dados e ou informações”.

A Tecnologia da Informação evoluiu de uma orientação tradicional de suporte administrativo para um papel estratégico dentro da organização. Ela não só sustenta as estratégias de negócio existentes, mas também permite que se viabilizem novas estratégias empresariais. O papel da Tecnologia da Informação como arma estratégica competitiva tem sido discutido e enfatizado, principalmente pelas novas possibilidades de negócios que ela proporciona.

Dessa forma, pode-se afirmar que nenhuma aplicação de Tecnologia da Informação, considerada isoladamente, por mais sofisticada que seja, pode manter uma vantagem competitiva. Está só pode ser obtida pela capacidade da empresa em explorar a Tecnologia da Informação de forma contínua.

DADOS

Stair [10] ressalta que “dados são os fatos em sua forma primária, como por exemplo, o nome de um empregado e o número de horas trabalhadas em

uma semana, números de peças em estoque, ou pedidos de venda”.

Laudon, Kenneth; Laudon, Jane [5] enfatiza que “dados podem ser considerados os fatos brutos, o fluxo infinito de coisas que estão acontecendo agora e que aconteceram no passado”.

O'Brien [7], “dados são fatos ou observações crus, normalmente sobre fenômenos físicos ou transações de negócios. Mais especificamente, os dados são medidas objetivas dos atributos (as características) de entidades (como pessoas, lugares, coisas e eventos)”.

QUALIDADE DOS DADOS

Stair [10] afirma que “os dados representam as coisas do mundo real. Os dados – apenas fatos primários – tem pouco valor além de si mesmos. O tipo de informação criada depende da relação definida entre os dados existentes. Adicionar dados novos ou diferentes significa que as relações podem ser redefinidas, e novas informações podem ser criadas”.

LAUDON, K.; LAUDON, J. P. [5] enfatiza “a qualidade dos dados pode ser melhorada de várias maneiras. Os dados podem ser editados quando são introduzidos em um sistema, de modo que os dados evidentemente inválidos sejam rejeitados”.

Serra [9] afirma que “para que a função de Administração de Dados seja efetiva, padrões e política a respeito dos dados, sua definição e uso devem ser adotados e/ou definidos. Esses padrões ao mesmo tempo que devem ser rigorosos, abrangentes, também devem ser flexíveis a mudanças, para poder viabilizar a reutilização, estabilidade e efetiva comunicação do significado dos dados além de permitir a sua escalabilidade. Devem-se usar ferramentas, como dicionário de dados e repositórios para gerenciar os dados. Dados bem definidos, íntegros no seu significado, consistentes, confiáveis, seguros e compartilhados fazem com que cada novo sistema defina apenas os dados que são do seu escopo e compartilhe os demais dados com outros sistemas presentes na organização”.

INFORMAÇÃO

LAUDON, K.; LAUDON, J. P. [5] define informação como “o conjunto de dados aos quais seres humanos deram forma para torná-los significativos e úteis.”

O'Brien [7] aborda informação como “dados que foram convertidos em um contexto significativo e útil para usuários finais específicos. Dessa forma, os dados normalmente são submetidos a um

processo de valor adicionado (que chamamos processamento de dados ou processamento de informação) em que sua forma é agregada, manipulada e organizada. Seu conteúdo é analisado e avaliado e colocada em um contexto adequado a um usuário humano. Portanto, você deve encarar a informação como dados processados colocados em um contexto que lhes confere valor para usuários finais específicos”.

INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS

A inteligência nos negócios é a monitoração permanente do ambiente de atuação através da coleta de dados e análise das informações, visando a diminuição dos riscos na tomada de decisão buscando uma vantagem competitiva para a empresa, isto é feito através de uma base de conhecimento sobre o negócio que um Sistema de Inteligência propicia.

Na visão de Wanderley [11], “inteligência é o resultado de um processo que começa com a coleta de dados. Esses dados são organizados e transformados em informação, que, depois de analisada e contextualizada, transforma-se em inteligência. Esta, por sua vez, aplicada a processos de decisão gera vantagens competitivas para a organização como é mostrado na figura 1”.



FIGURA 1
CADEIA DO PROCESSO DE INTELIGÊNCIA

As características do sistema de Inteligência de Negócios como:

- Extrair e interagir dados de múltiplas fontes;
- Fazer uso da experiência;
- Analisar dados contextualizados;
- Trabalhar com hipóteses;
- Procurar relação de causa e efeito;
- Transformar os registros obtidos em informação útil para o conhecimento empresarial.

Segundo Serra [9], no fluxo real da inteligência competitiva, podemos ressaltar três pontos básicos:

- A informação precisa ser pesquisada e coletada;
- O processo de inteligência competitiva precisa ser permanente;
- O quadro de referência competitiva evolui no tempo e, precisa ser avaliado historicamente.

Segundo Wanderley [11], “uma das funções da Inteligência nos Negócios é tornar o processo decisório mais robusto e preciso, seja ele do nível estratégico, tático ou operacional”.

SISTEMA DE INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS

Adotando um Sistema de Inteligência nos Negócios que, através das informações armazenadas no banco de dados próprio, pudesse nortear os gestores, mais seguramente, para acompanhar as mudanças e monitorar o ambiente, observando os sinais fortes e fracos que este emite, visando transformar sinais em conhecimento de forma a agregar valor na tomada de decisão.

Para Wanderley [11], um processo formal de inteligência de negócios pode propiciar à empresa o seguinte:

- Antecipar mudanças no mercado;
- Antecipar ações dos competidores;
- Descobrir novos ou potenciais competidores;
- Aprender com os sucessos e as falhas dos outros;
- Conhecer melhor as empresas que possam vir a ser adquiridas ou parceiras;
- Conhecer sobre novas tecnologias, produtos ou processos que tenham impacto no seu negócio;
- Conhecer sobre política, legislação, ou mudanças regulamentais que possam afetar o seu negócio;
- Entrar em novos negócios;
- Rever suas próprias práticas de negócio;
- Auxiliar na implementação de novas ferramentas gerenciais.
- De acordo com Wanderley [11] algumas das razões pelas quais as empresas necessitam de um Sistema de Inteligência de Negócios são:
- O ritmo dos negócios está crescendo rapidamente;
- O crescimento do volume de informações;
- O aumento de novos concorrentes na arena global;
- Os antigos concorrentes estão se tornando mais agressivos;
- A velocidade e a força com as quais as mudanças políticas afetam as empresas;
- A velocidade das mudanças tecnológicas.

Um sistema genérico de inteligência de negócios deve contemplar as dimensões tecnológica, econômica, mercadológica, política e social. A figura 2 representa esquematicamente a abrangência do ambiente competitivo a ser monitorado por um Sistema de Inteligência de Negócios.



FIGURA 2

ABRANGÊNCIA DO AMBIENTE COMPETITIVO A SER MONITORADO POR UM SISTEMA DE INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS.

O principal objetivo de um Sistema de Inteligência de Negócios é aprender sobre o ambiente competitivo externo, visando o conhecimento do posicionamento competitivo da empresa, o que impulsionará mudanças internas e facilitará decisões estratégicas na Companhia. Para isso, é necessário que o sistema de IN esteja estreitamente ligado com as questões estratégicas. As questões estratégicas, portanto, atuam como estrutura de base para o sistema de IN.

CICLO DA INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS

Para Wanderley [11], “a maioria dos autores definem o processo de IN, mostrado no ciclo da figura 4, compreendendo as seguintes etapas: planejamento, coleta, processamento e armazenamento da informação, análise e validação da informação, disseminação e utilização da informação estratégica e avaliação do processo”.

Herring [3] sugere uma representação do sistema incluindo estas etapas, que pode ser visualizada na figura 3.

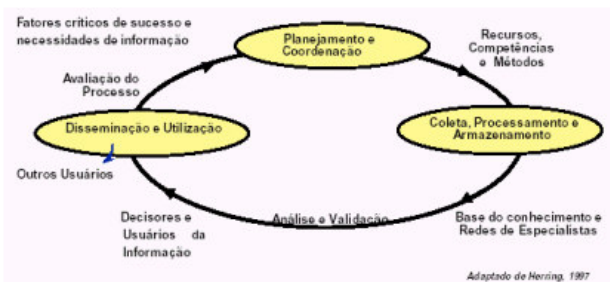


FIGURA 3
CICLO DE INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS

FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO E REDES DE INTELIGÊNCIA

De acordo com Wanderley [1], identificadas as necessidades de informação, a partir dos fatores críticos de sucesso, de seu desdobramento e das entrevistas realizadas, elabora-se o projeto do Sistema de IN, com o respectivo Plano de Implantação, que deve conter basicamente:

- Objetivos e escopo do sistema;
- Seleção de fontes de informação;
- Seleção de métodos e ferramentas;
- Definição das necessidades de infra-estrutura;
- Definição da estratégia e plano de implantação;
- Proposta de orçamento e de alocação de recursos humanos.

Em seguida, a autora, enfoca alguns aspectos que deverão ser levados em conta, nas principais etapas do projeto.

Nos últimos dez anos, a tendência das empresas tem sido descentralizar os processos de planejamento estratégico, trazendo estas atividades para dentro das unidades de negócios, para permitir que o planejamento e a implementação fiquem situados no mesmo lugar. Essa configuração torna a organização mais sensível às mudanças do mercado e permite respostas mais rápidas às oportunidades e ameaças. As vantagens de situar o processo de IN nas unidades de negócios, a exemplo do planejamento estratégico, é facilitar a entrada dos produtos do IN no próprio planejamento estratégico diretamente onde este deve ser implementado, além da facilidade de envolver mais pessoas na atividade de IN. Isso permite a construção e expansão mais rápida das redes internas, informações melhores e mais rápidas, por meio dos contatos diretos e da relação mais próxima entre os gerentes e grupos de IN. Essencialmente, em um processo descentralizado de IN, são estabelecidos muitos nós [pontos de conexão] de inteligência em diferentes partes da empresa. Eles são multifuncionais, não somente servindo a eles mesmos, mas também servindo para facilitar o fluxo de informação entre os nós, beneficiando a empresa como um todo. Muitas das grandes companhias que hoje estão desenvolvendo processos de IN estão optando por uma estrutura em rede altamente descentralizada. Elas reconhecem que o conhecimento competitivo deve sobreviver, independentemente das mudanças de pessoal, estruturas organizacionais ou sistemas.

FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PROCESSO DE INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS

São ferramentas de Business Intelligence:

- Balanced Scorecard;
- Database Marketing, CRM;
- EIS, OLAP;
- Data Mart, Data Warehouse e Data Mining.

VANTAGEM COMPETITIVA E ESTRATÉGIA

Zaccarelli [12] define vantagem competitiva como: “uma expressão que remete a aspectos positivos – tendo um oposto bem claro, a desvantagem competitiva. As vantagens competitivas tornaram-se a base do pensamento estratégico moderno sendo extremamente importante entender a racionalidade das vantagens competitivas, seu valor e seu uso. Existem vários tipos de vantagens competitivas, cada qual com uma natureza peculiar, o que os torna muito diferentes entre si, apesar de todos levarem à mesma consequência - o sucesso da empresa”.

CONCLUSÃO

Durante o século XX, aconteceram profundas mudanças nas formas de organização do trabalho e administração dos negócios. Essas mudanças estão se tornando cada vez mais velozes, em consequência dos enormes avanços na tecnologia e na comunicação. A informação, como um dos principais fatores desse cenário de mudanças, tem sido vastamente estudada nas organizações. Novos conceitos estão sendo implementados, objetivando agregar valor às informações disponíveis e desenvolver bases de conhecimento nas organizações. Acredita-se que os conceitos e métodos de Inteligência de Negócios apresentados constituem mais um degrau nessa escalada, mais um avanço para impulsionar essas mudanças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CHIAVENATO, Idalberto Introdução à Teoria Geral da Administração. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 2000.

[2] CRUZ, Tadeu. Sistemas de Informação Gerenciais: tecnologia de informação e a empresa do Século XXI. São Paulo: Editora Atlas, 1998.

[3] Hering, J. P. Producing CTI that meets management needs and expectation SCIP – Competitive Technology Intelligence Symposium. Boston, 1997.

[4] KEEN, Peter G. W. Guia Gerencial para Tecnologia da Informação: conceitos essenciais e terminologia para empresas e gerentes. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1996.

[5] LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane Price. Sistemas de Informação. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1999.

[6] LAURINDO, Fernando José Barbin. Tecnologia da Informação. São Paulo: Editora Futura, 2002.

[7] O'BRIEN, James A. Sistemas de Informações e as Decisões Gerenciais na Era da Internet. 9. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

[8] REZENDE, Denis Alcides; ABREU, Aline França de. Tecnologia da Informação Aplicada a Sistemas de Informação Empresariais: o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

[9] SERRA, Laércio. A essência do Business Intelligence. São Paulo: Ed. Berkeley, 2002.

[10] STAIR, Ralph M. Princípios de Sistemas de Informação: uma abordagem gerencial. 2.ed. Rio de Janeiro: 1998.

[11] ZACCARELLI, Sérgio B. Estratégia e Sucesso nas Empresas. São Paulo: Editora Saraiva, 2000.

[12] WANDERLEY, Ana Valéria Medeiros. Um instrumento de macropolítica de informação. Concepção de um sistema de Inteligência de negócios para gestão de investimento de engenharia, Brasília: 1999.

Riscos na adoção do ERP

Marcelo Nogueira (UNIP) marcelo@noginfo.com.br
Marcelo S. de Paula Pessoa (UNIP) mpessoa@terra.com.br
Jair Minoro Abe (UNIP) jairabe@uol.com.br

Resumo

As empresas de desenvolvimento de sistemas ERP apresentam seus produtos de software, bem como suas características com o intuito de introduzi-los no mercado. No entanto a sua aderência aos processos de negócios da empresa vai depender de um estudo profundo sobre sua funcionalidade, requisitos, capacidade crítica de processamento, entre várias outras. Como ponto de partida, implementar a gestão de riscos nas implantações de sistemas ERP, diminuirá os fracassos atribuídos tanto para as empresas de software bem como para as organizações implantadas. Capacitará a relação sob uma visão sistêmica e controlada, possibilitando a realização da efetiva missão dos sistemas ERP, a gestão integrada dos negócios.

Palavras-chave: ERP, Gestão de Riscos, Engenharia de Software.

1. Objetivo

Este trabalho tem por objetivo principal apresentar a importância da implementação da gestão de riscos, como um dos fatores críticos de sucesso na implantação de sistemas ERP através de aplicação das melhores práticas de gestão de projetos o qual possibilita prever controlar e monitorar os riscos, permitindo o acompanhamento antecipado dos problemas relacionadas à aderência do sistema à organização.

Este artigo pretende contribuir com outros estudos de implementação da Gestão de Riscos no processo de implantação de software.

2. Introdução

Num ambiente globalizado e de mudanças cada vez mais complexas, a gestão adequada da Informação assume uma importância decisiva no processo de tomada de decisão e na busca de vantagens competitivas nas organizações. Diante desta necessidade as empresas focam suas atenções ao desenvolvimento de sistemas de informação integrados que propiciam informações extremamente essenciais para a tomada de decisão dos principais executivos de uma organização. Esta fase iniciou-se a partir da metade dos anos 90, quando as empresas começaram a adotar os sistemas ERP (Enterprise Resource Planning).

Impulsionados pelo BUG do ano 2000, onde se previa catástrofes dos sistemas legados caso não fosse remodelados seus dados, o ERP ganhou um apoio fundamental para sua adoção, permitindo que devido à urgência, as organizações não se preparassem melhor para sua implantação.

Passado a fase do BUG, iniciaram-se estudos acadêmicos que detectaram que a falta de um processo sistêmico para avaliação do sistema ERP adquirido, ao invés de trazer benefícios, trouxeram grandes problemas operacionais, inclusive perda de vantagens competitivas.

A apresentação dos processos necessários para que se obtenha sucesso na implantação de ERP faz-se necessário diante da demanda que as empresas possuem quanto à informação clara e oportuna de seus processos operacionais, que permitem ações táticas e estratégicas no seu mercado atuante.

Considerando o ERP como um pacote de software, que possui módulos padrões para várias empresas, entende-se que em alguns casos não atenderá as necessidades da empresa. Dependendo do requisito ele poderá ou não, entrar num processo de customização, que onerará mais custos ao projeto. Caso a empresa opte por não customizar, e partir para uma política de adaptar-se ao software, poderá condenar o sucesso dessa implementação.

A implementação da gestão de riscos na implantação dos sistemas ERP, direciona como prever e analisar possíveis incompatibilidades com os requisitos necessários para atender as regras de negócios de uma organização. Com a gestão de riscos diminui a possibilidade de fracasso na implantação já que controla e determina norteamientos reais e de acordo com a capacidade da empresa seja técnica, operacional ou organizacional de promover ajustes para que a aderência do sistema ERP seja menos "Traumática".

Com a devida preocupação que o sistema ERP traga soluções de fato para as empresas, e considerar que por se tratar de um pacote de software, quais riscos as empresas adquirentes estão submetidas?

3. Relevância

No estudo da Engenharia de Software, o autor Roger S. Pressman [PRESSMAN02], demonstra preocupação com a “Crise do Software” que atualmente ele intitula como “Aflição Crônica”, chegando a determinar números expressivos sobre a não finalização de projetos de sistemas começados e não terminados.

Segundo o Standish Group, entidade americana de consultoria empresarial, através de um estudo chamado "Chaos Report", para projetos na área de Tecnologia da informação, obteve as seguintes conclusões [COUTINHO02]:

- Apenas 16% terminam no prazo e dentro do orçamento previsto;
- 94% têm pelo menos um reinício;
- Há um aumento de 188% no seu custo e 222% no cronograma;
- Apenas 61% são concluídos com os objetivos originais pré-estabelecidos.

O mesmo Standish Group, realizou uma pesquisa entre as empresas com mais de 500 milhões de dólares de faturamento e que investiram em projetos de ERP, mostrou resultados no mínimo inquietantes. Apenas 10% dos projetos terminaram no tempo e prazo estimados, 55% estouraram prazos e orçamentos e 35% foram cancelados. E dos projetos fora de controle, o estouro médio de prazo foi 230% e de orçamento: 178% [TOURION02].

Num mundo cada vez mais de recursos financeiros escassos, como é possível aceitar tal desperdício de tempo e dinheiro. Pressman também aponta para o possível problema causador de tal absurdo: “A falta de adoção de métodos, ferramentas e procedimentos no desenvolvimento de software e a difícil relação de entendimento entre o usuário com o desenvolvedor”.

Considerado por Brooks [BROOKS87] como problema essencial:

“A parte mais difícil do desenvolvimento de software é decidir precisamente o que será desenvolvido. Nenhuma outra parte do trabalho é tão difícil quanto estabelecer (definir) os detalhes técnicos necessários incluindo todas as interfaces para pessoas, máquinas e para outros sistemas de software. Nenhuma outra parte do trabalho é tão possível de ocasionar erros no sistema como essa. Nenhuma outra parte é tão difícil de ser posteriormente consertada”.

Apesar dessa “Crise de Software” ter iniciado a partir dos anos 60, até hoje ainda enfrentamos seus efeitos. Os sistemas ERP não fogem a regra. Quando o produto não atende as expectativas dos clientes/usuários e possuem falhas de concepção da real necessidade da empresa, estouram prazos e custos, eles também se enquadram na perspectiva da “Crise do Software”.

4. ERP

Os sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) são sistemas de informação integrados, adquiridos na forma de pacotes comerciais, para suportar a maioria das operações da empresa. Eles procuram atender a requisitos genéricos do maior número possível de empresas, incorporando modelos de processos de negócio, obtidos pela experiência acumulada de fornecedores, consultoria e pesquisa em processos de *benchmarking*.

A integração é possível pelo compartilhamento de informações comuns entre os diversos módulos, armazenados em um único banco de dados centralizado [SOUZA00].

Segundo Davenport [DAVENPORT98], o ERP é um software que promete a integração das informações que fluem pela empresa. Esse sistema impõe sua própria lógica à estratégia, à cultura e à organização da empresa. É uma solução genérica que procura atender a todo tipo de empresa e seu projeto reflete uma série de hipóteses sobre como operam as organizações. É desenvolvido para refletir as melhores práticas de negócio, porém a decisão sobre a melhor prática é de responsabilidade do cliente.

Com o avanço da Tecnologia da Informação as empresas passaram a utilizar sistemas computacionais para suportar suas atividades. Geralmente, em cada empresa, vários sistemas foram desenvolvidos para atender aos requisitos específicos das diversas unidades de negócio, plantas, departamentos e escritórios. Por

exemplo, o departamento de planejamento da produção utiliza um sistema próprio e o departamento de vendas utiliza outro. Dessa forma, a informação fica dividida entre diferentes sistemas.

O principal problema dessa fragmentação da informação é a dificuldade de obtenção de informações consolidadas e a inconsistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema. Os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) solucionam esses problemas ao agregar, em um só sistema integrado, funcionalidades que suportam as atividades dos diversos processos de negócio das empresas.

Os sistemas ERP surgiram a partir da evolução dos sistemas MRP (*Material Resource Planning*). Neles, foram agregados as funções de programação mestre da produção, cálculo de necessidades de capacidade, cálculo detalhado de necessidade de capacidade, controle do chão de fábrica, controle de compras e, mais recentemente, *Sales & Operations Planning*. Dessa forma, os sistemas MRP deixaram de atender apenas as necessidades de informação referentes ao cálculo da necessidade de materiais, para atender às necessidades de informação para a tomada de decisão gerencial sobre outros recursos de manufatura. O MRP passou, então, a ser chamado de MRP II (*Manufacturing Resource Planning - Planejamento de Recursos de Manufatura*) [CORRÉA97].

Com o objetivo de ampliar a abrangência dos produtos vendidos, os fornecedores de sistemas desenvolveram mais módulos, integrados aos módulos de manufatura, mas com escopo que ultrapassa os limites da manufatura. Como exemplo, foram criados os módulos de Gerenciamento dos Recursos Humanos, Vendas e Distribuição, Finanças e Controladoria, entre outros. Esses sistemas, capazes de suportar as necessidades de informação para todo o empreendimento, são denominados sistemas ERP.

4.1 Estrutura típica dos sistemas ERP

Os sistemas ERP são compostos por uma base de dados única e por módulos que suportam diversas atividades das empresas. A figura a seguir apresenta uma estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP. Os dados utilizados por um módulo são armazenados na base de dados centrais para serem manipulados por outros módulos [DAVENPORT98].

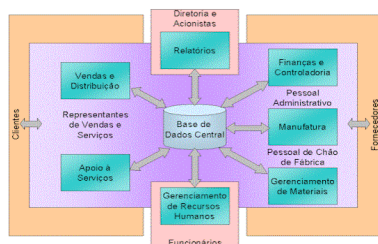


Figura 1 - Estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP [DAVENPORT98].

Os módulos citados na figura acima estão presentes na maioria dos sistemas ERP. Além deles, alguns sistemas ERP possuem módulos adicionais, tais como: Gerenciamento da Qualidade, Gerenciamento de Projetos, Gerenciamento de Manutenção, entre outros.

Os sistemas ERP possuem características que, se tomadas em conjunto, permitem distingui-los de sistemas desenvolvidos internamente nas empresas e de outros tipos de pacotes comerciais. Essas características podem ser resumidas como [ZWICKER03]:

- São pacotes comerciais de software;
- Incorporam modelos de processos de negócios “*Best Practices*”;
- São sistemas de informação integrados e utilizam banco de dados corporativo;
- Possuem grande abrangência funcional;
- Requerem procedimentos de ajuste para que possam ser utilizados em determinada empresa.

As funcionalidades dos módulos de um sistema ERP representam uma solução genérica que reflete uma série de considerações sobre a forma que as empresas operam em geral. Para flexibilizar sua utilização em um maior número de empresas de diversos segmentos, os sistemas ERP foram desenvolvidos de forma que a solução genérica possa ser customizada em um certo grau [DAVENPORT98].

Na implantação de um sistema ERP, a customização é um compromisso entre os requisitos da empresa e as funcionalidades disponíveis no sistema. Inicialmente, na maioria das vezes, os processos de negócio das empresas precisam ser redefinidos para que seus requisitos se aproximem das funcionalidades do sistema. Então, a primeira medida de customização é a seleção dos módulos que serão instalados. A característica modular permite que cada empresa utilize somente os módulos que necessite e possibilita que módulos adicionais sejam agregados com o tempo. Em seguida, para cada módulo, são feitos ajustes nas tabelas de configuração para que o sistema se adeque da melhor forma possível aos novos processos de negócio.

Mesmo com a customização, a solução pode não atender a alguns requisitos específicos das empresas. Nesses casos, as empresas precisam utilizar outros sistemas complementares ou abandonar seus requisitos específicos e adotar processos genéricos.

Por esse motivo, a decisão de implantação de um sistema ERP só deve ser tomada após uma análise detalhada dos processos da empresa e das funcionalidades dos sistemas ERP. Além disso, é muito importante que as empresas considerem, desde o início da implantação, os impactos que a redefinição dos processos e a introdução do sistema terão na estrutura, cultura e estratégia da organização [DAVENPORT98].

5. Porque adotar e implantar ERP

A adoção de um sistema ERP afeta a empresa em todas as suas dimensões culturais, organizacionais ou tecnológicas. Esses sistemas controlam toda a empresa, da produção às finanças, registrando e processando cada fato novo na engrenagem corporativa e distribuindo a informação de maneira clara e segura, em tempo real. Ao adotar um sistema ERP, o objetivo básico não é colocar o software em produção, mas melhorar os processos de negócios usando tecnologia da informação [LIMA00].

A conclusão é que a utilização de sistemas ERP otimiza o fluxo de informações e facilita o acesso aos dados operacionais, favorecendo a adoção de estruturas organizacionais mais achatadas e flexíveis. Além disso, as informações tornam-se mais consistentes, possibilitando a tomada de decisão com base em dados que refletem a realidade da empresa. Um outro benefício da implantação é a adoção de melhores práticas de negócio, suportadas pelas funcionalidades dos sistemas, que resultam em ganhos de produtividade e em maior velocidade de resposta da organização.

6. Risco

Segundo Robert Charette [CHARETTE89], a definição de risco é:

“Em primeiro lugar, risco afeta acontecimentos futuros. Presente e passado não preocupam, pois o que colhemos hoje já foi semeado por nossas ações anteriores. A questão é mudando nossas ações hoje, podemos criar oportunidade para uma situação diferente e possivelmente melhor para nós amanhã? Isso significa, em segundo lugar, que risco envolve mudança, como por exemplo, mudança de pensamento, opinião, ações ou lugares..., e em terceiro lugar, o risco envolve escolha e a incerteza que a própria escolha envolve. Assim, paradoxalmente, o risco, como a morte e os impostos, é uma das poucas certezas da vida.”

Quando o risco é considerado no contexto da Engenharia de Software, as três fundamentações conceituais de Charette estão sempre em evidência [PRESSMAN02].

1. O futuro é nossa preocupação: Que riscos podem causar o insucesso do projeto de software?
2. A mudança é nossa preocupação: Como as mudanças de requisitos do cliente, afetam a pontualidade e o sucesso geral?
3. Devemos cuidar das escolhas: Que métodos e ferramentas devemos usar, quantas pessoas devem ser envolvidas, quanta ênfase em qualidade é suficiente?

Peter Drucker disse certa vez, “já que é fútil tentar eliminar riscos e questionável tentar minimizá-los, o essencial é que os riscos considerados sejam os certos”. Antes que possamos identificar os “riscos certos”, que acontecerão durante um projeto de software, é importante identificar todos os demais que são óbvios, tanto para gerentes quanto para profissionais [PRESSMAN02].

Segundo Higuera [HIGUERA95], “um risco 100% provável é uma restrição ao projeto de software”.

Um grande volume de dados publicados aponta para os riscos que ocorrem os projetos de software executados se a utilização de processos adequados [PADUA03]. Um levantamento publicado de uma base de dados de 4.000 projetos, constatou a ocorrência freqüente dos seguintes problemas:

- 70% dos projetos de grandes aplicativos sofrem instabilidade dos requisitos. Os requisitos crescem tipicamente cerca de 1% ao mês, atingindo níveis de mais de 25% de inchaço ao final do projeto.
- Pelo menos 50% dos projetos são executados com níveis de produtividade abaixo do normal.
- Pelo menos 25% dos softwares de prateleira e 50% dos produtos feitos por encomenda apresentam níveis de defeitos superiores ao razoável.
- Produtos feitos sob pressão de prazos podem quadruplicar o número de defeitos.
- Pelo menos 50% dos grandes projetos de software estouram seu orçamento e seu prazo.
- 2/3 dos projetos de software muito grandes são cancelados antes do final.
- Os usuários não ficam satisfeitos com 25% dos produtos comerciais para PC, 30% dos produtos comerciais para mainframe e 40% dos produtos feitos por encomenda.
- Tipicamente, 50% do patrimônio de software das empresas não são usados.
- Atritos entre a área de tecnologia da informação e a alta gerência ocorrem em mais de 30% das organizações.
- Atritos com clientes ocorrem, no desenvolvimento de aplicativos, em 50% dos contratos por administração e 65% dos contratos por empreitada.

O risco de projeto pode ser estimado qualitativamente (Tabela 1). O principal objetivo da análise de riscos é desenvolver um conjunto de estratégias de prevenção de riscos [IEEE95].

Esquema de Classificação de Riscos	Descrição
Alto	A correção de irregularidades ou a implementação de melhorias apresentam risco alto de impacto negativo no projeto.
Médio	A correção de irregularidades ou a implementação de melhorias apresentam risco médio de impacto negativo no projeto.
Baixo	A correção de irregularidades ou a implementação de melhorias apresentam risco baixo de impacto negativo no projeto.
Zero	A correção de irregularidades ou a implementação de melhorias apresentam risco desprezível de impacto negativo no projeto.

Tabela 1 – Esquema de Classificação de Riscos - IEEE 1044.1-1995

7. Gestão de riscos

Gestão de Riscos é composta por atividades coordenadas para direcionar uma organização em relação ao risco. A gestão de riscos, geralmente inclui avaliação, tratamento, aceitação e comunicação de riscos [MCT02].

A gestão de riscos é particularmente importante para projetos de software, devido às incertezas inerentes que a maioria dos projetos enfrenta [SOMMERVILLE03].

De modo simplificado, podemos pensar no risco como uma probabilidade de que alguma circunstância adversa realmente venha ocorrer. Os riscos podem ameaçar o projeto, o software que está sendo desenvolvido ou a organização. Essas categorias de riscos podem ser definidas como se segue [SOMMERVILLE03]:

1. Riscos relacionados ao Projeto: São os riscos que afetam a programação ou os recursos do projeto.
2. Riscos relacionados ao Produto: São os riscos que afetam a qualidade ou o desempenho do software que está em desenvolvimento.
3. Riscos para os negócios: São os riscos que afetam a organização que está desenvolvendo ou adquirindo o software.

O processo de gestão de riscos envolve vários estágios [SOMMERVILLE03]:

1. Identificação dos riscos: São identificados os possíveis riscos de projeto, produto e negócios.
2. Análise de riscos: São avaliadas as possibilidades e as conseqüências da ocorrência desses riscos.
3. Planejamento de riscos: São traçados planos para enfrentar os riscos, seja evitando-os, seja minimizando seus efeitos sobre o projeto.

4. Monitoramento de riscos: O Risco é constantemente avaliado e os planos para a diminuição dos riscos revisados, à medida que mais informações sobre eles se tornam disponíveis.

A gestão de riscos envolve cinco atividades principais (Figura2): Planejamento, controle, monitoração, direcionamento e recrutamento [PETERS01].

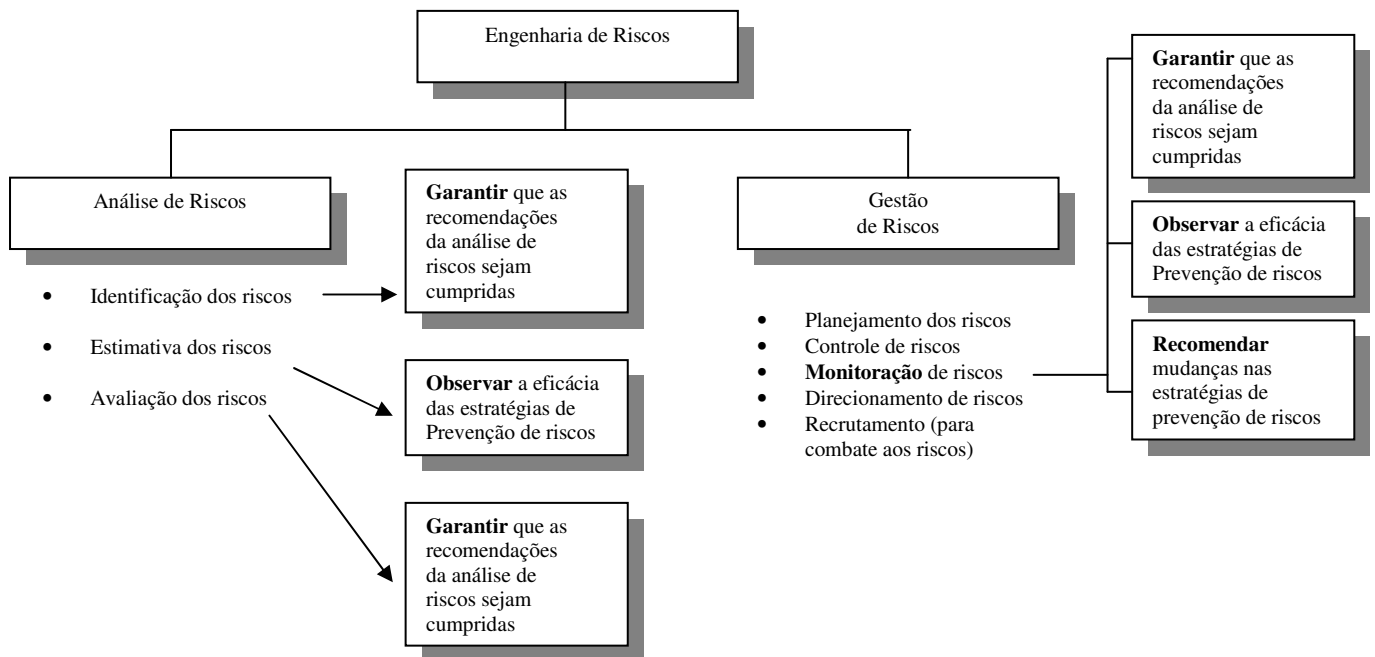


Figura 2 – Taxonomia da Engenharia de Riscos [PETERS01].

Segundo Pádua [PADUA03], os riscos devem ser estimados e monitorados:

A estimativa de riscos é uma atividade muito importante e pouco praticada; um bom planejamento não apenas o que deve acontecer se tudo correr bem, mas também o que pode correr mal, quais as consequências dos problemas e o que pode ser feito para combatê-los. Entre os fatores de riscos que devem ser considerados podem ser incluídos:

- Riscos legais;
- Riscos Tecnológicos;
- Riscos devidos ao tamanho e à complexidade do produto;
- Riscos relativos a pessoal;
- Riscos relativos à aceitação pelos usuários;

Sommerville [SOMMERVILLE03], descreve os tipos de riscos que podem afetar o projeto e do ambiente organizacional em que o software está sendo desenvolvido.

Contudo, muitos riscos são considerados universais e eles envolvem as seguintes áreas:

- Tecnologia
- Pessoal
- Organizacional
- Ferramentas
- Requisitos
- Estimativa

A estimativa dos riscos compreende as seguintes tarefas:

- Identificação dos riscos possíveis em relação ao projeto;
- Análise desses riscos, avaliando-lhes a probabilidade e o provável impacto;
- Previsão de contramedidas curativas ou preventivas;
- Priorização dos riscos, organizando-os de acordo com a probabilidade e o impacto.

Os riscos não permanecem constantes durante a execução de um projeto. Alguns desaparecem, outros novos surgem, e outros sofrem alterações de probabilidade e impacto, mudando portanto a prioridade. Um relatório de acompanhamento do projeto juntamente com uma tabela atualizada para monitoração dos riscos. A tabela de estimativa deve ser repetida e atualizada para refletir as modificações ocorridas, até que os riscos sejam concretizados ou completamente eliminados [PADUA03].

As questões a seguir foram derivadas de dados de riscos obtidos por levantamento feito com gerentes de projeto de software experientes, em diferentes partes do mundo [KEIL98]. As questões estão ordenadas por sua importância relativa em relação ao sucesso de um projeto:

1. A alta administração do software e do cliente empenhou-se formalmente em apoiar o projeto?
2. Os usuários finais estão entusiasticamente empenhados com relação ao projeto?
3. Os requisitos estão plenamente entendidos ?
4. Os clientes envolveram-se totalmente na especificação dos requisitos?
5. Os usuários finais têm expectativas realistas ?
6. O escopo do projeto é estável?
7. A equipe de projeto tem a combinação de aptidões adequadas?
8. Os requisitos do projeto são estáveis?
9. A equipe de projeto tem experiência com a tecnologia a ser implementada?
10. A quantidade de pessoal é adequada ao projeto?
11. Todos os membros da equipe e usuários envolvidos no projeto concordam com a importância do projeto e com os requisitos do sistema ?

Se qualquer dessas questões for respondida negativamente, os passos de atenuação, monitoração e gestão devem ser instituídos imediatamente. O grau em que o projeto está em risco é diretamente proporcional ao número de respostas negativas a essas questões.

Prioridade	Risco	Gravidade	Probabilidade De ocorrência	Impacto Previsto	Contramedidas Previstas
1	Falta de Equipamentos para testes beta.	Alta	Média	Impossibilidade de realizar os testes beta.	Cobrar providência do cliente.
2	Defeitos na Engenharia de Software	Média	Média	Vários dias de atraso por alteração de requisitos.	Incluir na primeira liberação os requisitos mais complexos.
3	Falta de Usuários responsáveis por testes.	Alta	Baixa	Impossibilidade de realizar os testes beta.	Cobrar providência do cliente.
4	Falta de inventário das mercadorias para o cadastramento	Alta	Baixa	Impossibilidade de realizar os testes beta.	Cobrar providência do cliente.
5	Falta de povoamento inicial das bases de dados.	Alta	Baixa	Impossibilidade de realizar os testes beta.	Cobrar providência do cliente.
6	Mudança de Legislação	Média	Baixa	Pode ser necessário refazer partes referentes à nota fiscal.	Isolar as classes e interfaces susceptíveis de mudança de legislação.

Tabela 2 – Exemplo de Estimativa de Riscos – [PADUA03].

Segundo PMBOK [PMBOK00], existem ferramentas e técnicas para identificação de riscos. São elas:

- Listas de Verificação: Questões do produto, tecnologia e pessoas envolvidas no projeto;
- Fluxogramas: Melhor compreensão das causas e efeitos dos riscos do projeto;
- Entrevistas: Entrevistas orientadas aos riscos com participação de várias partes envolvidas;

8. Riscos e aspectos relevantes na implantação do ERP

O termo implantação compreende o processo de adoção do ERP, que envolve desde a seleção, aquisição, até a implantação e testes [MENDES03].

Segundo Filho [FILHO00], esse processo deve ser planejado, passar por uma etapa de análise de funcionalidades da empresa e do sistema e estar de acordo com a orientação estratégica da empresa.

Para Lima [LIMA00], o sucesso na implantação depende do alinhamento entre software, cultura e objetivos de negócio da empresa. É necessário ter:

Articulação entre os objetivos do projeto e as expectativas de mudança da organização; boa gerência; comprometimento da alta administração e dos proprietários dos processos; e os usuários devem compreender a mudança. Na seleção, deve-se avaliar o sistema mais adequado à empresa. A Implantação é um processo caro, demorado e obriga a corporação a repensar sobre sua estrutura e processos. A equipe de implantação deve conhecer o sistema e os processos de negócio da empresa.

Conforme Buckout [BUCKOUT99], a implantação de um ERP tem sido problemática por duas razões: A empresa não faz antes as escolhas estratégicas para configurar os sistemas e os processos, e a implantação escapa do controle da empresa. Muitas empresas encaram com um projeto de tecnologia e não como um projeto empresarial. Além desses fatores, a alta direção deve estar comprometida e envolvida na implantação para indicar prioridades estratégicas e vincular controles e incentivos para os envolvidos no sucesso do projeto.

Diante desses fatores citados, foram identificados os principais fatores de risco na implantação de um sistema ERP. Serão apresentados a seguir:

8.1 Seleção de pacote inadequado

Segundo Tonini [TONINI03], a seleção é a primeira etapa do ciclo de vida de um sistema corporativo e tem, basicamente, o objetivo de identificar, entre todas as alternativas avaliadas, aquela que seja mais adequada para atender às necessidades sistêmicas da empresa. A utilização de uma metodologia prática e objetiva pode representar importante contribuição para o sucesso da implantação de um sistema desse porte, levando à economia de tempo e dinheiro, bem como garantindo satisfação para a empresa.

O risco de cometer um erro na escolha do pacote pode levar ao fracasso a implantação do ERP, devido à falta de aderência aos processos de negócios na empresa adquirente, não estando de acordo com os seus objetivos e estratégias.

8.2 Planejamento inadequado da implementação

Segundo Zwicker [ZWICKER03], a implementação constitui a segunda etapa do ciclo de vida de sistemas ERP, embora o termo seja normalmente utilizado para representar o ciclo de vida completo. A implementação pode ser definida como o processo pelo qual os módulos do sistema são colocados em funcionamento em uma empresa. Ela envolve a adaptação dos processos de negócio ao sistema, a parametrização e eventual customização do sistema, a carga ou conversão dos dados iniciais, a configuração de hardware e software de suporte, o treinamento de usuários e gestores e a disponibilização de suporte e auxílio. Essa etapa contempla as tarefas que vão desde o término da elaboração do plano de implementação até o momento do início da operação.

Para ter sucesso na implementação do ERP, um programa de mudanças organizacionais deve ser gerenciado e com muitos esforços na implantação do software [HONG02].

Devido à abrangência e complexidade da implementação dos sistemas ERP, esta fase é a mais crítica quanto aos riscos a ela estabelecida, pois envolve mudanças organizacionais e alta capacidade técnica dos implementadores para que os conflitos e falhas sejam minimizadas. É nessa fase que ocorrem os erros de concepção, escopo e especificação de requisitos, provocando o não cumprimento de prazos e custos do projeto.

8.3 Dificuldades da customização

“Geralmente, requisitos corretos no início do projeto são mudados posteriormente” [FREITAS00].

A customização é um processo crucial, longo, e caro na implementação bem sucedida de sistemas ERP, e conseqüentemente é muito importante que sejam uma das especialidades das empresas vendedoras e consultoras de implementação de ERP [GEFEN02].

A decisão sobre customizar ou não o pacote adquirido nem sempre foi tratada com a devida importância pela equipe de implementação, resultando, em alguns casos, no completo fracasso na implementação [BLAITT00]. “A customização é o único caminho para alcançar diferenciação em sistemas ERP” [GARTNER99].

Com a dificuldade de compreender certos processos e seus requisitos, a customização do sistema ERP para melhorar a aderência aos processos de negócios da empresa, eleva o risco de fracasso do projeto, pois o torna caro e longo demais o prazo de término, inviabilizando o projeto de implantação dependendo do porte da empresa.

8.4 Início da operação

O início da operação de um sistema ERP pode ser realizado de 3 modos diferentes. Possui riscos e vantagens associados a cada um dos modos. São eles [SOUZA00]:

Modo	Riscos	Vantagens
<i>Big-bang</i>	Possibilidade de parar a empresa – Grande esforço para estabilizar.	Há mais motivação para enfrentar o início.
<i>Small-Bang</i>	Possibilidade de parar a empresa – Há necessidade de construção de interfaces.	Facilita o estabelecimento de prioridades.
<i>Fases</i>	Não há envolvimento simultâneo de toda empresa – Parar módulos já estabilizados.	Menor possibilidade de parar a empresa.

Tabela 3 – Riscos e vantagens dos modos de início de operação [SOUZA00].

8.5 Resistência a mudanças

Conforme Zwicker [ZWICKER03], a etapa de implementação é uma das mais críticas. As dificuldades decorrem principalmente do fato de ela envolver mudanças organizacionais, que implicam alterações nas tarefas, responsabilidades de indivíduos, departamentos e transformações nas relações entre os diversos departamentos. É importante que essas mudanças conduzam à otimização global dos processos da empresa em contrapartida à otimização localizada de atividades departamentais.

Caso a cultura organizacional não esteja preparada para mudanças, o risco de insucesso aumenta de forma que pode comprometer todo os recursos empregados no projeto.

8.6 Falta de comunicação entre envolvidos

Do porte e complexidade das mudanças e dos conflitos que ela pode causar entre os envolvidos “*Stackholders*” no projeto, decorre a necessidade de intensa participação e comprometimento da alta direção da empresa nessa etapa e de garantir a comunicação entre todas as equipes envolvidas [ZWICKER03].

A falta de envolvimento da alta administração da empresa adquirente juntamente com a empresa fornecedora, interferindo e apoiando na resolução dos conflitos ocasionados na dificuldade de concepção dos processos de negócios, aumenta o risco de fracasso na implantação.

8.7 Não capacitação de usuários finais

Segundo Pereira [PEREIRA03], as conseqüências finais da sucessão de erros ocorridos no processo de implementação produzem acontecimentos na fase posterior a implementação, os quais derivam-se do não treinamento dos usuários, independentemente de seu nível hierárquico. Isso provoca diversos erros na utilização do sistema ERP.

A falta de capacitação para os usuários finais, aumenta o risco de fracasso, onde a operação do sistema, a aceitação e os resultados da nova tecnologia estão totalmente centradas nessas pessoas.

8.8 Erro na estimativa de custos com infra-estrutura

Para Lima [LIMA00], muitas empresas calculam de forma errada os custos relativos à implantação de um ERP. Os custos devem incluir: Licenças do Software, hardware, serviços em consultoria, treinamento, e os ajustes após a implantação.

A não previsão desses custos adicionais, eleva o risco de insucesso da implantação num eventual racionamento de orçamento estabelecido no projeto, já que são vitais para o sucesso do projeto.

8.9 Desmotivação de pessoal

Segundo Dempsey [DEMPSEY99], como o projeto é amplo, as empresas perdem de vista as motivações originais e naufragam diante das dificuldades encontradas. Muitos sistemas têm uma interface ruim com o usuário. Para solucionar esse problema, elas adotam outro sistema com a interface gráfica mais atraente, que facilite o uso pelo usuário.

Manter a equipe comprometida e motivada para continuidade dos trabalhos, mesmo diante de tantas dificuldades, minimiza o risco de fracassar a implantação diante dos usuários perderem o interesse em colaborar e facilitar a operação do sistema ERP.

9. Conclusão

O sistema ERP permite a integração total da empresa sendo capaz de levar as informações em tempo real aos tomadores de decisão, obtendo eficiência e eficácia na gestão do negócio.

Para tanto, as dificuldades e riscos para se conseguir a implantação com sucesso desta ferramenta de gestão, requer muitas mudanças organizacionais a serem realizadas.

A gestão dos riscos aqui apresentada, não teve a profundidade de identificar todos os riscos e sim demonstrar de uma forma sistêmica, como fazer essa identificação e apresentar os fatores de riscos mais comuns de software. Cabe ao gerente de projetos, constante identificação, controle, e monitoração de outros riscos que podem aparecer de acordo com cada empresa, diferindo ao seu porte, cultura organizacional, política e estratégias de negócios. Assim eleva-se a probabilidade de sucesso na implantação diante de que os fatores são críticos e envolvem áreas de conhecimentos amplos e complexos.

Após a implantação do ERP, o passo seguinte é a implementação das tecnologias para inteligência empresarial, ou *Business Intelligence (BI)*, entre elas Data Warehouse, Data Mining, CRM, entre outras.

Segundo Gartner Group, 70% dos projetos de data warehouse e CRM falham, graças à maioria das implantações de ERP falharem ou terem graves problemas na implantação [SERRA02]. Diante dessa lógica não é difícil prever que sem a gestão adequada dos riscos nas implantações dos sistemas ERP, buscando sucesso no projeto, inviabilizará a seqüência da implementação das tecnologias do BI, sendo que um dos principais fatores para que isso ocorra é a falta de compromisso da alta direção da empresa e nas dificuldades de implantar mudanças culturais, mudar processos de negócios existentes em adaptar e atualizar os sistemas legados.

10. Referências bibliográficas

BLAITT, JEFFERSON, (2000) *Uma identificação dos modelos de customização em sistemas integrados de gestão empresarial*, UNIP, SP.

BROOKS, F. (1987) *Essence and accidents to sw engineering*. L. A., California, IEEE.

BUCKHOUT, S, (1999), *Por um ERP eficaz*, HSM Management.

CHARETTE, R., N., (1989) *Software Engin. Risk analysis*, McGraw H.

- CORRÊA, H. L., ERPs: (1998) por que as implantações são tão caras e raramente dão certo? In: Simpósio de Adm. Produção, Logística e Operações Ind., SP.
- COUTINHO, ÍTALO, (2002) Planejar é a chave para o sucesso.
- DAVENPORT, T.H., (1998) *Putting the enterprise into the enterprise system*. H. B. R..
- DEMPSEY, M, (1999) Pacote de ERP não resolve tudo. Gazeta Mercantil, In: Sistemas ERP no Brasil, Teoria e Casos, São Paulo.
- FILHO, ESCRIVÃO, (2000) , O sistema integrado de gestão empresarial é fator de competitividade para pequenas e médias empresas? Revista UNIARA, no.8, In: Sistemas ERP no Brasil, Teoria e Casos.
- FREITAS, LUÍS RICARDO NAPOLITANO, (2000) *Projetos em TI – Como acertar através da análise dos erros*. Dissertação de Mestrado, USP-SP.
- BOND, BRUCE, (1999) *ERP Scenario*, Gartner Group.
- GEFEN, DAVID, (2002) *Nurturing clients' trust to encourage engagement success during the customization of ERP systems*, PERGAMON, OMEGA – Journal of Management Science.
- HIGUERA, R.P., (1995) “*Team Risk Management*”, CrossTalk, U.S. Dept of Defense.
- HONG, KYUNG KWON, (2002) *The critical success factors for ERP implementation*
- IEEE 1044.1-1995, *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*.
- KEIL, M., (1998), “A Framework for identifying software project risks”, ACM.
- LIMA, A. D. A., (2000), *Implantação de pacote de gestão empresarial em médias empresas*. KMPress, <http://www.kmpress.com.br> .
- Guide ISO 73 – (2002) Risk Management – Guidelines for use in standards in: Ministério da Ciência e Tecnologia, *Qualidade e Produtividade no Setor de Software Brasileiro*.
- MENDES, JULIANA VEIGA, et al. , (2003) *Sistemas Integrados de Gestão ERP em pequenas e médias empresas: Um confronto entre a teoria e prática empresarial*, In: *Sistemas ERP no Brasil, Teoria e Casos*, São Paulo, Ed. Atlas.
- FILHO, WILSON P. PAULA, (2003) *Engenharia de Software*, RJ, Ed. LTC.
- PEREIRA, CARLOS DANIEL SCHNEIDER, (2003), *Caso Seguradora: Insucesso na implementação de um sistema ERP*, In: *Sistemas ERP no Brasil, Teoria e Casos*, SP, Ed. Atlas.
- PETERS, JAMES F. (2001). *Engenharia de Software*, RJ, Ed. Campus.
- PMBOK, (2000) PMI Project Management Institute.
- PRESSMAN, ROGER S., (2002) *Engenharia de Software*, RJ, Ed. McGraw H..
- SERRA, LAÉRCIO, (2002) *A essência do Business Intelligence*, SP, Ed. Berkeley.
- SOMMERVILLE, IAN, (2003) *Engenharia de Software*, SP, Ed. Pearson.
- SOUZA, C. A., et al. , (2003) *Ciclo de Vida de sistemas ERP*, Caderno de Pesquisas em Administração, In: *Sistemas ERP no Brasil, Teoria e Casos*, São Paulo, v.1 no. 11, 2000.
- TONINI, ANTONIO CARLOS, *Metodologia para seleção de sistemas ERP*, In: *Sistemas ERP no Brasil, Teoria e Casos*, Ed. Atlas.
- TOURION, CEZAR, (2002) *Gestão Empresarial Magazine*, São Paulo.
- ZWICKER, RONALDO (2003), *Sistemas ERP no Brasil, Teoria e Casos*, SP, Ed. Atlas.

AS MUDANÇAS ORGANIZACIONAIS

NA TRANSIÇÃO ISO 9001:94 PARA ISO 9001:2000:

SERVIÇOS EM ENGENHARIA CONSULTIVA - PROJETOS

Wagner Costa Botelho

wagner@wrb.com.br

RESUMO

Este trabalho identifica as principais mudanças organizacionais ocorridas em uma empresa de Serviços em Engenharia Consultiva - Projetos certificada ISO 9001:1994, ao transitar para o Sistema de Gestão da Qualidade baseado no modelo das normas ISO 9001:2000. Para o desenvolvimento do tema, foram discutidos aspectos relacionados com normalização internacional, a natureza das mudanças organizacionais ocorridas a partir da transição para a ISO 9001:2000, os procedimentos implantados para adaptar a empresa à essa nova realidade, os resultados positivos e os negativos do processo de transição, a identificando as facilidades e dificuldades encontradas, a relação entre certificação como mecanismo de garantia da qualidade e a qualidade total. O que se prova com este trabalho é que a certificação de uma organização frente a um Sistema de Gestão da Qualidade, é condição necessária para a melhoria da performance da organização, porém, somente a certificação não é suficiente na busca de maior qualidade e competitividade de mercado. A prática de ferramentas de gestão organizacional é de extrema necessidade para a busca contínua da “qualidade total” em um mercado competitivo.

Palavras-chave: Qualidade; ISO9001:94; Transição; ISO9001:2000.

INTRODUÇÃO

Este tópico introduz o problema que está sendo analisado de modo pontual na continuidade do trabalho proposto por SZYSZKA-2001, onde estabelece os objetivos do trabalho, a justificativa e metodologia utilizada para o seu desenvolvimento, bem como um detalhamento da sua estrutura. A transição da ISO 9001:94 para ISO 9001:2000 para um estudo de caso em uma empresa de médio porte do segmento de serviços em engenharia consultiva - projetos, cujo escopo de certificação é o “Estudo, Planejamento, Projeto, Detalhamento, Fiscalização e Gerenciamento de Obras, Soluções de Engenharia, Estudos de Viabilidades da Obra e Projetos na Área Ambiental”, ou seja, serviços. O objetivo é descrever sobre as não-conformidades encontradas na pré-auditoria de certificação ISO9001:2000, as ações tomadas e ferramentas da qualidade utilizadas, para resolvê-las. Inclui também as dificuldades oriundas do processo de certificação e resultados alcançados, propondo software específico de gerenciamento da qualidade, a mudança dos modelos deixados pela ISO 9001:94 dentre todos os colaboradores da organização. Esta aplicação visa à disseminação de um novo paradigma produtivo, em decorrência da necessidade de se produzir com baixos custos e alta qualidade.

O Planejamento e a Gestão da Qualidade se fará presente por meio de técnicas de implantação e controle de melhorias da qualidade (TQM) Gestão de Sistemas da Qualidade. A resistência natural dos diversos níveis das organizações estudadas, frente às mudanças propostas pela Gestão da Qualidade com base em um modelo de gestão NBR ISO9001:2000, também será estudada dentro deste trabalho.

A Proposta deste trabalho é a busca pela qualidade total que tem sido uma tônica nas últimas décadas. Com a evolução da tecnologia e a complexidade das organizações, e até mesmo da sociedade, o referencial dos clientes mudou. Eles exigem melhores produtos/serviços/projetos, independente se Setores Públicos ou Privados. Não é mais aceitável pagar por um produto/projeto ou serviço que não atenda às necessidades dos usuários. Dentre os segmentos de Estudo, Planejamento, Projeto, Detalhamento, Fiscalização e Gerenciamento de Obras, Soluções de Engenharia, Estudos de Viabilidade da Obra e Projetos na Área Ambiental, os setores de vias expressas, saneamento básico, estradas, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, metrô, complexos hidrelétricos, sistemas computadorizados de informação geográfica e projetos na área ambiental, é um dos mais exigentes. Estes clientes exigem que as empresas procurem a melhoria contínua visando alcançar maiores níveis de qualidade e competitividade. Neste ambiente as certificações do sistema de qualidade são um primeiro patamar para alcançar a um grau de excelência.

HISTÓRICO

Agora, a norma que regulamenta o Sistema de Gestão da Qualidade ISO entra na sua terceira versão englobando na nova versão da norma a ISO 9001:2000, as normas ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003. A nova versão é composta de cinco capítulos, em substituição aos 20 requisitos da versão 94. Essa mudança almeja aumentar a satisfação do cliente por meio da efetiva aplicação do sistema, incluindo processos para a melhoria contínua dos resultados, por meio da avaliação do desempenho da organização. Mais que gerenciar um Sistema de Gestão da Qualidade, a ISO 9001:2000 vem trazendo a idéia de gerenciar o negócio das Organizações, através de um modelo centrado no negócio da empresa, de forma a acompanhar o desempenho dos processos ao longo do tempo, através de indicadores, consistindo numa ferramenta de gestão. A nova norma aposta na gestão de pessoas, processos e resultados que beneficiarão fornecedores, clientes externos e internos. A estrutura da nova norma está apoiada em oito princípios da qualidade: - Foco no cliente; - Liderança; - Envolvimento de pessoas; - Abordagem do processo; - Abordagem sistêmica para a gestão; - Melhoria contínua; - Abordagem factual para a tomada de decisão; - Relação mutuamente benéfica com os fornecedores. Para que as empresas pudessem transitar o seu Sistema de Gestão da Qualidade da versão 94 para a versão 2000, foi estabelecido um período de transição, que foi até dezembro de 2003.

Os anos 80 marcam, no Brasil, o início das influências de um ambiente externo turbulento e complexo e da chamada abertura política, num contexto de forte recessão econômica e dívida externa elevada. Vários debates sobre a necessária modernização da indústria brasileira aconteceram, mas poucas ações práticas se efetivaram, caracterizando o que chamamos de década perdida. O início do governo Collor, em março de 1990, marcou efetivamente o começo da mudança nos padrões de competitividade da indústria brasileira.

Desde então, a implementação de sistemas da qualidade baseados na Série ISO 9000, é considerada como a iniciativa de solução definitiva para problemas de baixa competitividade ou de desorganização interna. Alguns debates já ocorreram acerca da credibilidade do processo de certificação brasileiro, na medida em que a intensificação da busca por um título tão prestigiado no mercado envolvia, de um lado, um mercado fortemente comprador e, de outro, um negócio de alta rentabilidade, tanto do ponto de vista da preparação para a certificação (consultorias) como da certificação propriamente dita, através dos organismos certificadores (SZYSZKA-2001).

OBJETIVOS

Portanto, pelo exposto, o objetivo principal deste trabalho é identificar as principais mudanças organizacionais no caso em estudo na transição entre o sistema da qualidade, baseados no modelo da série de normas internacionais ISO 9001:94, para a versão 2000. Além deste, outros objetivos são analisados como: - Descrever a forma e os métodos utilizados para a transição para o sistema da qualidade ISO 9001:2000; -

Identificar as dificuldades e resistências enfrentadas; - Identificar os elementos facilitadores do processo; - Identificar os aspectos negativos decorrentes do processo; - Identificar percepções de pessoal de diferentes níveis (direção, gerências/ supervisão e operacional), em relação às mudanças decorrentes a transição de sistemas da qualidade ISO 9001:94 para a versão 2000.

MÉTODO

Para atingir os objetivos propostos optou-se pela pesquisa qualitativa em uma empresa, através do método de estudo de caso, objetivando captar com a maior fidelidade possível às percepções de pessoas da organização pesquisada, que vivencia o processo de transição do sistema da qualidade ISO9001:94 para a versão 2000.

A ISO 9000

A ISO - *International Organization for Standardization* é uma federação internacional formada por organismos de normalização nacionais de diversos países do mundo. É uma organização não governamental, que foi estabelecida em 1947, com sede em Genebra, na Suíça. Sua missão é promover o desenvolvimento da normalização e de atividades relacionadas no mundo inteiro, com o propósito de facilitar a troca internacional de bens e serviços e o desenvolvimento da cooperação nas esferas intelectual, científica, tecnológica e econômica. Muitas pessoas são levadas a pensar que o vocábulo "ISO" tem alguma correspondência com o título oficial da organização (*International Organization for Standardization*), entretanto não existe esta relação. Na verdade, "ISO" é uma palavra de origem grega, que significa "igual" e que é a base dos prefixos gregos "iso", que se observam em vários termos utilizados correntemente, tais como: isométrico (mesma dimensão ou medida) e isonomia (igualdade de leis). De "igual" para "norma", a linha de pensamento que norteou a escolha da denominação ISO para o nome da organização é fácil de entender. Além disso, o nome tem a vantagem de ser válido em qualquer uma das três línguas oficiais da *International Organization for Standardization*: inglês, francês e russo, ao passo que, se utilizada a sigla resultante da denominação da entidade, esta não seria válida em todos os países. Em 1987, da primeira edição da Série ISO 9000 de normas marcou o advento de uma nova era no contexto da normalização internacional. Revisada em 1994, a chamada Família ISO 9000, veio a constituir um consenso mundial de práticas mínimas de boa gestão, com o objetivo de garantir que uma organização que as adote possa fornecer produtos e serviços que venham a atender às exigências mínimas de qualidade dos consumidores.

Em dezembro de 2000, as normas ISO 9000 sofreram nova revisão.

Para o entendimento da "implantação de um sistema de garantia da qualidade baseado na série de normas ISO 9000", detalhar o tema faz-se necessário, partindo do entendimento da normalização internacional. Dentre os objetivos da normalização internacional alguns itens devem ser salientados como sendo fatores principais para o "convencimento" da alta direção das empresas, quanto ao investimento e comprometimento da implantação de sistema de gestão da qualidade: - simplificação dos processos produtivos por meio de procedimentos específicos; - a disponibilização de meios mais eficientes para a troca de informação entre o fabricante e o cliente, melhorando a confiabilidade das relações comerciais e de serviços; - a busca da economia global, tanto do lado do produtor como do consumidor; - a proteção da vida humana e da saúde é considerada como um dos principais objetivos da normalização; - a disponibilização à comunidade em aferir a qualidade dos produtos/serviços; - qualidade e confiabilidade do produto/serviço aumentadas a um preço razoável; - saúde melhorada, segurança, proteção ambiental e redução do desperdício; - maior compatibilidade entre bens e serviços; - simplificação para melhoria da usabilidade; - redução do número de modelos e conseqüente redução de custos; - eficiência de distribuição aumentada e facilidade de manutenção.- a não existência de regulamentos conflitantes sobre produtos e serviços em diferentes países, facilitando assim o intercâmbio comercial.

Outros aspectos tangíveis e intangíveis devem fazer parte do processo de implantação deste sistema de gestão, dentre eles dois aspectos serão alvo das nossas análises:

- Aspectos Qualitativos (aqueles que mesmo sendo observados, não podem ser medidos ou são de difícil

medição): - utilização adequada de recursos; - disciplina da produção; - uniformidade do trabalho; - registro do conhecimento tecnológico; - melhoria do nível de capacitação do pessoal; - controle dos produtos/serviços e processos; - segurança do pessoal e dos equipamentos; - racionalização do uso do tempo.

- Aspectos Quantitativos (aqueles que podem ser medidos): - redução do consumo e do desperdício; - especificação de matérias-primas; - padronização de componentes e equipamentos; - redução de variedades de produtos/serviços; - procedimentos para cálculos e projetos; - aumento da produtividade; - melhoria da qualidade de produtos e serviços;

Os usuários têm mais confiança em produtos e serviços que estão de acordo com normas internacionais. A garantia da conformidade pode ser dada através de declarações do fabricante ou através de auditorias conduzidas por organismos independentes.

Para as organizações do mundo atual, questões relacionadas com a qualidade têm sido vitais no que diz respeito ao planejamento estratégico com vistas à melhoria contínua, comercialização e lucro.

COMPREENDENDO AS MUDANÇAS

A revisão 2000 da série ISO 9000 contemplou cinco conjuntos de ações:

1. Consolidação das normas ISO 9001, 9002 e 9003:1994 em uma única norma, a ISO 9001 versão 2000;
2. Consolidação da ISO 8402 e uma parte conceitual da ISO 9000-1 na norma ISO 9000: 2000;
3. A revisão da norma ISO 9004:1994 em uma nova norma ISO 9004: 2000;
4. Consolidação das normas de auditoria ISO 1001 1, partes 1, 2 e 3 (auditoria da qualidade) e ISO 14012 (auditoria ambiental) em uma norma, a ISO 19001, prevista para ser publicada ao final de 2001, com diretrizes conjuntas para a auditoria da qualidade e auditoria ambiental;
5. Revisão das cerca de 20 demais normas da série ISO 9000, provavelmente cancelando a maioria e/ou transformando-as simplesmente em relatórios técnicos.

A ISO 9000:2000 contempla mudanças muito significativas, de natureza realmente estrutural e não apenas mudanças superficiais. Mudou o espírito da Norma. Até a versão 1994, a Norma foi elaborada sob o ponto de vista de um cliente que exigia uma infinidade de comprovações (talvez priorizando um sentimento de desconfiança em relação ao seu fornecedor), privilegiando menos a implementação do SGQ, assim tomando o cumprimento da Norma carregado de burocratismo. A versão 2000 foi elaborada sob o ponto de vista da organização proprietária do negócio (que precisa do cliente para se manter) e que deseja demonstrar para esse cliente que "produz qualidade". Em outras palavras, precisa demonstrar que tem um Sistema de Gestão da Qualidade que pretende produzir produtos ou prestar serviços direcionados à satisfação das necessidades dos seus clientes. Esta mudança de ponto de vista altera profundamente o conceito até então existente, tomando o cumprimento das exigências mais aderente àquilo que se espera de um bom Sistema de Gestão da Qualidade. Com a versão 2000, estas aberrações tornaram-se bem menos prováveis. A instituição ISO, mediante suas diretrizes, está orientando toda a cadeia de certificação para observar a necessária relação entre ter um SGQ certificado e ter qualidade.

Para orientar as organizações que possuem Sistemas implementados na versão 1994, tem-se abaixo uma comparação resumida entre os conceitos da versão 2000 e os da versão 1994.

Explicando um pouco mais a transição enfatizamos:

- Os Oito Princípios da Qualidade, base filosófica da versão 2000, são poderosos instrumentos para fazer a catequese da Qualidade. Os Oito Princípios são extraordinários e complementares pontos focais de apoio para a competitividade de qualquer organização.

- A comunicação, um dos maiores - senão o maior - problema das organizações, que já integrava os Prêmios da Qualidade e era praticamente ignorada, passou a ser exigência na versão 2000. Isto vale tanto para a comunicação interna dos requisitos dos clientes para as pessoas da organização quanto para a comunicação com os clientes.
- Na versão 2000, os requisitos são definidos pelo cliente, ou a partir dele, A medida da satisfação dos clientes passou a ser uma exigência. Não é mais possível (pelo menos em tese), ter um SGQ certificado e não ter Qualidade, que é medida como a satisfação dos clientes.
- A metodologia básica do P-D-C-A - essência para "produzir" Qualidade - é não somente explícita como é exigida em várias das atividades, promovendo a eficiência e a eficácia da organização.
- Lembrem-se de expressões como "vou ter de parar o meu trabalho para ir a uma reunião da qualidade"? A ISO 9000: 2000 tem tudo para acabar com elas, pois quem faz o produto terá de se engajar na Qualidade. Quem faz terá de executar o respectivo processo para obter produtos que satisfaçam as necessidades dos clientes.
- A estrutura funcional usualmente trava o bom andamento das atividades. A abordagem de processos praticamente determina o funcionamento "transversal à estrutura" e capilar nas organizações. As atividades permeiam a estrutura organizacional, indo direto aos pontos onde devem ser executadas. Na abordagem de processos as atividades são realizadas considerando o caminho ótimo, sem serem atrapalhadas pela hierarquia ou estrutura funcional.
- Os resultados da organização - base de todo o negócio - são contemplados na versão 2000, equilibrando a vantagem que a metodologia dos Prêmios da Qualidade (PNQ, Malcom Baldrige etc.) possuía sobre a ISO 9000. As reuniões de análise crítica do SGQ são agora chamadas a cumprir o seu papel essencial: ditar os rumos da organização.
- Os status de excelência ou abordagem de "Qualidade Total" (Total Quality Management - TQM), pressupõe qualidade em todas as atividades. A Garantia da Qualidade pressupõe atividades de prevenção de falhas limitadas ao processo e ao produto.
- A ISO 9000:2000 determina a evolução contínua da organização, reconhecendo que tanto a concorrência quanto os clientes estão, também, em permanente evolução. Quem não evoluir ou evoluir menos, estará seriamente ameaçado.

O PLANO DE TRANSIÇÃO PARA AS NORMAS ISO 9000: 2000

Em setembro de 1999, as instituições mais diretamente ligadas à certificação ISO 9000 estabeleceram um acordo para promover uma transição tão tranqüila quanto possível da versão 1994 para a versão 2000. As diretrizes estabeleceram orientações para todos os grupos de usuários da ISO 9000 para usuários correntes (SGQs já implementados/certificados), usuários durante a transição (SGQs ainda não completamente implementados) e os novos usuários (iniciando a implementação ou usuários potenciais).

As novas competências exigem o domínio (conhecimento e compreensão) satisfatório sobre: Os Oito Princípios da Qualidade; Os requisitos da ISO 9001: 2000; Os Conceitos de terminologia da ISO9000:2000. Esta nova competência abrange conceitos sólidos sobre processos, visão sistêmica/abordagem de processos, melhorias contínuas etc. São requeridas para os auditores e pessoas dos organismos credenciadores e certificadores/registradores, para que haja a apropriada avaliação dos sistemas de gestão (qualidade e ambiental). De outra forma, teríamos o risco de ter bons sistemas de gestão e avaliadores despreparados, o que seria um desastre em face dos poderes outorgados. Os organismos de certificação precisarão tomar cuidado particular quando forem definir o escopo dos sistemas certificados a serem emitidos conforme a ISO 9001: 2000 e as exclusões permissíveis para os requisitos da norma.

Somente serão permitidas exclusões que não afetem a capacidade da organização nem a absolva da sua responsabilidade para prover produtos que atendam os requisitos do cliente e os requisitos regulatórios aplicáveis. Esta é uma cláusula que pretende corrigir falhas observadas na aplicação da versão 1994, na qual muitas empresas que tinham atividades de projeto e desenvolvimento, sendo estas atividades indispensáveis para assegurar a satisfação dos clientes, as excluíram do escopo. Pela versão 2000, as exclusões de requisitos limitam-se ao Capítulo 7 da Norma (Realização do Produto). Enfatizando esta cláusula muito importante, somente poderão ser excluídos os requisitos que não impctem a capacidade da organização em fornecer produtos que atendam aos requisitos do cliente e aos requisitos definidos na legislação (federal, estadual e municipal) aplicáveis, particularmente aqueles dos organismos regulamentadores.

SUGESTÃO DE UM PLANO DE AÇÃO PARA OS AJUSTES NECESSÁRIOS

No sentido de promover uma transição da versão 1994 para a versão 2000, a ISO identificou áreas chave, sobre as quais as organizações devem focar sua atenção, reforçando a competência das pessoas para torná-las aptas à compreensão e implementação dos novos requisitos da ISO 9001: 2000. São elas:

- Treinamento de auditores internos com visão nas mudanças entre as versões 1994 e 2000;
- Comprometimento da direção com o foco nos benefícios que podem ser agregados ao negócio como resultado da abordagem de processos, a nova estrutura (P-D-C-A) e o papel pró-ativo da direção;
- Programas para comprometimento das pessoas, visando encorajar a compreensão e alinhamento (estratégia, estrutura e processos) e engajamento das pessoas;

Compreensão da Gestão de Processos na criação de condições para a melhor interação dos processos;

- Exclusão de requisitos do escopo, pois se algum requisito não for aplicável ao negócio, será necessário explicitar o conceito e o critério para justificar a exclusão.

Após ter participado em processos de implementação de sistemas de gestão da qualidade deve ser enfatizado o seguinte:

A ISO 9000 é, somente, o começo! Isto deve ficar claro para a direção. e para todos os colaboradores da organização, onde o grupo de implementação deve ser formado o quanto antes possível. Deve haver um grande envolvimento e comprometimento dos gerentes e supervisares; ter uma equipe de trabalho não significa delegação plena de responsabilidade na implementação da ISO 9001:2000. Os "operadores" dos processos - administrativos ou produtivos - devem participar ativamente no desenvolvimento ou revisão dos procedimentos.

Educação e treinamento devem começar - como em todos os processos - o mais cedo possível, já que aumentam o interesse, envolvimento e comprometimento dos colaboradores e envolvidos.

A ISO 9001:2000 – UM SISTEMA DE GESTÃO

A grande mudança em relação à versão 94, é que sua linguagem ficou mais simples, e as Normas para Certificação ISO 9001/ 9002/ 9003 foram incorporadas na nova ISO 9001:2000.. A Norma ISO 9000/Versão 1994 estava focada na Garantia da Qualidade dos produtos ou serviços. A nova versão da ISO 9001 vai além, ela é um Sistema de Gestão da Qualidade focado na satisfação do cliente e na melhoria continua dos processos. Ou seja, mais do que o produto ou serviço, ela está focada em RESULTADOS.

Para isso, ela utiliza PRINCÍPIOS DE GESTÃO DE QUALIDADE:

- **FOCO NO CLIENTE:**

O cliente é a RAZÃO DE SER de uma empresa, por isso ouvir o cliente e saber o que pode se fazer por ele,

quais são as suas necessidades, quais são os seus requisitos, quais as leis que devemos respeitar, o que é sucesso para o cliente, como aumentar a sua satisfação e quem são nossos concorrentes é o objeto desta nova versão. Todos os colaboradores da organização devem ter o FOCO NO CLIENTE. A nova ISO 9001 está focada no cliente, seu principal OBJETIVO é atender os requisitos do cliente com eficácia, aumentando a sua satisfação. Mas para que isto aconteça é preciso LIDERANÇA.

- **LIDERANÇA:**

Baseado em OBJETIVOS E METAS claros e definidos a liderança define os RUMOS DA QUALIDADE. Ela identifica e comunica internamente os requisitos dos clientes. Cabe à LIDERANÇA criar e manter um ambiente favorável ao envolvimento das PESSOAS.

- **PESSOAS:**

São as pessoas da organização que fazem a Qualidade. É o COMPROMISSO das pessoas da organização que permite a conquista das VITÓRIAS. Uma novidade da ISO 9001:2000 é o trabalho BASEADO EM PROCESSOS que facilita o SUCESSO da organização.

- **PROCESSOS:**

O que interessa não é “quem fez ou deixou de fazer”, mas sim, saber o que dever ser feito para atingir os RESULTADOS ESPERADOS. Por isso, numa visão por processos, todos trabalham em EQUIPE. Todos são responsáveis pelo objeto final, independente do Cargo ou Departamento. Por isso todos precisam saber qual é a importância do seu trabalho dentro do processo, o que seu cliente interno espera de você, quais são os controles que se deve fazer, e como cada trabalho contribui para alcançar os resultados esperados.

Para isso deve se identificar os processos, mostrar a relação entre eles, definir como cada processo vai funcionar e definir como os resultados serão medidos.

- **FORNECEDORES:**

Para que os processos atinjam seus objetivos, é preciso abastecê-los com produtos e serviços que atendam os requisitos do cliente. É aí que entram os FORNECEDORES. Criar uma relação de parceria, com foco nos clientes, onde as duas partes saiam ganhando.

- **VISÃO SISTÊMICA:**

Todos os processos se relacionam e interagem entre si, formando um grande SISTEMA. Gerenciar os processos como um único sistema, para que todos persigam os mesmos objetivos, isso é visão SISTÊMICA. Nesse caso, os INDICADORES DE DESEMPENHO são informações importantes, que ajudam na melhoria do Desempenho. A ISO 9001:2000 é um exemplo de visão sistêmica.

- **DECISÕES BASEADAS EM FATOS:**

Na ISO os INDICADORES DE DESEMPENHO, têm um papel importante, ajudando a avaliar e medir os avanços do sistema. Essas informações permitem à LIDERANÇA TOMAR DECISÕES BASEADAS EM FATOS. Isso faz com que a organização se torne mais ágil e eficaz em suas decisões, e seja capaz de melhorar sempre (MELHORIA CONTÍNUA). Com decisões acertadas, é possível melhorar, e quando necessário tomar AÇÕES CORRETIVAS e PREVENTIVAS na busca da EXCELÊNCIA do trabalho. Sempre com o FOCO NA SATISFAÇÃO DO CLIENTE .

CERTIFICAÇÃO DO SISTEMA DA QUALIDADE

A certificação consiste na obtenção de um certificado com validade de 03 anos, com auditorias de manutenção

semestrais ou anuais, que atesta a conformidade do sistema da qualidade implementado numa determinada organização com relação ao modelo contratual da ISO 9001:2000. Se desvios, denominados “não-conformidades”, são detectados nessas auditorias de manutenção dependendo da sua gravidade, o certificado pode ser até suspenso ou cancelado. A certificação está relacionada com a gestão da organização e não com a qualidade de seus produtos/serviços, portanto não existe Produto/serviço ISO 9001. Porém, na prática, observa-se que muitas organizações têm utilizado a certificação ISO 9001 na publicidade de seus produtos/serviços, de forma errônea, dando a entender que o seu produto/serviço possui um selo de qualidade, o que nem sempre é verdade.

ALGUNS RESULTADOS RELACIONADOS COM A ISO 9001:2000

A tabela 1 a seguir mostra o histórico do número total de certificados concedidos a empresas do Brasil, de 1990 até março/2004:

Tabela 1 – Histórico dos Certificados ISO 9000

Ano de Emissão	N. Empresas	N. Certificados	N. Acumulado Empresas	N. Acumulado Certif.
1990	13	18	13	18
1991	13	18	26	36
1992	47	64	73	100
1993	95	131	168	231
1994	278	378	446	609
1995	267	363	713	972
1996	473	678	1186	1650
1997	743	985	1929	2635
1998	1118	1461	3047	4096
1999	1152	1396	4199	5492
2000	1984	2363	6183	7855
2001	1810	2104	7993	9959
2002	2182	2424	10175	12383
2003	2264	2515	12439	14898
2004	329	394	12768	15292

Fonte: CB-25< http://200.20.212.34/cb25i/ano_calendario.asp?Chamador=CB25> 07-04-2004-18:00h

A figura 1 a seguir mostra a evolução dos certificados ISO 9000 emitidos no Brasil de 1990 até março/2002.

Observa-se que houve um crescimento na taxa de certificações ISO 9001:2000 concentrado no ano de 2000,

que coincide com o início da adoção e divulgação da ISO 9001:2000 no país.

Quanto a ISO 9001:94, a evolução ocorreu entre 1997 e 1999, período o qual as exigências dos órgãos públicos contratantes passaram a ocorrer junto a seus fornecedores. Acresça-se a isso a corrida de algumas empresas pelo pioneirismo da iniciativa, visando, em muitos casos, a tornarem-se a primeira do setor a conquistar uma certificação ISO 9001:94, a exemplo da empresa em estudo, que foi uma das primeiras do seu setor (Engenharia de Projetos) a ser certificada.

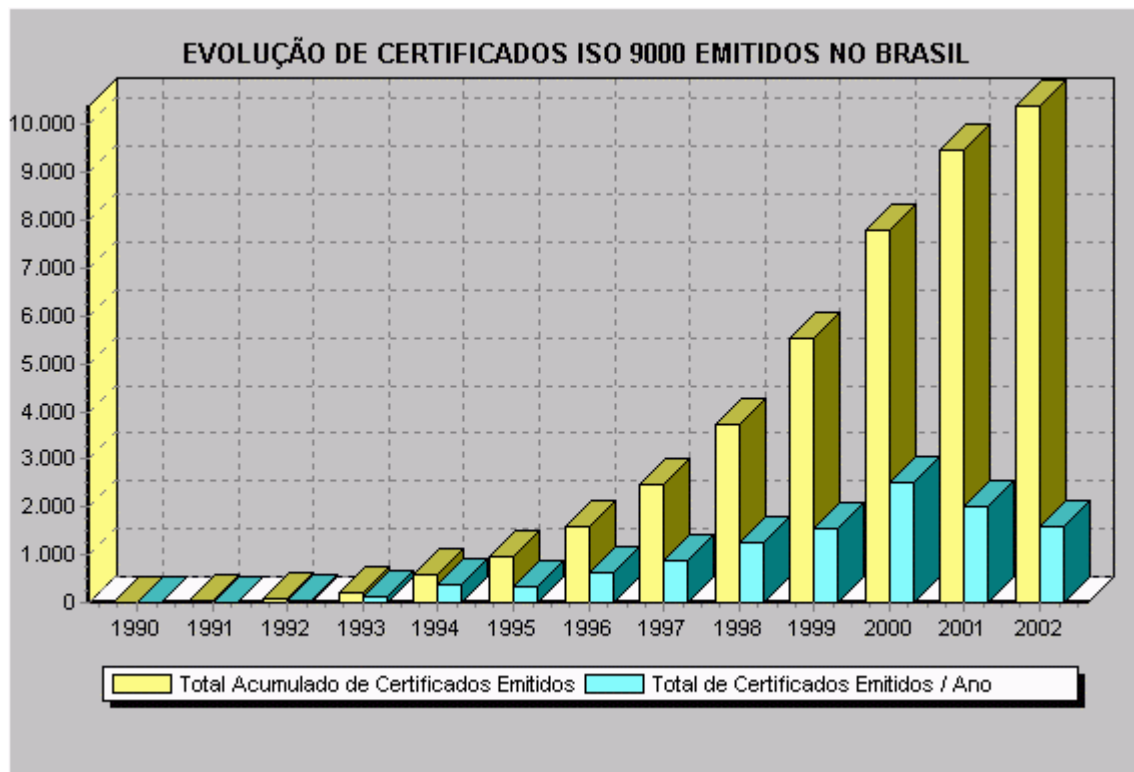


Figura 1 - Evolução da certificação ISO 9000 emitidos no Brasil

Fonte: CB-25 http://200.20.212.34/cb25i/ano_calendario.asp?Chamador=CB25 07-04-2004 18:00h

MOTIVOS PARA CERTIFICAÇÃO

Efetivamente alguns motivos evidentes devem ser apresentados como sendo fator motivador para que as organizações “apostem” na certificação da gestão dos seus processos. Dentre eles, destacam-se a melhorar capacidade de atendimento, manter ou aumentar o *market-shar*, antecipar-se a demandas futuras de clientes; ganhar vantagens de *marketing*, melhorar a eficiência, melhorar a qualidade, melhorar a produtividade/eficácia; exigências de clientes.

BENEFÍCIOS DA CERTIFICAÇÃO

Puri (1994) classifica, alguns benefícios podem ser apontados pela conquista da certificação do sistema de gestão da qualidade com base na Série ISO 9000.

Benefícios Intrínsecos

- melhor controle de operações;

- melhor sistema interno de gestão da qualidade;
- redução de custos através da redução de retrabalho, sucata e horas extras;
- melhor eficiência e produtividade;
- melhor conformidade e atendimento às exigências;
- diminuição do risco de responsabilidade civil;
- redução de auditorias múltiplas por parte de clientes;
- aumento da confiança dos clientes e do moral dos empregados.

Benefícios Extrínsecos

- reconhecimento e credibilidade mundial;
- denominador comum de qualidade empresarial no mundo;
- acesso facilitado aos mercados europeu e mundial;
- uso do rótulo de certificação como símbolo de *status*;
- qualificação como licitante de contratos em mercados novos;
- expansão e manutenção de sua faixa de mercado.

INVESTIMENTO NA TRANSIÇÃO ISO9001:1994 PARA A ISO9001:2000

Para que a empresa A estudada transitasse da ISO9000:94 para a ISO9001:2000, 12 meses foram planejados com um investimento de aproximadamente: R\$36.000,00 com consultoria externa, R\$18.000,00 com a certificadora e R\$ 100.000,00 com colaboradores do seu quadro de profissionais.

FATORES QUE DIFICULTARAM A TRANSIÇÃO DE SISTEMA DA QUALIDADE

- A falta de envolvimento das principais áreas da empresa, a falta de entendimento da filosofia das normas, a falta de recursos financeiros, a falta de pessoal especializado, a resistência a mudanças, a existência de pouca cultura para a qualidade, o entendimento dos requisitos, a obtenção de recursos para investimento.

As principais dificuldades relacionam-se com a abrangência do trabalho a ser desenvolvido e a necessidade de adesão e envolvimento de grande parte da empresa.

FATORES QUE FACILITARAM A TRANSIÇÃO DE SISTEMA DA QUALIDADE

- Palestras e informativos; Apoio da alta administração; Organização já estava trabalhando com qualidade; Auditorias externas; Consultoria externa.

DESVANTAGENS DA TRANSIÇÃO DE UM SISTEMA DA QUALIDADE ISO 9001

- Tempo necessário para desenvolver o sistema; Custos para implementar e para manter o sistema; Inflexibilidade e burocracia dos sistemas; Dificuldade de implementação, em especial para determinados tipos de organizações; Dificuldade de criar e manter o entusiasmo do pessoal para com o sistema; Ressentimento

que as mudanças requeridas causam em certos casos; Mudanças necessárias podem ser contrárias ou conflitantes com a cultura existente; Geração de uma quantidade grande de papel.

MUDANÇAS ORGANIZACIONAIS

Considerando o objetivo do trabalho de investigar as principais mudanças organizacionais observadas na organizações em estudo que passou pelo processo de transição entre versões da Norma ISO, o uso de bibliografia de apoio foi necessário a uma melhor compreensão das influências que uma iniciativa desse tipo pode causar em diferentes aspectos de uma organização.

RESISTÊNCIAS À MUDANÇA

A resistência à mudança é inerente ao ser humano. As resistências estão presentes em todas as decisões e podem ser observadas na utilização do uso de recursos organizacionais para manifestar oposição, bloqueio, retardamento e proposição de alternativas. (MOTTA, 1997)

Hoje a resistência à mudança possui novas formas de tratamento. A resistência tende a ser vista como algo tão natural como a própria mudança. A resistência significa o exercício do pensamento diferente, sendo fonte de crítica e de criatividade.

As origens mais comuns das resistências são o medo do futuro, pois como para o ser humano prever o futuro é impossível, a necessidade de se manter em sua zona de conforto, faz com que o homem se acomode e seja contrário à qualquer tipo de mudança, por melhor que ela aparente ser; o receio do passado onde as pessoas que já foram atingidas negativamente por experiências de mudanças anteriores adquirem bloqueios e resistências difíceis de serem superados. Assim protegem-se das mudanças para não passarem pelo mesmo processo, podendo até mesmo assumir posturas de cinismo, na defesa da validade de antigas práticas.

METODOLOGIA

Seqüência aplicada: Definição do problema → Revisão da literatura → Definição do método e estratégia de pesquisa → Definição da população-alvo → Definição do instrumento de pesquisa (questionários) → Coleta de dados → Análise dos dados → Conclusões → Fim

DESCRIÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA: EMPRESA A

A EMPRESA A , foi fundada em 30 de Setembro de 1959, por uma equipe de professores do Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da USP. Inicialmente se caracterizou como um pequeno grupo de consultores, atuando no sentido de prestar assessoria à prefeituras dos municípios do interior. Em 31 de Outubro de 1969 a EMPRESA A foi transformada em Sociedade Anônima. Posteriormente, 75% do capital foi adquirido por um GRUPO COORPORATIVO B. A partir de 1975, com início dos contratos com a Eletronorte (UHE Couto de Magalhães e Inventário do potencial hidrelétrico da Bacia do Rio Xingú) , a receita começou a crescer significativamente. Em fins da década de 70 e início dos anos 80 a EMPRESA A executou estratégia de crescimento pela aquisição de concorrentes do mesmo segmento, quando foram adquiridas. Essas aquisições ampliaram significativamente as áreas de atuação da EMPRESA A, incorporando habilidades nos setores de Energia, Transporte, Indústria, Mineração e em Serviços de Gerenciamento, detalhamento de Projetos e Sistemas.

Em 1982, a EMPRESA A assumiu o 1º lugar em receita entre as Empresas de Consultoria Brasileira. De 1983 a 1988, o faturamento continuou crescendo e a EMPRESA A manteve-se em 1º lugar. Em meados de 1995 o GRUPO CONTROLADOR B passou a deter 100% do capital da EMPRESA A. O processo de implantação do sistema da qualidade ISO 9001:94 na Empresa A durou 30 meses (abr. 95 a out. 97).

RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS EM CAMPO:

- Tempo para implantação: - 06 meses
- Forma de implementação: - Criação de comitê da qualidade e comitê diretivo da qualidade / planejamento; - Realização de cursos *Lead Assessor* para membros do comitê e curso geral sobre ISO 9001:2000 para chefias; - O trabalho foi subdividido em grupos de trabalho.
- Motivos: Concorrentes já certificados; - *Marketing*; - Padronização de processos; - Melhoria da qualidade dos produtos/serviços; - Busca de melhores resultados.
- Maiores dificuldades e resistências durante o processo: - Inexperiência e interpretação da norma; - Mudança de cultura informal para formal; - Falta de apoio de algumas gerências; - Quantidade de documentos a serem gerados em pouco tempo.
- Maiores dificuldades e resistências pós-certificação: - Manutenção das mudanças estabelecidas; - Excesso de burocracia e “engessamento” dos processos.
- Elementos facilitadores: - Comprometimento da direção; - Comprometimento das chefias, comitê e colaboradores; - Planejamento e fidelidade ao cronograma; - Auditorias periódicas e pré-auditorias.
- Principais benefícios: - Controle do processo de produção; - Melhorias na organização da empresa; - Diminuição dos tempos e dos atrasos de produção; - Melhoria no planejamento de produção; - Menos retrabalho.
- Pontos negativos: Forma de implementação adotada pela empresa, que não trouxe unidade entre as gerências; - Limitações da ferramenta (norma ISO 9001:2000): falta de sensibilização das pessoas, não focada na melhoria contínua e na garantia da qualidade do produto\serviço.
- Atitudes frente às auditorias periódicas: - Preparação prévia: revisão dos documentos e práticas; - Pessoal operacional sente desconforto, medo, nervosismo, *stress*; - Clima de expectativa; - Algumas chefias demonstram indiferença, tranquilidade, enquanto outras sentem temor.
- Mudanças pós-certificação: - Diminuição da quantidade de documentos; - Flexibilização de algumas sistemáticas.
- Principais Mudanças Estruturais e Políticas: - Criação do comitê da qualidade e do comitê executivo da qualidade.
- Principais Mudanças Estratégicas: Equiparação com a concorrência; - Mudanças no relacionamento com fornecedores: mais diálogo, contatos mais freqüentes, maior aproximação.
- Principais Mudanças Tecnológicas: - Padronização dos processos principais: formalização, criação e documentação de novas sistemáticas requeridas pela ISO; -Estabelecimento de indicadores para acompanhamento de processos: criação de novos indicadores na produção, área administrativa e direção.
- Mudanças relacionadas a recursos humanos: Política de seleção e recrutamento com mais exigências; - Política de capacitação de pessoal com melhor definida, treinamentos freqüentes, participação do nível de supervisão na identificação de necessidades e execução de treinamentos; - Comprometimento do pessoal com aumento do nível de exigências e cobranças; Clima organizacional com maior facilidade de acesso às

informações necessárias para as pessoas; Aumento da abrangência do programa de qualidade, melhores resultados na pesquisa de clima organizacional.

- Pouco ou nenhum impacto em:
 - Desenvolvimento de novos produtos/serviços; Alteração dos mercados-alvo da empresa;
 - Mudanças no foco do negócio; Expansão do mercado de atuação; Aumento de exportações;
 - Redução de preços de produtos/serviços; Redução de prazos de entrega; Forma de tratamento dos clientes; Volume de vendas; Formas de remuneração/ recompensas.

CONCLUSÕES FINAIS

A abertura do mercado brasileiro aos produtos/serviços estrangeiros, iniciada a partir da década de 90, imprimiu às empresas brasileiras demandas tais que as obrigaram a buscar alternativas para a organização de seus processos e a melhoria da qualidade dos seus produtos/serviços, com vistas ao aumento ou manutenção da competitividade.

Pressionadas pela abertura do comércio internacional, as organizações brasileiras tiveram que focar suas iniciativas para a redução do preço dos produtos/serviços e para a manutenção/aumento da sua qualidade. E esses foram alguns dos motivos para a adoção do modelo da Série ISO 9000, uma vez que o mesmo privilegia a organização da produção e de outros processos internos, com vistas à demonstração de uma melhor gestão sobre aqueles que afetam diretamente a qualidade dos produtos e serviços das empresas. Com essa organização, reduzem-se os custos relacionados a desperdícios e retrabalhos, provendo também maior confiança e credibilidade junto aos clientes e ao mercado. (SZYSZKA-2001)

Através do estudo do caso aqui apresentado, observou-se que a adoção desse modelo implicou mudanças e melhorias na gestão da organização, principalmente através do estabelecimento de forte padronização, treinamento de pessoal e algumas medições nos principais processos de produção.

De acordo com as perspectivas de análise organizacional considerada, várias mudanças, em decorrência da implantação do sistema da qualidade ISO 9000, foram identificadas na organização pesquisada, as quais puderam ser categorizadas dentre os cinco tipos inicialmente considerados: mudanças estruturais e políticas; mudanças estratégicas; mudanças culturais; mudanças tecnológicas e mudanças relacionadas a recursos humanos.

Verificou-se que as mudanças experimentadas pela organização analisada foram mais intensas nos aspectos cultural e tecnológico, o que levou a concluir que o impacto da implantação de sistemas da qualidade baseados na Série de normas ISO 9000 está mais relacionado com esses dois aspectos e que os menores impactos dão-se nos aspectos relacionados a recursos humanos e estratégicos. Essa maior ênfase em aspectos culturais e tecnológicos tem relação direta com os fundamentos básicos do modelo ISO 9000, que se traduzem em requisitos mandatórios a serem cumpridos pelas empresas candidatas à certificação ISO9001:2000.

Lembrando a visão de Shirley (1976), observou-se que, o processo de mudança baseou-se em forças exógenas representadas por limitações ambientais econômico-mercadoológicas ou novas oportunidades. O apoio e a supervisão da administração superior foram aspectos-chave, constatação que veio ao encontro das idéias defendidas por Araújo (1982), Juran (1991), Deming (1990) e Campos (1990).

Para o sucesso de processos de mudança, alguns autores analisados no capítulo 2, como, por exemplo, Bennis (1995) e Herzog (1991), enfocaram a importância de mudanças na cultura organizacional. Essas foram constatadas nas organizações pesquisadas, provocadas muito fortemente pelo processo de padronização

imposto pelo modelo ISO 9000; entretanto, pelo curto espaço de tempo em que ocorreu a implantação dos sistemas da qualidade (entre 15 e 26 meses) e pela extensão e abrangência das mudanças relatadas, observou-se que algumas formas coercitivas e/ou baseadas na exortação foram utilizadas para provocar essas mudanças culturais (Exemplos: gincanas/concursos para premiar o conhecimento sobre ISO 9000, exclusão de não apoiadores, principalmente em cargos gerenciais, etc.).

A organização pesquisada qualifica como um dos pontos positivos importantes da implantação do sistema da qualidade ISO 9000 a sistematização da atividade de treinamento de seu pessoal. Convém salientar que esse é requisito mandatário da norma ISO 9000, indo ao encontro das idéias de Juran (1991) e Deming (1990), que reputaram esse fator como de importância significativa para o sucesso de mudanças organizacionais.

Convém salientar que, apesar de Herzog (1991) ressaltar a questão da motivação das pessoas envolvidas como um dos aspectos fundamentais para as mudanças no contexto organizacional, a implantação do sistema da qualidade ISO 9000 nas empresas pesquisadas não evidenciou uma grande ênfase em ações para elevar a motivação, nem durante e nem após o término do processo. Apesar das dificuldades práticas enfrentadas, o desafio foi bastante motivador, esperando-se que este trabalho contribua de alguma forma para as organizações brasileiras, em algumas das quais impera a informalidade, a falta de organização interna, a falta de planejamento, a centralização das decisões, a falta de integração e comunicação entre as áreas e a falta de comprometimento da alta direção com a qualidade dos produtos/serviços, de modo a incentivá-las a buscar novos patamares de desempenho, através do uso de uma ferramenta de abrangência mundial: a Série ISO 9001:2000 de normas.

O uso dessa ferramenta pode representar uma boa alternativa para tornar as organizações um pouco mais aptas a competirem no mercado internacional, embora tenha que se reconhecer que o modelo ISO 9001:2000 constitui um instrumento de gestão e não pode ser considerado como um instrumento único para resolver todos os problemas das organizações em dificuldades ou que desejam sobreviver globalmente.

BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, Luís César de Gonçalves. *Mudança organizacional na administração pública federal brasileira*. São Paulo, EAESP/FGV, 1982.
- BENNIS, Warren G. *A invenção de uma vida*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- CAMPOS, Vicente Falconi. *Gerência de qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira*. Rio de Janeiro, Bloch Ed. 1990.
- CROSBY, Philip B. *Integração: qualidade e recursos humanos para o ano 2000*. São Paulo, Makron Books, 1993.
- DEMING, W. Edwards. *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro, Marques-Saraiva, 1990.
- FISCHER, Tânia; HEBER, Florence; TEIXEIRA, Ângela. Desafio da Qualidade e os Impactos das Transformações em Organizações Baianas. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, jan./fev. 1995.
- FLEURY, Afonso. Quality and Productivity in the Competitive Strategies of Brazilian Industrial Enterprises. *World Development*, v.23, n.1, p.73-85, Great Britain, 1995.
- FLEURY, Maria Tereza Leme. Cultura da Qualidade e Mudança Organizacional. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v.33, p.2, p.26-34, mar./abr. 1993.

- HERZOG, J.P. People: the critical factor in managing change. *Journal of Systems Management*, Cleveland, 42(3):6-11, Mar. 1991.
- JURAN, J. M. Controle da Qualidade – Qualidade em diferentes sistemas de produção – volume VIII – Ed. Makron Books – 1993
- JURAN, J. M. *Juran na Liderança pela Qualidade: um Guia para Executivos*. São Paulo: Enio Matheus Guazzelli & Cia. Ltda., 1990.
- JURAN, J. M., GRZYNA, Frank M. *Controle da qualidade handbook: conceitos, políticas e filosofia da Qualidade*. São Paulo: Makron, McGraw Hill, 1991. 377 p.
- MOTTA, Paulo Roberto. *Transformação organizacional: a teoria e a prática de inovar*. 1. ed. Rio de Janeiro, Qualitymark Ed., 1997. 224 p.
- MOTTA, Paulo Roberto. *Transformação organizacional: a teoria e a prática de inovar*. 1. ed. Rio de Janeiro, Qualitymark Ed., 1997. 224 p.
- Normas ISO 9000:2000 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Fundamentos e Vocabulário; NBR ISO 9001:2000 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos; NBR ISO 19011:2002 - Diretrizes para Auditorias de Sistema de Gestão da Qualidade e/ou Ambiental; NBR ISO 9004:2000 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Diretrizes para Melhoria de Desempenho; NBR ISO 9001:1994 – Sistemas da Qualidade – Modelo para Garantia da Qualidade em Projeto, Desenvolvimento , Produção, Instalação e Serviços Associados (Substituída pela NBR ISO 9001:2000 - Sistemas de Gestão da Qualidade).
- PETTIGREW, Andrew. A Cultura das Organizações é Administrável. In: FLEURY & FISCHER, *Cultura e Poder nas Organizações*. São Paulo, Atlas, 1989.
- PURI, Subhash C. *Certificação ISO 9000 e gestão da qualidade total*. Tradução: Antônio Romero Maia da Silva e Helena Martins. Rio de Janeiro: Qualitymark ed., 1994. 268 p.
- SHIRLEY, Robert. Um Modelo para Análise da Mudança Organizacional. *Revista de Administração de Empresas*, Rio de Janeiro, 16(6): 37-43, nov./dez. 1976.
- SZYSZKA, Irene. Implantação de Sistemas da Qualidade ISO9000 e Mudanças Organizacionais. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, set/2001.
- WOOD Jr., Thomaz; CURADO, Isabela Baleeiro; CAMPOS, Humberto Marcelo de Vencendo a Crise: Mudança Organizacional na Rhodia Farma. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v.34, n.5, p-62-79, set./out. 1994.
- Kaplan, Robert S. – 2000 – Rio de Janeiro – Organização Orientada Para a Estratégia; Ed. Campus; Como as empresas que adotaram o Balanced Scorecard prosperam no novo ambiente de negócios.
- MARANHÃO, Mauriti - ISO série 9000 manual de implementação versão 2000, Ed. Qualitymark, 6ª edição 2002, 204p.
- MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Qualidade: Enfoques e Ferramentas; Ed. Artliber 2001, 263p.
- Olve, Nils-Göran – 2001 – Rio de Janeiro – Condutores de Performance – Um Guia prático para o uso do Balanced Scorecard; Editora Qualalymark.
- Comitê Brasileiro da Qualidade : http://200.20.212.34/cb25i/ano_calendario.asp?Chamador=CB25

AZZOLINI, W. J.; SACOMANO, J. B. and PORTO, A. J. V., (2004),
“Tendências do sistema de gestão da produção quanto às habilidades
necessárias para enfrentar os desafios inerentes à estratégia competitiva”,
XXIV ENEGEP, Brasil, Florianópolis.

AZZOLINI, W. J.; SACOMANO, J. B. and PORTO, A. J. V., (2004),
“The Lean Production and Agile Manufacture”, The 9th Cambridge
Symposium on International Manufacturing (CamSIM 2004), Jesus College,
Cambridge, UK (University of Cambridge), 20-21th September.

THE LEAN PRODUCTION AND AGILE MANUFACTURE

AUTHORS (*):

Arthur José Vieira Porto
USP – Universidade de São Paulo
José Benedito Sacomano
UNIP – Universidade Paulista
Walther Azzolini Junior
USP – Universidade de São Paulo

Abstract

The evolution of the technology of information, both in hardware and software, during the last decade, have provided to the globalized world significant changes in the Management of private and governmental organizations, allowing the integration of the flow of information of operation with the flow of information of production management processes, by means of specific programming language as CAD and CAM.

As a result of this cycle of evolution, which started in the 90's, the ERP - Enterprise Resource Planning - was incorporated to the processes of business in companies leading them to significant changes in the operation environment, from the most simple to the most complex procedures.

It is in this context that researchers and professionals, involved with the implantation of such systems, had evidenced that the acquisition cost, including investments in technological innovations and training so necessary to the systems operation, did not guarantee the cost benefits and the return of the investments. These results were not compatible with the expectations generated in the implantation period causing, in some cases, loss of efficiency and frustration on the part of the users of these systems.

Such evidences lead the author of the present paper to the general objective of elucidating the causes of the failures. The work started from the descriptive research of different companies of distinct segments, which had implanted ERP systems of different available suppliers in the market.

The descriptive field research allowed the clarifying of some peculiarities in the scope of operation of the companies as to the structure of their planning department and production control and the integration with supporting techniques.

In this context it was possible to evaluate the implantation of these systems, in the considered productive units, which had aimed at guaranteeing significant profits as to the reduction of time of response to customer needs, with the possibility of pointing to more precise performance indicators, thus directing the research to the evaluation of the role of PCP as a facilitator agent in the implantation process and as a responsible one for the observance or not of these systems to the productive scheme.

As a result, a broaden study of the concepts, focused on the specific literature, referring to the time of processing and, consequently, to the time of response of all the manufacturing procedures, emphasized the necessity of studying the evolution of the manufacturing process during the last decades.

The conduction of the research to the study of inherent phases of the evolution process of manufacturing in the last decades, according to GODINHO (2004), pointed to the division of the of evolution process in four phases:

1. Mass Manufacturing;
2. Lean Manufacturing (just in time);
3. Agile Manufacturing;
4. Responsive Manufacturing.

According to the author, each phase of evolution of the manufacturing process can be considered as a paradigm of the manufacture itself, for emphasizing distinct standards of operation such process of evolution has influenced the changes in the structure of planning and controlling of production and its auxiliary techniques in the last decades, resulting in new procedures and new concepts that have evolved to the prioritization of the manufacturing process time as the main concern of the current manufacturing companies, that is, the evidence of the Responsive Manufacturing paradigm.

In this scenario, one of the specific targets of this article is to spot the deficiencies of ERP systems currently in use in the companies which had as a goal significant reductions of processing time, based on the study of the mentioned paradigms, the PCP supporting techniques, and the relation of the function time with the current context, besides the systems of integrated management.

Key Word: Keys words: Lean Production and Agile Manufacture.

1. Introduction

It was necessary to readjust to flexibility, and to find again their innovative capacity. It was when the productive and organizational systems became more relevant for the lean production and agile manufacture. See Figure 1.

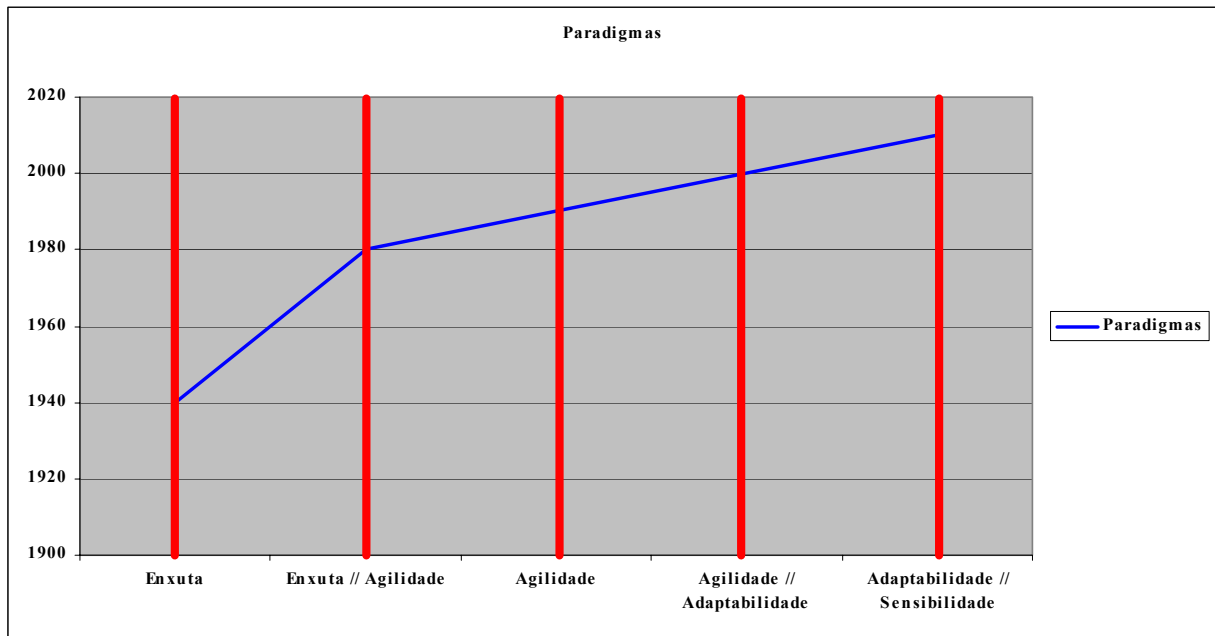


Figure 1 – Evolution of the production paradigms

Such evolution shows the world wide tendency to reexamine costs present at productive process with sustained growth focusing on social development. It is in this background that the apex of lean production in the Western world occurs during the 1980's, and the flexible production model becomes important.

During this period in Japan the raise of the Yen, the consequent fall of the domestic demand and the lack of interest of young Japanese in working at industries due to the excessive amount of work, force the companies to support Kaizen teams in order to improve their manufacturing performance, which resulted in a new phase of lean production.

According to Bennet D. (2002) the need to adjust to the performance of cost structure as to respond to the demand lead the organizations to search for inherent ability of efficient resources use. The uncertainties of the 90's because of the Asian crises also helped at the transition of the production paradigms, which can characterize the adjustment to production as that in which the function of a raise of demand allows to adequate cost. See Figure 2.

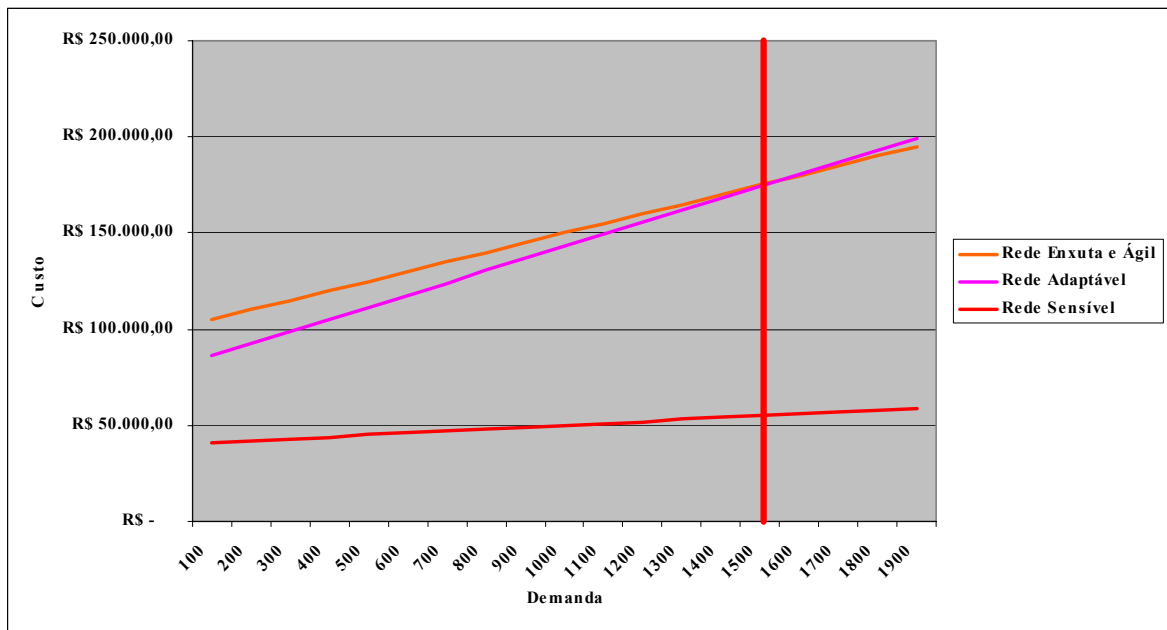


Figure 2 – Demand x Customs

It is through this evolutionary process that the variables: price, quality, quantity, distribution and specification are highlighted at the companies' strategies and thus assuring:

1. Value of the client assistance
2. valuation of human knowledge
3. partnerships
4. openness to changes

The influence of the Keiretsu chains must be considered in this universe, for they lead to the sustained or sensitive chains according to the market reality changes depending on the moment, which at this point is defined by external pressures as the globalization effect. Figure 3 shows the flow that pushes such changes.

Based on the JIT philosophy, all those activities that make up motion time (such as materials handling, transporting, preparing, counting, etc.) need to be eliminated, as they are wasteful. On the other hand, other activities (such as fabrication and assembly) make up the work time and add real value to the product. In production, it is important to pay attention to these activities, because they actually make the product worth purchasing by consumers.

The companies using JIT must look beyond the production and purchasing areas and examine the potential use of JIT within their overall marketing strategies Natarajan [1990]. For instance, in a manufacturing process, JIT involves the movement of (raw and semi-finished) goods along a production sequence. Because a distribution channel basically represents the movement of (finished) products along a delivery sequence, one can examine the implementation of JIT in the distribution function of the marketing mix. Accordingly, JIT represents a philosophy of viewing the distribution network from a systems perspective. It instills a problem-solving process to analyze the entire system and eliminates the inefficient components of it.

As is widely recognized, one of the central functions of the distribution process is related to physical supply, storage, and transportation of commodities.

When JIT is in use, these tasks are emphasized, because the tenets of the process are based on “zero inventory.” Even though this implies a lack of a buffer stock, JIT use in production still allows some inventory to be kept as a safety stock.

This stock is maintained at a minimum level, so that inventory carrying costs can be minimized and lead time requirements can be significantly decreased.

When a manufacturing firm uses JIT, its purchasing routines need to be adjusted. The firm needs to examine numerous practical concerns before switching completely to JIT from a traditional model such as economic order quantity. JIT implementation strategy requires a multi-phase project plan, which includes issues such as layout design, lead time reduction, supplier integration, system stability, a pull system, etc. One needs to ensure that purchasing and accounting personnel realize the rewards of the JIT purchasing philosophy along with the details of day-to-day routines so that they do not oppose the decision to switch to JIT.

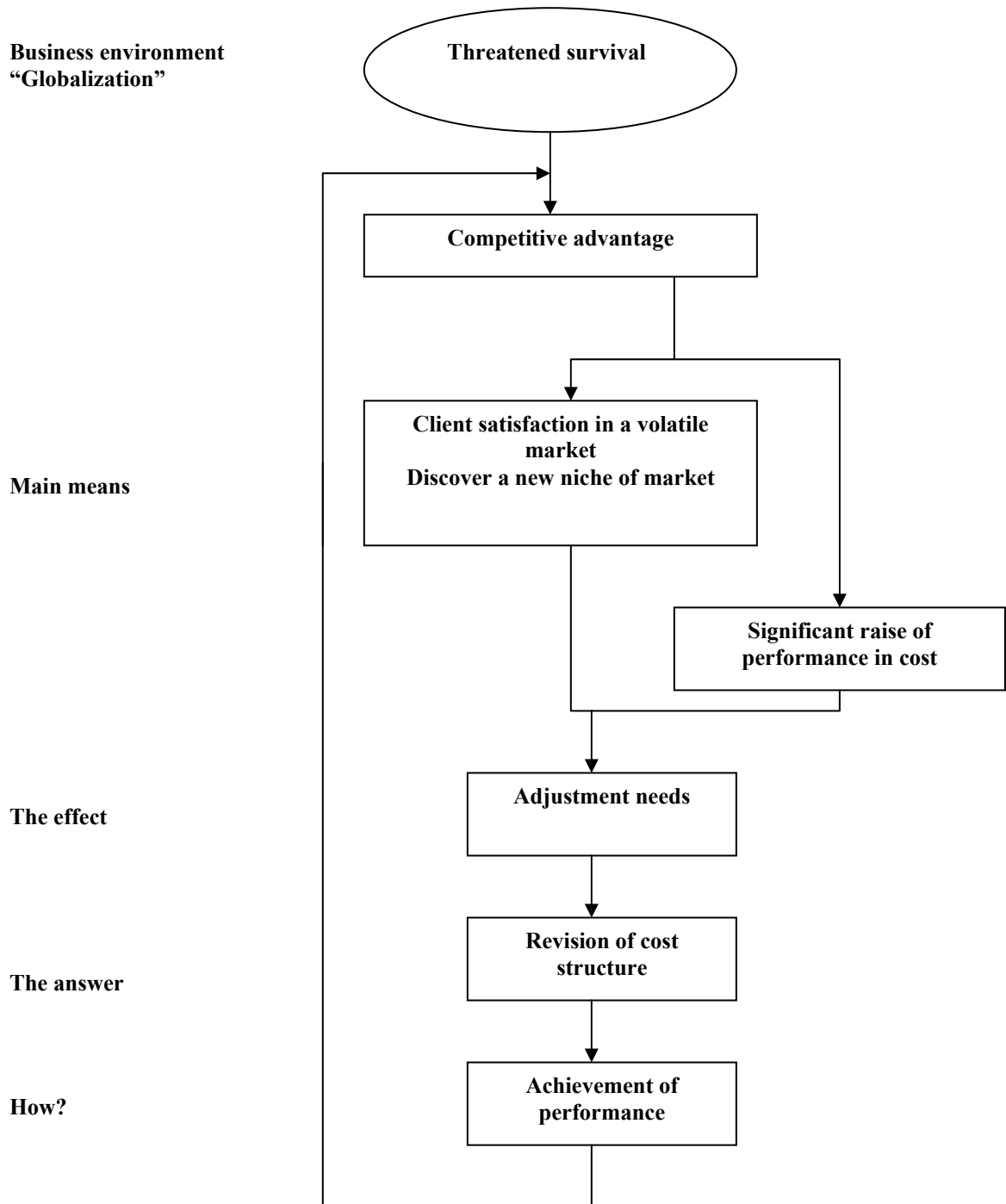


Figure 3 – The survival strategy in the manufacturing cycle. Font: BENNET (2002)

2. Japanese Performance results

It is important to show that the Japanese performance results on domestic sales at a world level ranges within 8 million per year, and thus corresponding to $\frac{1}{4}$ of world sales, also exerts a crucial influence in this evolutionary process. In this context it can be considered that three key areas (or dimensions) of susceptibility are:

1. Economical growth and equity;
2. Natural resources and environment preservation ;
3. Social development.

The managing of international manufacturing is directly related to changes in the manufacture strategy philosophy according to circumstances of economy and business .During the 90's the emphasis of lean production was the cost minimization and lead time, nowadays, the structure of cost and social development are factors of real importance in this process. The agile chain rises from the necessity of chain projects capable of faster answers to the demand changes. The adaptive chain emphasizes the cost structure and sustainability with balanced growth to assure social growth according to Figure 4.

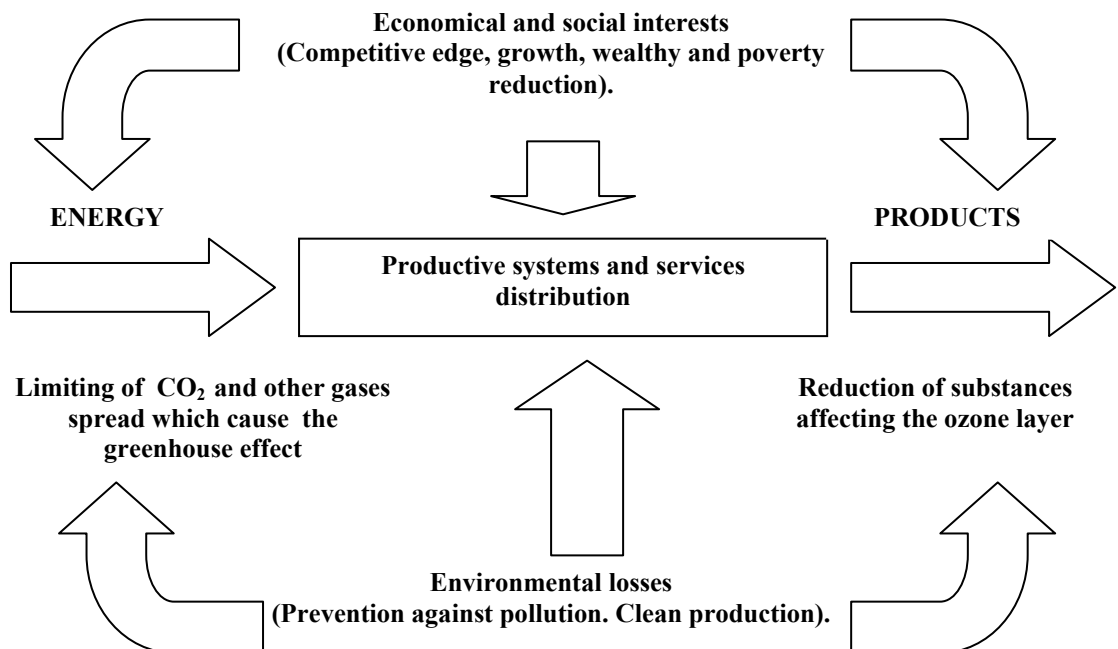


Figure 4 – The diary of sustainability and its influences on the manufacturing chains

3. Conclusion

As stated earlier, distribution represents a flow network, not unlike a production process. The main purpose of JIT in distribution is to get the proper amount of finished goods from manufacturers and deliver them to retailers (i.e., end distributors such as mill supply house, VAR, service centers, etc.) while minimizing inventory requirements and maintaining channel satisfaction levels. The basic activities conducive to this process can be summarized as follows:

1. Forecasting retailer demand for goods;
2. Coordinating manufacturer's production schedules with retailers demand schedules;
3. Maintaining accurate and timely information flows from retailers;
4. Performing the delivery of products to retailers just in time to eliminate the excess inventory.

4. Bibliography

BARNEY, J.B. (1996), *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*, Addison-Wesley, Reading, MA.

BENNETT, D. J. Nordica and Danaudio in China, in Batley T (Ed) *Business Case Studies in Operations Management*, Pearson Education, Auckland, New Zealand, 2002.

BIERBUSSE, P. & SIESFELD, T. (1997) "Measures that Matter", *Journal of Strategic Performance Measurement*, Vol. 1, No. 2, 6-11.

BITTON, M., (1990), "Méthode de conception et d'implantation de systèmes de mesure de performances pour organisations industrielles", Thèse d' automatique, Université de Bordeaux I.

BONNEY MC & HEAD MA, 1993, 'Progress on developing a framework for Computer Aided Production Management', *Int. J. Prod Econom*, 30-31, 345-353.

BONNEY MC and POPPLEWELL K(1988) 'Design of Production Control Systems: Choice of system structure and systems implementation sequence', *Engineering Costs and Production Economics*, 15, 169-173.

BONNEY MC, 2000, 'Reflections on Production Planning and Control' in *Gestão & Row*, New York.

BONNEY MC, POPPLEWELL K and MATOUG MM, 1994, 'Effect of Errors and delays in inventory reporting on production systems system performance' *Int. J. Prod Econom*, 35, 93-105.

BONNEY MC, RATCHEV SM and MOUALEK I, 'The Changing Relationship between Production and Inventory examined in a concurrent engineering context' Presented at ISIR Symposium on Inventory Research, Budapest, August 2000 Conference (accepted for the *Int. J. Prod Econom*).

BONNEY MC, ZHANG Z Z, HEAD MA & TIEN CC, 1999, 'Are push and pull control systems really so different', *Int. J. Prod Econom*. 59, No 1, 53-64.

BOURNE, M. C. S., MILLS, J. F., BICHENO J., HAMBLIN, D. J., WILCOX M. & NEEBY A. D. & PLATTSI, K. W., (1999), "Performance measurement system design: testing a process approach in manufacturing companies", *International Journal of Business Performance Measurement.*, Vol. 1, No. 2.

BOURNE, M. C. S., MILLS, J. F., WILCOX M. & NEELY A. D. & PLATTS, K. W., (2000), "Designing, implementing and updating performance measurement systems", *International Journal of Production and Operations Management*, Vol. 20, No. 7, 754-771.

BUSINESS INTELLIGENCE, (2000), Business Intelligence Conference, chaired by Kaplan & Norton, 3 to 5th May, London.

BUSINESS WEEK. Time to Overhaul Japan's Keiretsu Model. *Business Week*, Issue 3620, March 1999.

CEST, OSTEMS Agility Mission to the U.S. - Findings and Recommendations. Centre for the Exploitation of Science and Technology, London, 1997.

CHRISTOPHER M. & TOWILL D.R. (2001), "An integrated model for the design of agile supply chains," *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 31(4), pp.235 – 246.

CHRISTOPHER M. (1998), "Logistics and Supply Chain Management—Strategies for reducing cost and improving relationship," *Financial Times*, Pitman Publishing, pp. 18.

COHEN M.A. & LEE H.L (1985) " Manufacturing Strategy, Concepts and Methods " Chap.5 from *The Management of Productivity and Technology in Manufacturing*, Ed. P.R. Kleindorfer, Plenum.

CONFEDERATION OF JAPAN AUTOMOBILE WORKERS' UNIONS. Japanese Automobile Industry in the Future. JAW, Tokyo, 1993.

COVEY, S., (1989), *The seven habits of highly effective people: powerful lessons in personal change*, Simon & Schuster, New York, NY, USA.

- COYLE R.G. (1996)**, System Dynamics Modeling: A Practical Approach, Chapman & Hall, London.
- EISENHARDT, K.M. & MARTIN, K.A. (2000)**. ‘Dynamic Capabilities: What are they?’, Strategic Management Journal, Vol. 21, pp.1105-1121.
- ERAUT, M. (1994)**. Developing Professional Knowledge and Competence, Falmer Press, London.
- GOLDMAN, S.; NAGEL, R.; PREISS, K.** Agile Competitors and Virtual Organizations. Van Nostrand Reinhold, New York, 1995.
- GRANT, R.M. (1991)**. “The Resource-based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation”, California Management Review, Spring, pp. 114-135.
- HACHER, M.E. AND BROTHERTON, P.A. (1998)**. "Designing and Installing Effective Performance Measurement Systems". IIIE Solutions, Vol. 30, No. 8, pp. 18-23.
- HALL, R. (1993)**, “A Framework Linking Intangible Resources and Capabilities to Sustainable Competitive Advantage”, Strategic Management Journal, Vol. 14, pp. 607-618.
- HAMEL, G. & PRAHALAD, C.K. (1994)**, Competing for the Future, Harvard Business School Press, USA.
- IRANI, S. A, CAVALIER, T.M & COHEN, P.H. (1993)**. Virtual Manufacturing Cells: Using Layout Design and Intercell.
- IRANI, S. A, COHEN, P.H. & CAVALIER, T.M. (1992)**. Design of Cellular Manufacturing Systems. Transactions of the ASME, 114(3), 352-361.
- KAPLAN, R. S. & NORTON, D. P., (1993)**, "Putting the balanced scorecard to work", Harvard Business Review, Sept./Oct., 134 - 147.
- KAPLAN, R. S. & NORTON, D. P., (1996)**, The balanced scorecard - translating strategy into action, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- KAPLAN, R. S. & NORTON, D. P., (2000)**, “Having trouble with your strategy? Then map it”, Harvard Business Review, Sept-Oct. 167-176.
- KATAYAMA, H.; BENNETT, D, J.** Lean Production in a Changing Competitive World: A Japanese Perspective. International Journal of Operations and Production Management, Vol 16, No 2: 8-24, 1996.
- KATAYAMA, H.; BENNETT, D. J.** Agility, Adaptability and Leanness: A Comparison of Concepts and a Study of Practice, International Journal of Production Economics, Vol 60/61: 43-51, 1999.

KAYBDOS, W., (1998), Operational performance measurement - increasing total productivity, St Lucie Press, Boca Raton, London, New York, Washington.

KENNERLY, M. & NEELY, A. D., (2000), “Performance measurement frameworks – a review”, in Performance Measurement – past, present and future, Proceedings of the second international conference on performance measurement, Cambridge, July, Edited by Neely, A. D., 291 – 298.

LEE H.L., PADMANABHAN V. & WHANG S. (1997), “The bullwhip effect in supply chains,” Sloan Management Review, Spring, 38(3), pp.92 – 103.

LEE, W.B.; LAU, H, C. W. Factory on Demand: The Shaping of an Agile Production Network. International Journal of Agile Management Systems, Vol 1, No 2: 83-87, 1999a.

LEE, W.B.; LAU, H, C. W. Multi-Agent Modeling of Dispersed Manufacturing Networks. Expert Systems with 8 ABEPRO International Manufacturing Networks Applications, Vol 16, No 3, 297-306, 1999b.

LEWY & DU MEE, (1998), "The ten commandments of balanced scorecard implementation", Management Control and Accounting, April.

LIEDTKA, J. (1999). Linking competitive advantage with communities of practice, Journal of Management Inquiry, Vol. 8, No. 1, pp.5-16.

LINCOLN, J. R.; AHMADJIAN, C.L.; MASON, E. Organisational Learning and Purchase-Supply Relations in Japan: Hitachi, Matsushita and Toyota Compared. California Management Review, Vol 40, No 3: 241-246, 1998.

LYNCH, R. L. & CROSS, K. F., (1991), Measure Up - The Essential Guide to Measuring Business Performance, Mandarin, London.

MAHONEY, J.T. (1995). “The Management of Resources and the Resource of Managers”, Journal of Business Research, Vol. 33, pp. 91-101.

MALONE T.W. & CROWSTON, K. (1994), “The Interdisciplinary Study of Coordination”, ACM Computing Surveys, Vol.26, No. 1, pp.87-119.

MARINO, K.E. (1996), “Developing consensus on firm competences and capabilities”, Academy of Management Executive, Vol. 10, No. 3, pp. 40-51.

MAURICE BONNEY, MICHAEL HEAD, SVETAN RATCHEV AND IDIR MOUALEK, 2000, ‘A manufacturing system design framework for computer aided industrial engineering’. Int. J. Prod. Res., Vol.38, No 17, 4317-4327.

MCCULLEN P. & TOEILL D.R. (1999), “The impact of agile manufacturing on supply chain dynamics,” The International Journal of Logistics Management, 10(1), pp. 83 – 97.

- MCCUNN, P. (1998)** "The Balanced Scorecard: The Eleventh Commandment", Management Accounting, December, 34-36.
- MEEKINGS, A., (1995)**, "Unlocking the potential of performance measurement: a guide to practical implementation", Public Money & Management, Oct. - Dec., 1 - 8.
- MEYER, M. W. AND V. GUPTA. (1994)** "The Performance Paradox", In Research in Organizational Behavior, Eds. Staw, B. M. and Cummings, L.L., JAI Press, Greenwich, Connecticut, Vol. 16, 309-369.
- MILLS J., & PLATTS K.(2002a)** "Competence and resource based configurations" Proceedings of ENEGEP 2002.
- MILLS J., PLATTS K., BOURNE M & RICHARDS H. (2002b)** "Competing through Competences" Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- MILLS J., PLATTS K., NEELY A. RICHARDS H. & BOURNE M. (2002)** "Creating a Winning Business Formula" Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- MIYAI, J.;** The Redesign of Japanese Management Systems and Practices, APO Productivity Journal, Summer, 1995.
- MRAZ, S.** Building a Manufacturing Network. Machine Design, Vol 69, No 16: 85-89, 1997.
- NAGEL, R. N.; DOVE, R.; GOLDMAN, S.; PREISS, K.** 21st Century Manufacturing Enterprise Strategy: Na Industry Led View. Iacocca Institute, Lehigh University, Bethlehem, PA, 1991.
- NANDA, A. (1994).** "Resources, Capabilities and Competencies" Working Paper, Harvard Business School.
- NATARAJAN, R., and WEINRAUCH, J. DONALD;** JIT and the Marketing Interface. Production and Inventory Management Journal 31, 42 – 46 (1990).
- NEELY, A. D., MILLS, J. F., GREGORY, M. J., RICHARDS, A. H., PLATTSI, K. W., & BOURNE, M.C.S., (1996)**, Getting the measure of your business, Findlay, London.
- NEELY, A. D., MILLS, J. F., PLATTSI, K, W, RICHARDS, A. H., GREGORY, M. J., BOURNE, M. C. S. & KENNERLEY, M. P., (2000)**, "Performance measurement system design, developing and testing a process based approach", International Journal of Production and Operations Management., Vol. 20, No. 9, 1119 - 1145.
- NORTON, D. P., (1997)**, "The Balanced Scorecard", Business Performance Measurement Business Intelligence Conference, London.
- OLVE, N., ROY, J. & WETTER, M. (1999)**, Performance drivers: a practical guide to using the balanced scorecard, John Wiley & Sons, Chichester, UK.

- PENROSE, E.T. (1959)**, The Theory of the Growth of the Firm, Basil Blackwell, Oxford.
- PENTLAND, B.T., OSBORN, C.S., WYNER, G. & LUCONI, F. (1999)**. “Useful Descriptions of Organisational Processes: Collecting Data for the Process Handbook”, Working paper – Center for Co-ordination Science, MIT / Sloan, pp.1-12.
- PLATTS K. W., (1994)**, "Characteristics of methodologies for manufacturing strategy formulation", Computer Integrated Manufacturing Systems, Vol. 7, No. 2, 93-99.
- PLATTS K.W. (1994)** “Characteristics of methodologies for manufacturing strategy Formulation” Computer Integrated Manufacturing Systems, Vol 7 No2.
- PORTER JM, FREER MT, CASE K, BONNEY MC, 1995**, 'Computer Aided Ergonomics and Workplace design', Chap. 20, 574-620 - In ‘Evaluation of human work. A practical ergonomics methodology’ 2nd Edition Ed. J.R.Wilson and E.N.Corlett, Taylor & Francis.
- SCHNEIDERMAN, A., (1999)**, “Why balanced scorecards fail”, Journal of Strategic Performance Measurement, Special edition, 6 – 11.
- SEDECON CONSULTING, (1999)**, Strategic Performance Measurement, Sedecon Consulting, Revontulentie 6, FIN-02100 Espoo, Finland.
- SENGE, P., KLEINER, A., ROBERTS, C., ROSS, R, ROTH, G, & SMITH, B., (1999)**, The dance of change: the challenges of sustaining momentum in learning organizations, Nicholas Brealey Publishing, London..
- SHUKLA, J. (1995)**. Hybrid and Progressive Cellular Layouts for Jobshops. Master of Science thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota, Minneapolis, MN Produção, 7, 3, December 2000.
- SIMONS, R. & DÁVILA, A., (1998)**, "How high is your return on management?", Harvard Business Review, Jan./Feb., 70 - 80.
- SIMONS, R., (1995)**, "Control in an age of empowerment", Harvard Business Review, March/April, 80 - 88.
- STEIN, T.** Keiretsu Comedown. Investment Dealers’ Digest, Vol 68, No 6: 28-36, 2002.
- TEECE, D.J., G. PISANO AND A. SHUEN (1997)**. "Dynamic Capabilities and Strategic Management", Strategic Management Journal., Vol. 18, No. 7, pp. 509-533.
- TONGE, R., LARSEN, P. & PEPPER, J. (2000)**, “Balanced Scorecards and the FTSE: exploratory research”, International Journal of Performance Management, Vol. 2, No. 4, 293 – 310.
- TOWNLEY, B. & COOPER, D., (1998)**, "Performance measures: rationalization and resistance", Performance measurement - theory and practice, July, 1998, Cambridge.

- VASTAG, G.; KASARDA, J. D.; BOONE, T.** Logistical Support for Manufacturing Agility in Global Markets. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol 14, No 11, 1994.
- VITALE, M. R., MAVRINAC S. C. & HAUSER, M., (1994)**, "New process/financial scorecard: a strategic performance measurement system", *Planning Review*, July/ Aug., 12 - 16 & 44.
- WILLIAMSON, O.E. (1999)**. 'Strategy Research: Governance and Competence Perspectives', *Strategic Management Journal*, Vol. 20, pp. 1087-1108.
- WINTER, S.G. (2000)**. 'The Satisficing Principle in Capability Learning', *Strategic Management Journal*, Vol. 21, pp. 981-996.
- YIN R. K. , (1994)**, *Case Study Research, Design and Methods*, 2nd Edition, Sage Publications, Thousand Oaks.
- ZACHARY, K.** Dismantling the Keiretsu. *Ward's Auto World*, Vol 37, No 5: 54-55, 2001.

AZZOLINI, W. J.; SACOMANO, J. B. and PORTO, A. J. V., (2004),
“Tendências do sistema de gestão da produção quanto às habilidades
necessárias para enfrentar os desafios inerentes à estratégia competitiva”,
XXIV ENEGEP, Brasil, Florianópolis.

AZZOLINI, W. J.; SACOMANO, J. B. and PORTO, A. J. V., (2004),
“The Lean Production and Agile Manufacture”, The 9th Cambridge
Symposium on International Manufacturing (CamSIM 2004), Jesus College,
Cambridge, UK (University of Cambridge), 20-21th September.

**TENDÊNCIAS DO SISTEMA DE GESTÃO DA PRODUÇÃO QUANTO ÀS
HABILIDADES NECESSÁRIAS PARA ENFRENTAR OS DESAFIOS INERENTES À
ESTRATÉGIA COMPETITIVA**

Arthur José Vieira Porto

**Professor da USP – Universidade Estadual de São Paulo
Campus – São Carlos**

José Benedito Sacomano

Professor da UNIP – Universidade Paulista

Walther Azzolini Júnior

**Pós Graduação da USP – Universidade de São Paulo
Campus – São Carlos**

Resumo

O presente artigo busca delinear o fio condutor do processo de evolução da Gestão da Produção a partir da revolução industrial, com o intuito de estabelecer a linha tênue que “separa” o Planejamento e Controle da Produção dos paradigmas inerentes a todo processo e das adequações pertinentes ao longo das últimas décadas.

Palavras-Chave

Planejamento e Controle da Produção, Gestão da Produção.

Introdução

À integração entre o Planejamento e Controle da Produção e as adequações pertinentes ao processo de evolução da Gestão da Produção compõe o novo formato de um modelo de abordagem do sistema produtivo atual, considerando como paradigmas de produção Pontualidade; Flexibilidade / Variedade; Produtividade / Custos; Qualidade e Adaptabilidade e adequações do Sistema de Gestão da Produção Manufatura em Massa; Manufatura Enxuta; Manufatura Enxuta e Ágil e Manufatura Responsiva.

Partindo dessa premissa com base na literatura o objeto de estudo passa a ser o início de todo o processo evolucionário da Gestão da Produção a partir do século XVIII até aproximadamente o primeiro terço do século XIX. O objetivo desse artigo é delinear os contornos desse processo e apontar as Tendências do Sistema de Gestão da Produção quanto às habilidades necessárias para enfrentar os desafios inerentes à estratégia competitiva.

Manufatura em Massa

É a partir do século XVIII que a sistemática da divisão econômica do trabalho passa a imperar no âmbito da produção com o intuito de garantir um aumento de produtividade, a qual é intensamente incrementada. Um dos pilares de sustentação desse processo de evolução foi à incorporação das inovações tecnológicas trazidas pela Revolução Industrial a qual impulsionou inúmeras transformações realizadas no âmbito do processo produtivo, garantindo um avanço no sistema produtivo da época. Esses fatos indicam que os paradigmas pertinentes a esse período são o aumento de produtividade e a redução de custo através de grandes volumes de produtos com adequações inerentes a Manufatura em Massa e conhecimento resultante dos princípios da Administração Científica de acordo com a **Tabela 1**.

Tabela 1 – Adequação; Paradigma e Habilidade.

Adequação	Paradigma	Habilidade
Manufatura em Massa	Produtividade / Custo	Especialista

Contudo essa evolução histórica dos sistemas de produção proporciona transformações que impulsionaram nas décadas precedentes do século XIX, com a revolução técnico-científica, mudanças outras relativas às unidades de manufatura transformando-as em fábricas.

Esse processo desencadeia um crescimento extraordinário da indústria seriada, ou seja, a velha época da indústria ensejou a nova durante as últimas décadas do século XIX.

A crescente expansão da indústria de produção seriada, com base no modelo de produção taylorista-fordista, conduz as unidades de produção a apresentarem outras necessidades como a geração de crescentes economias de escala a qual impôs a tendência do surgimento das grandes plantas fabris e o aumento da racionalização e especialização do trabalho, conforme os preceitos da “administração científica” proposta por Frederick Taylor.

A padronização de produtos e partes componentes dos produtos, aliada à concepção de linha de montagem de Henry Ford complementa na época o modelo de produção em massa. Entre as adequações do sistema produtivo que ocorreram até então a produção em massa amarra as perspectivas de melhoria do processo, a produtividade e a padronização. É a partir daí que as grandes organizações produtivas defrontaram-se com a necessidade de estabelecer um conjunto de normas, regulamentos e procedimentos, a fim de melhor coordenar suas atividades, criando também departamentos e /ou setores especializados nessa coordenação.

O estabelecimento de um conjunto de princípios e de funções administrativas da chamada Escola clássica da administração, inspirada principalmente nas idéias de Henry Fayol também contribui para o aprimoramento de todo o processo.

A mesma organização produtiva dos primórdios da industrialização em massa evolui para a burocratização, fundamentada na existência de três elementos: a formalidade, a impessoalidade e o profissionalismo considerado para alguns autores o “tipo ideal de burocracia”.

A organização burocrática torna-se uma consequência dos procedimentos e padrões estabelecidos pela Administração Científica os quais são oportunos para a época e representam um avanço no desenvolvimento de uma sistemática pré-estabelecida de controle e planejamento em várias áreas, gerando uma série de habilidades de grande interesse. Logo uma organização bem estruturada, em termos de regulamentos e procedimentos bem documentados, em que as relações pessoais são marcadas pela impessoalidade e pelo profissionalismo é uma organização burocrática.

É nesse contexto que as mudanças citadas leva-nos a concluir que a partir da 1ª revolução industrial o processo decorrente da economia de escala avança ao longo das décadas e o jargão eficiência e produtividade torna-se o grande foco da manufatura em função da Padronização e da Administração Burocrática.

Notoriamente a difusão da Manufatura em Massa se dá a partir da década de 50 quando a maioria das empresas do segmento automobilístico atingem os níveis de produtividade da Ford. Até então como dito anteriormente a transformação na sistemática de Gestão das empresas enfatiza a padronização de produtos e procedimentos administrativos capazes de adequarem o perfil administrativo do período ao modelo de Manufatura em Massa.

Com base no exposto é oportuno nessa introdução delinear outras três adequações pertinentes ao processo evolucionário da Gestão da Produção, a saber:

1. Manufatura Enxuta (Just in Time);
2. Manufatura Ágil;
3. Manufatura Responsiva.

Manufatura Enxuta (Just in Time)

No auge da Produção em Massa após o término da 2ª guerra mundial o Japão dá início ao programa de reconstrução nacional o qual conduz importantes mudanças no âmbito da produção, reconhecidas no mundo ocidental somente a partir da década de 70 (até então focado nos princípios da Manufatura em Massa), com base nos preceitos da Administração Científica e conhecida posteriormente como Manufatura Enxuta.

Tais mudanças foram proporcionadas por dois visionários da Toyota, Eiji Toyota e Taiichi Ohno. Eles perceberam que a produção em massa jamais funcionaria no Japão por diversos motivos, dentre os quais:

1. O Japão tinha um mercado interno limitado, que demandava uma vasta variedade de veículos, tornando a produção em massa inviável;
2. A força de trabalho nativa do Japão não era propensa a ser tratada como custo variável ou peça intercambiável;
3. Inexistiam no Japão os trabalhador-hóspedes, isto é, trabalhadores temporários dispostos a enfrentar condições precárias de trabalho em troca de remuneração compensadora. Estes indivíduos no ocidente constituíam o grosso da força de trabalho na maioria das companhias de produção em massa;
4. A economia do Japão se encontrava devastada pela guerra.

É a partir destas considerações que Eiji Toyota e Taiichi Ohno desenvolvem e aprimoram uma sistemática própria de gerenciar as empresas japonesas a qual dá origem ao Just in Time, popularmente conhecido, ou Manufatura Enxuta. WOMACK & JONES (1998) definem Manufatura Enxuta como sendo uma nova abordagem segundo a qual existe uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com os clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção.

Dentro desta abordagem tenta-se cada vez fazer mais com menos (menos equipamento, menos esforço humano, menos tempo, etc...). Outros autores em função das peculiaridades do mercado japonês consideram que:

1. Para MASKWELL (1997) mercados imprevisíveis e turbulentos não são adequados para a Manufatura Enxuta;
2. Para MASKWELL (1997) “a Manufatura Enxuta funciona quando o mercado pode ser controlado”;
3. Para MASKWELL (1997) mercados estáveis e previsíveis são os mercados mais adequados para a Manufatura Enxuta;
4. Para MASON-JONES et al (2000) a Manufatura Enxuta atende a necessidade de empresas voltadas a mercados estáveis.

Tais considerações são resultado do contexto do mercado japonês o qual apresenta peculiaridades distintas dos mercados ocidentais.

A Manufatura Enxuta tem como principais objetivos:

1. **Determinar o valor para o cliente** – especificar o valor, ou seja, o que o cliente realmente deseja, é o primeiro passo no pensamento enxuto. Simplesmente oferecer o bem ou o serviço da forma certa pode somente representar desperdício. Portanto antes de iniciar qualquer programa de redução de custos, de ampliação da variedade de produtos ou outro programa de melhoria, é essencial questionar as tradicionais definições de valor e definir o que é realmente necessário sob a óptica do cliente. Este objetivo é bastante focado por WOMACK & JONES (1998);
2. **Identificar a cadeia de valor** – de acordo com WOMACK & JONES (1998) cadeia de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar por todas as etapas de um negócio. A identificação da cadeia de valor inteira para cada produto expõe onde estão ocorrendo os desperdícios. A análise da cadeia de valor quase sempre mostra que ocorrem três tipos de ação ao longo de sua extensão: (i) Muitas etapas certamente criam valor; (ii) outras etapas não criam valor, mas são inevitáveis com as atuais tecnologias e ativos de produção e (iii) muitas etapas adicionais não criam valor e devem ser evitadas imediatamente. Autores como DENNIS et al (2000) e SULLIVAN et al (2002) trabalham com a análise da cadeia de valor e com o seu objetivo, o Mapeamento do Fluxo de Valor.
3. **Trabalho em fluxo/simplificação do fluxo** – de acordo com este princípio deve-se, uma vez identificado o valor e a cadeia de valor, focalizar o objetivo real – o projeto, o pedido ou o produto – e jamais deixar que esse objeto se perca do início à conclusão. Para isto deve ignorar as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais, funções (freqüentemente organizadas em departamentos) e empresas para criar uma empresa enxuta, eliminando todos os obstáculos ao fluxo contínuo do produto. De acordo com ROTHER & SHOOK (1998), referente à produção propriamente dita, a idéia de fluxo

contínuo é realizada de duas formas gerais: i) com a utilização do sistema kanban para conexão de células de produção e ii) através da produção em fluxo unitário (on piece flow). STORCH & LIM (1999) trabalham com este princípio na indústria de construção de navios.

A interação do mundo ocidental com os princípios propostos e relacionados acima e aplicado na indústria japonesa se dá por necessidade em função de um processo de desescala da demanda de produtos como consequência da crise do petróleo em 1973, aumento da concorrência, entrada das empresas japonesas no mercado americano e consequente queda de demanda a nível mundial.

As dificuldades enfrentadas em função desse novo cenário da economia mundial convergem para a inversão da relação produto demanda a partir de 1985 quando as condições de mercado se assemelham as mesmas condições enfrentadas pelo Japão durante o pós-guerra, principalmente em relação ao volume a ser produzido e a qualidade dos produtos, o que abre espaço para a inserção desses mesmos princípios no mundo ocidental.

Fica evidente a partir do que foi exposto que a adequação do sistema através da produção enxuta, expressão citada por WOMACK et al. (1992) com referência ao sistema de manufatura desenvolvido pela Toyota Motor Co. abrange novas técnicas administrativas e novas formas de organização industrial. Com base na experiência da indústria japonesa (toyotismo) e em conjunto com o advento do paradigma tecnológico da microeletrônica e dos sistemas flexíveis de produção as organizações produtivas são induzidas a reverem seus princípios inerentes ao sistema pela necessidade de readaptação à flexibilidade, e de reencontrarem sua capacidade inovadora.

Com o surgimento de novos cenários a partir da década de 90, como a unificação européia em 1992 a qual garantiu a formação de um dos maiores mercados consumidores do mundo globalizado, novos procedimentos inerentes às adequações do sistema produtivo as estratégias competitivas permitiram que um maior número de empresas passassem a produzir em escala mundial, com ênfase em qualidade e satisfação do cliente, impulsionando o avanço dos investimentos nas unidades fabris e aprimorando os preceitos da Manufatura Enxuta, induzindo novas adequações.

Todos esses fatores atrelados à nova conjuntura econômica internacional tendem a promover novas alterações à dinâmica da evolução de todo o sistema, promovendo mudanças a cada ciclo do processo de evolução. É nesse sentido que afirmamos que novos cenários influenciaram o processo evolucionário de aprimoramento dos sistemas de produção com relevada importância, criando a necessidade de novas habilidades.

A própria Manufatura Enxuta sofreu adequações com as alterações de cenário ocorridas no Japão a partir da década de 90 através do aumento do Yen, da queda da demanda doméstica e do desinteresse dos jovens japoneses em trabalharem nas indústrias em função da excessiva carga de trabalho. As novas configurações no ambiente produtivo, como as equipes de Kaizen, que tem como objetivo melhorar a performance da manufatura é o resultado de uma nova fase da produção enxuta, a produção enxuta e ágil.

Foi o momento em que ganharam relevância os sistemas produtivos e organizacionais mais flexíveis, de produção enxuta (lean production) e de manufatura ágil (agile manufacturing).

Manufatura Ágil

Em 1991 em função de uma solicitação de estudo do congresso norte-americano ao Iacocca Institute, para definir as **bases da indústria do próximo século** surge o termo Manufatura Ágil, o que no entender do autor desse trabalho representa um aprimoramento dos preceitos da Manufatura Enxuta o qual também representa mais uma adequação do processo evolucionário da gestão da produção. A pesquisa deveria definir como as empresas americanas poderiam voltar a ser, competitivas internacionalmente, fazendo frente às novas potências industriais e principalmente ao Japão. Um grupo de pesquisa constituído de 15 executivos, 4 pesquisadores e 1 representante do governo encarregaram-se da tarefa.

O resultado deste esforço foi apresentado em um relatório dividido em dois volumes, com o seguinte título: *21st Century Manufacturing Strategy*. A partir de então, o termo manufatura ágil e agilidade, se difundem e vários movimentos de estruturação da rede ágil americana começaram a se tornar correntes.

O termo Manufatura Ágil (MA) foi popularizado a partir de 1991, após a publicação do relatório (GOLDMAN, et al, 1991), o qual mostrava que um novo ambiente de manufatura estava surgindo na época. Este novo ambiente foi caracterizado pela incerteza e por mudanças constantes.

Para BUNCE & GOULD (1996), os negócios do século XX terão que superar os desafios de consumidores buscando produtos de alta qualidade e baixo custo, além de resposta rápida a suas necessidades específicas e em constante transformação.

De acordo com GUNASEKARAN (1999) a Manufatura Ágil está exatamente relacionada a novas maneiras de se gerenciar a empresa para enfrentar tais desafios. A partir da definição de diversos autores (SHARIFI & ZHANG, 1999; De VOR et al 1997; dentre outros) entendemos que a Manufatura Ágil é aquela que possui como objetivos principais: responder a mudanças inesperadas de maneira correta e no tempo devido e saber explorar estas mudanças, entendendo-se como uma oportunidade, um meio de ser lucrativo.

De acordo com Kidd (1994, p.10), a **manufatura ágil** pode ser considerada como a integração da organização, pessoas altamente capacitadas e tecnologias avançadas para obter cooperação e inovação em resposta à necessidade do fornecimento de produtos customizados e de alta qualidade aos clientes. Essa definição parece ir de encontro às necessidades do novo ambiente de mercado apresentadas anteriormente. A manufatura ágil é extremamente adequada a **ambientes de mudanças rápidas** e com **alta incerteza**. O mesmo autor apresenta uma estrutura conceitual genérica para a manufatura ágil. Obviamente, como em qualquer outra estrutura genérica, seus elementos devem ser adaptados aos casos específicos. O empreendimento da manufatura ágil deve ser elaborado tendo-se em mente cinco princípios básicos, sem ordem de importância, podendo ser definidos como (Kidd, 1994): 1) mudança contínua; 2) resposta rápida; 3) melhoria da qualidade; 4) responsabilidade social; 5) foco total no cliente.

Esses princípios básicos são uma síntese do que algumas empresas vêm buscando atualmente, só que de uma forma isolada.

Como exemplo podemos citar os esforços exercidos por montadoras de veículos sob seus fornecedores para obtenção da qualidade assegurada, em contra partida raramente algo como a busca pela responsabilidade social é levada em consideração.

Para alcançarmos esses conceitos, devemos tratar algumas características genéricas do empreendimento, ao invés de se tentar soluções para problemas localizados. As características genéricas devem ser adaptadas a cada empreendimento e de maneira alguma podem ser consideradas como “fórmulas de sucesso”.

Podemos afirmar a partir do exposto que a evolução das adequações do Sistema de Gestão da Manufatura a nível internacional está diretamente relacionada às mudanças de filosofia da estratégia de manufatura de acordo com as circunstâncias da economia e dos negócios. Na década de noventa a ênfase da produção enxuta como mencionado era a minimização do custo e do lead time. A rede ágil surge da necessidade de projetos de rede capazes de respostas mais rápidas as mudanças de demanda. Nesse contexto a ênfase a estrutura de custos e a sustentabilidade com crescimento equilibrado garantindo o crescimento social e econômico levam as empresas a rever a relação dos sistemas produtivos com o meio ambiente no qual está inserida de acordo com a Figura 2.

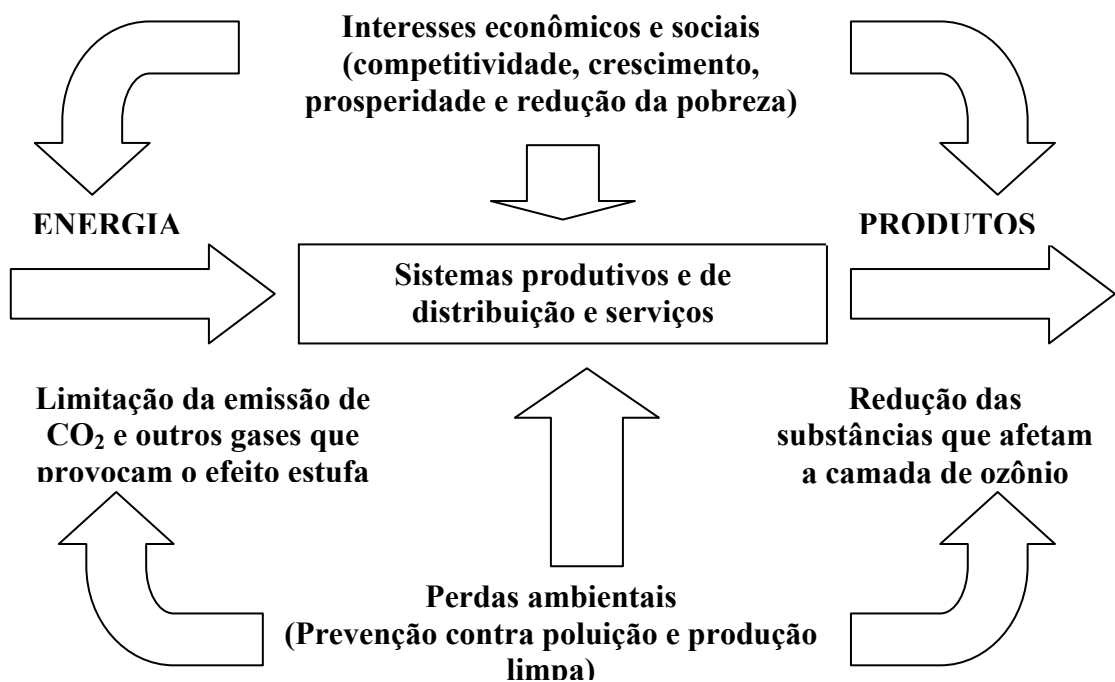
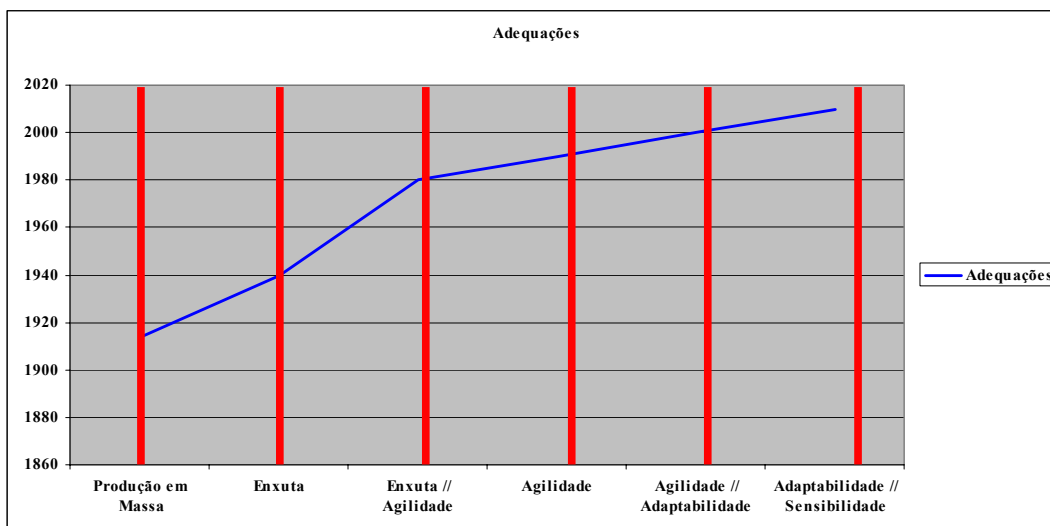


Figura 2 – A agenda da sustentabilidade e suas influencias sobre as redes de manufatura.

Fonte: BENNET (2002)

A partir desses novos estudos e novos cenários na década de 90 o mundo ocidental passa a pesquisar o sistema *Just-In-Time* em um contexto mais geral o qual confunde-se com termos como “manufatura de classe mundial” e “busca pela excelência na manufatura”, cunhados respectivamente por HALL (1988) e WOMACK et al. (1992). De acordo com o processo evolucionário do Sistema de Gestão da Produção a transição das adequações dos sistemas de produção a partir da década de 80 conforme ilustra a Figura 3 demonstra uma adequação do sistema produtivo a cada ponto de inflexão da curva de evolução das adequações em função do tempo, ou seja, sistema da produção ágil, adaptável e sustentável (ganho em sensibilidade).



3 – Evolução das adequações do sistema de Produção

Se analisarmos a curva de evolução da Figura 3 é possível concluir que a cada alteração ou adequação do sistema há rompimentos de determinados paradigmas (Adaptabilidade; Pontualidade; Flexibilidade / Velocidade; Qualidade; Produtividade e Custo) e acréscimos e melhoramentos de outros influenciados pela mutação dos cenários do mercado internacional.

De acordo com a Figura 3 o auge da produção enxuta no ocidente se dá na década de 80, onde o modelo flexível de produção ganha grande ênfase. Fica evidente essa conclusão ao observarmos a Figura 4 a qual ilustra no processo de evolução o acréscimo de paradigmas caracterizado pelos pontos de transição, o que apóia a consideração de que as adequações influenciam a manutenção ou não, a melhoria ou não dos paradigmas de acordo com o cenário imposto pelo mercado exigindo novas habilidades da empresa para enfrentar os novos desafios. O que garante a formatação dessas novas habilidades são os colaboradores de acordo com a frequência de treinamento que recebem e o grau de experiência que possuem.

É nesse contexto que a idéia dos trade offs entre os objetivos da manufatura foi proposta pela primeira vez por SKINNER (1969). Em sua opinião, os trade offs existem no projeto e operações dos sistemas de produção e esse fato deve ser levado em consideração quando são projetados os sistemas de produção, o que depende das habilidades.

Portanto, de acordo com este autor, as empresas devem concentrar seus esforços em um número reduzido de objetivos (de preferência somente um objetivo), pois um espectro amplo de habilidades demanda tempo e investimento nos Recursos Humanos lembrando que é praticamente impossível uma empresa resgatar todas as habilidades necessárias para o seu negócio. Esta opinião é suportada por outros autores (HAYRES & WHEELWRIGHT, 1984; MILLER, 1983; SKINNER, 1992).

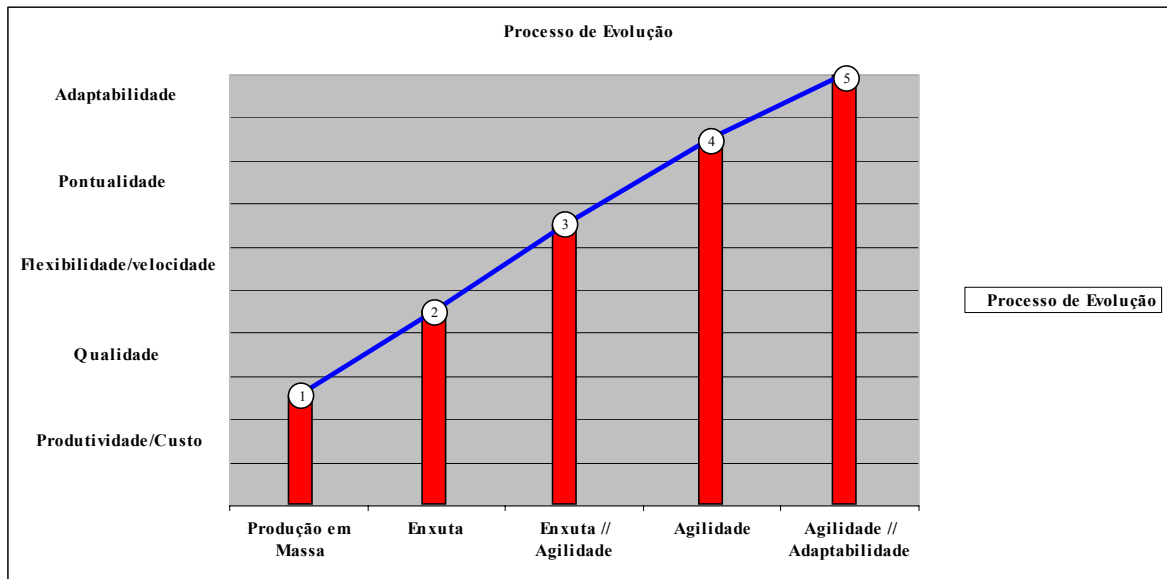


Figura 4 – Processo de evolução das adequações do sistema produtivo às estratégias competitivas

Dentre os objetivos da Manufatura Enxuta e Ágil é possível mencionar de acordo com GODINHO (2004) algumas habilidades:

1. Produtividade – habilidade do sistema de produção de satisfazer à demanda em termos de baixo custo;
2. Qualidade – habilidade do sistema de produção satisfazer à demanda em termos da performance dos produtos/serviços. Performance pode abranger muitas dimensões;
3. Flexibilidade – habilidade do processo em responder a mudanças no mix de produção; portanto, a redução de set up é crucial para se obter flexibilidade;
4. Pontualidade – habilidade do sistema de produção em satisfazer as necessidades dos consumidores em termos de prazos de entrega;
5. Velocidade – habilidade do processo em responder às mudanças de volume de produção (portanto, aumentar a velocidade do processo para se diminuir o tempo de ciclo é crucial para se obter velocidade);
6. Responsividade – compreende as dimensões de velocidade, pontualidade e flexibilidade;
7. Adaptabilidade – habilidade da equipe de projeto de produto lançar novos produtos, satisfazendo as necessidades dos consumidores em termos de novos produtos ao longo do tempo.

A partir desses preceitos BENNETT D. (2002) identifica a necessidade de ajustar a performance de custo em função da demanda afirmando que o que levou as organizações a buscarem a habilidade inerente do uso eficiente de recursos provocando uma nova adequação do sistema para o da produção adaptativa foram às adequações do sistema perante novos cenários de acordo com a Figura 5.

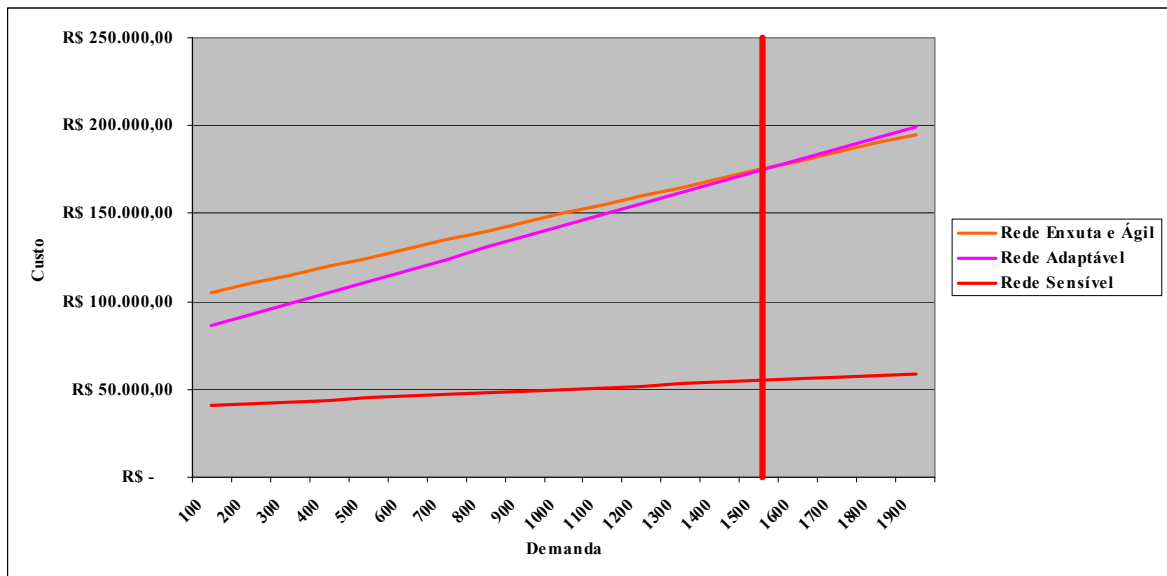


Figura 5 – Demanda x Custo

É através da adequação dos paradigmas em preço, qualidade, quantidade, distribuição e especificação dentre outras variáveis que as estratégias das empresas objetivam garantir:

1. Valor de atendimento ao cliente;
2. Valorização do conhecimento humano;
3. Parcerias;
4. Estar aberto a mudanças.

De acordo com SIPPER & BULFIN (1997) no ambiente competitivo atual “o consumidor está buscando maior variedade, menor custo e altíssimos padrões de qualidade”. Tal processo de evolução é resultado da performance japonesa nas vendas domésticas na faixa de oito milhões por ano correspondendo a $\frac{1}{4}$ das vendas mundiais. A empresa japonesa lança um novo modelo a cada 2 anos enquanto as empresas européias e americanas a cada 4 ou 5 anos. Logo as redes Keiretsu caminham para as redes sustentáveis ou sensíveis de acordo com a realidade de mercado mutável pela conjuntura do momento e definida por pressões externas como efeito da globalização ZACHARY (2001). As três áreas chaves (ou dimensões) da sustentabilidade são:

1. Crescimento econômico e equidade;
2. Conservação dos recursos naturais e o ambientais;
3. Desenvolvimento social.

Até aqui podemos citar dentro do processo em análise qual a evolução pertinente às adequações abordadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Adequação; Paradigma e Habilidade.

Adequação	Paradigma	Habilidade
Manufatura em Massa	Produtividade / Custo	Especialista
Manufatura Enxuta	Desperdício / Qualidade / Treinamento / Flexibilidade	Novas Técnicas Administrativas e novas formas de organização industrial
Manufatura Enxuta e Ágil	Qualidade / Custo / Tecnologia / Padrão de Customização	Resposta Rápida

É a partir desse desdobramento que a Manufatura Ágil converge para a Manufatura Responsiva, também denominada competição baseada no tempo, primeiramente proposta por STALK & HOUT (1990).

Manufatura Responsiva

O conceito de Manufatura Responsiva surgiu alguns anos antes, com a publicação de diversos trabalhos relacionados ao tempo (STALK, 1988; BOWER & HOUT, 1988). Como o próprio nome diz, a Manufatura Responsiva enfatiza o tempo como principal diferencial competitivo. BLACKBURN (1991a) cita que a manufatura baseada no tempo deve implementar uma série de métodos destinados a reduzir o tempo de resposta aos clientes. Para BOOTH (1996), esta nova estratégia de gestão da manufatura enfatiza a redução do tempo de desenvolvimento do produto e do tempo de produção como fatores vitais para o aumento da competitividade de uma empresa. Para HANDFIELD (1995) esta ênfase na redução do tempo não é crítica se pensada como um fim em si mesma; são os benefícios desta redução que tornam a Manufatura Responsiva atraente. Dentre estes benefícios é importante citar: menos estoques, maior rapidez no atendimento ao cliente e na inovação, maiores fluxos de caixa e maiores lucros. A denominação Manufatura Responsiva vem de autores como KRITCHANCHAI & MACCARTHY (1998) e FERNANDES & MACCARTHY (1999), os quais entendem que a Manufatura Responsiva tem como principal objetivo ganhador de pedidos não somente o tempo, mas a responsividade, pois procura atender também os objetivos ligados ao tempo (rapidez e pontualidade) e a variedade (alta variedade de coisas distintas). Portanto, assim como estes autores, é importante entender que atingir a Manufatura Responsiva significa ser rápido, pontual e ter uma alta variedade de produtos. Apesar da denominação da Manufatura Responsiva estar ligada à manufatura, seu escopo está relacionado a toda a Produção. Nas palavras de HANDFIELD (1995): “a competição baseada no tempo não se refere somente à manufatura – toda a Produção deve ser envolvida”. No caso da Manufatura Responsiva a existência de clientes que desejam a alta responsividade, deve estar disposta a pagar preços mais altos por diferenciais em tempo e variedade oferecidos pelo competidor baseado no tempo.

Nas palavras de STALK & HOUT (1990) “ao abordar a oportunidade de se utilizar o tempo como vantagem competitiva, os executivos têm de determinar, primeiro, se existe a oportunidade de se tornar concorrente baseado no tempo no seu setor de atividade”. A Figura 6 ilustra o fluxo que impulsiona tais adequações.

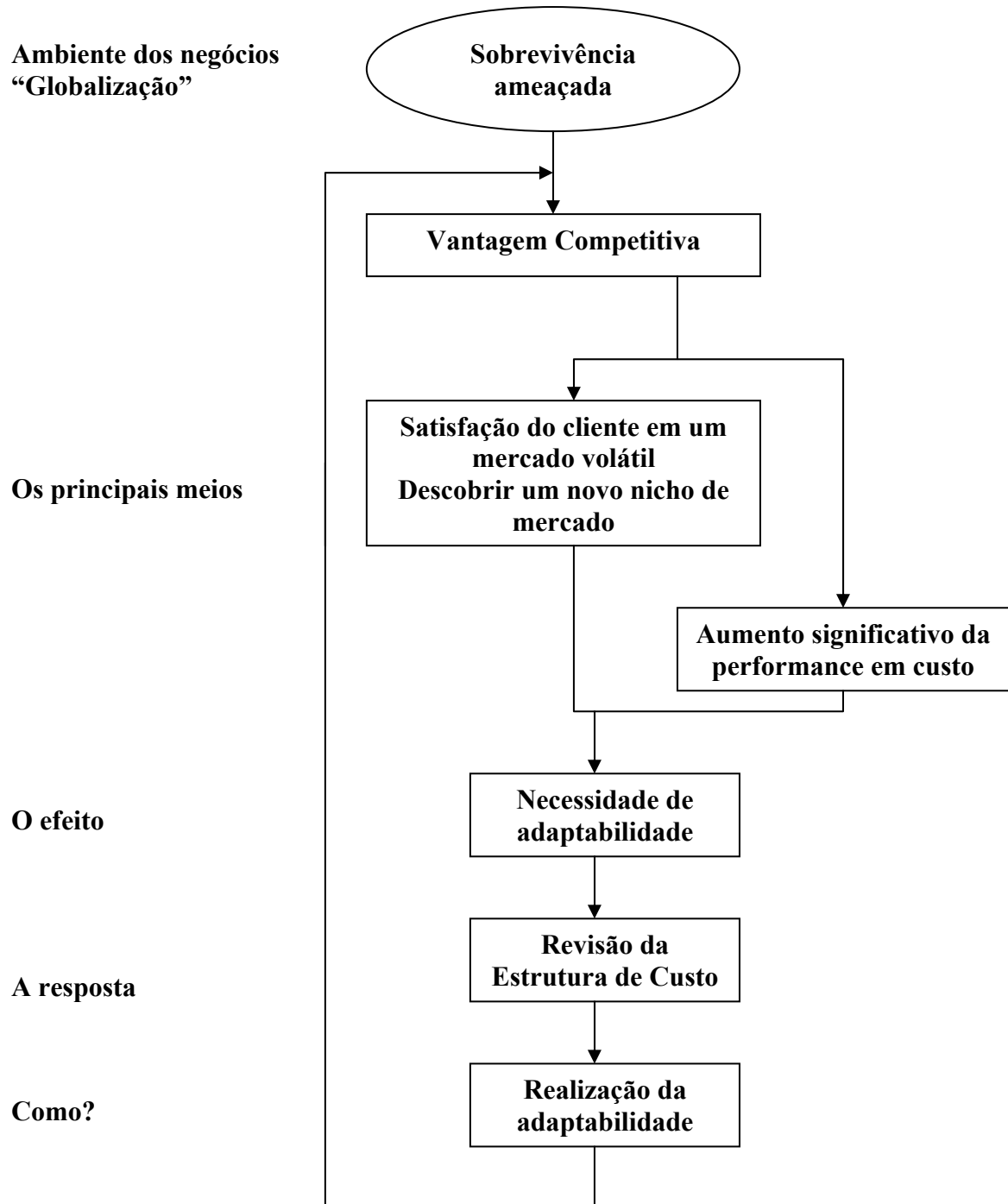


Figura 6 – A estratégia da sobrevivência no ciclo da manufatura.

Fonte: BENNET (2002)

Portanto uma análise de mercado se torna crucial antes da decisão de se tornar um concorrente baseado no tempo. Neste contexto é importante relacionar as principais idéias referentes à Manufatura Responsiva através de uma revisão bibliográfica completa descrita a seguir:

- 1. Fornecer aos clientes ampla diversidade de produtos** – de acordo com este princípio, a Manufatura Responsiva deve fornecer aos clientes ampla variedade de produtos aos clientes. Esta ampla variedade, diferentemente da Manufatura Enxuta, é a denominada variedade (coisas distintas) ou diversidade.
- 2. Estabelecer o ritmo da inovação no seu setor industrial** – de acordo com STALK & HOUT (1990) a empresa baseada no tempo deve estender sua vantagem de resposta a toda a organização. Isto faz com que o desenvolvimento de novos produtos tenha uma função importante na rápida introdução de novos produtos no mercado. Neste princípio vemos a ênfase dada ao objetivo adaptabilidade, o qual, é um objetivo a ser alcançado pela Manufatura Responsiva. Porém, como bem salienta HANDFIELD (1995), a inovação do tipo incremental é preferível, uma vez que inovações radicais (breakthrough) tendem a aumentar o lead time de projeto, o que não vai de encontro aos objetivos da Manufatura Responsiva. Portanto este objetivo é qualificador.
- 3. Sincronização da programação da produção e das capacidades na Produção** – a sincronização da programação da Produção está relacionada à idéia básica de que todos os fornecedores devem realizar entregas coordenadas dos produtos que a empresa cliente irá utilizar. Esta sincronização pode ser conseguida, por exemplo, via utilização do EDI (HANDFIELD, 1995). Além da sincronização na programação, também as capacidades devem ser sincronizadas entre os níveis da cadeia. Isto porquê, capacidade desbalanceada favorece o aparecimento de gargalos produtivos, os quais dificultarão a entrega dos produtos no prazo para os clientes. A gestão de capacidade nas empresas depende em muito de um correto planejamento e controle da produção.
- 4. Área de projetos voltada para reduzir a complexidade dos produtos e para facilitar a manufatura** – de acordo com HANDFIELD (1995) a redução da complexidade do produto e uma constante busca para facilitar a manufatura logo no estágio do projeto traz consideráveis reduções no lead time de projeto. Para se conseguir isto várias ferramentas são necessárias: análise/engenharia de valor, DFMA (Design For Manufacturing and Assembly), engenharia simultânea.

As ferramentas, tecnologias e metodologias que devem ser implantadas à Manufatura Responsiva para que forneça resultados de acordo com os objetivos estratégicos priorizados de acordo com os mais importantes trabalhos sobre Manufatura Responsiva encontrados na literatura estão estruturados a seguir:

- 1. Utilizar medidas de desempenho baseadas no tempo** – para STALK & HOUT (1990) “as empresas baseadas no tempo utilizam a mensuração baseada no tempo como ferramenta para um diagnóstico que abrange toda a companhia e para estabelecer metas básicas das operações”. De acordo com estes autores as principais medidas de desempenho baseadas no tempo e que são utilizadas por estas empresas são: (i) com relação ao desenvolvimento de novos produtos: tempo decorrido da concepção até o mercado (time to market); (ii) com relação à produção: tempo de ciclo, giro de estoque, valor agregado como percentual do tempo total transcorrido; (iii) com relação à tomada de decisão: tempo do ciclo da decisão, tempo perdido por espera de decisão; (iv) com relação ao grau de atendimento aos clientes: tempo de resposta, porcentagens das entregas no tempo devido, relação entre prazo fornecido e real. HANDFIEL (1995) propõe outras medidas: tempo de fila em relação ao tempo de resposta total do sistema de produção; lead time da empresa em relação ao lead time médio da indústria, dentre outros. Utilizamos estas medidas de desempenho quando tratamos de nossa proposta para a implantação prática da Manufatura Responsiva.
- 2. Organizar o trabalho ao redor da “seqüência principal”** – esta ferramenta é análoga ao Mapeamento do Fluxo de Valor proposto por diversos autores da Manufatura Enxuta (WOMACK & JONES, 1998; ROTHER & SHOOK, 1998). A “seqüência principal”, nas palavras de STALK & HOUT (1990) são atividades que agregam valor ao cliente. Ainda segundo estes autores, estas atividades devem ser identificadas e organizadas em uma seqüência clara e organizada; todos os tempos que não são relativos a estas atividades devem ser combatidos. Dentro desta análise uma ênfase grande deve ser dada ao sistema de gestão de pedidos. HANDFIELD (1995) propõe um sistema de gestão de pedidos responsivo.
- 3. Reduzir ao máximo os tempos de set up** – para KOUTFTEROS et al (1998) esforços devem ser feitos para a redução dos tempos de set up. De acordo com TU et al (2001) estes esforços eliminam tempo que não agregam valor (desperdício), aumentando a responsividade do sistema. Dentro deste contexto, MILEHAM et al (1999) desenvolve uma série de regras relativas ao projeto de máquinas, equipamentos e produtos que levam a significativas reduções nos tempos de troca de máquinas, tornando o sistema mais responsivo. Esta idéia de que as trocas rápidas são um pré-requisito para a responsividade é praticamente uma unanimidade na literatura de Gestão da Produção, sendo que também os autores que tratam da Manufatura Enxuta (como por exemplo, MONDEN, 1984) enfatizam bastante esta ferramenta. Outros métodos de redução de set up na Manufatura Responsiva são citados por KOUFTEROS et al (1998): utilização de ferramentas especiais para trocas rápidas, treinamento de funcionários para trocas rápidas, dentre outras.

4. **Reduzir os tamanhos de lote** – HANDFIELD (1995) enfatiza esta ferramenta, defendendo que grandes lotes de produção representam tempo perdido na produção e geração de estoques desnecessários, portanto medidas devem ser tomadas para a redução dos tamanhos de lotes, o que trará uma maior responsividade ao sistema de produção.
5. **Tecnologia de Grupo** – esta também é uma ferramenta análoga à Manufatura Enxuta. A utilização da tecnologia de grupo na Manufatura Responsiva está relacionada aos seguintes benefícios: redução no tempo de resposta, redução dos tempos e custos do manuseio de materiais, redução de estoques em processo, dentre outros (TU et al, 2001).
6. **Manutenção Produtiva Total (TPM)** – também é uma ferramenta análoga à Manufatura Enxuta. No caso da Manufatura Responsiva esta ferramenta evita que máquinas e processos não confiáveis levem a aumentos nos tempos de produção e conseqüentes atrasos nos prazos dos clientes (TU et al, 2001).
7. **Trabalhar com uma rede de fornecedores confiável com relação aos prazos** – fornecedores confiáveis ajudam a diminuir o lead time da obtenção dos suprimentos, reduzindo o tempo de resposta do sistema de produção. Vários trabalhos trazem evidências empíricas desta afirmação (BLACKBURN, 1991c; HANDFIELD & PANESI, 1992). Por esta razão esta ferramenta é vital para a Manufatura Responsiva e está extremamente ligada aos princípios de sistema de trabalho integrado em toda a Produção e à escolha do tempo como parâmetro crucial do negócio. Além disso, estes fornecedores devem se envolver o mais cedo possível no projeto de novos produtos e ser continuamente avaliado (HANDFIELD, 1995).

Responsividade significa ter os paradigmas velocidade, pontualidade e flexibilidade de curto prazo como objetivo ganhador de pedido e flexibilidade de longo prazo e adaptabilidade como qualificadores. Em outras palavras responsividade não significa somente fornecer aos clientes ganhos com relação ao objetivo tempo, mas sim fazer isso fornecendo também alta variedade (diversidade) e também lançando rapidamente novos produtos no mercado (adaptabilidade). Além desses objetivos, também a qualidade e a produtividade são qualificadores na Manufatura Responsiva.

Segundo GODINHO (2004) é importante evidenciar que a Manufatura Responsiva está relacionada às estratégias assembly to order e make to order. Ainda segundo GODINHO (2004) essa evidência se faz importante pelo fato de que a estratégia make to stock dificilmente permitirá responsividade igual a estes sistemas, pois seu tempo de resposta é composto somente pelo lead time de distribuição, uma vez que produtos já se encontram em estoque.

Na realidade é no Controle da Produção que residem as melhores oportunidades de melhoria na responsividade da empresa. Esta opinião é suportada por diversos autores. Por exemplo, para PIRES (1995), o tempo de resposta (e, portanto a responsividade) é a prioridade competitiva que tem uma ligação mais estreita e dependente das atividades de planejamento e controle da produção.

Outros autores como STEELE & MALHOTRA (1997); BURBIDGE (1988); ZELENOVIC & TESIC (1988); KAKU & KRAJEWSKI (1995); SPEARMAN et al (1990); FERNANDES (2003b); MACCARTHY & FERNANDES (2000) e outros afirmam que sistemas repetitivos, não repetitivos e semi-repetitivos assim como empurrados ou puxados podem levar a altos níveis de responsividade dependendo da configuração do sistema de produção, adotado pela empresa. Tal consideração leva-nos a concluir que todo o esforço despendido na escolha do sistema de planejamento e controle da produção tem grandes chances de garantir a responsividade.

Os próprios HANDFIELD & PANESI (1992, 1995), autores que tratam da Manufatura Responsiva, citam que melhoria nas atividades de planejamento, programação e controle da produção levam a uma maior pontualidade nas entregas (eles só não se aprofundam no que poderia ser feito para se conseguir melhorias no sistema).

Além disso, é consenso na literatura que as complexidades das atividades de Controle da Produção aumentam conforme se trabalha com maior variedade (exatamente o caso da Manufatura Responsiva) e, portanto na Manufatura Responsiva é necessário um sistema de Controle da Produção exatamente eficaz e que enfrente este desafio.

A Figura 7 ilustra a relação e o poder de influencia do ambiente externo nas estratégias competitivas das empresas que por sua vez influencia as adequações do sistema produtivo às estratégias competitivas e conseqüentemente aos paradigmas relacionados no processo de mutação, ficando claro que o sucesso do sistema depende de modo direto da configuração do Planejamento e Controle de Produção da Empresa desde o sistema de controle adotado até as configurações de operação dependendo diretamente das habilidades inerentes a natureza da empresa, ou seja, qual o valor do ativo humano mantido pela empresa quanto ao conhecimento acumulado ao longo do tempo.

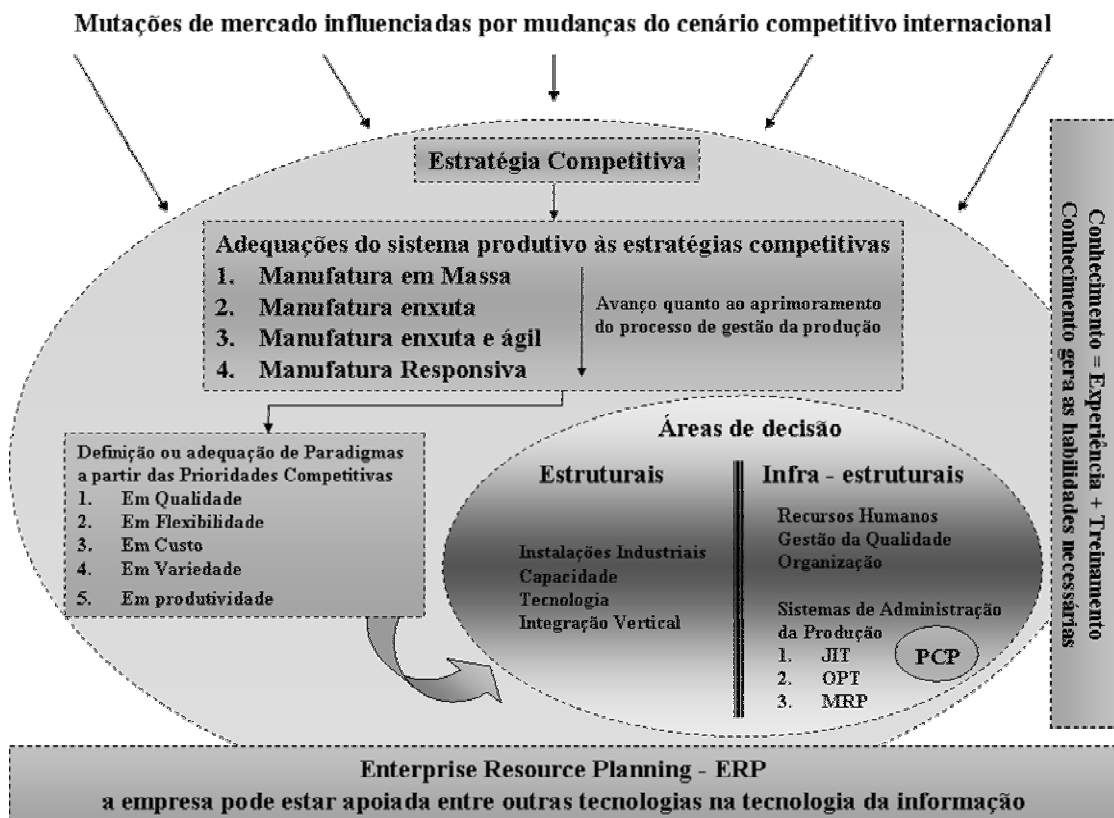


Figura 7 - Escopo dos ambientes relacionados às mutações do Sistema de Administração de Produção

A Tabela 3 ilustra o processo de evolução com ênfase nas quatro adequações relacionadas aos paradigmas e as habilidades.

Tabela 3– Adequação; Paradigma e Habilidade.

Adequação	Paradigma	Habilidade
Manufatura em Massa	Produtividade / Custo	Especialista
Manufatura Enxuta	Desperdício / Qualidade / Treinamento / Flexibilidade	Novas Técnicas Administrativas e novas formas de organização industrial
Manufatura Enxuta e Ágil	Qualidade / Custo / Tecnologia / Padrão de Customização	Resposta Rápida
Manufatura Responsiva	Tempo / Flexibilidade	Responsabilidade / Adaptabilidade

GODINHO (2004) define os princípios, os objetivos e as ferramentas das adequações do sistema produtivo às estratégias competitivas de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Princípios, Objetivos e Ferramentas das adequações do Sistema Produtivo.

Adequação	Princípios	Ferramentas	Objetivos
Manufatura em massa	Alta especialização do trabalho; foco em clientes sensíveis aos baixos preços; padronização do produto, sendo que alguma diferenciação é possível; foco na eficiência operacional/alta produtividade.	Economia de escala; uso intensivo de máquinas especializadas; ambientes de produção em massa; roteiros estritamente fixos e inflexíveis.	produtividade
Manufatura enxuta	Foco total na qualidade; fornecer ao cliente ampla diferenciação de produtos, com pouca diversidade; identificar cadeia de valor e eliminar desperdícios; produção puxada (JIT); busca da perfeição; autonomia/qualidade seis sigma; gerenciamento visual voltado à qualidade.	Trabalhar com ambientes repetitivos; Seis Sigma; Kanban.	qualidade
Manufatura responsiva	Escolher o consumo de tempo como parâmetro crucial; fornecer aos clientes ampla diversidade de produtos; direcionar a empresa para aos clientes mais atraentes e sensíveis ao tempo; estabelecer o ritmo de inovação do setor industrial; sistema integrado de trabalho em toda a cadeia e estruturado para a eliminação de tempos desnecessários; sincronização da programação da produção e das capacidades na Produção; utilizar Sistemas de Administração da Produção responsivos; escolher sistemas de programação com capacidade finita para complementar o Sistema de Administração da Produção.	Utilização de medidas de desempenho baseadas no tempo; existência de uma rede de fornecedores confiável; tecnologias e sistemas de informação voltados para melhoria da integração interna e melhorias da eficiência no quesito tempo; ferramentas voltadas à redução do tempo de desenvolvimento de novos produtos; sistemas de produção, na maioria das vezes, semi-repetitivos, Sistemas de Administração da Produção responsivos (sistema de alocação de carga por encomenda); sistema de programação da produção com capacidade finita; sistema de classificação e metodologia para a escolha de sistemas de programação da produção.	responsividade
Manufatura ágil	Cooperação interna e externa para o aumento da competitividade; estratégia baseada no valor, a qual enriqueça o cliente; domínio das mudanças e incerteza; “alavancar” o impacto das pessoas e da informação; redução dos ciclos de vida dos processos e da empresa.	Empresa virtual/manufatura virtual; integração da Produção voltada para a formação de parcerias virtuais; gestão baseada em competências chave; gestão baseada na incerteza e na mudança; gestão baseada no conhecimento; tecnologia e sistemas de informação voltados para a integração entre empresas visando parcerias; Sistemas de Administração da Produção voltados especialmente à Manufatura Ágil.	agilidade

Conclusões

A conclusão perfaz identificar com base na literatura atual a definição conceitual das adequações do sistema produtivo às estratégias competitivas e estabelecer as relações existentes entre os paradigmas, as adequações, às habilidades necessárias, e os Sistemas de Administração da Produção. A partir daí responder as questões relacionadas abaixo e constatar a justificativa dessa através das empresas estudadas como:

1. Quais são as adequações do sistema produtivo às estratégias competitivas e qual a relação entre as adequações e os Sistemas de Administração da Produção;
2. Quais são os paradigmas de influência em cada adequação do sistema produtivo às estratégias competitivas e qual o grau de influência em cada ponto de inflexão da curva de evolução;
3. Em cada tipo da classificação de Manufatura existente na literatura o que se comprova é um processo de aprimoramento decorrente das mutações dos cenários do mercado internacional através das adequações, o que não condiz com a existência de grandes diferenciais entre os diferentes tipos de Manufatura citados na literatura;
4. Demonstrar na prática a aplicação dos conceitos definidos no trabalho através de um estudo de caso benchmarking e as dificuldades de avanço nos sistemas produtivos dos conceitos definidos em cada adequação apresentada.

É com o objetivo de delinear o processo de integração da estratégia de produção com o planejamento e controle da produção no contexto atual das empresas brasileiras que este trabalho identifica a evolução do sistema produtivo mundial no qual está inserido também tal processo de integração entre as estratégias competitivas e o planejamento e controle da produção (o qual representa para o autor o ponto de referência para todo o processo de evolução e integração).

Bibliografia

- AHLSTROM, P. and KARLSSON, C.;** “Change processes towards lean production: the role of the management accounting system, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, número 11, pp. 42-56, 1996.
- ALLEN, J. H.;** “Make lean manufacturing work for you”, *Manufacturing Engineering*, vol. 6, pp. 54-64, 2000.
- ALVAREZ, R. R. & ANTUNES Jr., J. A. V.;** “Takt time: Contexto e Contextualização dentro do Sistema de Produção Toyota de Produção, *Revista Gestão & Produção*, vol. 8, número 1, abril de 2001.

BAILEY, J.; “Honeywell’s team approach to new product development”, In: BLACKBURN, J. (editor): Time-based Competition – The next Battleground in Manufacturing, Business One Irwin, Homewood, IL, 1991.

BENNETT, D. J. Nordica and Danaudio in China, in Batley T (Ed) Business Case Studies in Operations Management, Pearson Education, Auckland, New Zealand, 2002.

BLACKBURN, J.; “New product development – The new time wars”, In: BLACKBURN, J. (editor): Time-based Competition – The next Battleground in Manufacturing, Business One Irwin, Homewood, IL, 1991b.

BLACKBURN, J.; “The time factor”, In: BLACKBURN, J. (editor): Time-based Competition – The next Battleground in Manufacturing, Business One Irwin, Homewood, IL, 1991a.

BOOTH, R.; “Agile Manufacturing”, Engineering Management Journal, vol. 6, número 2, pp. 105-112, April, 1996.

BOWER, J. L. & HOUT, T. M.; “Fast Cycle capability for competitive power. Harvard Business Review, pp. 110-118, November-December, 1988.

BOYER, K. K.; “An assessment of managerial commitment to lean production, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16, número 9, pp. 48-59, 1996.

BROWN, S.; “New evidence on quality in manufacturing plants: a challenge to lean production”, Production and Inventory Management Journal, first quarter, pp. 24-29, 1998.

BUNCE, P. & GOULD, P., “From Lean to Agile Manufacturing. IEE Colloquium (Digest), 278, 1996.

BURBIDGE, J. L.; “Planejamento e Controle da Produção”, Ed. Atlas, São Paulo, 1988.

DE VOR, R.; GRAVES, R.; MILLS, J. J., “Agile manufacturing research: accomplishments and opportunities. IIE Transactions, vol. 29, pp. 813-823, 1997.

DENNIS, S., KING, B., HIND, M., ROBINSON, S.; “Applications of business process simulation and lean techniques in British Telecommunications PLC. Winter Simulation Conference Proceedings, vol. 2, pp. 2015-2021, 2000.

FERNANDES, F. C. F. & MACCARTHY, B. L.; “Production Planning and Control: the gap between theory and practice in the light of modern manufacturing concepts”, Proceedings of the 15th International Conference on CAD/CAM, Robotics & Factories of the Future (CARS & FOF’99), Águas de Lindóia-Brazil, v. 1, pages from MF2-1 to MF2-6, August 1999.

GODINHO FILHO, M. & FERNANDES, F. C. F.; “Uma análise dos Sistemas de Produção de Planejamento e Controle da Produção em uma grande empresa de materiais de escrita”, In (CD ROM): XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e VIII International Congress of Industrial Engineering, Curitiba, PR, ABEPRO, Outubro, 2002b.

GODINHO FILHO, M.; “Dissertação de Mestrado”, Universidade Federal de São Carlos, 2001.

GODINHO, M. F. Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura: configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados. São Carlos, 2004, 5 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia de Produção.

GODINHO, M. F., “Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura: configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia de Produção, 2004.

GOLDMAN, S. L.; NAGEL, R. N.; PREISS, K.; DOVE, R. “Iacocca Institute: 21st Century Manufacturing Enterprise Strategy, An industrial Led View, vols. 1 & 2. Iacocca Institute, Bethlehem, PA, 1991.

GUNASEKARAN, A.; “Agile manufacturing: A framework for research and development International Journal of Production Economics, vol. 62, pp. 87-105, 1999.

HANFIELD, R. B. & PANNESI, R. T.; “An empirical study of delivery speed and reliability”, International Journal of Operations and Production Management, vol. 12, número 2, pp. 58-72, 1992.

HANFIELD, R. B. & PANNESI, R. T.; “Antecedents of lead time competitiveness in make to order manufacturing firms, International Journal of Production Research, vol. 41, número 4, pp. 511-537, 1995.

HAYES R.H. & WHEELWRIGHT S.C.(1984) Restoring Our Competitive Edge (Competing through Manufacturing), Wiley, New York.

HENDERSON, B. A. & LARCO, J. L.; “Lean Transformation”, The Oaklea Press. Richmond, Virgínia, 2000.

JAMES-MOORE, S. M. and GIBBONS, A.; “Is lean manufacture universally relevant? An investigate methodology, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17, número 9, pp. 899-911, 1997.

KAKU, B. K. & KRAJEWSKI, L. J.; “Period Batch Control in group technology”, International Journal of Production Research, vol. 33, número 1, pp. 79-99, 1995.

KARLSSON, C. and AHLSTROM, P.; “Change processes towards lean production: the role of the remuneration system. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15, número 11, pp. 80-99, 1995.

KIDD, PAUL T.; “Agile Manufacturing: Forging New Frontiers”, Wokingham, UK, Addison-Wesley, 1994.

KOCHAN, T. A.; “Automotive industry looks for lean production”, Assembly Automation, vol. 18, número 2, pp. 132-137, 1998.

KOUFTEROS, X. A., VONDEREMBSE, M. A., DOLL, W. J.; “Developing measures of time-based manufacturing, Journal of Operations Management, vol. 16, pp. 21-41, 1998.

KRITCHANCHAI, D. & MACCARTHY, B. L.; “Responsiveness and strategy in manufacturing”, Proceedings of the workshop Responsiveness in Manufacturing, digest número 98/213, IEE, London, 1998.

MACCARTHY, B. L. & FERNANDES, F. C. F., “A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems”. *Production Planning & Control*, v. 11, no 5, pp. 481-496, 2000.

MASKWELL, B. H.; “An introduction to Agile Manufacturing”, Internet: <http://www.maskwell.com/agile/htm>, 1997.

MASKWELL, B. H.; “Lean accounting for lean manufacturers, *Manufacturing Engineering*”, número 12, pp. 46-53, 2000.

MASON-JONES, R., NAYLOR, B. and TOWILL, D. R.; “Lean, agile ou leagile? Matching your supply chain to the marketplace”, *International Journal of Production Research*, Vol. 38, número 17, pp. 4061-4070, 2000.

MILEHAM, A. R., CULLEY, S. J., OWEN, G. W., MCINTOSH, R. I.; “Rapid Changeover – a pre-requisite for responsive manufacture”, *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 19, número 8, pp. 785-796, 1999.

MILLER, S. S. (1983) “Make your plan manager’s job manageable”, *Harvard Business Review*, vol. 61, n. 1, pp. 69-74.

MONDEN, Y.; “Sistema de Produção Toyota de Produção”, São Paulo, IMAM, 1984.

NIEPCE, W. and MOLLEMAN, E.; “Characteristics of work organization in lean production and sociotechnical systems, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, número 2, pp. 77-90, 1996.

PANIZZOLO, R.; “Applying the lessons learned from 27 lean manufactures”, The relevance of relationships management, *International Journal of Production Economics*, 55, pp. 223-240, 1998.

PÉREZ, M. P. and SANCHEZ, A M.; “Lean production and supplier relations: a survey of practices in the Aragonese automotive industry, *Technovation*, 20, pp. 665-676, 2000.

PIRES, S.; “Gestão Estratégica da Produção”, Editora UNIMEP, 1995.

REYNOLDS, K. T.; “Cellular manufacturing and the concept of total quality”, 23rd International Conference on Computers and Industrial Engineering, Vol. 35, número 1-2, pp. 89-92, 1998.

ROTHER, M. & SHOOK, J.; “Aprendendo a enxergar”, Lean Institute Brasil, 1998.

SHAH, R. and WARD, P. T.; “Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance”, *Journal of Operations Management*, vol. 335, pp. 1-21, 2002.

SHAHMANESH, N.; “The lean machine, *Manufacturing Review*, pp. 56-59, January, 1999.

- SHARIFI, H. & ZHANG, Z.**, "A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: An Introduction. *International Journal of Production Economics*, vol. 62, pp. 7-22, 1999.
- SIPPER, D. & BULFIN JR.; R. L.**, "Production: Planning, Control and Integration", New York, Mc Graw Hill, 1997.
- SKINNER W. (1969)** "Manufacturing - Missing link in Corporate Strategy", *Harvard Business Review*, May-June 1969.
- SKINNER, W., (1992)**, "Missing the links in manufacturing strategy" In: C.A. Voss (ed.), *Manufacturing Strategy Process and content*. Chapman and Hall, London, pp. 13-25, 1992.
- SPEARMAN, M. L., WOODRUFF, D. L., HOPP, W. J.**; "CONWIP – a pull alternative to kanban", *International Journal of Production Research*, vol. 28, número 5, pp. 879-894, 1990.
- STALK, G. & HOUT, T.**; "Competing against time", The Free Press, New York, 1990.
- STEELE, D. C. & MALHOTRA, M. K.**; "Factors affecting performance of period batch control systems in cellular manufacturing, *International Journal of Production Research*, vol. 35, número 2, pp. 421-446, 1997.
- STEINER, E. L.**; "Importance of the supplier in the lean manufacturing process", *Proceedings of the Electrical Electronics Insulation Conference, IEEE, Piscataway, NJ, USA*, pp. 853-856, 1997.
- STORCH, R. L. and LIM, S.**; "Improving flow to achieve lean manufacturing in shipbuilding, *Production Planning & Control*", vol. 10, número 2, pp. 127-137, 1999.
- SULLIVAN, W. G., MCDONALD, T. N., and VAN AKEN, E. M.**; "Equipment replacement decisions and lean manufacturing, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 18, pp. 255-265, 2002.
- VICENTI, A.**; "Lean machine, *Automotive Engineer*, pp. 58-59, Janeiro, 2002.
- WHITE, R. E. and PRYBUTOK, V.**; "The relationship between JIT practices and type of production system", *Omega – The International Journal of Management Science*, vol. 29, pp. 113-124, 2001.
- WOMACK, J. P. & JONES, D. T.**; "A Mentalidade Enxuta nas Empresas", Ed. Campus, 5º Edição, 1998.
- WOMACK, J., JONES, D. & ROSS, D.**; "A máquina que Mudou o Mundo", Ed. Campus. 14º Edição, 1992.
- ZACHARY, K.** Dismantling the Keiretsu. *Ward's Auto World*, Vol 37, No 5: 54-55, 2001.
- ZELENOVIC, D. M. & TESIC, Z. M.**; "Period Batch Control and group technology", *International Journal of Production Research*, vol. 26, número 3, pp. 539-552, 1988.

Estudo da competitividade de uma empresa fornecedora de compostos termoplásticos à cadeia automotiva

Marcelo Kenji Shibuya (UNIP) marcelo_shibuya@uol.com.br

Oduvaldo Vendrameto (UNIP) oduvaldov@uol.com.br

José Paulo Alves Fusco (UNIP) jpafusco@uol.com.br

Wagner Costa Botelho (UNIP) wagner@wrb.com.br

Resumo

Este artigo tem o objetivo de analisar a influência da cadeia de fornecimento de automóveis e da cadeia de fornecimento da indústria petroquímica nas estratégias competitivas de uma indústria fornecedora de compostos termoplásticos para as indústrias de injeção plástica. Tal análise é efetuada considerando-se a abordagem de cadeia de valor e rede de poder.

Palavras chave: Supply Chain Management, rede de poder, cadeia de valor.

1. Introdução

A cadeia de fornecimento automotiva apresenta atualmente, uma estrutura de fornecedores segmentada que, de forma genérica pode ser dividida em dois grupos. O primeiro é constituído de um grupo de grandes empresas transnacionais e nacionais, fabricantes de produtos tecnologicamente sofisticados que efetuam o fornecimento às montadoras ou mesmo, aos seus fornecedores – são os fornecedores de primeiro e segundo nível das montadoras. O segundo grupo, é formado por um grande número de pequenas e médias empresas, geralmente nacionais, que abastecem a cadeia automotiva, geralmente utilizando tecnologias menos sofisticadas, muitas vezes com intensivo uso de mão de obra.

Levando-se em consideração os fornecedores de compostos termoplásticos, pelo lado do fornecimento, estão as grandes empresas, participantes da cadeia petroquímica e pelo lado do fornecimento, a cadeia automotiva. Pelo lado dos fornecedores, é de se esperar um alto desequilíbrio do poder, justamente pelo fato dos fornecedores serem empresas mais poderosas que o cliente sob o ponto de vista econômico e comercial, além do incômodo fato dos produtos serem adquiridos de empresas situadas em outros países, necessitando portanto, de um longo lead-time de entrega e as incertezas ocasionadas pelo transporte marítimo e desembaraços aduaneiros. Pelo lado do fornecimento por sua vez, estão presentes as rígidas especificações de produtos, de fornecimento e de sistema de gestão da qualidade específicas provenientes das montadoras, que devem ser cumpridas à risca por todas as empresas que desejam permanecer na cadeia de fornecimento

automotiva. De acordo com Consoli (2003), as montadoras esperam que as empresas fornecedoras envolvidas no seu negócio, elevem a qualidade dos produtos, assegurem “zero defeitos”, entreguem em just-in-time e em lead-time reduzido.

O presente artigo tem por objetivo analisar a atuação de uma empresa fabricante de compostos termoplásticos à cadeia de autopeças, tendo essa empresa a influência da cadeia petroquímica/plásticos (no seu lado de fornecimento), sob o enfoque de governança e cadeia de valor. Ao final desse artigo, apresenta-se uma análise de caso, descrevendo como uma empresa de fornecimento de compostos termoplásticos está se estruturando estrategicamente para fornecer para a cadeia automobilística.

2. Caracterização das empresas fornecedoras de termoplásticos na cadeia automotiva

Segundo Souza (2002), o segmento dos transformados plásticos, que inclui as empresas de injeção plástica para a cadeia automotiva, constitui a terceira geração da cadeia produtiva da indústria petroquímica. Por esse motivo, uma análise adequada do setor deve ter como referencial básico, a configuração da cadeia produtiva petroquímica. Esta costuma ser dividida em três gerações, de acordo as três etapas básicas de seus processos de produção.

Em primeiro lugar, destaca-se a chamada indústria de primeira geração, fornecedora das principais matérias-primas básicas para toda a cadeia e para o segmento de transformados plásticos (especificamente o eteno e o propeno). As empresas de primeira geração, utilizam a nafta, proveniente do processo de refino do petróleo, ou o gás natural ou ainda o gás de refinaria e, por meio de um processo de craqueamento, os transformam nos insumos utilizados nas etapas subseqüentes da cadeia produtiva petroquímica. Em uma reação química denominada polimerização, um grande número de moléculas individuais é reunido para formar as cadeias de polímeros. Há duas famílias principais de polímeros: os termoplásticos e os termofixos.

A mesma autora comenta que no que tange ao processo de produção, as principais características da indústria petroquímica (a qual fornece as matérias-primas para a indústria de transformação) são a elevada intensidade de capital e de Pesquisa e Desenvolvimento e a forte interdependência entre os segmentos. Trata-se de uma indústria bastante concentrada, em que nota-se a presença de grupos empresariais que operam em escala mundial, com níveis de faturamento muitas vezes superiores a US\$ 20 bilhões anuais. O setor é considerado intensivo em tecnologia, como demonstram os dados de gastos em Pesquisa e Desenvolvimento das empresas líderes que chegam até a 6% de seu faturamento. Dada a variada gama de produtos gerados pelo processo petroquímico, o setor está ligado a diversas cadeias produtivas.

O destino da produção das centrais de matéria-prima é a chamada indústria de segunda geração. O conjunto das indústrias de segunda geração se concentra ao redor das centrais de matéria-prima, formando os pólos petroquímicos integrados. Seu processo produtivo é caracterizado pela transformação das diversas matérias-primas em uma variada gama de produtos intermediários largamente utilizados por todo o conjunto da indústria química, entre estes, os chamados termoplásticos básicos, como o polietileno de baixa ou alta densidade (PEBD/PEAD), o polipropileno (PP), o policloreto de vinila (PVC), o poliestireno (PS), o polietileno tereftalato (PET), o Poliacetal, entre outros.

O destino desses intermediários é a chamada indústria de terceira geração, na qual são transformados em produtos plásticos diversos, por meio de processos de injeção, sopros, filme, extrusão, entre outros. Estes produtos destinam-se tanto ao consumo intermediário (embalagens, autopeças, etc.) quanto ao consumo final (brinquedos, utilidades domésticas, etc.). O conjunto de empresas que compõem a chamada terceira geração não pertence ao gênero indústria petroquímica e sim a outros setores industriais, com destaque para o setor de transformação plástica.

Entre as empresas que atuam nesse segmento da indústria, verifica-se uma grande heterogeneidade, manifestada de diversas formas. Podem ser encontradas empresas dos mais variados portes, desde microempresas atuando em nichos de mercado específicos até empresas de grande porte ligadas a outras cadeias produtivas importantes, como a automotiva e a de eletrodomésticos.

Nos últimos anos, diversos materiais tradicionais como vidro, metais e fibras naturais vêm sendo crescentemente substituídos por produtos de origem plástica. Os motivos dessa substituição dizem respeito a menores custos de obtenção e produção, melhor desempenho, com maior flexibilidade, diversidade e assepsia e a possibilidade de reciclagem. Alguns exemplos importantes desse processo são as embalagens de refrigerantes, que utilizam o polietileno tereftalato (PET), e a crescente utilização de polipropileno (PP) e plásticos de engenharia na indústria automobilística.

De acordo com a revista Plástico Industrial (1999), um destaque especial deve ser dado ao plástico de engenharia, que vem substituindo em taxas crescentes outros materiais na indústria automobilística. Em 1993 a massa média de plástico utilizada em um automóvel brasileiro, era de 60 kg, em 1996 esta variável sobe para 90 kg, atingindo até 100 kg em 2000. Na indústria mundial existe a perspectiva que o uso de peças plásticas atinja cerca de 160 kg ou 16% do peso de um automóvel. No mundo, segundo a mesma revista o interior de veículos representa um mercado de 2 milhões de toneladas de resinas plásticas ou cerca de US\$ 1200 por veículo.

3. Caracterização da cadeia automotiva.

O setor automobilístico é um oligopólio global fortemente concentrado. De acordo com Sarti (2002), vinte grandes corporações são responsáveis por mais de 95% de toda a produção mundial de automóveis. As grandes corporações automobilísticas situam-se entre as maiores empresas industriais do mundo. A capacidade de acumulação de recursos do setor tem extrapolado em muito sua capacidade de crescimento, causando uma grande concorrência entre estas corporações. Como consequência, as empresas gastam volumosos recursos para dinamizar a demanda através de constantes inovações de produtos, criação de novos nichos de mercado e a exploração de mercados emergentes. Assim tem sido a concorrência no Brasil dos fabricantes de automóveis, com os constantes lançamentos de carros com motorização 1000, também chamados de carros populares, possibilitando o acesso dos produtos a populações de mercados emergentes.

Por outro lado, de acordo com o mesmo autor, observa-se um intenso processo de racionalização do processo produtivo e inovativo, implicando mudanças organizacionais importantes dentro da cadeia produtiva com fornecedores e revendedores.

De acordo com Sarti (2002), as montadoras com atuação global, crescentemente têm focado seus negócios sob o enfoque da cadeia de valor que geram maior valor agregado e que lhes conferem maiores vantagens competitivas: projeto, engenharia e marketing. Por outro lado, têm delegado maior participação aos seus fornecedores de 1º nível (os sistemistas) no processo produtivo, promovendo mudanças nas relações dentro da cadeia produtiva. Ao mesmo tempo a difusão dos novos processos produtivos e a relativa padronização dos fornecedores, ou seja, um mesmo grupo de sistemistas fornecendo produtos e serviços para diferentes empresas, têm tornado as técnicas de produção e os componentes utilizados cada vez mais semelhantes.

Ainda o mesmo autor comenta que os prazos relativamente longos de maturação dos investimentos no setor obrigam as empresas a adotarem estratégias competitivas de expandirem sua capacidade produtiva a frente da demanda. Variações negativas inesperadas na evolução da demanda no período que compreende a tomada de decisão do investimento e sua maturação provocam a criação de capacidade ociosa indesejada. Esta, por sua vez, reduz os ganhos de economias de escala, com pressões altistas sobre os custos unitários, posterga o prazo de retorno dos investimentos e acirra ainda mais a concorrência entre as empresas. Em oligopólios bastante concentrados como o automobilístico, o acirramento da concorrência via de regra não se dá através de políticas de preços e sim com estratégias competitivas de diferenciação de produtos – lançamento de produtos mais modernos e sofisticados e com margens de lucro mais elevadas.

4. A empresa fornecedora de compostos termoplásticos

A empresa objeto de estudo deste artigo é de médio porte, constituído por 50 funcionários e que produz e fornece aos seus clientes mensalmente, o volume de 400 toneladas de compostos termoplásticos, fabricadas com base em resinas conhecidas como “plásticos de engenharia”, adquiridas das empresas fabricantes de resinas termoplásticas. Estes compostos são constituídos por aproximadamente 80% da sua massa por resinas termoplásticas fornecidas pelos grandes fabricantes tradicionais e com atuação mundial. Ao produto fornecido, adquirido desses fornecedores, conhecido nesse meio como resina termoplástica “natural”, são adicionados cargas minerais tais como fibra de vidro ou esferas de vidro que conferem ao produto final, as características mecânicas especificadas ao produto a ser fabricado pelas empresas de injeção plástica (seu próximo cliente na cadeia de fornecimento). São acrescentados ainda ao composto termoplástico, master-batches, para dar ao produto fornecido as características de cor conforme as especificações do cliente e demais aditivos, tais como aditivos para proteção do produto contra o ataque de raios ultra-violeta, estabilizantes térmicos e outros aditivos para a obtenção de uma melhor performance no processo do cliente, ou seja, o processo de injeção plástica (exemplo: aditivos para redução do atrito dos compostos termoplásticos nos moldes de injeção).

O processo de fabricação dos compostos por essa empresa é realizado segundo o desenvolvimento de uma formulação de produto, onde são determinadas as porcentagens das matérias primas na composição do produto final. Tal formulação é desenvolvida, mediante o atendimento às especificações técnicas do cliente, seja devido à resistência mecânica, seja devido à cor e aos níveis de acabamento da peça a ser injetada ou ainda, para cumprir as especificações de processo de injeção (fluidez do material fornecido). À medida que a programação dos pedidos dos clientes chegam à essa empresa, a fabricação é programada, sendo as seguintes as etapas de fabricação do produto a serem cumpridas:

- a) Separação e pesagem das matérias primas constituintes da formulação.
- b) Mistura das matérias primas em equipamentos chamados de ribbon-blender, que se encarrega de realizar a homogeneização das matérias primas constituintes da mistura.
- c) Inserção da mistura em uma máquina extrusora, que se encarrega de aquecê-la na temperatura de fusão da resina e através de um processo de extrusão, elabora os filetes de produto (chamado também de “espagete”), que serão cortados em “grãos” de aproximadamente 3 mm de comprimento e embalados.
- d) Embalagem dos produtos em sacos de 25 kg.
- e) Durante o processo de extrusão, são coletadas amostras, que serão ensaiadas em laboratório, analisando as características físicas (resistência ao impacto, densidade, fluidez do material, teor de carga mineral, etc.) e as características de coloração, através de comparações com plaquetas padrões fornecidas pelos clientes (durante a fase de desenvolvimento) em equipamentos conhecidos como colorímetros. Os resultados desses ensaios são comparados com as especificações fornecidas pelos clientes, fornecendo então, os critérios de aprovação do produto e a sua liberação para a entrega ao cliente.

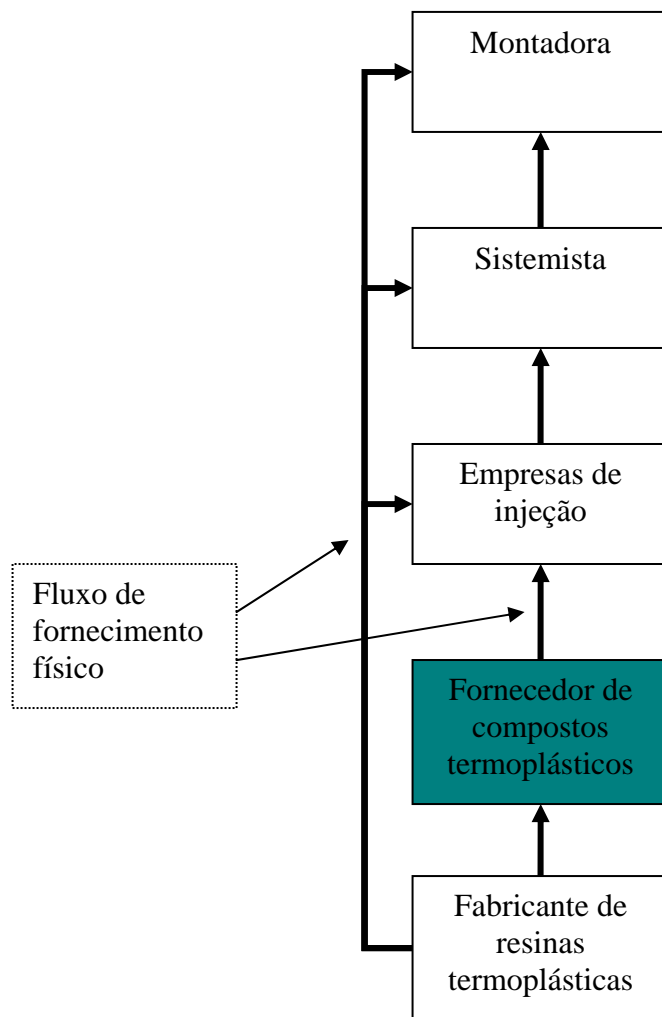


Figura 1 – A cadeia de fornecimento da empresa de compostos termoplásticos – elaborado pelo autor

A atuação dessa empresa na cadeia de fornecimento de resinas termoplásticas na indústria automobilística, possui alguns aspectos interessantes, conforme comentários a seguir e exemplificado na figura 1:

- Do lado à montante da cadeia de fornecimento em que essa empresa atua, estão os grandes fornecedores de resinas termoplásticas, cuja fabricação e estoques estão em outros países como a Alemanha, Japão, Estados Unidos e Coréia.

- Do lado à jusante da cadeia, aparecem as médias empresas de injeção, que são pressionadas pelos seus clientes (os sistemistas) a fornecerem as peças injetadas, tais como os pára-choques, fechos de cintos de segurança, partes dos painéis, forrações internas, calotas, etc. em regime de just-in-time, reduzido prazo e confiabilidade de entrega, qualidade e custos competitivos.

De acordo com Consoli (2003), as empresas montadoras esperam que os seus fornecedores, envolvidas em seu negócio, elevem a qualidade dos produtos, assegurem entregas com “zero defeitos”, regime de fornecimento e just-in-time e em lead time curto.

A citada empresa fornecedora de compostos termoplásticos se encontra pressionada tanto pelo lado do fornecimento quanto pelo lado dos fornecedores: do lado do fornecimento, está a cadeia automotiva, cujas regras de fornecimento são estabelecidas pelos grandes organizações montadoras, que são obedecidas pelas empresas sistemistas, pelas empresas fabricantes de autopeças e pelas empresas fornecedoras de resinas termoplásticas; e do lado dos fornecedores, há o poderio comercial e tecnológico dos grandes fornecedores de resinas termoplásticas, que definem os preços, as características de fornecimento e a qualidade dos produtos fornecidos.

Um outro ponto a ser destacado, é o fator concorrência:

a) Para o fornecimento de grandes quantidades e com prazos longos de fornecimento, o próprio fornecedor de resina termoplástica concorre no fornecimento com essa empresa, através das suas filiais situadas no Brasil.

b) Para o fornecimento em pequenas e médias quantidades (até 1 tonelada), com características de grande variedade de produtos e prazos curtos de fornecimento, há no mercado uma quantidade grande de outros concorrentes de mesmo porte e com atuações similares no mercado, ou seja, atendendo os clientes com as características de rapidez na entrega, qualidade e flexibilidade de produtos. É necessário salientar que na maioria dos casos, os fornecimentos envolvendo quantidades reduzidas, alta variedade de produtos e regime de entrega just-in-time não é atraente para os produtores da resina termoplástica.

Para a análise da competitividade dessa empresa na cadeia automotiva em que ela atua, é necessário analisá-la sob o enfoque da cadeia de valor e a influencia da governança causada tanto pelo lado do fornecimento quanto pelo lado dos seus fornecedores.

5. A influência da governança

Sob o ponto de vista da empresa fornecedora de compostos termoplásticos, é imprescindível analisar as relações de poder exercida por fornecedores e clientes. À montante, o principal fornecedor da empresa em análise neste artigo, produtora das resinas naturais, é uma empresa de atuação mundial, com fábricas nos Estados Unidos e estando a sua matriz sediada na Alemanha. Para o entendimento da diferença de poder

entre esse fornecedor e a empresa em questão, basta comparar o faturamento do fornecedor, que foi de 32,2 bilhões de dólares no ano de 1999, de acordo com Furtado (2003) e o faturamento no mesmo período da empresa em estudo, foi de aproximadamente 19 milhões de dólares no mesmo período.

De acordo com Gereffi (1999), quando o comprador exerce um certo controle sobre a cadeia, determinando as regras para a atuação dos demais constituintes da cadeia de fornecimento, estabelece-se um tipo de governança denominada por esse autor como “buyer driven”. Nesse mesmo trabalho, o autor define o termo “producer driven”, isto é, quando os agentes produtores ditam as regras para os demais agentes ao longo da cadeia de fornecimento.

De acordo com Souza (2002), no mercado de resinas termoplásticas, enquanto as pequenas empresas sequer têm condições de comprar diretamente das produtoras de resinas e, em alguns casos, mesmo de seus distribuidores diretos, grandes empresas transformadoras, tais como as empresas de injeção plástica, constituintes da cadeia automotiva têm relações mais estreitas e poder de negociação com as empresas produtoras de resinas, o que favorece não só melhores condições de preço e prazo, mas principalmente, o desenvolvimento de resinas e compostos especiais e assistência técnica direta na aplicação. Para tais empresas transformadoras de porte intermediário, os distribuidores exclusivos vêm exercendo crescentemente essas funções de assistência pré e pós-venda.

De acordo ainda com o mesmo autor, devido ao menor grau de concentração e o grande número de empresas no segmento de injeção plástica, boa parte das empresas desse setor de transformação tem limitado poder de repasse de aumentos de preços e pouca margem de negociação no que tange a custos, o que afeta a rentabilidade. Um caso típico ocorreu recentemente devido à guerra do Iraque: com a elevação dos preços internacionais do petróleo, os preços das resinas plásticas sofreram aumento de ordem mundial, acarretando na pressão por elevações de preços em todos os produtos fornecidos a partir dessas matérias primas, incluindo as resinas termoplásticas. No entanto, fortes pressões por parte da cadeia automobilística não permitiram o repasse integral desse aumento, sendo a parcela restante, absorvida pelas demais empresas da cadeia de fornecimento.

De acordo com Sarti (2002), as assimetrias e a natureza das relações entre as empresas transformadoras e seus clientes, assim como os requisitos básicos para sua continuidade no mercado, diferem nos diversos segmentos de mercado. No caso das empresas que produzem para as indústrias automobilística, eletroeletrônica e telecomunicações (peças e componentes) o comando das negociações fica com as grandes empresas clientes, ou seja, a empresa montadora. Em um processo seletivo na cadeia de fornecimento da indústria automobilística, o número de fornecedores vem sendo reduzido dadas as rigorosas exigências no que se refere à capacidade de atender um conjunto de rígidas especificações técnicas e demais demandas (condições próprias de negociação e de relacionamento entre empresas, nas quais preço, prazo e qualidade já se tornaram requisitos básicos).

Um outro fator a ser considerado e que reflete as rigorosas exigências da cadeia automobilística, é a adoção de normas internacionais de sistema de gestão da qualidade específicos para a cadeia automotiva, tais como a QS-9000 e a ISO TS 16949. De acordo com Bido (1999), a QS-9000 é uma norma para especificar os requisitos de um sistema de gestão da qualidade específicos de montadoras americanas (Ford, GM e Chrysler)

e incorpora os requisitos da ISO 9000 (versão de 1994), acrescentando alguns requisitos específicos da indústria automotiva. A QS-9000 possui duas seções, onde na primeira estão estabelecidos os requisitos do sistema de gestão da qualidade e na segunda, os requisitos específicos de cada montadora. De acordo com o mesmo autor, desde o ano de 1996 um grupo de montadoras americanas, alemãs, italianas e francesas se organizaram como uma “força tarefa” formando a IATF (International Automotive Task Force) e através da ISO (International Organization for Standardization), editaram a ISO TS 16949, que teve como finalidade, abranger os requisitos de sistema de gestão da qualidade para várias empresas de vários países. Recentemente, essa norma foi revisada para a versão do ano de 2002, possuindo assim, a mesma itemização e estrutura normativa da ISO 9001:2000, baseada em processos, com foco no cliente e buscando as melhorias contínuas em toda a organização.

6. A cadeia de valor

Para conceituar a cadeia de valor na cadeia de fornecimento, deve-se considerar os conceitos apresentados por PORTER (1989). Neste sentido, “o termo valor é usado para designar de maneira ampla três coisas diferentes. Em primeiro lugar, é usado para se referir à utilidade que decorre da aquisição do bem ou serviço pelo cliente. Este é o *valor exigido* pelo cliente. Em segundo lugar, o termo é usado com referência ao processo de transformação que tem lugar dentro das organizações empresariais, pelo qual insumos sem utilidade para o cliente são transformados em produtos que lhe são úteis. A isto se refere geralmente como *processo de agregação de valor*. Finalmente, o termo é usado em relação ao montante de dinheiro ganho por uma organização empresarial pelo fato de se envolver em determinado estágio da cadeia de suprimento. A isto se refere normalmente como *apropriação de valor*”.

De acordo com Souza (2002), as características estruturais e a natureza da rivalidade no setor de transformados plásticos no Brasil poderiam atuar como um fator de competitividade favorável. Porém tal resultado exige que as empresas concentrem esforços na busca de diferenciação, ao invés de apenas concorrerem intensamente em preços como é usual. Igualmente relevante é a busca do máximo de sinergias possíveis entre as empresas que se encontram aglomeradas geograficamente. A cooperação entre essas empresas em atividade onde haja complementaridades (pesquisa e desenvolvimento, consórcios de exportação, *marketing* e etc.) pode constituir vantagem competitiva para o conjunto de produtores de cada uma das aglomerações, ainda que a competição prevaleça nas demais atividades, o que é essencial para que o conjunto de empresas seja constantemente estimulado a buscar diferenciação e inovação. Caso arranjos desse tipo consigam se consolidar nas áreas em que se verifica concentração de produtores de transformados plásticos, eles podem vir a representar um forte fator de competitividade da indústria nacional.

7. A estratégia adotada pela empresa para competir em seu mercado de atuação

De acordo com o exposto anteriormente, a empresa fornecedora de compostos termoplásticos passa por uma situação desconfortável dentro da cadeia de suprimentos automobilística. De um lado, conta com as exigências técnicas e de fornecimento proveniente das empresas de autopeças, tais como curtos prazos de fornecimento, alta variedade de produtos, confiabilidade na entrega e qualidade dos produtos. De outro lado, a dos

fornecedores, ela conta com empresas de porte gigantesco em comparação a ela, onde apesar da qualidade dos produtos não sofrerem variações ao longo dos fornecimentos efetuados, as quantidades adquiridas são de acordo com um lote mínimo de fornecimento (estabelecido pelo fornecedor) e os prazos de recebimento nem sempre são cumpridos devido aos mesmos serem importados e portanto, dependente das incertezas ocasionadas pelo frete marítimo e das atividades de desembarço aduaneiro e, que ocasionalmente são afetados devido a greves de fiscais e de funcionários portuários.

Tendo-se uma visão horizontal na sua cadeia de fornecimento, tal empresa enfrenta uma concorrência acirrada, de várias outras empresas de porte semelhante, que possuem a mesma capacidade para o desenvolvimento de formulações adequadas à aplicação dos clientes e agilidade na entrega.

Diante desses fatores, é condição necessária que a empresa tenha uma estratégia de negócios e de produção que a permita competir nesse mercado e dentro da cadeia de fornecimento automobilística.

De acordo com PORTER (1986), existem dois tipos básicos de vantagem competitiva que podem ser usufruídos por uma organização: vantagem baseada no baixo custo ou na diferenciação. Porter afirma que uma organização que possui uma estratégia genérica, ao tentar satisfazer os dois quesitos, fica no "meio-termo" e irá competir em desvantagem nos dois segmentos. Uma terceira estratégia genérica por ele citada, é a do enfoque, que visa atender um segmento ou um grupo de segmentos da indústria. Essa terceira estratégia também deve trabalhar com foco no custo ou na diferenciação, para garantir a preservação de um nicho de mercado.

As estratégias adotadas pela empresa em análise neste artigo são:

a) Utilização de princípios da manufatura enxuta na produção e desenvolvimento de produtos

Womack & Jones (1998) apud Godinho (2004), definem manufatura enxuta como sendo uma nova abordagem segundo a qual existe uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com os clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção. Dentro desta abordagem tenta-se cada vez mais fazer mais com menos (menos equipamentos, menos esforço humano, menos tempo, etc.).

O lead-time para desenvolvimento do produto nessa empresa, não pode ser muito elevado, pois caso contrário, pode acarretar no comprometimento do prazo total de fornecimento do produto, que passa ainda pelos processos de fabricação e entrega. Um dos requisitos de fornecimento da cadeia automotiva é caracterizado pelos baixos prazos de fornecimento, conforme citado por Consoli (2003). Um dos fatores principais de competitividade da empresa fornecedora de compostos termoplásticos na cadeia automotiva, foi de adequar todo o seu processo de desenvolvimento e o produtivo, de tal forma que o seu lead-time tivesse melhor performance do que a de seus concorrentes. Para isso, analisa-se a simplificação do fluxo de trabalho, uma melhor disposição do lay-out fabril, redução dos estoques das demais matérias primas (com excessão das resinas termoplásticas), fabricação de compostos termoplásticos mediante pedido dos clientes (não produção para estoques) e redução de desperdícios.

b) Alta variedade de produtos, com fornecimento em pequenas quantidades.

Segundo Contador (1996), para que uma empresa possa competir em variedade de produtos, dois conjuntos de atividades, em especial, precisam ganhar agilidade, o de preparação de máquinas e o de logística interna.

A empresa participa do fornecimento para as principais empresas de injeção plástica e essas empresas por sua vez, fornecem às principais empresas sistemistas. Os compostos termoplásticos são adquiridos em pequenas quantidades, sendo essa, uma característica de aquisição de seus clientes, que realizam as compras em regime de just-in-time de fornecimento. Devido à grande variedade de produtos e constantes lançamentos de novos modelos, a empresa fornecedora de compostos termoplásticos possui em seu laboratório de desenvolvimento de produtos, em torno de 700 formulações de produtos cadastradas.

c) Acordo contratual com o fabricante de termoplásticos.

Apesar da tendência da cadeia automobilística ser de atuar em just-in-time, essa empresa precisa de manter estoques regulares, visto que os produtos são fabricados na Europa ou Estados Unidos, levando a resina termoplástica, entre o embarque até a chegada na empresa, um tempo médio de 40 dias. Um outro ponto a ser considerado, são os altos níveis de incerteza do recebimento das resinas termoplásticas, devido às variações do transporte marítimo, greves nos portos e o desembarço aduaneiro. Para minimizar as oscilações de fornecimento, garantindo-se dessa forma um fornecimento constante de matérias primas (resinas termoplásticas), a empresa optou por se associar a um único fornecedor, através de uma relação contratual de longo prazo que lhe garante a exclusividade de importação e representação no Brasil dos produtos dessa empresa e o acesso às tecnologias provenientes da Pesquisa e Desenvolvimento da empresa fabricante. Tal acordo contratual garante à essa empresa, a reciclagem técnica periódica dos funcionários de fabricação e assistência técnica.

d) Uso de tecnologia de informação para contato com os clientes e fornecedores.

Apesar do uso do EDI (Electronic Data Interchange) ser um requisito exigido para os fornecedores de primeiro e segundo nível da cadeia de fornecimento automotivo, e mesmo a empresa sendo do terceiro nível, optou-se pelo uso dessa tecnologia de informação, agilizando dessa forma, as transações comerciais e os avisos de embarque para os clientes. Tal medida fez com que os clientes vissem nessa empresa, uma forma otimizada e eficiente de comunicação intra-firmas, visto que entre os fornecedores de compostos termoplásticos, poucas empresas utilizam essa tecnologia de comunicação.

e) Uso de tecnologia de informação para o controle logístico de materiais.

Para a agilização do controle de estoques de matérias-primas, produtos acabados e a expedição dos produtos aos clientes, a empresa implementou um sistema de identificação utilizando o código de barras. Tal tecnologia permitiu adicionalmente, a integração dos vários processos da empresa, tais como vendas, produção, expedição e suprimentos, além da redução da necessidade de contagem de estoque, com o objetivo de levantamento do inventário de produtos. Nesse processo, os produtos recebidos dos fornecedores e os produtos expedidos são identificados inicialmente por um sistema de código de barras e a cada movimentação realizada, as etiquetas contendo a identificação por código de barras são lidos e transferidos através de um sistema de informação.

f) Acompanhamento de problemas técnicos por um técnico especialista em injeção e com conhecimento dos produtos fornecidos.

Uma das vantagens competitivas dessa empresa, é obtida através do acompanhamento dos desenvolvimentos e assessoria técnica na utilização dos compostos desenvolvidos e fornecidos aos clientes. De acordo com pesquisa realizada pela Revista Plástico Industrial (julho/1999), um dos principais problemas das empresas de injeção estava na falta de mão de obra qualificada e o objetivo da atuação deste técnico especialista em plásticos, é de justamente suprir essa deficiência nas empresas clientes. A atuação deste profissional abrange o auxílio na especificação dos produtos, de acordo com o produto a ser injetado, no assessoramento no ajuste dos equipamentos de injeção e na transferência das informações obtidas juntos aos clientes e acompanhamento do processo de desenvolvimento do produto.

g) Associação com centros de desenvolvimento de tecnologia em plásticos

Um dos fatores que contribuem para o desenvolvimento tecnológico em plásticos, é através da associação com os centros de desenvolvimento em tecnologia de plásticos, tais como a Universidade Federal de São Carlos e o Senai (Serviço Nacional da Indústria). Os conhecimentos gerados nessas instituições, através de pesquisa e desenvolvimento são transferidos aos funcionários da empresa e adicionalmente, os laboratórios dessas instituições são utilizados para a realização de testes e ensaios que não são possíveis de serem feitos internamente.

8. Conclusão

Com o presente trabalho, espera-se ter contribuído para uma melhor compreensão para a competitividade de uma empresa para o fornecimento de compostos termoplásticos à cadeia automotiva.

Atualmente, para o fornecimento de bens e serviços ao mercado, não é condição suficiente entender a atuação da empresa isoladamente, mas sim, a compreensão da cadeia de fornecimento em sua totalidade, seja sob os aspectos de governança, seja sob os aspectos de agregação de valor. Um outro fator a ser analisado para a formação da estratégia competitiva, é a concorrência que no caso da empresa estudada, ocorre com outras empresas de igual porte, sendo portanto, ágeis e capazes de se adaptarem rapidamente às mudanças de mercado.

Conforme visto, para uma empresa fornecedora de compostos termoplásticos sobreviver e prosperar na cadeia automotiva, é importante o investimento em tecnologia e o ajuste dos seus processos internos, de tal forma que a sua atuação, seja melhor que a dos concorrentes e que a sua estratégia esteja adequada ao ambiente gerado pela cadeia de poder e valor, fatos esses condicionados pela visão a montante, gerado pela cadeia petroquímica de fornecimento e à jusante, gerado pelas exigências de qualidade, fornecimento em just in time e com curtos prazos de fornecimento das empresas montadoras.

Bibliografia

- Bido, Diógenes de Souza; **Implementação de Sistemas da Qualidade para a busca da certificação em pequenas e médias empresas do ramo automotivo**; dissertação de mestrado, USP, 1999.
- Consoli, Marcos Vinícios; **Redes de cooperação: uma análise comparativa entre duas empresas do setor de autopeças nacional**; artigo, 2003.
- Contador, José Celso; **Modelo para aumentar a competitividade industrial**, Edgard Blucher, 1996.
- Furtado, João, **Estudo da Competitividade de cadeias integradas no Brasil: Impactos da zona de livre comercio – Cadeia Petroquímica**, 2003.
- Gereffi, G.; **International Trade and Industrial Upgrading in the Apparel Commodity Chain**, Journal of International Economics, Vol. 48, 1999.
- Godinho, Moacir; **Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura: configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados**, tese de doutorado, USP, 2004.
- Sarti, Fernando, **Estudo da Competitividade de cadeias integradas no Brasil: Impactos da zona de livre comercio – Cadeia automobilística**, 2002
- Souza, Maria Carolina, **Estudo da Competitividade de cadeias integradas no Brasil: Impactos da zona de livre comercio – Cadeia Plásticos**, 2002.
- PORTER, Michael E. **Vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.
- _____ - Revista Plástico Industrial; julho de 1999.

Inovação Tecnológica na Construção Civil

e a Mudança do Perfil Profissional

Wagner Costa Botelho (UNIP) wagner@wrb.com.br

Oduvaldo Vendrameto (UNIP) oduvaldov@uol.com.br

Pedro Luiz Fraccari (UNIP) pluiz@ig.com.br

1. Introdução

A organização tradicional do trabalho na Construção Civil subdividiu e reduziu as tarefas tornando sua execução extremamente simples. O segmento da Construção Civil acabou sendo caracterizado pela intensidade de mão-de-obra, baixo nível de escolaridade e qualificação profissional. As mudanças que começam acontecer deverão ter repercussão significativa na qualificação de mão-de-obra. Há a expectativa que na Construção Civil se repita o fenômeno verificado nos setores de autopeças, eletromecânico, entre outros, em que a inserção de novos materiais, equipamentos com bases tecnológicas controlados por computadores, novos métodos de gestão e organização do trabalho venham a substituir trabalhadores em larga escala. E neste caso, com agravantes em função do número de trabalhadores ocupados ser sensivelmente maior e de qualificação inferior, que dificulta a migração para outros setores de atividade. Quanto à origem dos trabalhadores de alguns setores da indústria da Construção Civil, Lamera (2000) constata que a Construção Civil é um ramo da indústria que absorve o fluxo migratório para os centros urbanos, sendo os trabalhadores migrantes, quase sempre com baixo nível de escolaridade e precária formação profissional, encontrando na Construção Civil a possibilidade de venda da sua força física de trabalho. Com respeito à oportunidade de empregos, a indústria da Construção Civil é responsável por 3,92 milhões de empregos diretos, sendo uma grande geradora de ocupação da mão-de-obra nacional quando se compara com outras atividades industriais, empregando no todo, entre diretos e indiretos, 15 milhões de pessoas. Dados do CONSTRUBUSINESS (2003). Aponta-se este setor como sendo aquele que mais emprega no setor industrial.

Uma pesquisa prospectiva, utilizando-se da metodologia Delphi, está sendo realizada com objetivo de analisar prováveis impactos na mão obra empregada na Construção Civil. Neste artigo estarão sendo apresentados alguns resultados preliminares já obtidos.

2. Tecnologia

Tecnologia é sobretudo conhecimento. Esse conhecimento instrumentaliza-se quando se incorpora numa ferramenta ou equipamento tangível, em procedimentos, métodos, técnicas, algoritmos, softwares e anotações.

“De todas as coisas que podem modificar as regras da concorrência, a transformação da tecnologia figura entre as mais proeminentes.” (PORTER, 2004).

Para Cattani (2002) o debate sobre o conceito de *inovação* foi reacendido nos anos 70, em decorrência das profundas transformações dos processos produtivos verificadas em escala mundial. Também se emprega *inovação* quando se faz referência à primeira introdução comercial de um novo produto ou processo, enfatizando-se desta forma, o caráter comercial da *inovação* e o papel da empresa como seu agente principal. Nesta acepção, a *inovação* diz respeito a transformações de caráter tecnológico que incidem sobre o processo de produção e/ou produto. Atualmente, utiliza-se a expressão *inovação organizacional* para o caso de alterações nas formas de gestão e de organização da produção. Chaves (2003) apud Brandão (2004), define buscando numa concepção mais abrangente, o termo *tecnologia* refere-se a tudo aquilo que, não existindo na natureza, o ser humano inventou, tanto em termos de artefatos como de métodos e técnicas, para estender a suas capacidades física, sensorial, motora ou mental, para expandir os seus poderes, para fazer a sua vida mais agradável, de forma a facilitar e simplificar o seu trabalho, enriquecendo suas relações interpessoais ou simplesmente lhe proporcionar prazer.

3. Inovação Tecnológica na Construção Civil

As inovações tecnológicas que vêm sendo implementadas na indústria da Construção Civil, mudam o gênesis da obra de “construção” para “montagem”. A inovação substitui materiais construtivos que chegam à obra em regime de *just-in-time* e são montados, como paredes, revestimentos, janelas, portas, instalações elétricas e hidráulicas, trabalhadores de perfil profissional diferente daqueles que anteriormente realizavam essas atividades. O trabalho passa por mudanças significativas de organização e conhecimento.

Para Thomaz (2002), os materiais, as técnicas e os processos de construção de edifícios têm evoluído de forma acentuada nos últimos tempos, requerendo cada vez mais conhecimentos multidisciplinares por parte dos engenheiros, arquitetos, pedreiros, serventes e os construtores em geral. Novos processos têm sido adotados com base em práticas tradicionais da construção resultando, muitas vezes, em insucessos técnicos e econômicos. Isto provoca mudanças de caráter muito mais profundo e radical.

Quanto ao mercado brasileiro, Mattei (1999) apud Thomaz (2002) adverte, contudo, que muitas empresas brasileiras já sofreram na tentativa de trazer para seu processo novas tecnologias de produto. Isso aconteceu porque, depois de adquiri-las, perceberam que não havia fornecedores aptos para a reposição de peças, operários qualificados para as montagens e manutenção, materiais nacionais complementares e calculistas com experiência nas possíveis configurações estruturais. O grau das exigências deste novo mercado de trabalho exige de trabalhadores tradicionais como: auxiliares, pedreiros, carpinteiros, encanadores eletricitistas novos conhecimentos. Eles devem passar por processos de aprendizagem ou adquirirem novas competências até para que possam migrar para outras atividades. As novas técnicas empregadas, assim como a rapidez do processo de montagem das peças pré-moldadas, o número de empresas terceirizadas presentes na obra que deve realizar atividade sincronizada, afeta principalmente o trabalho do mestre de obras que sempre trabalhou com o conhecimento do saber prático e passa a enfrentar mudanças bruscas, que o deixam sem referencial. Além dele, o engenheiro residente também deverá capacitar-se não apenas com a atualização dos novos materiais e equipamentos, mas com a gestão complexa de controles e acompanhamentos de terceiros. Nos últimos anos, tecnologia tornou-se sinônimo de qualidade e produtividade em vários setores da economia

incluindo o da Construção Civil. Em meio a esse contexto, transformaram-se processos, surgiram novas sistemáticas de trabalho, paradigmas construtivos foram mudados e provocaram alterações no cotidiano de profissionais e, conseqüentemente, de usuários finais.

Rifkin (2001), observa que enquanto as primeiras tecnologias industriais substituíram a força física do trabalho humano, trocando força muscular por máquinas, a inovação tecnológica baseada no “computador” promete substituir a própria mente humana, colocando máquinas inteligentes no lugar dos seres humanos em toda a escala de atividade econômica. No passado quando uma revolução tecnológica ameaçava a perda em massa dos empregos em determinado setor econômico, um novo setor surgia para absorver a mão-de-obra excedente.

Para Franco (1989), a Construção Civil é uma das exceções da tendência que seguem os setores industriais no sentido de prestar uma grande atenção à organização do processo de produção, o qual se caracteriza por uma estratégia que tem como objetivo atingir uma maior eficiência da produção e eficácia do produto.

Barros (1996), referindo-se a esta dificuldade, salienta: se a indústria da Construção Civil deseja alcançar um patamar mais elevado no seu desenvolvimento tecnológico, é premente que o projeto, além de focar o produto, esteja voltado, de maneira especial, à produção.

A figura 1 ilustra, nos anos de 1998 e 2001 a comparação de pessoal ocupado na Construção Civil em relação a outros setores.

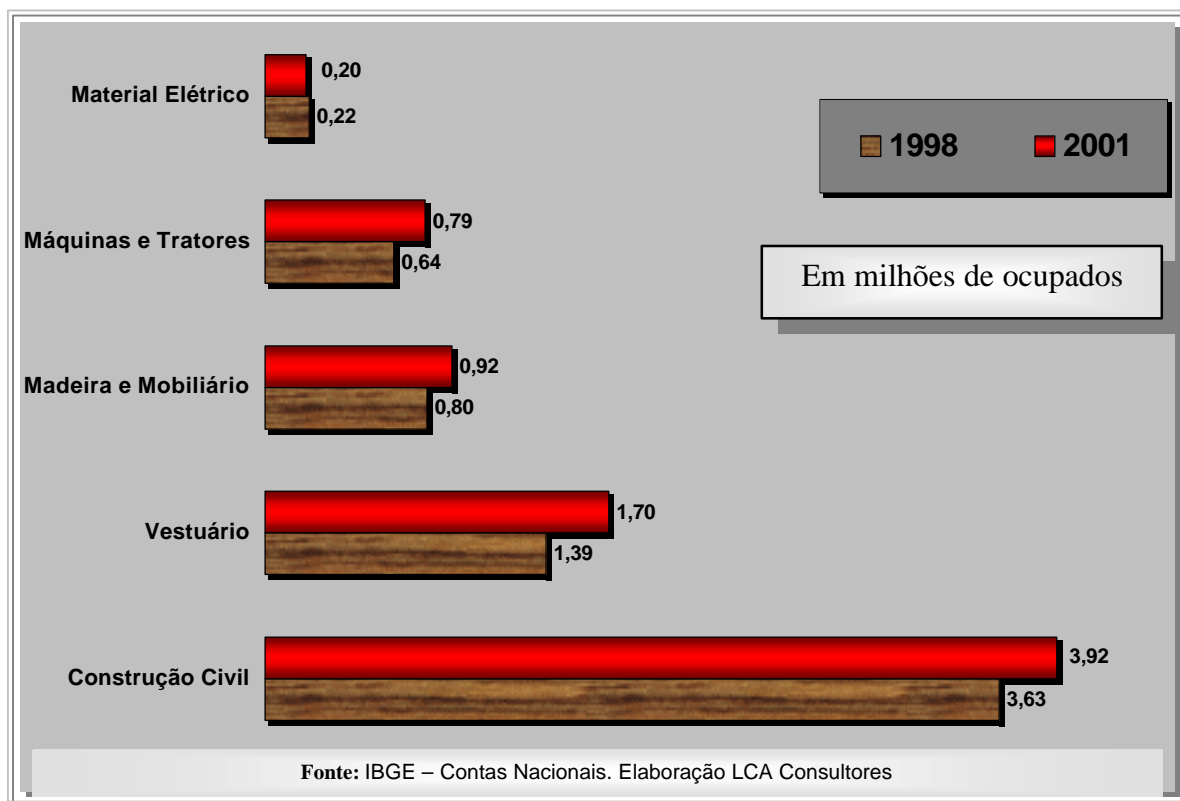


Figura 1: Comparação de pessoal ocupado na constr. civil em relação a outros setores em 1998 e 2001

A Construção Civil é um setor em que a cultura operária está presente na socialização da força de trabalho e na estrutura de ofício difundida nos diversos canteiros. Dentro dessa estrutura é que as empresas têm procurado estabelecer a sua lógica empresarial. Deste modo, acaba criando no meio empresarial, em que o conceito de qualificação está muito preso à educação formal, a idéia de que o trabalhador da construção civil é desqualificado. Pelo fato da construção civil ser uma das primeiras atividades urbanas dos migrantes internos, este setor passa a ser, muitas vezes, o portão de entrada no mercado urbano de trabalho.

5. Recrutamento, Seleção, Contratação e Treinamento

SEBRAE (1995) divulga que as empresas da Construção Civil, não obstante as mudanças tecnológicas no setor, pouco se preocupam com o processo de contratação de novos funcionários. Entretanto, este aspecto tem grande importância, pois é necessário, mesmo em nível de início de carreira, admitir pessoas com um bom potencial. É necessário preocupar-se em propiciar condições de desenvolvimento pessoal e profissional a esses trabalhadores. Ainda que a tecnologia se faça cada vez mais presente na Indústria da Construção Civil, o ser humano se mantém como elemento central do processo produtivo. As empresas só alcançarão seus objetivos através das pessoas, sendo de grande importância a qualidade do recrutamento, seleção e treinamento dos trabalhadores da Construção Civil.

Segundo Morales (2002): - Recrutamento é a busca de candidatos, através dos meios que a empresa utiliza no sistema de informação para realizar sua divulgação; - Seleção é a escolha dos candidatos mais adequados às oportunidades de trabalho que a empresa oferece; - Treinamento é promover mudanças no comportamento das pessoas, através de um processo educacional, por meio do qual as pessoas adquiram conhecimentos, habilidades e atitudes para o desempenho de seus cargos. Sobretudo, o treinamento pode e deve ser implementado na indústria da Construção Civil por muitas razões e pelos benefícios que ele proporciona aos trabalhadores. Um trabalhador bem treinado apura suas habilidades, cresce em conhecimentos, tornando-se mais eficiente em seu trabalho, possibilitando a introdução de novas tecnologias ao mesmo tempo em que proporciona aos trabalhadores crescimento pessoal e formação profissional. Cattani (2002) conceitua que a formação profissional, em sua acepção mais ampla, designa todos os processos educativos que permitam, ao indivíduo, adquirir e desenvolver conhecimentos teóricos, técnicos e operacionais relacionados à produção de bens e serviços quer esses processos sejam desenvolvidos nas escolas ou nas empresas.

6. Procedimento de Trabalho na Construção Civil

Procedimento de trabalho é o processo pelo qual, matérias-primas, ou seja, outros insumos, são transformados em produtos com valor de uso. Neste processo, três elementos são fundamentais: a atividade humana: as matérias-primas, os insumos e as ferramentas ou maquinarias. A construção se caracteriza por possuir uma produção manufatureira. Segundo Fleury (1984), em função das dificuldades em imobilizar máquinas e equipamentos, grande parte do trabalho é feita pelas próprias mãos dos trabalhadores, com uso de ferramentas e pequenos equipamentos, e totalmente dependente de sua habilidade, de seu conhecimento técnico e dos hábitos de trabalho criados na estrutura de ofícios. Essas variabilidades, peculiares ao setor, levam a um processo de trabalho bastante complexo, provocando dificuldades para se estabelecer uma

solução padrão na organização do trabalho. Os processos de trabalho na construção estão intimamente ligados aos métodos empregados na sua produção, e ao estágio tecnológico em que se encontra o setor. No entanto, classifica-se aqui, o processo de trabalho segundo o grau de conhecimento que os operários detêm sobre o mesmo, como: - artesanal; - tradicional e - industrializado (de montagem). Para aumentar a precisão de um ambiente é necessário, entre outras mudanças, o aperfeiçoamento do maquinário envolvido, como é feito nos processos ditos industrializados, que corresponde a terceira classificação. Esse processo, que se caracteriza pela grande utilização de pré-moldados, exige projeto minucioso, onde os detalhes de execução são também requeridos, e conhecimentos específicos, por parte dos trabalhadores sobre a forma de execução. No geral, os trabalhadores envolvidos nos novos processos continuam utilizando parte de seus conhecimentos e habilidades convencionais, mas novos conhecimentos e novas habilidades são necessários. Há uma adaptação do trabalhador à máquina, equipamento e técnicas construtivas introduzidas.

7. Desemprego

Para Fontes (2000) o desemprego era um fenômeno que atingia no passado recente, segmento específico do mercado de trabalho, como jovens, mulheres, negros, pessoas sem qualificação profissional, analfabetos e trabalhadores com pouca experiência, porém isto mudou de perfil. Hoje, o desemprego apresenta-se como um fenômeno complexo e heterogêneo, pois atinge de forma generalizada, praticamente todos os segmentos sociais, inclusive camadas de maior escolaridade e profissionais experientes.

Segundo Cattani (2002), desemprego na acepção corrente, refere-se à situação em que se associam: a ausência de trabalho acompanhado da disponibilidade de trabalhar com a busca por trabalho. Dentre diversas causas do desemprego, uma está associada à tecnologia, ou seja, as inovações tecnológicas podem ser responsáveis pela redução do emprego, na medida em que elas representam racionalização dos processos produtivos e aumento da produtividade do trabalho, sem que haja uma necessária contra partida em termos de incremento na demanda de trabalhos.

Makham (1966) já advertia que a tecnologia traria a pobreza devido ao desemprego provocado pela automação de processos, principalmente para os que levavam para o local de trabalho, apenas músculos e força, aos quais, faltava não só especialização, mas também o potencial básico para adquirir especialização.

7.1. Desemprego x Inovação Tecnológica

Afinal, as inovações tecnológicas empregam ou desempregam ?

Na literatura há respostas para todos os questionamentos. Alguns consideram a inovação tecnológica como a grande responsável pelo desemprego e desigualdade de renda, outros como a grande saída para se criar novos postos de trabalho e melhorar o bem estar humano.

Para Pastore (1998), nas últimas décadas, vários países têm apresentado uma ocorrência simultânea de um rápido desenvolvimento tecnológico e elevação do desemprego. O tema é controverso: dizer que a inovação tecnológica substitui o trabalho é fácil, provar que gera desemprego é difícil. A coincidência do avanço tecnológico com o aumento do desemprego não é suficiente para se concluir que o avanço da tecnologia produz desempregos. As mudanças tecnológicas têm desempenhado um papel importante na reestruturação

da economia global, tais como dramáticas reduções de custos e preços dos bens e serviços os quais, por sua vez, redundam em estímulos a outras atividades. As novas tecnologias têm proporcionado uma grande quantidade de novos materiais, processos, fontes energéticas e bens de consumo. Diversos tipos de tecnologia e os respectivos impactos sobre o trabalho são analisados.

“A simples coincidência de avanços tecnológicos com aumento de desemprego não é suficiente para se concluir que as inovações tecnológicas, de modo isolado, são destruidoras de empregos. Uma inovação tecnologia pode ter um impacto direto destrutivo e um impacto indireto construtivo - em outro setor da economia. Além disso, uma inovação tecnológica pode destruir empregos hoje, e criar amanhã - na mesma empresa.”
(PASTORE, 1998)

“A transformação tecnológica não é, por si só, importante, mas é importante se afetar a vantagem competitiva e a estrutura industrial. Nem toda a transformação tecnológica é estrategicamente benéfica; ela pode piorar a posição competitiva de uma empresa e a atratividade da indústria. Alta tecnologia não garante rentabilidade. Na verdade muitas empresas de alta tecnologia, são muito menos rentáveis que algumas de baixa tecnologia devido às suas estruturas desfavoráveis.” (PORTER, 2004).

7.2. Desemprego na Construção Civil

Da análise de Mattoso (2004), tem-se que nos últimos três anos, a Construção Civil foi um dos setores que mais sofreu com as crises econômicas e o desaquecimento da economia. Sendo um setor de uso intensivo de mão-de-obra, os efeitos foram dramáticos sobre o emprego. Observando os dados do Ministério do Trabalho e Emprego apresentados pelo SINDUSCON-SP, nota-se um decréscimo percentual nos postos de trabalho de 2000 e 2004 de 5,30%. Entretanto, houve uma variabilidade, mostrando recuperação entre julho e novembro de 2002 no Brasil.

8. Competitividade na Construção Civil

“A tecnologia pode dar vantagem competitiva para uma empresa como resultado de ser melhor que seus concorrentes naquilo que oferece” (SLACK, 2002).

Segundo Ferraz et al (1998), a competitividade é a capacidade que uma empresa tem em formular e implementar estratégias competitivas que lhe permitam aumentar ou conservar, de modo permanente, uma posição duradoura no mercado. Hoje, a exigência feita pelos consumidores mais esclarecidos é que a prestação de serviços e a fabricação de produtos sejam cada vez mais diferenciados na qualidade e ao mesmo tempo de menor custo. Esta exigência tem levado as organizações pertencentes aos mais diversos setores de atividade industrial a reverem o seu posicionamento e a se decidirem em termos estratégicos.

No entanto, Porter (2004) verifica claramente que a grande maioria das empresas pertencentes ao setor industrial ainda não se definiu por uma clara estratégia competitiva que as pudessem colocar em posição favorável em relação às suas concorrentes. Ocorre que as organizações desconhecem o comportamento das cinco forças determinantes da competitividade: 1) Entrada de novos concorrentes; 2) Poder de negociação dos

compradores; 3) Ameaça de novos substitutos; 4) Poder de negociação dos fornecedores; 5) Intensidade da rivalidade entre os concorrentes existentes.

Estas forças determinantes regulam a concorrência no setor da Construção Civil. Sem dúvida, este conhecimento é de grande valia para a correta escolha de estratégias competitivas por parte das organizações, haja vista que a estratégia competitiva, ou seja, aquela que se desenvolve em nível da unidade de negócio, visa justamente a estabelecer uma posição lucrativa e sustentável contra aquelas forças. A análise do comportamento dessas forças competitivas permite às empresas fazerem um correto diagnóstico de seus próprios pontos fortes (oportunidades) e fracos (riscos), assim como de seus concorrentes. Após este diagnóstico, as empresas estarão aptas a selecionar e implementar o tipo de estratégia competitiva que lhes for mais conveniente e adequada.

De acordo com Porter (2004), as principais condições que levam uma empresa a conseguir simultaneamente diferenciação e liderança no custo são:

- *Quando os concorrentes estão no meio-termo (ponto fraco).*

Esse fato ocorre no setor da Construção Civil do Brasil, uma vez que as empresas raramente possuem um tipo de estratégia competitiva clara e bem definida que as possibilite tirar proveito, por meio de uma análise cuidadosa do comportamento das forças competitivas que determinam a concorrência;

- *Quando uma empresa é pioneira em um importante conjunto de inovações.*

A introdução de um conjunto de *Inovações Tecnológicas* importantes no setor da Construção Civil pode permitir que uma empresa intensifique a diferenciação e reduza o custo simultaneamente, e talvez alcance ambas as estratégias.

Portanto, a introdução de novas tecnologias no setor da Construção Civil pode ter este efeito, cujo processo produtivo prescinde da utilização de *Inovações Tecnológicas*. Neste caso específico, pode-se argumentar que novas tecnologias são utilizadas em pequena escala justamente pelo fato de a grande maioria das empresas pertencentes ao setor da Construção Civil não se definir em termos estratégicos.

Devido às peculiaridades competitivas do setor da construção - principalmente no que se refere ao fato de a grande maioria de seus participantes estarem no *meio-termo* e de seu produto apresentar elevados custos fixos e carecer de diferenciação - pode-se considerar que é perfeitamente viável, para uma determinada empresa pertencente ao referido setor, optar pela adoção concomitante das estratégias de *diferenciação* e *liderança no custo*. Uma vez assumidas, tais estratégias poderão então ser alcançadas por meio da adoção de uma estratégia tecnológica cuja política principal seja a utilização de inovações tecnológicas, segundo a teoria de Porter (2004).

Assim, caso uma determinada empresa pertencente ao setor da Construção Civil opte pela adoção de uma estratégia tecnológica cuja política principal seja a de investir em inovações, sobretudo se forem estas pioneiras, então teoricamente essa empresa ficará em posição favorável em relação às suas concorrentes, haja vista que poderá alcançar diferenciação e liderança no custo simultaneamente. Deste modo, se uma empresa do setor da Construção Civil fizer uma análise de seus pontos fortes e fracos, formular uma

estratégia competitiva a ser atingida ao lado de uma estratégia tecnológica que zelee pelo investimento em inovações, compatível com a estratégia competitiva anteriormente formulada, com relação às metas, à diferenciação e ao custo, terão melhor oportunidade de sucesso. Portanto, poderá assim conseguir a integração, bem como o alcance da estratégia, permite chegar até a unidade de negócio, se for o caso. Entretanto, apesar da importância que os investimentos em inovações tecnológicas têm para as empresas construtoras, atualmente tais inovações ainda são utilizadas em pequena escala porque nem sempre a estratégia competitiva de tais empresas está definida. Outra dificuldade encontrada é a existência de uma forte resistência à implantação de novas tecnologias, uma vez que mudanças provocam alterações na estrutura de poder das empresas, que nem sempre são bem vindas. Uma vez que uma determinada empresa opta pela adoção de uma estratégia tecnológica que seja compatível com a sua estratégia competitiva, então ela estará em condições de conscientemente utilizar inovações tecnológicas, com vistas ao alcance da estratégia competitiva que foi previamente formulada. No entanto, no setor da Construção Civil isto ainda não acontece.

Contudo, observa-se que muitas empresas pertencentes ao setor da Construção Civil no Brasil conseguem sobreviver sob estas condições pelo fato de que seus clientes possuem pouco poder sobre elas, uma vez que geralmente detêm baixo poder aquisitivo e não têm como barganhar junto às mesmas, fato que não ocorre em muitos outros setores de atividade. Entretanto, diante da possibilidade do surgimento de clientes mais poderosos e mais exigentes com relação à aquisição de produtos de melhor qualidade e a preços mais baixos, algumas poucas empresas do setor estão começando a rever o seu atual posicionamento.

9. Objetivos

Dentre os objetivos propostos com a finalização da pesquisa, têm-se:

- Avaliar impactos, tendo como foco a mudança do perfil do trabalhador e os requisitos de conhecimento exigidos para os novos profissionais e a provável redução de postos de trabalho disponíveis a trabalhadores de baixa qualificação, atuantes no modelo atual;
- Estimar, quanto a qualidade do trabalhador para um determinado número de casos em que a “unidade de estudo” possa ser considerada, a repercussão em termos de emprego e desemprego;
- Elaborar relatórios dos dados coletados e consensados através dos questionários aplicados (Delphi-Web) e respondidos pelo grupo de especialistas eleitos nas diversas fases previstas na metodologia, que permita fornecer, preventivamente, alguns indicadores que possibilitem antecipar decisões que minorem, principalmente, o agravamento do desemprego de trabalhadores de baixo nível de qualificação;
- Compreender a necessidade do desenvolvimento de novas competências frente aos impactos causados pela Inovação Tecnológica na Construção Civil.

10. Pesquisa

De modo a configurar o novo cenário que se descerra para a Indústria da Construção Civil, uma pesquisa prospectiva utilizando a técnica Delphi-Web está sendo realizada. Conforme citado em Wright (2002), este método é uma ferramenta de pesquisa qualitativa utilizada em situações de carência de dados históricos ou

quando há rupturas tecnológicas, econômicas, sociais ou políticas, ou ainda, em situações nas quais pretende-se estimular a criação de novas idéias.

Conforme Giovinazzo (2001) o método Delphi-Web consulta um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros através de um questionário, que é repassado em continuadas rodadas até que seja obtida uma convergência das respostas, um consenso, que representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo.

O grupo de pesquisa está investigando a relação entre tipos de inovações tecnológicas na Construção Civil e a qualificação profissional exigida do trabalhador que irá operá-la. Como sub-produto, espera-se poder comparar qualitativamente e quantitativamente, a repercussão das mudanças referente ao número de trabalhadores envolvidos e a expectativa de desemprego.

11. Metodologia

Preliminarmente, foi escolhido e organizado em “unidade de estudo” (parte ou conjunto de determinado tipo de obra), em que houve alterações profundas em termos de materiais, processo e mão-de-obra devido à inovação tecnológica. Informações iniciais, obtidas pela bibliografia e em entidades de classe, indicam ser reduzido o número de empresas de Construção Civil que operam em bases tecnológicas avançadas. Segundo essas fontes, um número ainda muito reduzido de empresas de São Paulo se utiliza desse aparato tecnológico.

Há uma expectativa bem fundamentada de que esse número cresça rapidamente em função de vantagens que vão se tornando notórias, como abaixamento de custo de materiais, redução de geração de sucata, qualidade, rapidez, etc. A Construção Civil como um setor econômico, pauta suas atividades segundo o comportamento da economia como um todo. Seu crescimento ou estagnação depende diretamente da saúde do setor. Sobre isso as fontes principais são os órgãos de classe e os empresários proprietários ou seus diretores, que poderão manifestar sobre as tendências ou não de modernização tecnológica do setor e a expectativa da velocidade em que deve ocorrer. A parte técnica da obra esta relacionada com os departamentos de engenharia em que atuam os projetistas, departamentos de compras, responsáveis por contratos técnicos, fiscalização, cronogramas, qualidade, controle e tudo mais que se refere ao processo produtivo.

Os profissionais dessas áreas, principalmente engenheiros, são importantes no suprimento de informações quanto às motivações e justificativas para uso de tecnologias, materiais, equipamentos, controles e ganhos relativos. O engenheiro residente, o mestre de obra, os chefes específicos de atividades terceirizadas, além de outros cujo perfil possa ser identificado no trabalho de campo, que se constituem na base do conhecimento operacional, são as fontes de informação quanto ao perfil do novo trabalhador, seu desempenho e elementos que possibilitem a comparação entre o processo tradicional de construções e o moderno.

Em função dessas características a investigação exploratória apresenta-se de nítida conveniência.

Um questionário formalizado, orientador, não estruturado, para que se garanta minimamente um denominador comum e uma convergência para os temas das pesquisas/entrevistas foi processado.

A relação dos especialistas foi elaborada inicialmente com base nas empresas líderes do setor da Construção Civil. Através da Internet foram enviados dois questionários para diversos profissionais de diversas empresas

ligadas à Indústria da Construção do Estado de São Paulo. Empregados, principalmente engenheiros residentes, projetistas, responsáveis pelo suprimento da obra, mestres de obra, técnicos de serviços terceirizados de empresas de médio e grande porte do setor de Construção Civil da cidade de São Paulo, fabricantes de componentes de obra e equipamentos para Construção Civil, professores universitários e de escolas técnicas, consultores, diversos profissionais, o SINDUSCON-SP (Sindicato das Indústrias de Construção Civil do Estado de São Paulo) e a FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) são os participantes (respondentes e/ou entrevistados) desta pesquisa. Os questionários foram encaminhados via e-mail em duas fases, através de cartas assinadas eletronicamente pelo Coordenador da Pesquisa, explicando resumidamente seus objetivos e solicitando a colaboração do especialista, respondendo-o dentro de um prazo estipulado. Anexado a estes e-mails, foi enviado um “link”, contendo o endereço da página do “site” onde o Questionário e os Cenários estavam disponíveis, bem como uma senha de acesso à área restrita. As versões dos dois questionários na “web” foram feitas em formato banco de dados, possibilitando ao especialista responder digitando na própria página do “site”. A metodologia garantiu a não identificação dos respondentes em relação as respostas dos questionários. Esta garantia é um requisito básico do método Delphi-Web.

Após esta fase, a metodologia prevê “Workshop” e “Entrevistas in loco” com os atores desse processo (pedreiros, serventes, mestres de obras e engenheiros residentes) em obras que um ou mais tipo de inovação tecnológica esteja sendo empregada. O relatório final conclusivo, visa fornecer, preventivamente, alguns indicadores que possibilitem antecipar decisões que minorem, principalmente, o agravamento do desemprego de trabalhadores de baixo nível de qualificação.

12. Apresentação dos resultados preliminares

Houve uma grande dispersão por parte dos entrevistados devido à cultura própria de cada um e a opinião pessoal sobre temas que carregam certo envolvimento político.

Para a 1ª Rodada do questionário, foram elaboradas vinte e uma questões. Pretendendo-se com ele avaliar as opiniões de maneira prospectiva, observando inicialmente possíveis convergências. Como ilustração, uma das questões formuladas na 1ª Rodada:

- Quais dos profissionais abaixo listados foram mais afetados por essas inovações, no sentido de perda de posto de trabalho? Com os dados da sua empresa, entidade, ou do seu conhecimento, faça uma estimativa de porcentagem de perda de posto de trabalho.

Desenhistas projetistas ()%

Pedreiros ()%

Sobre os temas abordados pelo questionário respondido pelos painelistas na 1ª Rodada, elaborou-se uma análise decorrente do método Delphi-Web . Após esta etapa de análise dos resultados da 1ª Rodada, fez-se necessário à ocorrência da 2ª Rodada.

12.1. Análise da 1ª rodada

Na 1ª Rodada, das 300 (trezentas) cartas convite enviadas aos painelistas, obteve-se 59 (cinquenta e nove) respostas. A metodologia prospectiva que é uma análise de tendências, prevê possibilidades que o evento

ocorra quando há convergências das opiniões aproximando-se de um consenso. Foi adotado como existindo o consenso para as questões em que 75% ou mais das respostas convergiram. A convergência ocorreu nas respostas sobre as evoluções tecnológicas e seu grau de relevância que estão sendo incorporadas pela Construção Civil e quais as percentagens de utilização dessas inovações pelas empresas especializadas. Para esses itens as respostas atingiram um consenso em torno de 75% dos respondentes. Estranho, mas compreensível, é a profunda divergência apresentada quanto às perspectivas de evolução do setor. Sendo ele extremamente sensível à flutuação da economia torna-se difícil qualquer prognóstico de médio e longo prazo devido provavelmente às ocorrências dos últimos anos. Como o número de respondentes foi significativo a questão fará parte da segunda rodada com a expectativa que a dispersão diminua.

Aparentemente observou-se uma dificuldade ou prevenção por parte dos respondentes, quanto às questões que tratam do emprego, pois na 1ª Rodada de questões sobre o tema, os respondentes reduziram-se em média para 15% do total.

Entretanto, houve uma redução significativa de respostas obtidas para as questões que se referiam à formação de profissionais e reflexos na perda de postos de trabalho devido às inovações tecnológicas. Com relação a grande dispersão apresentada pelas respostas às questões dessa natureza, no atual estágio da pesquisa, três hipóteses são formuladas para o comportamento dos respondentes na 1ª Rodada:

- *Primeira hipótese: Estresse dos respondentes.*

É possível supor que como estas questões figuravam na última parte do questionário e os respondentes já estariam cansados depois de vinte a trinta minutos de elaboração de respostas.

- *Segunda hipótese: Um assunto delicado.*

É possível que muitos respondentes não se sentiram confortáveis em tratar desse assunto por se sentirem afetados, ou em função de responsabilidades com a empresa, ou ainda não terem se dedicado a ele, e por isso preferiram a omissão.

- *Terceira hipótese: Equívoco.*

É possível supor que desemprego e mudança de perfil profissional não tenham a relevância para os respondentes que os pesquisadores imaginavam.

Com base na 1ª Rodada, preliminarmente, pode se adiantar:

- Quanto a tendência da indústria da Construção Civil, 100% dos respondentes afirmam existir uma tendência a mudança do gênesis da obra “construção” para “montagem”;
- Com respeito às evoluções nos Processos Construtivos, menos de 30 % consideram essa modalidade como sendo incorporada pela Construção Civil;
- Houve consenso, em mais de 75% das respostas que já está havendo perda de postos de trabalho face às inovações tecnológicas correlacionadas a evolução dos programas e utilização de computadores;
- Quanto a Tecnologia de Informação (TI), 56 % consideram que ela está sendo incorporada pela Construção

Civil;

- Após a 1ª Rodada do método Delphi-Web, cinco questões foram identificadas como sendo as que apresentaram um alto grau de divergência, decorrendo a necessidade da 2ª Rodada do método Delphi-Web.

12.2. Análise da 2ª rodada

Para a 2ª Rodada, o grupo de pesquisa encaminhou aos especialistas, somente, as questões que não atingiram o grau de convergência que permitisse ser interpretado.

Nesta rodada 36 (trinta e seis) respostas foram obtidas.

Como ilustração, uma das questões formuladas na 2ª Rodada e a resposta divergente da 1ª Rodada, é apresentada a seguir:

Referente a 8ª Questão da 1ª Rodada:

- Quais dos profissionais abaixo listados foram mais afetados por essas inovações, no sentido de perda de posto de trabalho? Com os dados da sua empresa, entidade, ou do seu conhecimento, faça uma estimativa de porcentagem de perda de posto de trabalho.

Desenhistas projetistas ()%

Resultado da 1ª Rodada (figura 2) : 70 a 80%

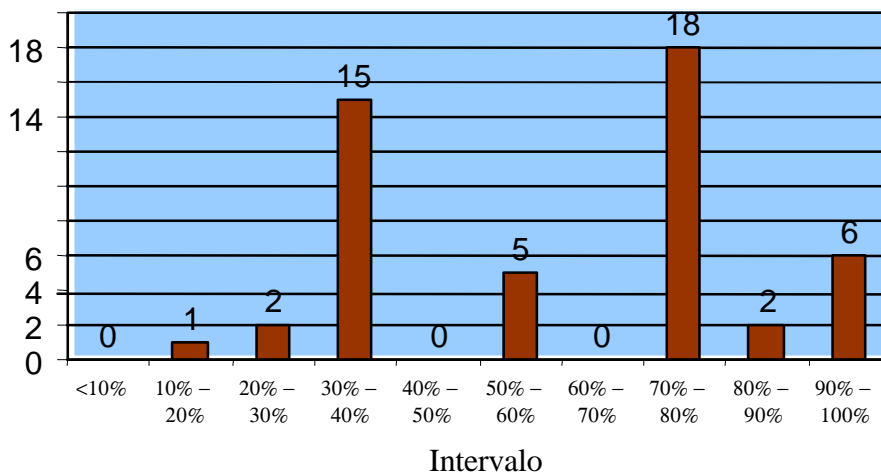


Figura 2 – 1ª Rodada : Resposta divergente da 1ª Rodada

Resultado da 2ª Rodada (figura 3): 70 a 80%

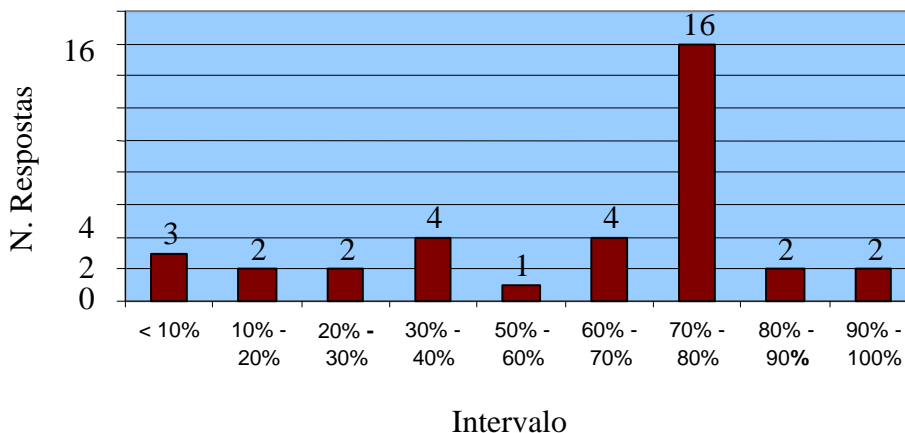


Figura 3 – 2ª Rodada: Resposta divergente da 1ª Rodada

Observe que o critério do item 12.1 adotado para a convergência era a indicação de no mínimo 75% dos respondentes. Portanto, neste caso, a divergência mesmo após a 2ª Rodada permaneceu. Essa questão será debatida na próxima fase: Entrevistas e Workshop.

Neste ponto da pesquisa, as hipóteses descritas no item 12.1 não se confirmaram. Espera-se que durante as Entrevistas e Workshop (item 12.3) obtenha-se subsídios para suportá-las ou contestá-las. Ao término, o projeto de pesquisa prevê um relatório que será preparado e enviado aos especialistas, conjuntamente com as conclusões inerentes ao estudo de prospectiva tecnológica, que ficará disponível na Internet à consulta pública.

12.3. Entrevistas e Workshop

Uma equipe de campo fará entrevistas, “*in loco*”, com os atores desse processo, em situações em que um ou mais tipos de inovação tecnológica estejam sendo empregados.

Após a pesquisa de campo, será organizado um *Workshop* com especialistas da área, para a discussão de eventuais pendências e dos resultados obtidos.

13. Conclusões preliminares

Esta pesquisa indica dados e informações que permitem inferir no agravamento do desemprego de trabalhadores da Construção Civil de baixo nível de qualificação profissional.

Fatores preponderantes às expectativas desta pesquisa estão presentes na Indústria da Construção Civil, dentre eles:

- A má qualificação da mão-de-obra;
- A modernização da Construção Civil, que tem exigido mais produtividade e qualidade do produto utilizado nas obras, não tem sido acompanhada da valorização da mão-de-obra, uma vez que essa mão-de-obra é que deve estar apta a aplicar estes novos produtos.

A Indústria da Construção Civil absorve grande parte da mão-de-obra do setor produtivo brasileiro, com significativo poder de reprodução de empregos diretos e indiretos, sendo a capacitação profissional neste setor obtida em processos “*on-the-job*”, onde não há um treinamento formal, para o profissional operário da construção civil, ocorrendo assim apenas a transferência da cultura entre os próprios operários, através do convívio com as atividades executadas por seus colegas de trabalho, formando um “ciclo vicioso do conhecimento e capacitação”.

14. Considerações

As conseqüências sociais e industriais da Inovação Tecnológica com maior intensidade na Construção Civil estão por acontecer. Os seus efeitos mais profundos deverão ser sentidos em breve. O Brasil terá de estar preparado. Para isso precisa qualificar o trabalhador para enfrentar o desafio e se ajustar às exigências dos novos mercados de trabalho que está extinguindo ou reduzindo antigas atividades e talentos. A escolarização em massa de boa qualidade será o melhor antídoto para superar essas dificuldades. Neste contexto, é interessante reproduzir as afirmações de Porter, Pastore, Acosta-Hoyos e Viotti:

“A Transformação Tecnológica é um dos principais condutores da concorrência. Ela desempenha um papel importante na mudança estrutural da indústria, bem como na criação de novas indústrias. Ela também é um grande equalizador, acabando com a vantagem competitiva até mesmo de empresas bem fortificadas e instigando outras para a dianteira”. (PORTER, 2004)

“Há duas alternativas: ou educamos aceleradamente a nossa gente e passamos a competir com eficiência; ou convencemos os nossos concorrentes a deseducar seus povos e parar de competir. E, a saída é uma só: educar. Educar mais e, sobretudo, educar bem”. (PASTORE, 1998)

“A Inovação Tecnológica como parte integrante da cultura, marca a sua presença em cada época e em cada sociedade, levantando problemas e introduzindo conflitos a serem resolvidos. Neste contexto, hoje os “problemas e conflitos” surgidos do avanço tecnológico na Construção Civil são de tal importância, que certos profissionais deste setor estão ameaçados de sucumbir se eles não forem solucionados ou amenizados”. (ACOSTA-HOYOS, 1985)

“Tecnologias, diferentemente das mercadorias normais, são geradas por processos incertos, arriscados, que geralmente dependem de esforço sistemático e capacitação específica para cada “produto” gerado... Quanto mais nova é a tecnologia, menor é a disposição de seu proprietário para comercializá-la e maiores são os ganhos competitivos que ela proporciona... A capacitação para absorver também é cumulativa e depende da experiência produtiva e do esforço tecnológico acumulado por empresas, instituições, países ou regiões... Quanto mais nova é uma tecnologia, maiores são os conhecimentos tácitos necessários para operá-la, mais difícil é absorvê-la e maiores são os ganhos competitivos que ela proporciona.” (VIOTTI, 1999)

Referências Bibliográficas

- ACOSTA-HOYOS, L.E. Tecnologia e Qualidade de Vida: Uma polêmica de nosso tempo. Viçosa: Editora UFV, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR6023 : Informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2000.
- BARROS, M.M.B. Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. São Paulo. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996..
- BRANDÃO, L.C.F. Disponível em: <http://www.geocities.com/luis_brandao/tsld003.htm>. Acesso em: 08/05/2004 - 13:23h.
- CATTANI, A.D. Trabalho e Tecnologia: Dicionário Crítico. São Paulo: Editora Vozes, 2002.
- CONSTRUBUSINESS 2003. 5º Seminário da Indústria da Brasileira da Construção Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/temp/construbusiness/Construindo_a_Inclusao_Social.ppt>. Acesso em: 23/04/2004 - 11:00h.
- FERRAZ, J.C. Made in Brazil: Desafios Competitivos para a Indústria. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.
- FLEURY, A. (Coord.). Aspectos Conceituais. Organização do Trabalho: uma abordagem inter disciplinar, sete estudos de casos sobre a realidade brasileira. São Paulo: Ed. Atlas, 1984.
- FONTES, R. (Coord.). Desemprego e Mercado de Trabalho: Ensaio Teóricos e Empíricos. Viçosa: Editora UFV, 2000.
- GIOVINAZZO, R.A. Modelo de Aplicação da Metodologia Delphi-Web pela Internet – Vantagens e Ressalvas - FEA USP - Administração On Line - Prática - Pesquisa – Ensino - ISSN 1517-7912 - Volume 2 - Número 2 (abril/maio/junho-2001). Disponível em: <http://www.facesp.br/adm_online/art22/renata.htm> Acesso em: 09/08/03 – 15:00h.
- LAMERA, D.L. (Coord.) Perfil do Trabalhador na Indústria da Construção Civil de Goiânia. São Paulo: Editora FUNDACENTRO, 2000.
- MARHAM, C. Empregos, Homens e Máquinas. Rio da Janeiro: Editora Lidador, 1966.
- MATTEI, J.A. Velocidade, uma das Tônicas do Futuro. Artigo publicado na revista “ Qualidade na Construção” nº 14, pp30-32. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. São Paulo, 1999.
- MATTOSO, J. Disponível em: <<http://www.jornaldamanha.com/visualizar.php?not=1408>>. Acesso em: 30/04/2004 – 12:30h.
- MORALES, M. Princípios da Adminidtração de Recursos Humanos: Aplicados em Cursos Técnicos e Qualificação Profissional. São Paulo: Ed. Texto Novo, 2002.
- PASTORE, J. A Controvérsia Sobre Tecnologia e Emprego. Revista: Parcerias Estratégicas. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/CEE/revista/Parcerias5/tecnoemp.htm>>. Acesso em: 08/05/2004 - 13:54h.

PORTER, M.E. Estratégia Competitiva. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2ª edição, 1989.

_____ Vantagem Competitiva. R. de Janeiro: Editora Campus, 23ª edição, 2004.

RIFKIN, J. Fim dos Empregos: O Declínio Inevitável dos Níveis dos Empregos e a Redução da Força Global de Trabalho. São Paulo: Ed. Makron Books, 2001.

SEADE / DIEESE. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/noticias/noticia04.htm>>. Acesso em: 23/04/2004 - 09:25h.

SEBRAE Administração de Recursos Humanos na Construção Civil. Curitiba-PR: Editora SEBRAE-PR/SINDUCON-PR, 1995.

SINDUSCON-SP Construcarta Emprego, 4 de março de 2004, ano 5, nº 176. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/frame.asp?page=../secao/secao.asp?area=Emprego&numpai=1&descpai=economia>>. Acesso em: 23/04/2004 - 16:57h.

SLACK, N. Administração da Produção. 2ª ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2002.

THOMAZ, E. Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção. São Paulo: Editora PINI, 1ª Edição, 2ª Tiragem, 2002.

TRANJAN, R.A. Não Durma no Ponto. 3ª ed. São Paulo: Ed. Gente, 1999.

VIOTTI, E. B. Política de C&T e Extensão Tecnológica. 1ª Reunião da Aliança Estratégica para a Promoção da Inovação Tecnológica: ABIPTI-ANPEI-ANPROTEC, 1999.

WRIGHT, J.T.C. Prospecção Estratégica para 2003 com a utilização do método Delphi-Web. Disponível em: <<http://www.fia.com.br/profuturo/publicações/artigos/artigos/art52.html>>. Acesso em: 09/08/2003 – 20:10h.

AUTOMATED SYSTEM FOR LEATHER INSPECTION: THE MACHINE VISION

Mario Mollo Neto,
Oduvaldo Vendrametto,
Jóse Paulo Alves Fusco
UNIP mariomollo.cdq@unip.br,
UNIP vendrameto@unip.br,
UNIP jpafusco@uol.com.br.

Nowadays Brazil is the world largest producer of cattle leather and the total exportations in 2002 were around 19 million of pieces or 930 million dollars. In the other hand, the low performance of domestic tanning plants, has compromised the final numbers and as a result the product remains considered as a mere commodity in the international market. The semi-finished products obtained in the very first stages from the process, with low level of value aggregation, represent circa of 60% of exportations.

This paper is a summary of the findings obtained from a research done and aims to present an automated inspection system to classify the wet blue leather, using image processing and under a quality control system guiding rules..

1. INTRODUCTION

The globalization effects on developing (or emerging) countries has addressed the label of commodities exporters presented by them. The expectations of sharing the world market, commercializing products in higher levels of aggregated value, motivated by an increasing global competition, has occurred only in the importations side of the so called global products. The gap of knowledge presented by the Brazilian productive system concerning technology, management and quality, jointly with the MNC's tradition on international trading, weakened the position of national best firms. These ones, without conditions to face properly the fierce competition against their foreign counterparts, were incorporated by rivals or stopped operations or even reshaped their business anyway.

During the 90's, because the adoption of partnerships, alliances, joint ventures or simply acquisition of Brazilian firms, the participation of foreign firms in the Brazilian GDP increases from 36% (1991) to 53.5% (1999) (Kupfer, 2002).

Changes on processes and operation systems, the use of automation technologies, TI, besides decreasing the participation of Brazilian investmens on the domestic market, co-operate to decrease the employment level and brought other types of social problems already on the table to be solved. While entire productive networks have been completely absorbed by foreign groups, e.g. autoparts and electrodomestics, conversely there are other remaining sectors virtually untouched as in the case of meat, leather and footwear, wooden-made furniture, gems and other. Probably some of typical characteristics presented by these sectors, e.g. labour intensive processes, lack of organizational control, lack of stable conditions concerning tax legislation and capital-labour relationships, and the general poor quality of buyer-supplier relationships, has pushed the focus of foreign investors away.

Some of the modern (regarded) firms evolved towards higher levels of competitive conditions, working concepts such as world products and making use of very sophisticated technologies and management tools. However, most of the remaining firms stay precariously in the business without investments in technology and, therefore, in a low level of competitive power, still commercializing commodities or semi-finished products. Table 1 shows the potential of sales and development presented by the Brazilian network of meat, leather and shoes business. These numbers could be increased significantly through the adoption of an adequate set of policies by the federal government, aiming to increase the Brazilian share of international market and elevating the employment level as well.

Table 1 - Source: Couromoda Calçados e Artefatos (**) Added by the author

Brazilian exportations of meat/leather/footwear - US\$				
Product	2000	2001	2002	Variation % 2000/2002
Shoes	1,548 bi	1,615 bi	1,449 bi	- 6,3
Eláter	744 mi	850 mi	930 mi	+ 25,0
Components	448 mi	500 mi	519 mi	+ 15,8
Machinery	5 mi	6 mi	ND	ND
Meat (**)	805 mi	807 mi	1,050 bi	+ 30,4
Sum	3,550 bi	4,156 bi	~3,948 bi	~ + 11,2

The system proposed is based upon a type of “machine vision”, to be developed using new technologies available, to perform activities within the process of classification of *wet blue* leather. Then, its main function would be to classify cattle leather just after the chemical treatment of tanning, looking for increases on quality standards.

The classification occurs after the very first stage of the production process, on the semi-finished product called *wet blue*. One piece at a time is then extended over one special table and one specialist takes a visual inspection on the leather surface for around 30 and 60 seconds. The specialist then evaluates the quality and assigns the piece a grade between 1 and 7, writing it with a chalk on its surface. According this scale, one piece of leather graded 1 would present the best “value” for quality while the other limit would refer to the worse quality.

The procedure cited above is quite arguable because of its large uncertainty margin and this fact represents the main reason behind the existing commercial problems between tanning plants and their customers, primarily in the case of exportations.

The resulting pieces of leather can be commercialized in a briny or crude state, without being submitted to any inspection of quality up to this phase. Only after the process on tanning plants the piece is converted into leather one and classified, receiving the grade. This late evaluation can bring losses to the tanning plants, because the quality will be known only in the end of the entire production process.

Additionally, the “machine vision” presented and proposed in this paper will help firms to know precisely what they are really doing in terms of quality of good products, creating a value basis to support commercial negotiations in a more realistic way, instead of making use of speculative arguments as up to now.

The new form proposed intends to analyze electronically the leather through the use of one digital optical system, mapping the defects on each piece and obtaining the correspondent classification or grade. Besides, the leather mapping allows the application of more specialized methods to optimize the working area on it, decreasing rejects and the related environmental problems.

One experimental test was done to verify the compatibility of the system proposed and the present visual system in terms of the outputs and the quality of the data to be generated. Despite the fact that the technology proposed still needs a more profound examination before its full adoption by firms, the results suggest that both systems are totally compatible.

2. BACKGROUNDS

Along the last 30 years the research field called “machine vision” has been evolving and developing to play an important role on either side of production processes (using robotics) and quality control of manufacturing operations (AVI - Audio-Video-Interleaved systems).

In the early papers, the main purpose has been to automate the quality control through the use of images (Stapley, 1965; Norton, 1970; Aalderink, 1976; Saridis, 1976; Roland, 1982).

Many researches have been conducted in the last few years to elaborate high speed techniques more efficient to analyze images, trying to emulate the human vision. To do so, besides the images processing system, it is necessary to develop another technique of decision making, very difficult to automate indeed.

In parallel with the academic evolution, the required technology to capture images (e.g. cameras, digitizers) and their subsequent treatment (computers, microprocessors) has been developed in such a way that nowadays it is possible to build a sort of very efficient visual systems to capture images and to take decisions based on information gathered from it.

The development of a system to analyze quality using image processing involves many other important aspects from the choice and implementation of adequate methods up to the elaboration of experiments to verify its suitability.

2.1 Scenario analysis

The research focusing leather issues has been done under a wider range, going beyond the usual activities involving its simple applications as a part of other products or even as a supply in the leather artisan industry.

The innovations already cited in the text revealed new horizons to the leather sector and deserve to receive special attention because the possibility to obtain products with more aggregate value, competitive advantages and increases on ROI.

Nowadays the leather, as a raw material, is responsible for an important economic sector worldwide, presented a great diversity of products from manufacturing and service firms. Porter (1993, 479-497) presents the competitive advantages that lead Italy into the world leadership of leather industry. Soon after, the author suggested in a lecture the figure 1 above, containing one wide view of the different sectors forming the entire network.

Concerning cattle leather, results obtained from many researches revealed that Brazil has missed an opportunity to gain close to 900 million dollars each year because the poor quality of the leather produced by domestic plants and the unbalance between domestic production and demand (CICB, Brazilian leather plants

union, 2000). Usually pieces of leather used as raw materials by manufacturing firms (footwear, purse, belt, Clothes, furniture and car seats) present scratches, scars, punctures and spots over their surfaces. It is important to point out that 85% of the leather made in Brazil presents some type of defects, and 60% of that occurs within the limits of the tanning plants. The remaining 40% occurs because the bad conditions of logistic factors from the farms to the plants.

- a) Figure 2 shows the types of defects presented by the leather made in Brazil. The general lack of secure information about the leather as a product, inside the limits of the farms, represent a huge difficult to be overcome.

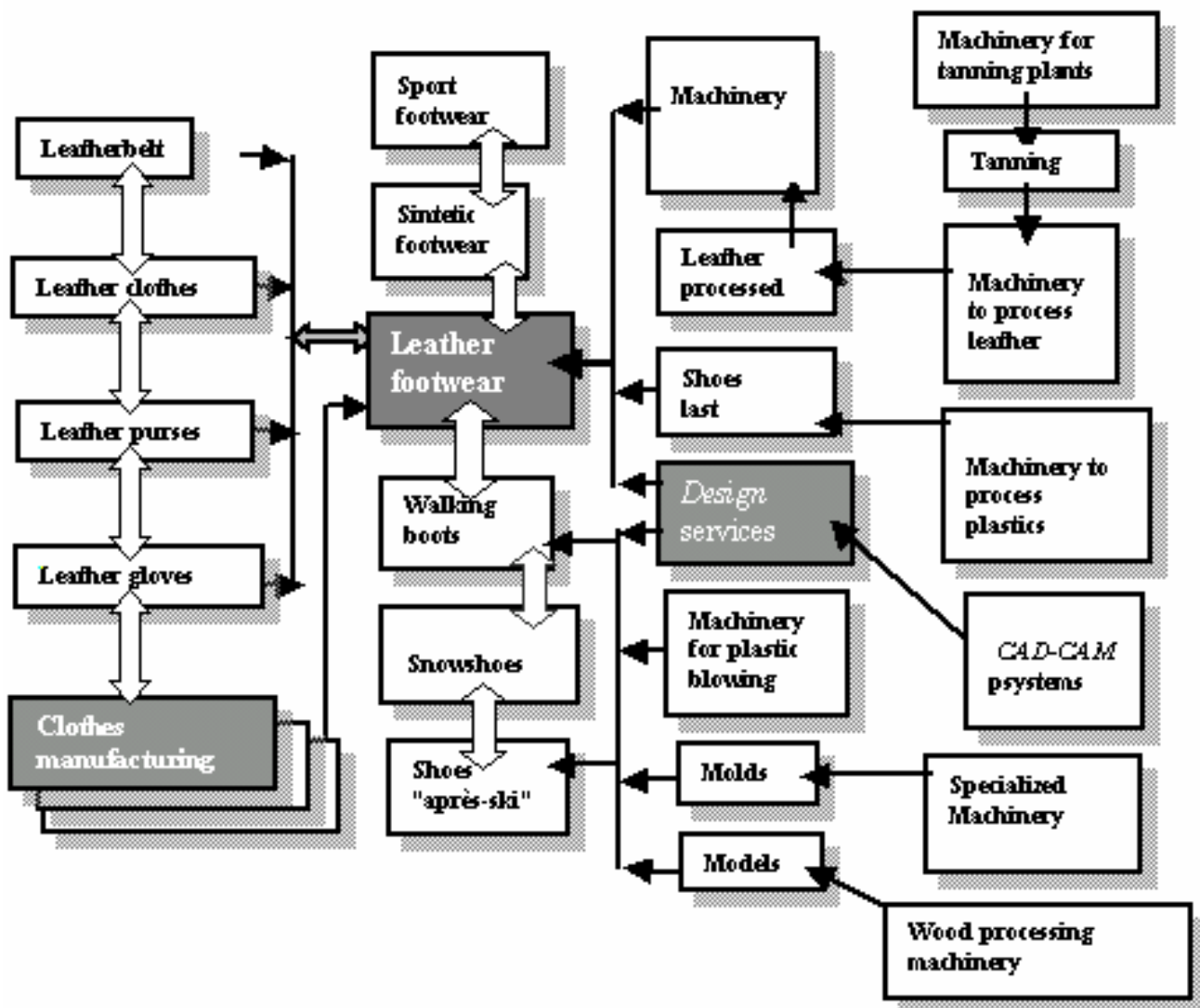


Figure 1 – One Italian footwear cluster – Source: Porter, 1997

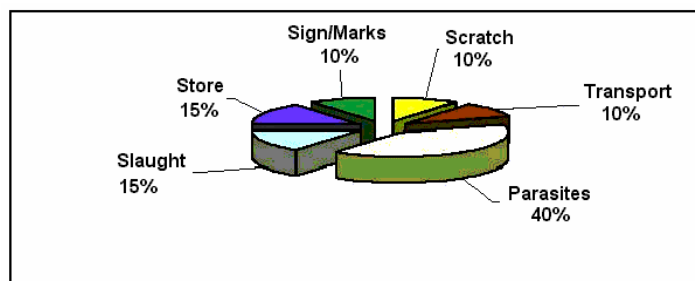


Figure 2 – Defects of Brazilian leather - Source: ABQTIC (1998)

Additionally, three relevant questions need to be considered:

- b) The geographic localization and climate conditions of the country, with some regions quite suitable to microbe proliferation and also the emergence of a wide variety of coetaneous diseases. All this stuff requires additional efforts during the entire productive process to obtain the leather.
- c) The present practices adopted by the slaughtering plants require corrective actions to improve the product to be sent to the tanning plants, avoiding undesiring rests, usually accepted because of sales criteria (weight).

The treatment process of effluents released by the plants need to be developed more properly to eliminate environmental impacts.

In fact there is a negative cycle to disrupt. The poor profitability presented by the leather sector raises difficulties to answer the question of poor quality. To do so it becomes necessary to provide an adequate flow of investments on new technologies, innovation, management and negotiation processes involving suppliers and customers together. The need of further developments on products and manufacturing plants is quite evident indeed. Efforts in such a way would bring significant results to every firm within the business network, and would increase the incomes from Brazilian exportations.

In so far as the wider and deeper relationships between agriculture sector and other sectors, upright and downright within the productive chain, its connection with other economic segments has been expanded as well. Thus, any macroeconomic or sectorial change affecting one or more structural link of the CAI (Agro industrial Complex) also reverberates on the national economic structure.

Impacts on other sectors would induce side-effects on the Agro industrial Productive Chains (CPA-Agroindustrial Productive Chain). The participation of agribusiness incomes represents something around one third (1/3) of Brazilian GDP (Gross Domestic Product), also a large number of people employed and close to 34,5% of total of domestic sales (Embrapa-gado de corte, 2001).

Although Brazil experiments presently an accelerated process of economic internationalization, the solely economic globalization tends to induce changes on every economic and political aspects of the country. In fact, it is quite difficult to isolate economic events to avoid the natural implications on political and social aspects. To sum up, all of this make necessary to think again about the participation of the federal government in such scenario without one defined array of rules.

It becomes important to point out that, under a type of "free trade" criteria, and in a global sense, one can list three main characteristics to be included as a part of an essential strategic agenda: Organization, representativity and power to negotiate. The domestic agro industrial chains need to improve their internal efficiency of the partners involved, provided that they will be competitive only if they succeed to get a better organization inside, favoring the correct formulation of contracts related to agriculture and emphasizing the international agribusiness and its marketing requirements.

The scenario up to this moment evolves dynamically and incorporates important changes on competition concepts and roles to be played by the government. The forces driving such changes, the virtual revolution on technologic and management issues, as well as the very ways to spread the new technologies and management tools being continually generated need to cope with the reality of globalization and the new related forms of trading. The traditional comparative advantages no longer represent determinant factors of competitive conditions. This reasoning gave way to another structure in which the primary factors would involve the efficiency to attend markets (good quality at a reasonable prices) and the ability to know previously the desires and needs to cope with.

2.2 Why to invest on technology?

2.3.1. Economic point of view

The leather and footwear sector is extremely important concerning Brazilian economy, because its volume of exportations and generation of jobs. The country presents the largest commercial herd of the world and also one of the largest groups of cattle breeders, slaughtering and tanning plants. According to information gathered from the Brazilian agriculture office, the industry generates close to 2% of GDP(Gross Domestic Product) and around of 800,000 direct and indirect jobs. (Gostinski, 1997)

Because the high rate of defects and the general lack of uniform batches, the Brazilian tanning plants (per year) embitter a loss of incomes around 320 million dollars. The state of Rio Grande do Sul, responsible for 40% of the total leather manufactured in the country, shows close to 128 million dollars of unrealized sales per year. Regarding the farmers and slaughtering plants, it represents a loss of incomes of 270 million dollars per year. In the same reasoning, the state government suffers a loss of taxes close to 12 million dollars per year.

Thus, it becomes clear that every investment made on technology development would probably bring significant results and increasing on profitability of the firms within the business network.

2.3.2. Manufacturing point of view

The scope of the research presented in this paper encompasses areas of equipments and technologies adopted by the tanning plants (figure 3). The objective is to create an alternative to reload information to be used by the process and increase its quality and efficiency.

The technology proposed within the “machine vision” needs to be incorporated as another equipment to classify properly (capable of being reproduced) and economically the pieces of leather and aggregating value to the entire process. The benefits, obviously, would reach upright and downright partners, removing inconsistencies typically found in handcraft processes, unable to be reproduced and too much dependent on practical skills. This type of automation would generate improvements on quality and efficiency, without being dependent on foreign technologies. It could also settle the economic profile of the tanning plants because the optimization of raw material and labour.

3. THE AUTOMATED CLASSIFICATION SYSTEM

3.1. System design

The classification is based upon the determination and mapping of defects presented in the surface of the leather motivated by external agents. Nowadays, the classification is totally performed visually, being highly dependent on the operator’s ability, therefore imprecise and subjective (Oscar, 1988). The proposed system divides the batches of leather according 8 standard levels of classification commonly used in the market.

The proposition aims to automate the process through the adoption of a computerized classification, more reliable and capable of being reproduced. The software “embedded” within the machine analyze digitally images obtained from a piece of cattle leather and store it in a data bank with other information about non-conformities or defects such as total area of defects, eccentricity, optical density, and defects per unit (piece of leather). Thus, the information stored would allow firms to compare the results obtained from each inspection against the quality standards accepted in the market.

In general terms, the machine gets the images from a piece of leather using one or more CCD (Charge-Coupled Device) cameras, digitally converted by a microcomputer (PC-like), using a video converter device. The proposed “machine vision” is a composite of one hardware set and another of control software (Roland, 1982) to perform the following functions (see figure 3):

- a) Establish the real dimension of the piece to be analyzed
- b) Establish the useful area to be used by subsequent processes
- c) Track the defects and the influences over the piece under analysis
- d) Calculate the total weight of the defects presented by the piece and determine its batch classification
- e) Storage of the information gathered from the individual and batches analysis
- f) Generate reports containing defects and non-conformities found in each piece or batch of leather

This system would bring benefits such as greater precision and uniformity to the process of leather classification itself, usually performed in a handcraft way by skilled workers. Thus will be possible to form physically uniform batches with pieces presenting the same useful area, without defects, facilitating the application of more sophisticated techniques such as manufacturing technology, simultaneous cutting and others. The possibility to define and guarantee quality standards for supply customers, mainly the downright ones, means more value aggregation and higher levels of profitability.

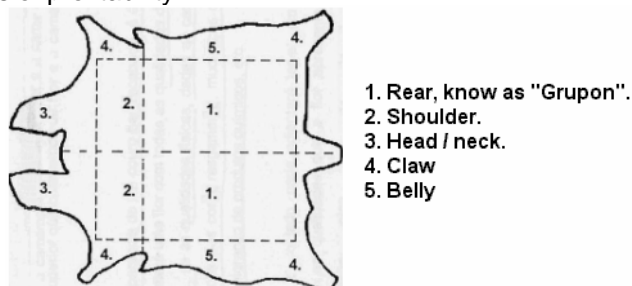


Figure 3 - Source: SENAI tanning school – 2º grau, april, 1988 (Oscar Jacó Schefel and Valmar Silveira dos Santos, quality control of *Wet Blue* and semi-finished leather).

3.2. Physical assembly

The physical application requires the use of a special table to receive the pieces to be surveyed (see figure 4) with a translucent lid to back-of illumination and with an attached metallic structure to install one fixed camera to be used in the analysis to get the quality of the “grupon”(Best part of one piece of leather) and other regions. The data generated are then processed by the software and compared against a data bank, in such a way to understand the meaning of the data and related evaluation.

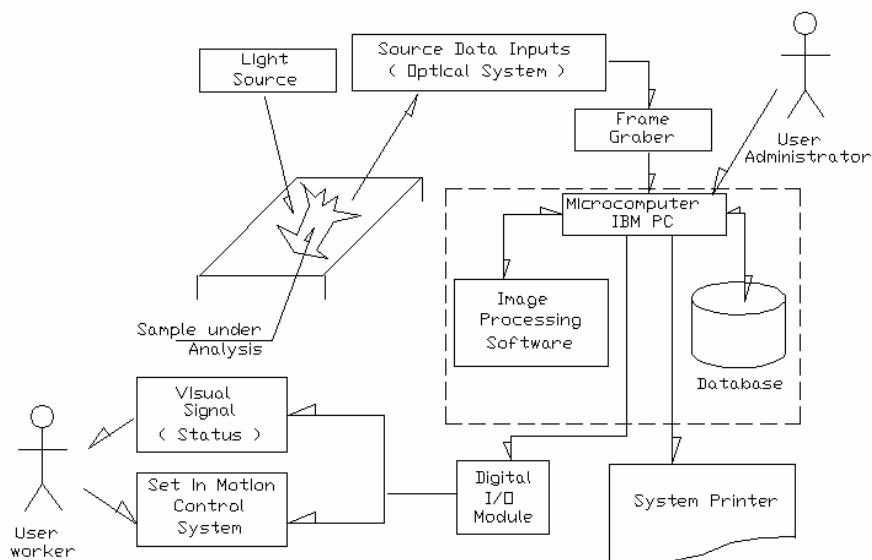


Figure 4 – Automate inspection process of quality leather

3.3. Measurement process

As already cited within the text, the implementation of an accessible and low cost automatic system to control the quality of leather still remains as an important objective to reach.

To sum up, the process comprises the following activities:

- Capture images digitally generated by the cameras
- Put to use one specialist system of visual computation to detect variations on leather characteristics in comparison with standards
- Link the system above mentioned with the operator through the use of reports, warning or whatever considered more convenient

To do this, the process requires some basic resources, at least one dedicated computer (PC-like) working under windows software, to attend the applications of graphic processing and a system to capture and digitalized images.

3.4. Benefits and costs

The proposed system would be able to eliminate or reduce the uncertainty level of the present hand-made classification process, aggregating value to the products being obtained and pushing the pricing negotiations into higher levels.

This system-based process allows more favorable conditions to conduct studies about leather quality, because the availability of data and information about the types and localization of defects found in each batch, species and region. In having plenty of information it becomes possible to implement special policies to decrease the problems of quality through the elimination of the reasons behind them.

The mapping process would bring also the possibility of making use of technologies to optimize the entire manufacturing system upright and downright. In the present situation presented by most of the tanning plants, batch cutting with water or laser beam are almost impossible because the differences on location of defects preventing the superposing of the pieces in batch.

4. A PRELIMINARY TEST

The proposed system has been tested in a leather tanning plant located in Franca, one of the Brazilian footwear cluster. The table 2 presented below shows the results obtained from one preliminary test, involving the inspection and classification of a sample with 20 pieces of leather. To do so, one experimental test has been done to classify the sample using two methods, e.g. one using visual classification and the other performed automatically by the system..

After the tanning process, the piece of leather is then divided in two longitudinal halves, from the neck to the tail of the animal. These parts received an identification tag (R-right; L-left side) represented in the third column of the table.

Sample	Results	Orient.	Average	Sample	Results	Orient.	Average
1P4	2338,14	L	1902,10	3P6	3099,61	L	5485,41
2P4	1922,12	L		4P6	2905,82	L	
3P4	1584,03	R		1P7	4770,02	R	
4P4	1764,13	R		2P7	5864,31	R	
1P5	2394,97	L	2482,41	3P7	5613,64	L	7846,46
2P5	2673,06	L		4P7	5693,69	L	
3P5	2348,67	L		1PR	7901,23	R	
4P5	2512,97	L		2PR	7865,42	L	
1P6	2976,39	L	3092,76	3PR	7657,94	R	7846,46
2P6	3389,25	R		4PR	7961,27	R	

The first column represents the elements of the sample under test, while the second shows the results obtained to each element, through the application of factors pondering the types of defects, their location over the surface and the density of the piece. According the table, the results increase according a logarithmic curve, determining like bands of value to define each level for classification (grade). To check the methods against each other, the sample was divided in five groups according levels of grade well known previously. Thus, the sample presented 4 pieces grade 4, 4 pieces grade 5, 4 pieces grade 6, 4 pieces grade 7 and 4 pieces to be rejected.

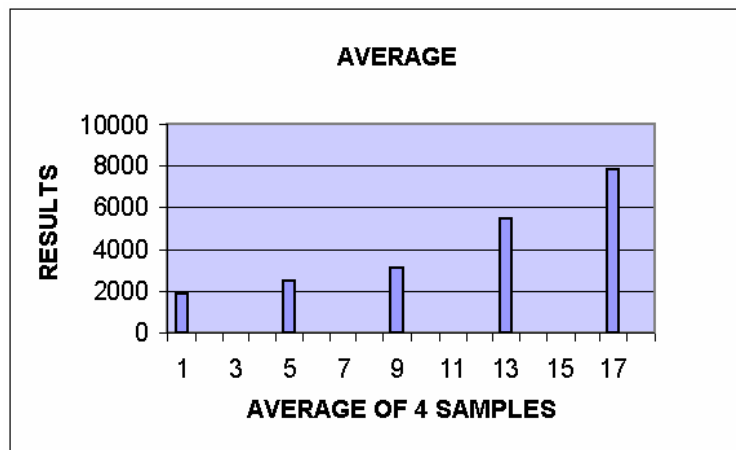


Figure 6 – Compatibility of the methods

After all, the last column represents the average value obtained for the testing results of each group of pieces. The figure 6 was obtained from the data gathered by using the experiment, and shows the total compatibility of the two methods under analysis.

The cycle time to classify and to measure each piece by 1 operator and 4 assistants has been taken close to 43 seconds. To do the same job, in the present stage of development, the automate system lasts around 53 seconds to classify and measure by using of electronic processing devices. However, it is important to take in account that the equipment used to do the experiment was one personal laptop without any special feature to

enhance its performance. Thus, it is reasonable to say that using another computer system with high performance should reduce to an estimate value of 30 seconds, suitable to this type of activity.

5. CONCLUSION

As a conclusion from the reasons and the preliminary test presented in this paper, there are many related elements that could justify the adoption of one or more units of the "machine vision" to improve quality of *wet blue* leather produced by the tanning plants, aggregating value to the products been sold in the domestic and foreign markets.

Another important gain refers to the development itself and the knowledge of a new technology like that, adjusted to the economic capacity of Brazilian firms. There are many other possibilities available in the market to perform such a task, however the prices are still too much expensive, besides the fact that usually it generates a type of technologic dependence in terms of adopting one unique machine and its maintenance. Therefore, with the knowledge and range to specify the types of defects presented by the leather, besides one more detailed cost-benefit analysis and study to fulfill the needs to design and produce a "machine vision", it becomes possible to obtain a more uniform classification of leather being produced by tanning plants and increasing the quality level of the material to be used downright by other firms within the productive chains.

6. REFERENCES

- Aalderink, B.J. and deJonge, M.W.C. (1976) *Automated Surface Inspection of cold-rolled sheet* In *Proc. International Meeting of Iron and Steel Making*, pp 11-19.
- AVA (1985) *Machine Vision Glossary*, Automated Vision Association.
- ABQTIC (1988) *Matéria-prima couro*. Estância Velha.
- COUROBUSINESS (2000) *Para onde vai o couro brasileiro*. vol. 3, n. 13, p.20-21.
- Embrapa – Gado de Corte-MS (2001) *Sistemas integrados de produção de peles e couros no Brasil*. Novembro.
- Gostinski C. (1997) *Brazilian footwear 96/97*. English/Portuguese. Novo Hamburgo: Catânia.
- Norton-Wayne, L. and Hill, W.J. (1970) *The Automated Classification of Defects on Moving Surfaces* *Second International Joint Conference on Patt. Recognition*, pp 476-478.
- VENDRAMETTO, O. ; Desenvolvimento e Ruptura: O caso da rede produtiva da carne, couro e calçados. In : FUSCO, J.P.A. (Organizador): *Tópicos emergentes em engenharia de produção*. Vol.01, São Paulo, Arte e Ciência Editora, 2002, ISBN 85-7473-091-2.
- Oscar J. S.; dos Santos, V. S. (1988) *Controle de qualidade de couros "Wet Blue" e semi-acabados*. Escola de curtimento SENAI – 2º grau, abril.
- Porter, M. (1993) *A vantagem competitiva das nações*. RJ: Editora Campus. Pp 479-497.
- Revista Globo Rural (1987), junho.
- Roland T. C.; Harlow, C. A. (1982) *Automated Visual Inspection: A Survey* *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-4, No 6, pp 557-573, November.
- Saridis, G.N. and Brandin, D.M. (1979) *An Automatic Surface Inspection System for Flat Rolled Steel*. *Automatica*, vol. 15, pp 505-520.
- Stapley, B.E. (1965) *Automatic Inspection of Metal Visible Defects*. *Iron and Steel Engineer*, november.

Livro.

M. M. Neto, O. Vendrametto, J.P.A. Fusco: "**Emerging Solutions for Future Manufacturing Systems**", *Springuer Press* (L.M.Camarinha – Matos, Editor): Sep. 2004, v. 159, ISBN 0-387-22828-4.

Área: *Balanced Automation Systems*

Linha de Pesquisa: *Assembly Sensors and Simulation*

Trabalho Completo Publicado em Congresso.

M. M. Neto, O. Vendrametto, J.P.A. Fusco: "**Emerging Solutions for Future Manufacturing Systems**", Conference proceedings, 6th IFIP International Conference on Information Technology for Balanced Automation Systems in Manufacturing and Services – Manufacturing in a Knowledge-driven society, Vienna University of Technology - "Freihaus" - Wiedner Hauptstrasse 8-10 - A-1040 Vienna, Austria, 2004.

Área: *Balanced Automation Systems*

Linha de Pesquisa: *Assembly Sensors and Simulation*

Motivação e Liderança :

A motivação e a influência da liderança na empresa

Wagner Costa Botelho

wagner@wrb.com.br

Solange Pujol Giugliano de Souza

wcb15@terra.com.br

RESUMO

Ter motivação pode levar o ser humano a realização de alguns sonhos, ideais e conquistas, os quais poderão fazer grande diferença em sua vida profissional ou pessoal. Este trabalho tem como objetivo mostrar os principais aspectos que compõem a motivação no trabalho, o forte papel que uma liderança pode exercer influenciando na motivação e no próprio desempenho e como as Empresas atualmente estão trabalhando para que seus colaboradores consigam desempenhar suas funções satisfatoriamente e motivados.

Palavras-chaves: Liderança, Motivação, Qualidade.

INTRODUÇÃO

A motivação tem sido um tema muito discutido na atualidade. Se a motivação é uma energia capaz de levar o indivíduo a trilhar alguns caminhos, este trabalho visa mostrar como isto se desenvolve, como a liderança influencia nesta atitude e quais os caminhos que as Empresas estão buscando para descobrir o que é motivador para seus colaboradores. A falta de motivação leva o indivíduo a parar de buscar seus ideais, seus sonhos, e a viver sem ânimo. Se a motivação é um impulso, energia que leva o indivíduo a ação, este trabalho visa mostrar como se dá este processo. Este trabalho visa ir um pouco mais fundo no quanto a motivação depende do ser humano e o quanto depende da Organização e/ou de uma chefia “adequada”. A grande quantidade de teses e artigos sobre o assunto não consegue diminuir a inadequação das pessoas com seu trabalho e, novamente, surge a culpada: a motivação. Quantos gestores não ouviram a frase célebre : “Você precisa motivar seus funcionários” ! - Que sentimentos esta frase tem despertado em cada uma destas pessoas que a ouviram? Ao que tudo indica, existe disparidade entre o que se entende por motivação e o que se espera dela na prática, ou seja, o que se acha que é motivação dentro das organizações é muito diferente do entendimento conceitual dos estudiosos no assunto. Esclarecer os conceitos básicos, comparar as principais correntes teóricas e enxergar os principais desafios nas organizações fazem parte deste estudo. Algumas formas de liderança são abordadas uma vez que o tema deste trabalho diz respeito a influência direta desta na motivação. Como as Empresas lidam com a motivação de seus colaboradores, o que fazem para que seus colaboradores tenham prazer pelas atividades que executam.

1. A MOTIVAÇÃO

Segundo FRANÇA (2002), na psicologia, motivação corresponde “a uma modificação do organismo que o faz mover-se, até que se reduza essa modificação” (Piéron, 1964). Para melhor entendimento dessa definição, deve-se lembrar o conceito de homeostase, que está incluso no entendimento de motivação. Homeostase é a “tendência a estabilidade do meio interno do organismo” (Ferreira, 1986) ou “característica geral dos organismos, que consiste em manter constantes as condições da vida, ou restabelecê-las, quando forem

modificadas, particularmente no que concerne ao interior” (Piéron, 1964). Motivação é definida como um impulso a ação. É também traduzida como necessidade ou tendência (Piéron, 1964; Archer 1997). Por tratar-se de impulso ou necessidade, é óbvio que é originada basicamente no interior dos indivíduos. Assim sendo, a fala comum “você tem que motivar seus empregados!” perde seu uso prático, pois sugere algo impossível de realizar. Esse equívoco talvez determine a impotência de gestores e organizações ante os aspectos motivacionais das pessoas no trabalho. Dessa forma, é necessário entender mais profundamente os aspectos internos do ser humano.

1.1. História da Motivação

O homem foi considerado por filósofos, teólogos e leigos de várias épocas, desde a antiguidade, um ser racional que age para satisfazer seus desejos conscientes. O papel desempenhado pela noção de vontade, nessas concepções, foi muito importante, já era considerada uma faculdade mental, ao lado do pensamento e do sentimento; o indivíduo podia controlar seus desejos e era responsável por seus atos. Paralelamente a essas formulações, desenvolveu-se a idéia de que o homem procura o prazer e evita o sofrimento (Enciclopédia Abril,1973). Tal concepção recebeu o nome de hedonismo (que já fora usado para um sistema ético baseado no mesmo princípio) e alcançou maior destaque nos séculos XVIII e XIX. A partir desses conceitos, a motivação foi objeto de diversas teorias, cada uma delas particularmente preocupada com uma de suas bases. O início dos estudos científicos da motivação pode ser atribuído ao drawinismo, teoria segundo a qual certas ações inteligentes são herdadas: as mais simples seriam os reflexos, as mais complexas, os instintos. Os instintos surgiram através da seleção natural e, mais flexíveis que os reflexos, permitiram ao organismo um comportamento variável. Cientistas como Sigmund Freud e William McDougall desenvolveram a teoria do instinto como uma explicação psicológica que se manteve durante o primeiro quartel do século XX. McDougall pressupunha vários instintos, considerando-os tendências hereditárias e propositais em busca de objetivos determinados. Sugeriu que o comportamento humano adulto era motivado por instintos fixados desde o nascimento – fuga do perigo, repulsa, curiosidade, etc. A partir da década de 50, D.C. McClelland (1917) e seus colaboradores preocuparam-se particularmente com o estudo de um dos motivos sociais, a realização. Esta teoria baseia-se em estudos experimentais do comportamento de aproximação e fuga e usam o modelo de excitação afetiva: certos estímulos ambientais provocam um estado de prazer ou dor e uma tendência para ir de encontro dele ou evitá-lo. O grau em que isto se manifesta depende da adaptação anterior da pessoa. Por exemplo: um som forte pode deixar de ser perturbador para um indivíduo que passe várias horas num aeroporto. A motivação consiste na expectativa que o indivíduo aprendeu a ter em relação a determinado objetivo, em função das reações emocionais positivas e negativas que ele desperta. Assim, os objetivos conhecidos como causadores de prazer são procurados, e os que provocam dor são evitados. Segundo esta definição todos os motivos são aprendidos e a motivação se baseia nas emoções. O motivo de realização é definido como a expectativa de encontrar satisfação, desafios ou tarefas complexas, ou, em última análise com o desejo de alcançar sucesso.

1.2. Evolução Histórica do Conceito de Motivação

A preocupação dos gestores com a motivação, tal como se conhece hoje, é relativamente recente. De acordo com Steers e Porter (1975), antes da Revolução Industrial a motivação tinha a forma de medo de punição – física, financeira ou social. Entretanto, à medida que as indústrias de larga escala tomaram o lugar das organizações artesanais, destruindo formas sociais e de troca nas relações profissionais e demandando maior complexidade, os processos de interação entre os trabalhadores e seus patrões foram substituídos por formas frias e tênues de relacionamento entre os trabalhadores e empresas. Conforme FRANÇA (2002), essa mudança acarretou alterações nos padrões exigidos para a eficiência e o retorno dos investimentos, ocasionando transformações nas relações de trabalho. A força trabalhadora precisava, a partir de então, ser também mais eficiente e lidar com uma supervisão distante e impessoal. Essas mudanças originaram uma nova filosofia de gestão, na qual “muitos fatores motivacionais intrínsecos foram substituídos por fatores extrínsecos”(Steers e Porter, 1975), conhecida como administração científica. A administração científica, fundamentada em um modelo caracterizado como tradicional e muito bem definida pelos escritos de Frederick Taylor em 1911, retira do trabalhador o problema pelo bom ou mau desempenho e eficiência e coloca a responsabilidade sobre o supervisor. Sievers (1997) faz duras críticas ao modo tradicional de entender a motivação, afirmando que ela só passou a ser um tópico quando o sentido do próprio trabalho desapareceu ou então foi perdido, e essa perda no seu entendimento, está diretamente ligada a crescente divisão e fragmentação do trabalho, originada pela busca excessiva de eficácia. Para ele, essa é uma perspectiva

sombria da natureza humana, que não considera o subjetivismo do homem e reduz sua atuação profissional a mera relação com um sistema que o controla e dirige.

2. TEORIAS MOTIVACIONAIS

Existem várias teorias motivacionais consagradas que explicam a motivação, cada uma de uma forma peculiar. Todas elas enxergam o ser humano de uma forma especial e nenhuma com certeza representa a verdade absoluta.

2.1. Teoria da Hierarquia das Necessidades – Abraham Maslow

Com certeza a teoria mais lembrada quando o assunto é motivação é a apresentada por Maslow em 1943. Maslow enxerga a motivação como algo constante, sem fim e complexo encontrado em todos os seres humanos. “O homem é um animal que deseja e raramente alcança o estado de completa satisfação, exceto durante um curto tempo. À medida que satisfaz o desejo, sobrevém outro em seu lugar. Quando este é satisfeito, surge outro ao fundo. É característica do ser humano, em toda a sua vida, desejar sempre algo” (Maslow, 1954).

2.2. Teoria dos dois fatores – Frederick Herzberg

Herzberg (1959), começou a trabalhar a teoria dos fatores em meados dos anos 1950. Herzberg elaborou uma teoria alicerçada numa pesquisa na qual foram entrevistados 200 indivíduos, entre engenheiros e contadores. Nessa pesquisa, perguntava-se em primeiro lugar a respeito de situações em que os entrevistados se sentiram excepcionalmente bem no trabalho. Em seguida, questionava-se sobre os momentos em que se sentiram excepcionalmente mal em seu trabalho. Como resultado, Herzberg observou que as primeiras ocorrências eram aquelas em que o trabalho em si e seu desempenho estavam contemplados. Publicados em 1959, os resultados da pesquisa indicavam que o homem tem dois blocos de necessidades: um atendido por fatores de natureza intrínseca e outro atendido por fatores de natureza extrínseca. Esses dois blocos levaram Herzberg a formular a teoria dos dois fatores: os fatores de Motivação (intrínsecos) e os fatores de Higiene (extrínsecos). Na teoria dos dois fatores, um deles se relaciona com a satisfação (fatores de motivação) e outro com a insatisfação (fatores de higiene).

2.3. Teoria da Determinação de Metas de Edwin Locke

No final dos anos 1960, Edwin Locke (1968) apresentou sua teoria, baseada na necessidade que as pessoas têm de vislumbrar objetivos claros e diretrizes bem definidas. Assim, a definição de metas claras e específicas para os trabalhadores contribui, segundo essa teoria, para a satisfação das necessidades dos indivíduos. O papel do gestor, portanto, será o de definir e clarificar metas para seus liderados, o que os fará empregar determinado esforço na sua consecução. Locke também assinala que metas com razoável grau de dificuldade e definidas com a participação dos empregados produzem melhores resultados do que metas muito fáceis ou que foram definidas sem a participação dos envolvidos na sua consecução.

2.4. Teoria da Equidade

Esta teoria é relativamente nova quando comparada às demais e particularmente diferente dos modelos anteriores no que concerne à formulação. Resultou de trabalhos independentes, mas convergentes, de vários estudiosos que trabalharam sob os mesmos parâmetros gerais. A teoria inclui as formulações sobre dissonância cognitiva (Festinger, 1960) e as reflexões sobre equidade e iniquidade formulada por Adams (1975). O grau de equidade é definido em termos da razão entre a entrega individual (o esforço, por exemplo) e a recompensa (o pagamento), comparada a uma relação similar de outra pessoa que seja relevante em termos de comparação. O tema central da teoria motivacional é que o maior determinante do desempenho da satisfação no trabalho é o grau de equidade ou iniquidade que um indivíduo percebe na situação profissional.

2.5. Teoria da Espectativa de Victor Vroom

Em 1964, Victor Vroom propôs sua teoria voltada especificamente ao ambiente de trabalho. É considerada uma teoria de processo, e não simplesmente de conteúdo, pois identifica relações entre variáveis dinâmicas, que explicam o comportamento das pessoas no trabalho. Nela, assim como na teoria da equidade, o que está sendo estudado é a relação entre variáveis (resultados, insumos etc) mais do que a variável (fator de satisfação, por exemplo) em si mesma. Vroom (1975), que se baseia nos trabalhos de Kurt Lewin e outros (1935), propõe: “As escolhas feitas por uma pessoa entre cursos alternativos de ação são sempre relacionadas a eventos psicológicos presentes no comportamento”.

3. A MOTIVAÇÃO HUMANA

Segundo Chiavenato (1987), a teoria da motivação procura explicar porque as pessoas se comportam de uma determinada forma. A administração científica de Taylor e de seus seguidores baseava-se na concepção do homo economicus, que defende que o homem é exclusivamente motivado pela busca do dinheiro. Com o passar do tempo algumas experiências começaram a ser realizadas e identificou-se que mesmo com a recompensa salarial o homem não se sentia plenamente satisfeito.

3.1. Motivação Interna: A motivação verdadeira

A motivação verdadeira segundo BROXADO (2001), nasce das necessidades intrínsecas onde encontram sua fonte de energia, nas necessidades e ações do ser humano. Assim também é nas organizações. A motivação verdadeira é a fisiológica – instintiva e psicológica – emoções. A motivação interna é caracterizada pelos instintos. O instinto é entendido como um padrão de comportamento inerente à própria espécie, portanto, característico a ela e estereotipado, que possui uma energia própria a ser liberada sempre no sentido de dentro para fora. O Prêmio Nobel de Medicina, 1973, Konrad Lorenz sugere que os instintos aumentam a habilidade, não somente do animal como também do homem de adaptar-se ao meio ambiente, promovendo uma energia interna, que busca seqüencialmente no ambiente externo, o alívio dessas tensões instintivas que podem ser: fome, respiração, sono, repouso sexo e excreção. Então, o ato instintivo só ocorrerá quando existir um estado interno de carência. Atente para o seguinte exemplo: - Uma pessoa chega em casa após um dia cansativo de trabalho e possui as seguintes necessidades: fome, sede e descanso. O que a pessoa fará, provavelmente, vai depender da necessidade que tiver maior força interna no momento: - Se a fome for maior, vai direto à geladeira para procurar algo para comer; - Se o sono for maior, irá para o quarto e, quando acordar, a fome estará maior que o sono, indo para a geladeira.

3.2. Motivação: A Abordagem Cognitiva e Psicanalítica

A abordagem cognitiva da motivação se propõe a levar em consideração o que se passa na cabeça do organismo que se comporta. Segundo a teoria cognitiva, a motivação depende de experiências anteriores do modo de como a pessoa percebe o estado de coisas que influencia no seu comportamento, e o que é percebido nem sempre corresponde à situação real. A teoria cognitiva prega que a necessidade do indivíduo organizacional, é entender os Valores, as Crenças e ter a Visão e Missão da organização definidas, conceituadas e vivenciadas no dia a dia.

3.3. Motivação na Abordagem Humanista

“Ninguém tem o poder ou o direito de mudar outra pessoa. Mas, todos têm a obrigação de mostrar novos e melhores caminhos aos outros” (BROXADO, Sílvio. A verdadeira Motivação na Empresa. São Paulo: Qualitymark, 2001 – p.9). A teoria Humanista é um termo genérico que designa uma abordagem da psicologia compartilhada por psicólogos contemporâneos insatisfeitos com as concepções do ser humanos então produzidas. Afirma que o homem não é redutível à sua fisiologia nem um respondente mecânico ou mesmo cognitivo a estímulos, nem um campo de batalha para impulsos sexuais e agressivos.

4. FORÇAS MOTIVACIONAIS

Conforme DAVIS e NEWSTROM (1992), Cada indivíduo tem tendência a desenvolver certas forças motivacionais como produto do ambiente cultural no qual vive, afetando a maneira pela qual as pessoas

percebem seu trabalho e encaram suas vidas. Muito do interesse sobre estes padrões de motivação foi gerado pelas pesquisas de David C. McClelland da Universidade de Harvard. Este autor desenvolveu um esquema de classificação destacando três das forças mais dominantes, demonstrando sua importância para a motivação. Seus estudos revelaram que as forças motivacionais das pessoas refletem elementos da cultura na qual elas cresceram _ Família, escola, religião e livros. Na maior parte das nações um ou dois dos padrões de motivação tendem a ser fortes entre os trabalhadores porque cresceram em ambientes semelhantes. Adicionalmente a discussão de McClelland sobre os impulsos para a realização, afiliação e poder, o motivo competência é um importante fator nas tentativas habituais para atingir-se alta qualidade de produtos e serviços.

4.1. Motivação para a realização

A motivação para a realização é uma força que algumas pessoas tem para vencer desafios e obstáculos na busca de objetivos. Uma pessoa com este tipo de impulso deseja desenvolver-se, crescer, e progredir na escalada do sucesso. A realização é importante em si mesma, independente das recompensas que possam acompanhá-la. Certo número de características definem um empregado orientado para a realização. Trabalham com mais afinco quando percebem que irão ter um crédito pessoal por seus esforços, quando existe apenas um risco moderado de fracasso e quando recebem o retorno específico pelo desempenho passado. Enquanto administradores, tendem a confiar em seus subordinados, receber e compartilhar abertamente as idéias, propor objetivos mais desafiantes e esperam que seus subordinados também se orientem no sentido da realização.

4.2. Motivação para a afiliação

A motivação para a afiliação é um impulso para o relacionamento com pessoas em bases sociais. Comparações entre empregados motivados para a realização e empregados motivados para a afiliação ilustram como os dois padrões influenciam o comportamento. Pessoas orientadas para a realização trabalham mais quando seus supervisores oferecem uma avaliação detalhada de seus comportamentos no trabalho. Entretanto, pessoas motivadas pela afiliação trabalham melhor quando elogiadas por atitudes favoráveis e cooperação. As pessoas motivadas pela realização escolhem colaboradores que sejam tecnicamente capazes sem se importar muito com os sentimentos pessoais que possam ter por eles; todavia, aqueles que estão motivados pela afiliação tendem a escolher amigos para estarem a sua volta. Experimentam satisfação interior quando estão com amigos e desejam liberdade no trabalho para desenvolverem estes relacionamentos.

4.3. Motivação para a Competência

A motivação para a competência é um impulso para fazer um trabalho de alta qualidade. Empregados motivados pela competência procuram o domínio do trabalho, o desenvolvimento das atividades de resolução de problemas e esforçam-se em ser inovadores. O mais importante é que tiram proveito de suas próprias experiências. Em geral executam um bom trabalho devido a satisfação interior que sentem ao fazer isto e a estima que recebem dos outros. As pessoas motivadas pela competência também esperam trabalho de alta qualidade daqueles com quem interagem e podem tornar-se impacientes caso seus colaboradores desenvolvam um trabalho de qualidade inferior. Na realidade, sua preocupação por um trabalho de boa qualidade é tão grande que tendem a negligenciar a importância dos relacionamentos humanos no cargo ou a necessidade de manterem níveis de produção razoáveis.

4.4. Motivação para o Poder

A motivação para o poder é um impulso para influenciar pessoas e mudar situações.

Pessoas motivadas pelo poder querem criar um impacto nas suas organizações e assumem riscos ao fazê-lo. Uma vez obtido este poder, ele pode ser usado tanto construtiva como destrutivamente. As pessoas motivadas pelo poder se tornam excelentes administradores caso suas necessidades sejam de poder institucional em lugar de poder pessoal. Pode ser institucional a necessidade de influenciar o comportamento dos outros para o bem de toda a organização. Em outras palavras, estas pessoas procuram poder através de meios legítimos e ascendem a posições de liderança através de sucesso no desempenho, sendo por isso aceitas pelos outros. Todavia, caso as necessidades de poder sejam do tipo pessoal, este indivíduo tende a ser um líder organizacional mal sucedido.

5. CICLO MOTIVACIONAL

Segundo CHIAVENATO (1987), a partir da Teoria das Relações Humanas, todo o acervo de teorias psicológicas acerca da motivação humana passou a ser aplicado dentro da empresa. Verificou-se que todo e qualquer comportamento humano é motivado. Que a motivação, no sentido psicológico, é a tensão persistente que leva o indivíduo a alguma forma de agir, visando a satisfação de uma ou mais determinadas necessidades. Daí o conceito de ciclo motivacional.

5.1. Frustração e Compensação

Nem sempre a satisfação das necessidades é obtida. Pode existir alguma barreira ou obstáculo ao alcance da satisfação de alguma necessidade. Toda vez que alguma satisfação é bloqueada por alguma barreira, ocorre a frustração. Havendo frustração a tensão existente é liberada através da descarga provocada pela satisfação. Esta tensão acumulada no organismo mantém o estado de desequilíbrio. Por outro lado, o ciclo motivacional pode ter outra solução além da satisfação da necessidade ou da sua frustração: a compensação ou transferência. Ocorre a compensação (ou transferência) quando o indivíduo tenta satisfazer alguma necessidade impossível de ser satisfeita, através da satisfação de outra necessidade complementar ou substitutiva. Assim a satisfação de outra necessidade aplaca a necessidade mais importante e reduz ou evita a frustração

6. COACH

Conforme ARAÚJO (1999), o termo proveniente do inglês, tem origem no mundo dos esportes e designa o papel de professor, treinador, preparador, o técnico". Coach é o papel que assumimos quando nos comprometemos a apoiar alguém a atingir determinado resultado. Portanto, o processo de Coaching começa quando a pessoa procura o seu apoio para resolver um problema ou realizar um projeto e você aceita comprometer-se com este papel. O processo também pode começar com iniciativa sua: você oferece apoio a alguém, que pode aceitar ou não. Segundo Timothy Gallwey (1997), Coaching é uma relação de parceria que revela/liberta o potencial das pessoas de forma a maximizar o desempenho delas. É ajudá-las a aprender ao invés de ensinar algo a elas. Coaching não significa comprometer-se apenas com os resultados, mas com a pessoa como um todo, com a sua realização e o seu desenvolvimento. Por meio de processo de Coaching, novas competências e possibilidades de aprendizagem surgem, tanto para o coach quanto para o seu cliente. Não é só de competências técnicas ou competências específicas, das quais um bom programa de treinamento poderia dar conta perfeitamente. Coaching é mais do que treinamento, o coach permanece com a pessoa até ela atingir o resultado. Sua função é lhe dar poder para que ela produza, para que suas intenções se transformem em ações que por sua vez, se traduzam em resultados. Coaching é essencialmente, empowerment. Dar poder para que o outro adquira competências, produza mudanças específicas em qualquer área da vida ou até, e principalmente, transforme a si mesmo. Quando o seu cliente realiza algo que considera significativo, ele se realiza, torna-se um vencedor. Apoiar alguém a transformar sua auto-estima em sua força pessoal é fundamental no processo de coaching. Esse compromisso com a pessoa acompanhando sua evolução, dando suporte nos momentos difíceis e estimulando a avançar, vai produzindo no coach uma transformação sutil: ele está sendo útil para alguém.

6.1. Coach é um líder

Hoje nas empresas as pessoas ainda são contratadas e registradas como diretor, chefe ou supervisor. Mas o que se espera delas é que sejam de fato, líderes ou coaches. E essa demanda está aumentando a passos largos. Uma das maiores diferenças entre esses papéis é o resultado do uso do poder. No papel de diretor, gerente, chefe ou supervisor, o poder está vinculado ao cargo ou posição: contratar, promover, transferir e demitir, além de punir e premiar. No papel de líder e no coach, o poder é pessoal, está relacionado à disposição de incentivar, alertar ou induzir à reflexão, dar e receber feedback (elogios ou críticas). O coach não demite, é o chefe quem o faz. As organizações não poderão manter ou atingir os padrões de excelência e produtividade necessários se as pessoas não se libertarem do apego às posições e da rigidez das estruturas hierárquicas.

6.2. Mitos da Liderança

Nas últimas décadas, muitas abordagens de liderança têm sido criadas visando, basicamente ajudar as organizações a enfrentar os desafios de sobrevivência e competitividade mercadológica. As mudanças que o

conceito do papel de líder vem sofrendo nos últimos tempos estão contribuindo para dissolver os principais mitos acerca da liderança. Vejamos como alguns deles têm contaminado o papel do coach:

a) O líder nasce feito: Este mito indica que a liderança seria inata, algo de genialidade com que algumas pessoas são dotadas desde o nascimento. Haveria uma “aura” com a qual o indivíduo supostamente teria sido brindado pela sorte, ou não. Portanto, não seria passível de ser desenvolvida. Ao entender a liderança como um papel social, assumimos que ela pode ser desenvolvida como qualquer outro papel.

b) Liderança é um talento raro: Este mito define a liderança como algo escasso, e não como um potencial que qualquer pessoa pode ter e desenvolver, se quiser. Como explicar então a realização de projetos imensos, que envolvem milhares de pessoas? Teriam sido bem sucedidos se dependessem única e exclusivamente, do talento de alguns poucos “eleitos”?

c) Líderes devem ser carismáticos: Quando somos apresentados a um profissional extremamente efetivo, muitas vezes nos surpreendemos com sua simplicidade. Definitivamente, ele não corresponde à imagem que fazemos de líderes: geniais, autocontrolados, inspirados, perfeitos, infalíveis... quase super heróis. Só que essa imagem dificulta ao invés de facilitar, a prática efetiva e natural da liderança. Os gerentes esforçam-se para moldar-se a tal perfil abrindo mão de características próprias que são valiosas que são valiosas para estimular a equipe a atingir resultados. Portanto, reprimem-se e frustram-se, frustrando os outros também. Imaginam que precisam ser diferentes para serem percebidos e valorizados como “líderes”. Com o passar o tempo, isso resulta em baixa auto-estima e ressentimento em relação à organização.

d) O líder é quem detém a verdade: É ele quem sabe o que realmente está de fato ocorrendo, ou pelo menos deveria saber. Este mito é muito perigoso, pois as opiniões ou posições de uma única pessoa acabam por influenciar fortemente decisões importantes que afetarão a equipe. Profundas transformações ocorrem quando todos podem expor sua forma de perceber a realidade. Alguns fatores, ainda presentes em muitas organizações, sinalizam as dificuldades para atingir um ambiente de abertura: o feedback não é um hábito, a avaliação de desempenho não é via de mão dupla, demissão comunicada pelo setor de RH, etc.

O líder detém o poder: A famosa frase, ainda hoje citada, “manda que pode, obedece quem tem juízo” revela que a liderança está diretamente associada ao poder, à autoridade. Ao centralizar-se nas decisões, o líder “detém a força”, só escolhe o caminho a seguir. Os outros (sua equipe são fracos, não têm poder, são totalmente dependentes de sua direção... e responsabilidade. Na realidade, este é o maior obstáculo ao processo de empowerment, cuja implantação tem sido objeto de atenção de muitas organizações. Empowerment consiste em dar poder às pessoas, deixar que elas controlem suas atividades, influenciem decisões e assumam responsabilidades. Isso atemoriza os gerentes porque eles pensam que vão perder o poder tão duramente conquistado, como se fosse uma “humilhação”. Eles não estão conscientes de que suas equipes os legitimam, assim como o povo a seu governante. A decisão de segui-los, como líderes, pertence a seus seguidores. Esta é a profunda diferença entre seguidores passivos e ativos: a consciência e prática da escolha e do poder responsável. Conforme TICHY (1993), os gerentes alheios ao trabalho prático, transformam-se em burocratas, enquanto seus frustrados empregados apertam parafusos. Embora tenham funcionado de maneira excelente durante a maior parte do século, estes métodos não nos ajudarão no próximo século. A meta é transcender o próprio conceito de gerência. Aos invés de buscar melhores formas de controlar os trabalhadores. Welch diz que deseja liberá-los. Como ele mesmo explica, a meta baseia-se em um interesse saudável. O mundo está evoluindo em um ritmo tal que o controle transformou-se em uma limitação. O controle retarda. É preciso obter um equilíbrio entre liberdade e um certo controle, mas é preciso mais liberdade do que jamais imaginamos. Como gerente é necessário saber que as inovações mais valiosas vêm da fábrica. Uma corporação criada para satisfazer os desafios do século XXI deve melhorar o desempenho, eliminando os níveis gerenciais desnecessários e, ao mesmo tempo, encorajar todos os empregados a pensar mais e conseqüentemente produzir mais. As Empresas “esbeltas e ágeis” terão uma estrutura flexível preparada para responder rapidamente as mudanças de mercado. Terão um espírito relativamente democrático, substituindo a rigidez autoritária pela abertura, pela honestidade e por uma vontade de superar as linhas funcionais e hierárquicas. Welch chama este conceito de “ausência de limites” uma integração entre todos os elementos dentro e fora da Empresa. Uma das principais motivações para a transformação da GE é a necessidade de velocidade. Até aceitarem a responsabilidade pessoal pelo trabalho que executam os empregados precisam de supervisão, considerada por Welch uma perda de tempo. Assim, sempre que possível, a GE tenta eliminar os níveis de supervisão, dando ao seu pessoal mais poder e controle sobre seu próprio trabalho. Os empregados interagem com seus chefes como adultos e companheiros.

6.3. Aspectos da transição de gerente a líder

A transição de gerente à líder representa um grande desafio que requer do executivo não apenas mudança de sua forma de atuação, mas também principalmente a transformação de quem ele é. Não no sentido de tornar-se alguém diferente, mas de expandir-se para ser quem ele é em sua melhor forma.

Gerente: Foco nos processos, apego ao passado; Resultados são frutos pessoais; Poder do cargo; Formalidade na gestão das pessoas; Diz como as coisas devem ser feitas; Prática reduzida de Feedback.

Líder: Foco no futuro, não mais no passado por mais sucessos que tenha tido; Maior reconhecimento do time; Poder pessoal baseado na competência; Mais informalidade e abertura; Aprende e incentiva os outros a aprender; Feedback constante.

7. CLIMA ORGANIZACIONAL

Conforme MAXIMIANO (1995), as organizações formais têm certas propriedades objetivas: determinado tipo de divisão no trabalho, um fluxo específico de trabalho, uma hierarquia e estrutura salarial. A respeito desta e das outras propriedades objetivas, os membros da organização desenvolvem percepções subjetivas e sentimentos.

Por exemplo:

O salário é uma quantidade absoluta, à qual a pessoa atribui um significado relativo, mediante uma comparação que o transforma em algo igual, maior ou menor do que os outros recebem. Nessa comparação o indivíduo pondera não apenas sobre o salário que lhe pagam, mas também a competência e a carga de trabalho, que percebe em si e aos outros. Ele pode concluir que está trabalhando mais e ganhando menos que as outras pessoas, ou que os salários e a carga de trabalho estão distribuídos equitativamente dentro da organização. Como consequência da comparação, uma pessoa ou grupo em particular pode julgar estar sendo tratada com justiça ou injustiça, e sentir-se respectivamente, satisfeita ou frustrada. Esses sentimentos, por sua vez, resultarão em comportamentos de cooperação, indiferença ou hostilidade em relação à administração e a organização. Os sentimentos manifestam-se em relação à inúmeros aspectos da vida na organização: o trabalho em si, salários, comportamento dos chefes, colegas e instalações físicas são alguns deles. O produto dos sentimentos individuais e grupais criados por esses aspectos chama-se clima organizacional. O clima é representado pelos conceitos e sentimentos que as pessoas partilham a respeito da organização e que afetam de maneira positiva ou negativa sua satisfação e motivação para o trabalho. Estudar o clima é, portanto entender se a organização e suas práticas administrativas favorecem ou não o interesse e o rendimento dos funcionários.

7.1. Pesquisa de Clima Organizacional

Para se obter um diagnóstico do clima organizacional, uma das ferramentas mais eficazes é a Pesquisa de Clima Organizacional, feita pela área de Recursos Humanos. Através dela podemos mapear e analisar a situação em que a empresa está e utilizar estes dados como base para ações corretivas. A Pesquisa de Clima Organizacional é feita através de um questionário que é respondido por todos funcionários da empresa

7.2. Premissas da Pesquisa de Clima Organizacional:

Na opinião de Alberto Alvarães, são cinco as premissas da Pesquisa de Clima Organizacional, as quais serão sucintamente apresentadas a seguir. (Baseado no Texto escrito por Alberto Alvarães, disponível em: <http://www.rh.com.br/imprimir.php?cod=3263>).

a) Para uma maior eficácia e precisão no diagnóstico, esta pesquisa deve contemplar questões relacionadas a:

- Liderança, Trabalho em equipe, Comunicação Interpessoal, Comunicação Organizacional, Benefícios, Salários, Desenvolvimento Profissional, Expectativas de Crescimento, Treinamento, etc. Uma pesquisa com questões abrangentes, permitirá o cruzamento de dados, detectando possíveis causas em uma área que impactam em outra. Um bom diagnóstico permitirá maior eficácia no planejamento das ações corretivas:

- b) Necessário o comprometimento dos níveis hierárquicos superiores, acreditando na pesquisa e incentivando todos a participar.
- c) Não há um modelo padrão para uma Pesquisa de Clima Organizacional Devendo ser adaptado para cada empresa, de acordo com sua realidade, linguagem e cultura de seus funcionários.
- d) Todo o processo de Pesquisa de Clima Organizacional deverá ser conduzido por um profissional ou empresa independente, para preservar sua credibilidade. Este profissional ou empresa independente deverá participar do planejamento das ações corretivas, uma vez que este domina o diagnóstico.
- e) Deve ser dada ampla divulgação da realização da pesquisa de clima organizacional a todos funcionários da empresa, bem como seus objetivos e forma de aplicação.

7.3 Dicas para operacionalização da pesquisa de clima organizacional:

- a) Evite o método de amostragem como forma de quem irá responder à pesquisa, o ideal é que 100% dos funcionários a responda.
- b) A Empresa deverá assumir por escrito, no próprio questionário, três compromissos fundamentais que garantirão aos funcionários a tranqüilidade necessária para responderem com sinceridade a Pesquisa de Clima Organizacional: - anonimato, confidencialidade e que os dados serão meramente estatísticos, este último significa que o profissional ou empresa contratada irá fornecer à empresa contratante apenas dados estatísticos como, por exemplo, 32% dos funcionários consideram a Comunicação Organizacional eficaz, 52% acreditam que ... etc. Sob hipótese alguma será evidenciado alguém (mesmo porque a pesquisa é anônima).
- c) Organize turmas com o maior número possível de funcionários para responder ao questionário de cada vez.
- d) Administre os casos de funcionários que não podem estar nas turmas. Por exemplo, os que trabalham em outro estado. Neste caso a pesquisa deve ser enviada pelo correio.
- e) Crie, um ritual na aplicação da pesquisa, o intuito é preservar a credibilidade da Pesquisa de Clima Organizacional, considerando que um pequeno detalhe poderá comprometê-la.

Exemplo: Local específico e apropriado; horário pré determinado para início e término; oriente para que o questionário seja lacrado pelo próprio funcionário e depositado em local determinado para este fim (normalmente uma urna); não permita que ninguém, nem mesmo que estiver aplicando a pesquisa, veja o questionário de qualquer funcionário; reforce o compromisso de anonimato, confidencialidade e dados estatísticos; explique o objetivo da Pesquisa de Clima Organizacional; explique que qualquer envelope que chegar com sinais de violação será descartado e o fato será informado à Diretoria da empresa; o feedback deverá ser dado no prazo máximo de 15 dias, independente do número de funcionários da empresa.

7.4 O que fazer com o diagnóstico obtido.

Mesmo diante de todos cuidados antes e durante o processo de Pesquisa de Clima Organizacional, a grande questão está no “depois”. O que fazer com as respostas após seu mapeamento e análise? O que fazer com este diagnóstico?

- a) Primeiramente, diante do diagnóstico, que deve ser apresentado à diretoria contratante e pessoas envolvidas no processo, deve ser verificado “o que” está acontecendo e “como” fazer para corrigir, que é o próprio planejamento das ações corretivas.
- b) Pode-se definir pequenos grupos de trabalhos para atuarem nas diversas áreas de correção.
- c) Cada um destes grupos (ou o grupo único se for o caso) irá trabalhar em seu diagnóstico fazendo a análise das possíveis causas. Pequenas pesquisas complementares, mesmo que informais, poderão ser necessárias.

d) Cada grupo deverá propor ações corretivas, como: “o que” fazer, “quando” fazer, “como” fazer, “quem” irá fazer, “quanto” será o ganho e “quanto” será o investimento.

e) Decididas as estratégias, deve-se organizar grupos de funcionários ou outra forma de comunicação organizacional e transmitir a todos os funcionários da empresa, os resultados e as ações a serem implementadas.

Seguindo estes passos, se concretizará o processo de confiança de todos que participaram da Pesquisa de Clima Organizacional, pois será percebido e sentido que: “o que eu respondi eles leram, levaram em consideração, analisaram, trabalharam em cima, me retornaram os resultados inclusive com as propostas de soluções”. Na seqüência, deve-se então, implementar as ações e administrá-las, observando os resultados. As pesquisas de Clima Organizacional devem ser feitas com um intervalo mínimo de 6 meses e máximo de 12 meses.

8. MOTIVAÇÃO NAS ORGANIZAÇÕES EM PROL DA QUALIDADE

Segundo MAXIMIANO (1995), a motivação para o trabalho é uma expressão que indica um estado psicológico de disposição, de vontade de prosseguir uma meta ou realizar uma atividade/tarefa. Estudar a motivação para o trabalho é procurar entender quais são as razões ou motivos que influenciam o desempenho das pessoas, que é a mola propulsora da produção de bens e da prestação de serviços.

8.1. O que é motivar, na prática, dentro da Empresa em prol da qualidade

Conforme menciona BROXADO (2001), ele questiona como seria o perfil de uma Empresa com o pessoal motivado e com Cultura Organizacional bem definida, promovida e comunicada. Será que só bons salários é o suficiente para uma Empresa ser considerada a melhor para se trabalhar e de melhores resultados contábeis? Por que tratar bem os funcionários? Será que quanto mais práticas de Recursos Humanos, significa mais satisfação e motivação?

Nos últimos anos, simplesmente caiu por terra a crença de que não existe ligação entre um bom empregador e ganhar muito dinheiro. Cada vez mais, as evidências demonstram, de forma esmagadora, que as melhores para se trabalhar são as que têm obtido maior sucesso. Na lista das 500 maiores e melhores da Exame de 1998 o primeiro lugar do setor de bebidas foi a Brahma, com o crescimento seu lucro líquido é de 17% entre 1996 e 1997, embolsando U\$ 420 milhões; enquanto seu concorrente mais próximo teve seu lucro diminuído pela metade. A Brahma é, comprovadamente, uma empresa que trabalha muito bem o binômio Motivação Pessoal X Cultura Organizacional. Assim também é a Nestlé – líder no ramo de alimentos. Foi a vencedora na mesma lista com faturamento de U\$ 3,5 bilhões de lucro líquido U\$ 293 milhões. Outra comparação, no ranking da revista Fortune 500, mostra que das 100 maiores e melhores empresas americanas o retorno de capital, foi em média, em torno de 23,4%, enquanto as outras três mil maiores e melhores empresas americanas, tiveram retorno do capital de 14,8%. Outro dado da meritocracia das 100 maiores e melhores empresas do ranking americano, é que suas ações isoladas subiram em torno de 25%, enquanto que o índice Dow Jones subiu apenas 13,2%. Um empresário cético poderia dizer que resultados como esses são até interessantes, mas não muito convincentes. Afinal, as empresas listadas no ranking das revistas Exame e Fortune 500, fazem parte de um grupo extraordinário e seletivo e, a partir daí, esse empresário quisesse mais provas de que tratar bem os funcionários reverte em resultados financeiros positivos. Estas provas não faltam e foram recolhidas pelo Departamento de Trabalho do Governo dos E.U.A em 1993 com uma pesquisa chamada Práticas Trabalhistas de Alto Desempenho Corporativo, realizada nos Estados Unidos, Japão, Suécia e Itália, onde constatou-se que das 700 empresas analisadas todas foram classificadas como as mais progressistas e menos progressistas de acordo com: Projeto de carreira, Compartilhamento das informações, Participação nos lucros, Avaliação de desempenho, Sistemas de promoção, Seleção de pessoal. As que ganharam o título de mais progressistas tiveram um retorno bruto sobre o capital investido, duas vezes maior que as consideradas menos progressistas. Diante dessas informações, os pesquisadores do Departamento de Trabalho chegaram a três grandes conclusões:

1) A maior parte desses estudos mostra que existe de fato uma relação positiva entre práticas de trabalhos progressistas, com os binômios Produtividade/Lucratividade, Motivação Pessoal/Cultura Organizacional.

- 2) Combinar práticas é o método mais eficaz. Os melhores resultados são conseguidos quando existe dentro da empresa equipes/comissões internas de trabalho multissetorial e participação nos lucros.
- 3) O impacto das práticas positivas aumenta a longo prazo. Diversos estudos revelam que o benefício de práticas inovadoras, no começo, são pequenas nos primeiros anos, aumentando nos anos seguintes (Fonte Revista Exame no. 669).

8.2. Principais tendências e desafios nas organizações

Lidar com os processos motivacionais das pessoas nas organizações é tarefa por demais complexa, ainda que necessária. O papel do gestor deverá ser sempre o de identificar os norteadores de comportamento de seus subordinados, assumindo a natureza intrínseca e individual da motivação de modo a gerir a direção da energia que naturalmente se encontra de cada um num sentido compatível com os objetivos da organização e com o crescimento de cada integrante de seu grupo de trabalho. As teorias apresentam uma visão de natureza humana; cada homem tem peculiaridades, preferências, traços de personalidade e processo motivacional. Cada teoria se aplica diferentemente às distintas visões do homem e da vida; as diferenças individuais exercem papel importante nas diversas visões. Portanto, é útil integrar as teorias apresentadas a noção de traços de personalidade como diferenciadores do comportamento humano. Vários teóricos têm apresentado sua caracterologia, contribuindo para o entendimento dos processos humanos, dentre eles a motivação para o trabalho. Entre as caracterologias mais válidas e usadas para compreender de forma detalhada os diferentes processos motivacionais, encontra-se a tipologia junguiana (Jung, 1967) que tem fundamentado alguns testes psicológicos (Casado, 1998; Briggs-Myers, 1987) e inúmeros trabalhos que relacionam o entendimento das diferenças individuais aos diversos processos motivacionais. Esses trabalhos visam alinhar os objetivos organizacionais com as peculiaridades da força trabalhadora, contribuindo para um ambiente organizacional mais produtivo, saudável e harmônico. Segundo Tracy (2002), quanto mais motivadas e produtivas as pessoas estiverem mais produtivas e motivadas estarão desempenhando adequadamente os seus papéis. Quando as pessoas tem permissão para errar elas se permitem mais arriscar e exceder seus próprios limites. Levando-se em consideração que só não erra quem não faz esta aceitação deve ser encarada de forma natural. Também aprendemos com os nossos erros e a importância desta lição é importante. Para que possamos delegar com autoridade é necessário sabermos quais as competências existentes em nosso pessoal, ou seja, colocarmos as pessoas certas nos lugares certos, inclusive identificando os perfis para que possa ser delegada a autoridade, estabelecendo os limites de cada autoridade, dentro de cada cargo, dentro de cada perfil. A autoridade deve ser observada através de controles para que se possa ter certeza que ela está sendo utilizada de forma adequada. Se for necessário aumentar a autoridade é interessante informar que é por causa do desempenho, pois a capacidade de uma pessoa para alcançar o sucesso depende de sua capacidade de tomar decisões e isto está também ligado diretamente a autoridade. A autoridade deve ser passada para o envolvido e também para as pessoas que trabalham diretamente com ela. A autoridade é uma boa forma de desenvolvimento, a pessoa com autoridade e comprometida consegue chegar a um resultado satisfatório com muito mais motivação e também a autoridade específica dentro de cada cargo, dará a chefia direta uma maior tranquilidade, inclusive tendo um maior tempo para outras atividades mais importantes. O administrador, chefe direto, deve transmitir empowerment para seus subordinados para que os mesmos possam desenvolver plenamente o seu potencial, inclusive galgando novos degraus na carreira. Quando se trata as pessoas com respeito, inclusive fazendo de tudo para que seu pessoal se sinta bem, com motivação, acaba-se conquistando o direito de exigir um desempenho superior. É importante transmitir que as pessoas são capazes de realizar muito mais inclusive do que elas possam sonhar e é isto que faz um bom administrador, ele potencializa as pessoas em sua plenitude, inclusive motivando as pessoas a alcançarem a excelência. O desafio e a satisfação profissional caminham juntas por isto é muito importante estabelecer padrões adequados, pois se os padrões estabelecidos forem muito alto, nem mesmo tentarão ou acabarão se frustrando e se forem muito baixos estarão totalmente desmotivadas e mal aproveitadas em seu potencial, sendo assim é importante impor desafios que possam efetivamente serem alcançados, reais. Para tanto é necessário observar os seguintes aspectos: a quantidade de trabalho a ser realizado, a qualidade do trabalho – ou a maneira de como deve ser executado; o custo de execução do trabalho; o tempo necessário para fazer o trabalho (controle administrativo). O exemplo do administrador é importante neste contexto, pois ele deve motivar as pessoas a alcançar a excelência. Quando se dá confiança na capacidade de realização as pessoas enxergam maior sentido no próprio poder. O treinamento e desenvolvimento é muito importante, mas o mais importante de tudo isto é que tal treinamento seja eficiente, ou seja, é necessário identificar a real necessidade e posteriormente averiguar se houve mudanças e aprendizagem. O treinamento é uma grande ferramenta, inclusive para gerar a auto-estima.

8.3. Empowerment

A transparência da comunicação da chefia para com os seus subordinados é fundamental para que todos saibam exatamente o que precisa ser feito e assim possam atingir a excelência nos serviços. As responsabilidades deverão ser informadas inclusive no momento da admissão do novo funcionário para que o mesmo inclusive possa refletir e aceitar/recusar o cargo. Mas nada como o dia a dia para sabermos como a comunicação e transparência podem ser afetadas quando da transmissão de tais responsabilidades. É imprescindível linkar estas responsabilidades com os objetivos individuais, departamentos e Empresa. Se a responsabilidade for passada de forma eficiente o funcionário tenderá também a orgulhar-se de sua função e de estar inserido no contexto da Empresa, havendo uma maior produtividade pois as pessoas estarão enxergando suas metas e fica claro o que é necessário ser feito para que se atinja a excelência. Muitas vezes as pessoas acabam não alcançando o objetivo por estarem em atividades erradas. A formação de pessoas é muito importante, ou seja, o coach deve ser considerado. Para que possamos delegar com autoridade é necessário sabermos quais as competências existentes em nosso pessoal, ou seja, colocarmos as pessoas certas nos lugares certos, inclusive identificando os perfis para que possa ser delegada a autoridade, estabelecendo os limites de cada autoridade, dentro de cada cargo, dentro de cada perfil. A autoridade deve ser observada através de controles para que se possa ter certeza que ela está sendo utilizada de forma adequada. Se for necessário aumentar a autoridade é interessante informar que é por causa do desempenho, pois a capacidade de uma pessoa para alcançar o sucesso depende de sua capacidade de tomar decisões e isto está também ligado diretamente a autoridade. A autoridade deve ser passada para o envolvido e também para as pessoas que trabalham diretamente com ela. A autoridade é uma boa forma de desenvolvimento, a pessoa com autoridade e comprometida consegue chegar a um resultado satisfatório com muito mais motivação e também a autoridade específica dentro de cada cargo, dará a chefia direta uma maior tranquilidade, inclusive tendo um maior tempo para outras atividades mais importantes. O administrador, chefe direto, deve transmitir empowerment para seus subordinados para que os mesmos possam desenvolver plenamente o seu potencial, inclusive galgando novos degraus na carreira. Quando se trata as pessoas com respeito, inclusive fazendo de tudo para que seu pessoal se sinta bem, com motivação, acaba-se conquistando o direito de exigir um desempenho superior. É importante transmitir que as pessoas são capazes de realizar muito mais inclusive do que elas possam sonhar e é isto que faz um bom administrador, ele potencializa as pessoas em sua plenitude, inclusive motivando as pessoas a alcançarem a excelência. O desafio e a satisfação profissional caminham juntas por isto é muito importante estabelecer padrões adequados, pois se os padrões estabelecidos forem muito alto, nem mesmo tentarão ou acabarão se frustrando e se forem muito baixos estarão totalmente desmotivadas e mal aproveitadas em seu potencial, sendo assim é importante impor desafios que possam efetivamente ser alcançados, reais. Para tanto é necessário observar os seguintes aspectos: a quantidade de trabalho a ser realizado, a qualidade do trabalho – ou a maneira de como deve ser executado; o custo de execução do trabalho; o tempo necessário para fazer o trabalho (controle administrativo). O exemplo do administrador é importante neste contexto, pois ele deve motivar as pessoas a alcançar a excelência. Quando se dá confiança na capacidade de realização as pessoas enxergam maior sentido no próprio poder.

CONCLUSÃO

O mundo empresarial de hoje, extremamente globalizado, complexo e competitivo exige dos funcionários fortes componentes de motivação. Motivação para enfrentar a concorrência no caso do Empresário, motivação para motivar os funcionários, motivação para a mudança. Portanto o indivíduo que não tem energia para a mudança, que insiste em continuar na zona de conforto não terá chance no mercado de trabalho. Ter prazer no trabalho, gostar do que se faz, gostar da equipe que se trabalha é com certeza um grande fator motivacional. Não existe forma ideal de se chefiar, temos vários tipos de liderança e com certeza não podemos afirmar que uma é melhor que a outra. Tudo vai se desenrolar dependendo da cultura, valores, crenças tanto da Empresa quanto do funcionário. Um elogio por exemplo poderá motivar um funcionário e com outro não surtir nenhum resultado. É preciso que a liderança entenda como atingir cada colaborador e fazer de tudo para inserir a pessoa certa no lugar certo, identificando assim as necessidades. As Empresas tem um papel importante na motivação assim como a liderança, esta poderá optar por várias formas consagradas, como empowerment, coach, etc., mas nada adiantará se o indivíduo estiver sem energia. O indivíduo é dotado de inteligência e vontade. A inteligência é muito importante. Dá-nos a capacidade de discernir, de distinguir, mas a vontade é que faz avançar e é esta vontade que se transforma em motivação, que dá força de vida, de mudanças, de

tentar, de errar e acertar. Portanto a força propulsora está no indivíduo. É preciso então conseguir enxergar-se a si próprio e averiguar se as condições oferecidas são as que vão de encontro aos seus valores, crenças, objetivos e ideais. O ser humano buscará sempre novos desafios. Caberá a Organização o aproveitamento de todo o seu potencial e caberá ao indivíduo analisar se ali é realmente o seu lugar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALVARÃES, Alberto. Satisfação Interna – Sinônimo de Sucesso. Disponível em <http://www.rh.com.br/imprimir.php?cod=3263>, acessado em: 20/11/2002.

ARAUJO, Ane. Coach – Um parceiro para o seu sucesso. 4ª edição . São Paulo: Gente, 1999.

BROXADO, Sílvio. A verdadeira Motivação na Empresa. São Paulo: Qualitymark, 2001.

CHIAVENATO, Idalberto. Teoria Geral da Administração. 3.ed. S. Paulo, MvGraw-Hill, 1987.

DAVIS, Keith; NEWSTROM, John W. Comportamento Humano no Trabalho – Uma Abordagem Psicológica. São Paulo: Pioneira, 1992.

ENCICLOPÉDIA, São Paulo: Abril, 1973.

FRANÇA, Ana Cristina Limongi e Fleury (coord). As pessoas na Organização. São Paulo: Gente, 2002

MAXIMINIANO, Antonio César Amaru. Introdução à Adm.. 4ªed. S.Paulo: Atlas , 1995.

TICHY, Noel M.; SHERMANN, Stratford. Controle seu destino antes que alguém o faça. 4ª edição. São Paulo: Educator, 1993

TRACY, Diane. 10 passos para o Empowement. 4ª edição. São Paulo: Campus

ARTIGO CIENTÍFICO NA ÍNTEGRA PUBLICADO EM REVISTAS, PERIÓDICOS
CIENTÍFICOS, ANAIS (NA ÍNTEGRA), OU SUPLEMENTOS ESPECIAIS DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA DE JORNAIS E REVISTAS

Meio de Publicação: Revista () Anais (X) Suplementos Especiais () Jornais ()
: Anais em CD ()

A New Proposal of Arithmetic Logic Unit (ALU) to Work with Paraconsistent Annotated Logic
título do artigo

7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics
título da revista, periódico,...

PRADO, José Pacheco Almeida ; CORBO, Rogério
Autor

Orlando
local de publicação (Estado)

IIS
editora

edição

14
volume

n ° do fascículo/mês e ano

991-997
pág.(inic./final)

A New Proposal of Arithmetic Logic Unit (ALU) to Work with Paraconsistent Annotated Logic

José Prado

ICET – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Paulista –UNIP
Ribeirão Preto – Sp – Brasil

Carlos Formigoni

ICET – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Paulista –UNIP
Ribeirão Preto – Sp – Brasil

ABSTRACT.

It can be observed that the number and the complexity of the application's domains, where the Paraconsistent Annotated Logic has been used, have grown a lot in the last decade. This increase in the complexity of the application's domain is an extra challenge for the designers of such systems, once there are not suitable computer hardware to run paraconsistent systems. This work proposes a new hardware architecture for the building Paraconsistent system

Keywords: Paraconsistent System, Hardware and Paraconsistent Logic.

1. INTRODUCTION

The first alterations of the paraconsistent systems annotated in programming language are described in [1]. On [2] was proposed and developed a version of the language Prolog based on the Paraconsistent Annotated Logic, denominated Parallog. Using this new language, pioneered systems were developed in the areas of Distributed Artificial Intelligence [3] and representation of knowledge [4]. The annotated systems originated from these pieces of work served as a base for the interpretation and creation of an algorithm denominated Para-Analyzer [5], which it is possible to determine the degree of inconsistency on a set of data and quantify the quality of the world's description. The introduced concepts by the Para-Analyzer made the development of the Paraconsistent Intelligent System possible, where making decisions is made based not only on the data but also on the degree of trust in them. Some examples of the Para-Analyzer's use can be seen in a robot's control purely reactive [5], in the development of Paraconsistent Neural Networks [6] and in the navigation of mobile robots [7].

It can be observed that the number and the complexity of the application's domains, where the Paraconsistent Annotated Logic has been used, have grown a lot in the last decade. This increase in the complexity of the application's domain is an extra challenge for the designers of such systems, once there are not suitable computer architecture for run paraconsistent systems.

This work proposes a new category of hardware architecture for the building Paraconsistent system. This new category is called Paraconsistent Micro-controller..

2. PARACONSISTENT, PARACOMPLETE AND NON-ALETIC LOGIC

Be \mathcal{T} a deductive theory founded on a logic \mathcal{L} and suppose that the language of \mathcal{T} and \mathcal{L} contains a negation symbol. The theory \mathcal{T} is called **inconsistent** if it possesses contradictory theorems, i.e., one negates the other. In this case, if such theorems are \mathbf{A} and $\neg \mathbf{A}$, it normally evolves a contradiction in \mathcal{T} , i.e., an expression of the form $\mathbf{A} \vee \neg \mathbf{A}$; otherwise, \mathcal{T} is said consistent.

The theory \mathcal{T} is said to be *trivial* if all formulae of \mathcal{L} — or all closed formulae of \mathcal{L} — are theorems of \mathcal{T} ; that is, said informally, if all that can be expressed in \mathcal{T} language can also be proven in \mathcal{T} ; in a contrary hypothesis, \mathcal{T} is said *non-trivial*. In most of ordinary logical systems, the existence of a contradiction in \mathcal{T} makes such theory *trivial*. This facts brings down the entire theory, as any preposition can be proven in \mathcal{T} , making it impossible to distinguish between the true and false preposition.

The Paraconsistent logic allows a theory to be inconsistent, without the event of the triviality phenomenon. Therefore, a logic \mathcal{L} is called Paraconsistent if it can be used as the foundation for the non-trivial inconsistent theories.

3. ANNOTATED LOGIC

This section presents an overview of the 1st order annotated logic, as described in [4] and [1].

Be $\tau = \langle |\tau|, \leq \rangle$ a finite lattice (as shown in Figure 1), with an operator $\sim : |\tau| \rightarrow |\tau|$. Such reticulate is known as tabela-verdade reticulate and \sim is the “meaning” of the negation symbol \neg of the annotated systems. Related with each reticulate τ are the following symbols:

- \perp , represent *indefinite* — the minimum of τ ;
- **T**, represent *inconsistent* — the maximum of τ ;
- **t**, *truth*;
- **f**, *false*;
- **It**, *less true*;
- **If**, *less false*;

Using the Annotated Paraconsistent Logic as can represent the expression “It is almost sure that the door is open and it is certain that there is an obstacle in the coordinates $\langle 2,1 \rangle$ ”:

door (open) : It
obstacle (2,1) : t

Presuming the existence of two sensors A and B where:

- sensor A indicates for sure the existence of obstacle in the coordinates $\langle 5,3 \rangle$, represented as **obstacle (5,3) : t** and
- sensor B indicates that there is not obstacle in the same coordinates, represented as **obstacle (5,3) : f**

A system based on Annotated Paraconsistent Logic could represent such information as **obstacle (5,3) : T**.

It is convenient to emphasize that different lattices can be used allowing the projectionist to use the most adequate to the application.

One uses, consciously, some violations in the language and conventions of the set theory such as, $\mu \in \tau$ to indicate $\mu \in |\tau|$, etc.

In the following section, the work of Blair [3] is used as reference, whose conventions and terminology are employed without any further comments.

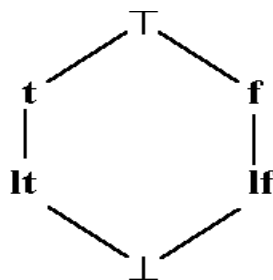


Figure 1: Lattice τ .

4. MATERIALS AND METHODS

The hardware implementation of all above sentences to create a paraconsistent arithmetic unit, $ALU2v$, in a FPGA hardware (FPGA-Field Programable Gate Array) that is able to make sum and subtraction operations of $PAL2v$ (Paraconsistente annotated logic, bi-valorated) integrated with the basic logical operations XOR, NOT, AND and OR,[8][9] described above too, in a fast hardware, will allow us to processing the sensor's signals, for example, a ultrasound sensor of a robot, to facilitate the work of the algorithms of route decision.

In the case of the sum and subtraction and their respective values of weight, it should be taken into account that the limits of those levels of weight are changed from 0 to 1 to 0 to 255. That is necessary, because the values among the limits represent the readings of some sensor, for example, and to avoid floating point operation in the hardware. Due to nature of the propositions in $PAL2v$ all the values of the readings of the sensor ones should be used. This causes the necessity of large memories capacities. To solve the problem, the values that are obtained from the sensors[10] (through microcontrollers) are saved in the $ALU2v$ registers(internal memory) to the maximum of ten (in this initial implementation), and the sums and/or subtractions are taken in parallel, according to the Figure 2.

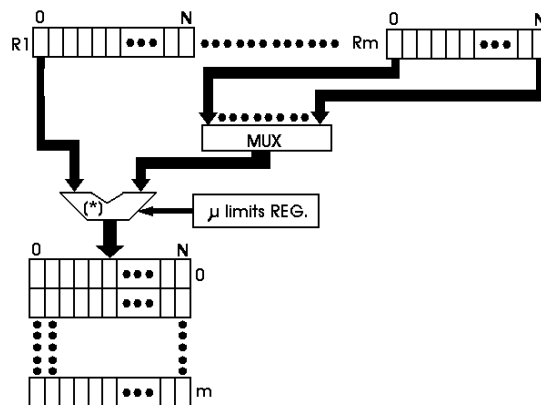


Figure 2. Global View of $ALU2v$. (*) = See details in the text.

Each register is composed by N bits (in this implementation $N = 8$). The limits of the weights μ_1 μ_2 are implemented in the block "limits". The "mux" is necessary and have fundamental importance because each bit of register R1 of $ALU2v$ need to be calculated with all other bits of m registers . The structure of the register R1 can be seen in the Figure 2. The internal structure of the adder/subtract (marked with (*) in Figure 1) can be seen in the Figure 3. Observing Figure 3, the analyzer block μ_1/μ_2 and the comparator of N bits composes the adder/subtract block. So, $ALU2v$ is a parallel arithmetic processor of N units, one of each associated with each bit of R1. The output S1 stores the final value with the respective final values of μ_1 and μ_2 [11] and the data.

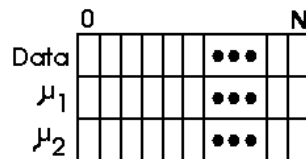


Figure 3: The structure of the register R1. This register is formed by a word of N bits for the data and μ . All the other registers have the same structure.

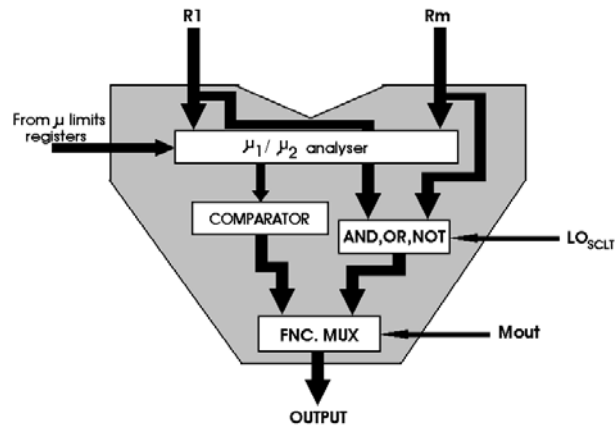


Figure 4: Internal Diagram of the logical units (adder/subtract) that compose ULA2v.

Observing the Figure 4 we see that each small logical unit that compose $ALU2v$ has a planned architecture to complete $PAL2v$. The values that come from $R1$ and other register (Rm) are passed through an analyzer of bounaire conditions ($\mu1$ and $\mu2$). A parallel block controls the elementary logical functions (AND, XOR and NOT)[12][13], through the controls of LO_{SCLT} (logic operation selection) with one of them is chosen. When the sum or the subtraction is necessary the values are taken into the comparator block. This block is essentially a conventional adder/subtract of N bits. The subtraction function is obtained through the sum in complement of two.

The signal M_{out} (mixer output) is responsible for controlling the output of the result of the requested operation. This mixer has an internal latch that keep the result ready for reading. The values of μ are also available once the register has a structure described previously (see Figure 2).

The values stored in the limits's registers (**m limits REG** in the Figure 1) are applied to the analyzer that calculates a binary comparison of each value of μ of $R1$ to all the others of Rm , storing the results in internal memory according to the requested operation.

5. CONCLUSION

In this work we described a new architecture for application in systems based in $PAL2v$. The hardware implementation of $PAL2v$ described here makes possible an increasing of signal processing speed (measurements with $ALU2v$ with 10 registers reaches a total processing time of $38 \text{ ns} \pm 2.1 \text{ ns}$, using standard FPGA FLEX 10K (Altera ®)) that allows to use in robots' navigation systems and signal processing to these units.

The expansion of $ALU2v$ arithmetic capacity is a direct function of the memory cells of FPGA to store the route/programming. Once we have more cells for implementation of the registers the value of N and m can be increased proportionally. Problems associated to the FPGA automatic routing were not considered at this time.

6. REFERENCES

- [1] SUBRAHMANNIAN, V.S., **On the Semantics of Quantitative Logic Programs**, Proc. 4th IEEE Symposium on Logic Programming, Computer Society Press, Washington D.C., 173-182, 1987.
- [2] DA COSTA, N.C.A. et alii., **Um Prolog Baseado em Lógica Paraconsistente Anotada**. São Paulo, IEA/USP, 1995. (Relatório Técnico do Instituto de Estudos Avançados - USP, Série Lógica e Teoria da Ciência, 18).
- [3] PRADO, J.P.A., **Uma Arquitetura em IA Baseada em Lógica Paraconsistente**, PhD Thesis, in Portuguese, University of São Paulo, Brazil, 1996.
- [4] ÁVILA, B.C., **Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de Frames com Múltipla Herança**, PhD thesis, in Portuguese, University of São Paulo, São Paulo, 1996.
- [5] DA SILVA FILHO, J.I. & J.M. ABE, **Para-Analyser and Inconsistencies in Control Systems**, Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'99), August 9-12, Honolulu, Hawaii, USA, 78-85, 1999.

- [6] DA SILVA FILHO, J.I. & J.M. ABE, **Fundamentos das Redes Neurais Paraconsistentes – Destacando Aplicações em Neurocomputação**, in Portuguese, Editora Arte & Ciência, ISBN 85-7473-045-9, 247 pp., 2001.
- [7] PRADO, J.P.A., **A Paraconsistent Robot Navigation System**. In 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2003), Proceedings, Orlando, 2003, to appear.
- [8] V.S. Subrahmanian, **On the Semantic of quantitative logic programming** In. Proc. 4th IEEE Symposium on Logic Programming p. 173-182, 1987
- [9] K. Thihunarayan, **On the relationship between Annotated Logic Programs and Nonmonotonic Formalisms**, J.Expct.Theor.Artif.Intell, & : 391,406, 1995
- [10] Borenstein, J. and L. Feng., **Measurement and Correction of Systematic Odometry Errors in Mobile Robots**. *IEEE Trans. Robotics Automation*, Vol. 12, No. 6, pp. 869-880, 1996
- [11] J.M.Abe, **Fundamentos de Lógica anotada (Foundations of Annotated Logic) – in Portuguese**, PhD. Thesis, University of São Paulo, 1992
- [12] J.M.Abe, **On Annotated Modal Logic**, Technical Report LTC-13, IEA Research Report, 1993.
- [13] J.Y. Halpern, M.R.Tuttle, **Knowledge, Probability and Adversaries**, J. of the ACM,40:907,962,1993.

Novas formas de trabalho na construção civil: prospectiva e desemprego

Wagner Costa Botelho (UNIP) wagner@wrb.com.br

Oduvaldo Vendrameto (UNIP) oduvaldov@uol.com.br

Pedro Luiz Fraccari (UNIP) pluiz@ig.com.br

Resumo

O setor brasileiro da Construção Civil inicia com atraso, processos de Inovações Tecnológicas radicais. Novos equipamentos, materiais e novo perfil de mão-de-obra, estão rompendo metodologias tradicionais. Se providências não forem tomadas, tais mudanças trarão alterações na mão-de-obra, com aprofundamento crise de desemprego. Não está havendo transferência do trabalhador tradicional para as novas ocupações. Painéis “dry wall” substituem alvenaria, sistemas de janelas são encaixados, fôrmas chegam prontas na obra. Pedreiros e outros estão sendo substituídos. Esta pesquisa, investiga casos isolados, para o estabelecimento de comparações como: quantidade, perfil profissional, tempo, métodos de construção convencional e os inovados tecnologicamente. O objetivo é prospectar alguns indicadores que possibilitem antecipar decisões que minorem, o agravamento do desemprego de trabalhadores da Construção Civil de baixa qualificação, considerando suas dificuldades em migrar para outras funções.

Palavras-Chave: Construção Civil, Desemprego, Inovação Tecnológica, Perfil Profissional.

1. Introdução

As recentes inovações tecnológicas introduzidas no setor da Construção Civil modificaram, sobremaneira, a sua tradicional forma de organização do trabalho. As tarefas reduziram-se, subdividiram-se e suas execuções tornaram-se, razoavelmente, simples. O segmento da Construção Civil acabou sendo caracterizado pela intensidade de mão-de-obra, baixo nível de escolaridade e qualificação profissional inferior. As mudanças que começam acontecer deverão ter repercussão significativa na qualificação de mão-de-obra. Há a expectativa

que na Construção Civil se repita o fenômeno verificado nos setores de autopeças, eletromecânico, entre outros, em que a inserção de novos materiais, equipamentos com bases tecnológicas controlados por computadores, novos métodos de gestão e organização do trabalho venham a substituir trabalhadores em larga escala. E neste caso, com agravantes em função do número de trabalhadores ocupados ser sensivelmente maior e de qualificação inferior, que dificultam a migração para outros setores de atividade. Com o objetivo de analisar prováveis impactos na mão obra empregada na Construção Civil, devido às inovações tecnológicas e novos métodos de gestão, uma pesquisa prospectiva, utilizando-se da metodologia *Delphi*, está sendo realizada. Neste artigo serão apresentados alguns resultados preliminares já obtidos.

2. Tecnologia e inovação

Tecnologia é sobretudo conhecimento. Esse conhecimento instrumentaliza-se quando se incorporam numa ferramenta ou equipamento tangíveis, em procedimentos, métodos, técnicas, algoritmos, softwares e anotações.

CHAVES (2003) apud BRANDÃO (2004), dá uma concepção mais abrangente ao termo *tecnologia* como sendo tudo aquilo que o ser humano inventou por não existir na natureza, tanto em termos de artefatos como de métodos e técnicas, para estender a suas capacidades física, sensorial, motora ou mental, para expandir os seus poderes, para fazer a sua vida mais agradável, de forma a facilitar e simplificar o seu trabalho, enriquecendo suas relações interpessoais ou simplesmente lhe proporcionar prazer.

Para CATTANI (2002) o debate sobre o conceito de *inovação* foi reacendido nos anos 70, em decorrência das profundas transformações dos processos produtivos verificadas em escala mundial. Também se emprega *inovação* quando se faz referência à primeira introdução comercial de um novo produto ou processo, enfatizando-se desta forma, o caráter comercial da *inovação* e o papel da empresa como seu agente principal. Nesta acepção, a *inovação* diz respeito a transformações de caráter tecnológico que incidem sobre o processo de produção e/ou produto. Atualmente, utiliza-se a expressão *inovação organizacional* para o caso de alterações nas formas de gestão e de organização da produção.

3. Inovação tecnológica na construção civil

Na construção civil a inovação tecnológica ocorre sob todas essas formas: nos materiais, na gestão, na organização, no processo e na qualificação de pessoas.

As inovações tecnológicas que vêm sendo implementadas na indústria da Construção Civil, mudam o gênesis da obra de “construção” para “montagem”. A inovação substitui materiais construtivos que chegam à obra em regime de *just-in-time* e são montados, como paredes, revestimentos, janelas, portas, instalações elétricas e hidráulicas, trabalhadores de perfil profissional diferente daqueles que anteriormente realizavam essas atividades. O trabalho passa por mudanças significativas de organização e conhecimento.

Para THOMAZ (2002), os materiais, as técnicas e os processos de construção de edifícios têm evoluído de

forma acentuada nos últimos tempos, requerendo cada vez mais conhecimentos multidisciplinares por parte dos engenheiros, arquitetos, pedreiros, serventes e os construtores em geral. Novos processos têm sido adotados com base em práticas tradicionais da construção resultando, muitas vezes, em insucessos técnicos e econômicos. Isto provoca mudanças de caráter muito mais profundo e radical. Quanto ao mercado brasileiro, MATTEI (1999) apud THOMAZ (2002) adverte: o grau das exigências deste novo mercado de trabalho exige de trabalhadores tradicionais como: auxiliares, pedreiros, carpinteiros, encanadores, eletricitistas novos conhecimentos. Eles devem passar por processos de aprendizagem ou adquirir novas competências até para que possam migrar para outras atividades. As novas técnicas empregadas, assim como a rapidez do processo de montagem das peças pré-moldadas, o número de empresas terceirizadas presentes na obra que deve realizar atividade sincronizada, afeta, principalmente, o trabalho do mestre de obras que sempre trabalhou com o conhecimento do saber prático. Além dele, o engenheiro residente também deverá capacitar-se não apenas com a atualização dos novos materiais e equipamentos, mas com a gestão complexa de controles e acompanhamentos de terceiros. Nos últimos anos, tecnologia tornou-se sinônimo de qualidade e produtividade em vários setores da economia incluindo o da Construção Civil. Em meio a esse contexto, transformaram-se processos, surgiram novas sistemáticas de trabalho, paradigmas construtivos foram mudados e provocaram alterações no cotidiano de profissionais e, conseqüentemente, de usuários finais.

RIFKIN (2001), observa que enquanto as primeiras tecnologias industriais substituíram a força física do trabalho humano, trocando força muscular por máquinas, a inovação tecnológica baseada no “computador” promete substituir a própria mente humana, colocando máquinas inteligentes no lugar dos seres humanos em toda a escala de atividade econômica.

4. A ocupação da mão-de-obra na construção civil

Com respeito à oportunidade de empregos, a indústria da Construção Civil é responsável por 3,92 milhões de empregos diretos, sendo uma grande geradora de ocupação da mão-de-obra nacional quando se compara com outras atividades industriais. Absorvendo ao todo, entre empregos diretos e indiretos: 15 milhões de pessoas.

Apointa-se este setor como sendo aquele que mais emprega no setor industrial. Dados do *CONSTRUBUSINESS* (2003).

A **figura 1** ilustra, nos anos de 1998 e 2001 a comparação de pessoal ocupado na Construção Civil em relação a outros setores.

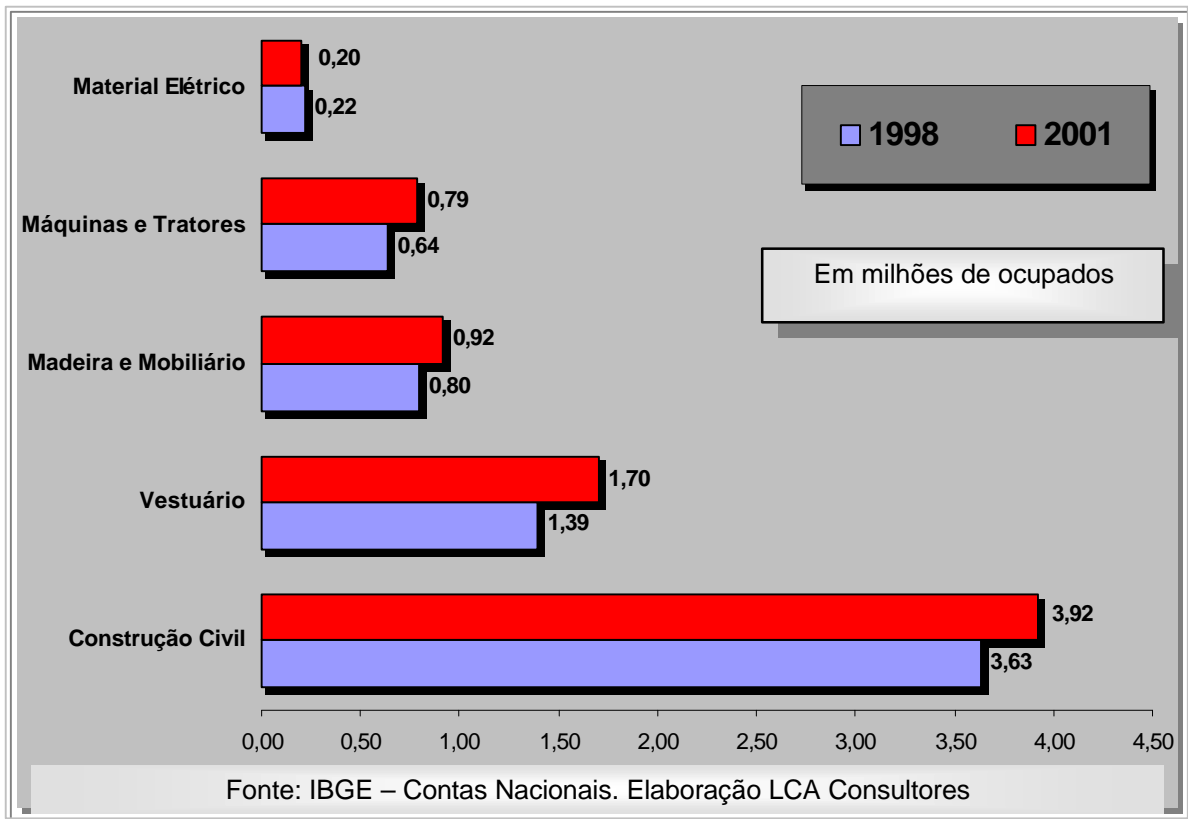


Figura 1: Comparação de pessoal ocupado na construção civil em relação a outros setores em 1998 e 2001

5. Valor social da construção civil

O valor social da Construção Civil se deve, em parte, a grande absorção da mão-de-obra do setor e o poder de reprodução de empregos diretos e indiretos. Na construção civil a seleção tradicional de trabalhadores operacionais ocorre em função de experiências anteriores. Eles entram imediatamente em atividade. Não existe um processo formal de treinamento, adaptação ou aculturação dos valores da empresa.

"Apesar dos trabalhadores serem formados no local de trabalho, nos canteiros de obra, a empresa interfere muito pouco nesta formação, somente dando seu aval a essa estrutura, com a admissão dos trabalhadores que se submetem à disciplina e às condições de trabalho subjacentes." (FLEURY, 1984)

A Construção Civil é um setor em que a cultura operária está presente na socialização da força de trabalho e na estrutura de ofício difundida nos diversos canteiros. Dentro dessa estrutura é que as empresas têm procurado estabelecer a sua lógica empresarial. Deste modo, acaba criando no meio empresarial, em que o conceito de qualificação está muito preso à educação formal, a idéia de que o trabalhador da construção civil é desqualificado. Pelo fato da construção civil ser uma das primeiras atividades urbanas dos migrantes internos, este setor passa a ser, muitas vezes, o portão de entrada no mercado urbano de trabalho.

6. Desemprego

Para FONTES (2000) o desemprego era um fenômeno que atingia, no passado recente, segmento específico do mercado de trabalho, como jovens, mulheres, negros, pessoas sem qualificação profissional, analfabetos e trabalhadores com pouca experiência, porém isto mudou de perfil. Hoje, o desemprego apresenta-se como um fenômeno complexo e heterogêneo, pois atinge de forma generalizada, praticamente todos os segmentos sociais, inclusive camadas de maior escolaridade e profissionais experientes.

Segundo CATTANI (2002), desemprego na acepção corrente, refere-se à situação em que se associam: a ausência de trabalho acompanhado da disponibilidade de trabalhar com a busca por trabalho. Dentre diversas causas do desemprego, uma está associada à tecnologia, ou seja, as inovações tecnológicas podem ser responsáveis pela redução do emprego, na medida em que elas representam racionalização dos processos produtivos e aumento da produtividade do trabalho, sem que haja uma necessária contra partida em termos de incremento na demanda de trabalhos.

MAKHAM (1966) já advertia que a tecnologia traria a pobreza devido ao desemprego provocado pela automação de processos, principalmente para os que levavam para o local de trabalho, apenas músculos e força, aos quais, faltava não só especialização, mas também o potencial básico para adquirir especialização.

6.1. Desemprego x inovação tecnológica

Afinal, as inovações tecnológicas empregam ou desempregam?

Na literatura há respostas para todos os questionamentos. Alguns consideram a inovação tecnológica como a grande responsável pelo desemprego e desigualdade de renda, outros como a grande saída para se criar novos postos de trabalho e melhorar o bem estar humano.

Para PASTORE (1998), nas últimas décadas, vários países têm apresentado uma ocorrência simultânea de um rápido desenvolvimento tecnológico e elevação do desemprego. O tema é controvertido: dizer que a inovação tecnológica substitui o trabalho é fácil, provar que gera desemprego é difícil. A coincidência do avanço tecnológico com o aumento do desemprego não é suficiente para se concluir que o avanço da tecnologia produz desempregos. As mudanças tecnológicas têm desempenhado um papel importante na reestruturação da economia global, tais como dramáticas reduções de custos e preços dos bens e serviços os quais, por sua vez, redundam em estímulos a outras atividades. As novas tecnologias têm proporcionado uma grande quantidade de novos materiais, processos, fontes energéticas e bens de consumo. Diversos tipos de tecnologia e os respectivos impactos sobre o trabalho são analisados.

“A simples coincidência de avanços tecnológicos com aumento de desemprego não é suficiente para se concluir que as inovações tecnológicas, de modo isolado, são destruidoras de empregos. Uma inovação tecnológica pode ter um impacto direto destrutivo e um impacto indireto construtivo - em outro setor da

economia. Além disso, uma inovação tecnológica pode destruir empregos hoje, e criar amanhã - na mesma empresa.” (PASTORE, 1998)

6.2. Desemprego na construção civil

Da análise de MATTOSO (2004), tem-se que nos últimos três anos, a Construção Civil foi um dos setores que mais sofreu com as crises econômicas e o desaquecimento da economia. Sendo um setor de uso intensivo de mão-de-obra, os efeitos foram dramáticos sobre o emprego. Observando os dados do Ministério do Trabalho e Emprego apresentados pelo SINDUSCON-SP, nota-se um decréscimo percentual nos postos de trabalho de 2000 e 2004 de 5,30%. Entretanto, houve uma variabilidade, mostrando recuperação entre julho e novembro de 2002 no Brasil.

Em havendo um aquecimento econômico, o formato tradicional das obras civis deverá ampliar-se rapidamente, com inúmeras inovações tais como: T.I.- Tecnologia da Informação -inserção de novas formas de gestão da produção, novos materiais, novos equipamentos, etc., com a finalidade de obter-se ganhos de produtividade, qualidade, e, principalmente, prazos e custos. Conseqüentemente, a construção civil, nos moldes tradicionais, grande absorvedora de mão de obra de baixa qualificação – semi-analfabetos, em sua maioria – irá, forçosamente, ter que dispensar inúmeros operacionais e profissionais. Visto que não há espaço mais, nas novas formas de gestão e produção do trabalho, para qualquer classe de profissionais sem um mínimo de treinamento.

7. Objetivos da pesquisa

Dentre os objetivos propostos com a finalização da pesquisa, têm-se:

-avaliar impactos, tendo como foco a mudança do perfil do trabalhador e os requisitos de conhecimento exigidos para os novos profissionais e a provável redução de postos de trabalho disponíveis a trabalhadores de baixa qualificação, atuantes no modelo atual;

-estimar, quanto à qualidade do trabalhador para um determinado número de casos em que a “unidade de estudo” possa ser considerada, a repercussão em termos de emprego e desemprego;

-elaborar relatórios dos dados coletados e consensados através dos questionários aplicados (*Delphi-Web*) e respondidos pelo grupo de especialistas eleitos nas diversas fases previstas na metodologia, que permitam fornecer, preventivamente, indicadores para antecipar decisões para atenuar o agravamento geral do desemprego na Construção Civil - Engenheiros, Técnicos e Operacionais e, principalmente:

-prospectar, indicadores que possibilitem antecipar decisões que evitem o agravamento do desemprego dos trabalhadores e operacionais de baixa qualificação, considerando suas dificuldades em migrar para outras funções;

-compreender a necessidade do desenvolvimento de novas competências frente aos impactos causados

pela Inovação Tecnológica na Construção Civil.

8. Pesquisa

De modo a configurar o novo cenário que se descerra para a Indústria da Construção Civil, uma pesquisa prospectiva utilizando a técnica Delphi-Web está sendo realizada. Conforme citado em WRIGHT (2002), este método é uma ferramenta de pesquisa qualitativa utilizada em situações de carência de dados históricos ou quando há rupturas tecnológicas, econômicas, sociais ou políticas, ou ainda, em situações nas quais pretende-se estimular a criação de novas idéias.

Conforme GIOVINAZZO (2001) o método Delphi-Web consulta um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros através de um questionário, que é repassado em continuadas rodadas até que seja obtida uma convergência das respostas, um consenso, que representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo.

O grupo de pesquisa está investigando a relação entre tipos de inovações tecnológicas na Construção Civil e a qualificação profissional exigida do trabalhador que irá operá-la. Como sub-produto, espera-se poder comparar qualitativamente e quantitativamente, a repercussão das mudanças referente ao número de trabalhadores envolvidos e a expectativa de desemprego.

9. Metodologia

Preliminarmente, foi escolhido e organizado em “unidade de estudo” (parte ou conjunto de determinado tipo de obra), em que houve alterações profundas em termos de materiais, processo e mão-de-obra devido à inovação tecnológica. Informações iniciais, obtidas pela bibliografia e em entidades de classe, indicam ser reduzido o número de empresas de Construção Civil que operam em bases tecnológicas avançadas. Segundo essas fontes, um número ainda muito reduzido de empresas de São Paulo se utiliza desse aparato tecnológico.

Há uma expectativa bem fundamentada de que esse número cresça rapidamente em função de vantagens que vão se tornando notórias, como abaixamento de custo de materiais, redução de geração de sucata, qualidade, rapidez, etc. A Construção Civil como um setor econômico, pauta suas atividades segundo o comportamento da economia como um todo. Seu crescimento ou estagnação depende diretamente da saúde do setor. Sobre isso as fontes principais são os órgãos de classe e os empresários proprietários ou seus diretores, que poderão manifestar sobre as tendências ou não de modernização tecnológica do setor e a expectativa da velocidade em que deve ocorrer. Os profissionais dessas áreas, principalmente engenheiros, são importantes no suprimento de informações quanto às motivações e justificativas para uso de tecnologias, materiais, equipamentos, controles e ganhos relativos. O engenheiro residente, o mestre de obra, os chefes específicos de atividades terceirizadas, além de outros cujo perfil possa ser identificado no trabalho de campo, que se constituem na base do conhecimento operacional, são as fontes de informação quanto ao perfil do novo trabalhador, seu desempenho e elementos que possibilitem a comparação entre o processo tradicional de construções e o moderno. Em função dessas características a investigação exploratória apresenta-se de nítida conveniência.

Um questionário formalizado, orientador, não estruturado, para que se garanta minimamente um denominador comum e uma convergência para os temas das pesquisas / entrevistas foram processadas.

A relação dos especialistas foi elaborada inicialmente com base nas empresas líderes do setor da Construção Civil. Através da Internet foram enviados dois questionários para diversos profissionais de diversas empresas ligadas à Indústria da Construção do Estado de São Paulo. Empregados, principalmente engenheiros residentes, projetistas, responsáveis pelo suprimento da obra, mestres de obra, técnicos de serviços terceirizados de empresas de médio e grande porte do setor de Construção Civil da cidade de São Paulo, fabricantes de componentes de obra e equipamentos para Construção Civil, professores universitários e de escolas técnicas, consultores, diversos profissionais, o SINDUSCON-SP (Sindicato das Indústrias de Construção Civil do Estado de São Paulo) e a FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo), são os participantes (respondentes e/ou entrevistados) desta pesquisa.

Os questionários foram encaminhados via e-mail em duas fases, através de cartas assinadas eletronicamente pelo Coordenador da Pesquisa, explicando resumidamente seus objetivos e solicitando a colaboração do especialista, respondendo-o dentro de um prazo estipulado. Anexado a estes e-mails, foi enviado um “*link*”, contendo o endereço da página do “*site*” onde o Questionário e os Cenários estavam disponíveis, bem como uma senha de acesso à área restrita. As versões dos dois questionários na “*web*” foram feitas em formato banco de dados, possibilitando ao especialista responder digitando na própria página do “*site*”. A metodologia garantiu a não identificação dos respondentes em relação às respostas dos questionários. Esta garantia é um requisito básico do método Delphi-Web.

Após esta fase, a metodologia prevê um “*workshop*” e *entrevistas “in loco”*, com os atores desse processo (pedreiros, serventes, mestres de obras e engenheiros residentes) em obras que um ou mais tipo de inovação tecnológica esteja sendo empregada. o relatório final conclusivo: tabulações da primeira, segunda rodada, entrevistas e “*workshops*” deverão ser encaminhados para o conhecimento dos respondentes e ficarão disponível num “*site*”, para a consulta pública.

10. Apresentação dos resultados preliminares

Para a 1ª Rodada do questionário, foram elaboradas vinte e uma questões. Pretendendo-se com ele avaliar as opiniões de maneira prospectiva, observando inicialmente possíveis convergências. Os temas menos técnicos e que carregam certo envolvimento político, como o desemprego, por exemplo, devido à cultura própria de cada um e a opinião pessoal dos entrevistados, produziu apresentou razoável dispersão.

Como ilustração, segue uma das questões formuladas na 1ª Rodada:

-Quais dos profissionais abaixo listados foram mais afetados por essas inovações, no sentido de perda de posto de trabalho? Com os dados da sua empresa, entidade, ou do seu conhecimento, faça uma estimativa de porcentagem de perda de posto de trabalho.

Desenhistas projetistas ()% **Pedreiros ()%**

Sobre os temas abordados pelo questionário respondido pelos painelistas na 1ª Rodada, elaborou-se uma análise decorrente do método *Delphi-Web*. Após esta etapa de análise dos resultados da 1ª Rodada, fez-se necessário à ocorrência de uma 2ª Rodada.

10.1. Análise da 1ª rodada

Na 1ª Rodada, das 300 (trezentas) cartas-convite enviadas aos painelistas, obteve-se 59 (cinquenta e nove) respostas. A metodologia prospectiva que é uma análise de tendências prevê possibilidades que o evento ocorra quando há convergências das opiniões aproximando-se de um consenso.

Foi adotado como existindo o consenso para as questões em que 75% ou mais das respostas convergiram. A convergência ocorreu nas respostas sobre as evoluções tecnológicas e seu grau de relevância que estão sendo incorporadas pela Construção Civil e quais as percentagens de utilização dessas inovações pelas empresas especializadas. Para esses itens as respostas atingiram um consenso em torno de 75% dos respondentes.

Estranho, mas compreensível, é a profunda divergência apresentada quanto às perspectivas de evolução do setor. Sendo ele extremamente sensível à flutuação da economia torna-se difícil qualquer prognóstico de médio e longo prazo devido provavelmente às ocorrências dos últimos anos. Como a dispersão foi significativa, a questão fará parte da segunda rodada, com a expectativa que essa dispersão diminua.

Aparentemente observou-se uma dificuldade ou prevenção por parte dos respondentes, quanto às questões que tratam do emprego, pois na 1ª Rodada de questões sobre o tema, os respondentes reduziram-se em média para 15% do total.

Entretanto, houve uma redução significativa de respostas obtidas para as questões que se referiam à formação de profissionais e reflexos na perda de postos de trabalho devido às inovações tecnológicas. Com relação a grande dispersão apresentada pelas respostas às questões dessa natureza, no atual estágio da pesquisa, três hipóteses são formuladas para o comportamento dos respondentes na 1ª Rodada:

-Primeira hipótese: Estresse dos respondentes.

É possível supor que como estas questões figuravam na última parte do questionário e os respondentes já estariam cansados depois de vinte a trinta minutos de elaboração de respostas.

-Segunda hipótese: Um assunto delicado.

É possível que muitos respondentes não se sentiram confortáveis em tratar desse assunto por se sentirem afetados, ou em função de responsabilidades com a empresa, ou ainda não terem se dedicado a ele, e por isso preferiram a omissão.

-Terceira hipótese: Equívoco.

É possível supor que desemprego e mudança de perfil profissional não tenham a relevância para os respondentes que os pesquisadores imaginavam.

Com base na 1ª Rodada, preliminarmente, pode se adiantar:

-Quanto à tendência da indústria da Construção Civil, 100% dos respondentes afirmam existir uma tendência à mudança do gênese da obra “construção” para “montagem”;

-Com respeito às evoluções nos Processos Construtivos, menos de 30 % consideram essa modalidade como sendo incorporada pela Construção Civil;

-Houve consenso, em mais de 75% das respostas que já está havendo perda de postos de trabalho face às inovações tecnológicas correlacionadas a evolução dos programas e utilização de computadores;

-Quanto a Tecnologia de Informação (TI), 56 % consideram que ela está sendo incorporada pela Construção Civil;

-Após a 1ª Rodada do método Delphi-Web, cinco questões foram identificadas como sendo as que apresentaram um alto grau de divergência, decorrendo a necessidade da 2ª Rodada do método Delphi-Web.

10.2. Análise da 2ª rodada

Para a 2ª Rodada, o grupo de pesquisa encaminhou aos especialistas, somente, as questões que não atingiram o grau de convergência que permitisse ser interpretado.

Nesta rodada 36 (trinta e seis) respostas foram obtidas.

Como ilustração, uma das questões formuladas na 2ª Rodada e a resposta divergente da 1ª Rodada, é apresentada a seguir:

Referente a 8ª Questão da 1ª Rodada:

-Quais dos profissionais abaixo listados foram mais afetados por essas inovações, no sentido de perda de posto de trabalho? Com os dados da sua empresa, entidade, ou do seu conhecimento, faça uma estimativa de porcentagem de perda de posto de trabalho.

Exemplo: Desenhistas projetistas ()%

Resultado da 1ª Rodada (figura 2): 70 a 80%.

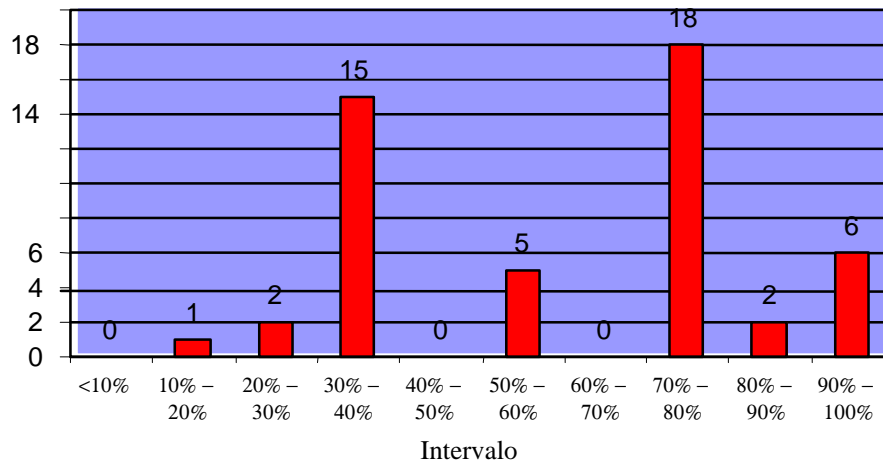


Figura 2 : 1ª Rodada Resposta divergente da 1ª Rodada

Resultado da 2ª Rodada (figura 3): 70 a 80%

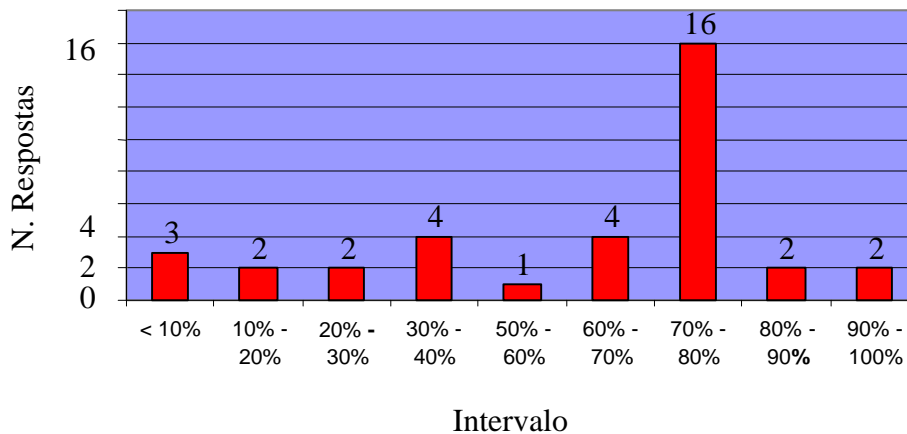


Figura 3 – 2ª Rodada: Resposta divergente da 1ª Rodada

Observe que o critério do item 10.1 adotado para a convergência era a indicação de no mínimo 75% dos respondentes. Portanto, neste caso, a divergência mesmo após a 2ª Rodada permaneceu. Essa questão será debatida na próxima fase: entrevistas personalizadas e Workshop.

Neste ponto da pesquisa, as hipóteses descritas no item 10.1 não se confirmaram. Espera-se que durante as Entrevistas e Workshop (item 10.3) obtenha-se subsídios para suportá-las ou contestá-las. Ao término, o projeto de pesquisa prevê um relatório que será preparado e enviado aos especialistas, conjuntamente com as conclusões inerentes ao estudo de prospectiva tecnológica, que ficará disponível na Internet à consulta pública.

10.3. Entrevistas e workshop

Uma equipe de campo fará entrevistas, “in loco”, com os atores desse processo, em situações em que um ou mais tipos de inovação tecnológica estejam sendo empregadas.

Após a pesquisa de campo, será organizado um Workshop com especialistas da área, para a discussão de eventuais pendências e dos resultados obtidos.

Feitas as entrevistas e o “workshop” um relatório final será elaborado dando por encerrado a pesquisa.

11. Conseqüências da inovação tecnológica na construção civil

Neste contexto, é interessante reproduzir da literatura afirmações de alguns especialistas como: Porter, Pastore, Acosta-Hoyos e Viotti, que antecipam e confirmam conclusões já auferidas, nesta fase preliminar da pesquisa:

“A Transformação Tecnológica é um dos principais condutores da concorrência. Ela desempenha um papel importante na mudança estrutural da indústria, bem como na criação de novas indústrias. Ela também é uma grande equalizadora, acabando com a vantagem competitiva até mesmo de empresas bem fortificadas e instigando outras para a dianteira”. (PORTER, 2004)

“Há duas alternativas: ou educamos aceleradamente a nossa gente e passamos a competir com eficiência; ou convencemos os nossos concorrentes a deseducar seus povos e parar de competir. E, a saída é uma só: educar. Educar mais e, sobretudo, educar bem”. (PASTORE, 1998)

“A Inovação Tecnológica como parte integrante da cultura, marca a sua presença em cada época e em cada sociedade, levantando problemas e introduzindo conflitos a serem resolvidos. Neste contexto, hoje os “problemas e conflitos” surgidos do avanço tecnológico na Construção Civil são de tal importância, que certos profissionais deste setor estão ameaçados de sucumbir se eles não forem solucionados ou amenizados”. (ACOSTA-HOYOS, 1985)

“Tecnologias, diferentemente das mercadorias normais, são geradas por processos incertos, arriscados, que geralmente dependem de esforço sistemático e capacitação específica para cada “produto” gerado... Quanto mais nova é a tecnologia, menor é a disposição de seu proprietário para comercializá-la e maiores são os ganhos competitivos que ela proporciona... A capacitação para absorver também é cumulativa e depende da experiência produtiva e do esforço tecnológico acumulado por empresas, instituições, países ou regiões... Quanto mais nova é uma tecnologia, maiores são os conhecimentos tácitos necessários para operá-la, mais difícil é absorvê-la e maiores são os ganhos competitivos que ela proporciona.” (VIOTTI, 1999)

14. Conclusão

Esta pesquisa coletou dados e informações conclusivas que permitem inferir o agravamento do desemprego de trabalhadores da Construção Civil de baixo nível de qualificação profissional.

Os fatores preponderantes obtidos por esta pesquisa são:

- o setor da Construção Civil tem se diferenciado dos demais tanto pelos seus produtos, quanto pelos seus processos utilizados, porém, ainda com uma mão-de-obra má qualificada;
- a modernização da Construção Civil, que tem exigido mais produtividade e qualidade do produto utilizado nas obras, não tem sido acompanhada da valorização da mão-de-obra, uma vez que essa mão-de-obra é que deve estar apta a aplicar estes novos produtos;
- a Construção Civil, com significativo poder de reprodução de empregos diretos e indiretos, é responsável pela absorção de grande parte da mão-de-obra de trabalhadores brasileiros, sendo a capacitação profissional neste setor obtida em processos “*on-the-job*”, onde não há um treinamento formal, para o profissional operário da Construção Civil. Esta não formalidade leva apenas a reprodução e transferência do “*status quo*” da cultura já existente entre os próprios operários, através do convívio com as atividades executadas por seus colegas de trabalho, formando um “ciclo vicioso de conhecimento e capacitação”, em que não se incrementa e nem padroniza a Inovação Tecnológica. E isto está cada vez mais presente nas obras realizadas por terceiros;
- as conseqüências sociais e industriais da Inovação Tecnológica com maior intensidade na Construção Civil estão por acontecer. E, seus efeitos mais profundos deverão ser sentidos num futuro não muito distante;
- o tipo de escolaridade esperado dos novos profissionais da indústria da construção é o Ensino Médio completo para os operacionais e, para o corpo gerencial, formação Técnica ou

Superior, com sólidos conhecimentos das inovações advindas da Tecnologia de Informação-

T. I.;

- os entrevistados esperam que os governos Federal e Estadual, órgãos públicos como Sindicatos, Associações de Classes, SENAI, SINDUSCON e outros, criem a infra-estrutura básica de treinamento para esses novos profissionais, esclarecendo, requalificando e capacitando os trabalhadores para as novas tecnologias;
- os entrevistados também esperam que os órgãos de ensino profissionalizante como as Universidades, FATECs, Faculdades de Engenharia, SENAI preparem o novo profissional da Construção Civil.

O Brasil deverá estar preparado e, para isso, precisa qualificar o trabalhador para enfrentar o desafio e se ajustar às exigências dos novos mercados de trabalho que está extinguindo ou reduzindo antigas atividades e talentos. A escolarização em massa de boa qualidade será o melhor antídoto para superar essas dificuldades.

Referências

ACOSTA-HOYOS, L.E. Tecnologia e Qualidade de Vida: Uma polêmica de nosso tempo. Viçosa: Editora UFV, 1985.

BARROS, M.M.B. Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. São Paulo. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996..

BRANDÃO, L.C.F. Disponível em: <http://www.geocities.com/luis_brandao/tsld003.htm>. Acesso em: 08/05/2004 - 13:23h.

CATTANI, A.D. Trabalho e Tecnologia: Dicionário Crítico. São Paulo: Editora Vozes, 2002.

CONSTRUBUSINESS 2003. 5º Seminário da Indústria da Brasileira da Construção Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/temp/construbusiness/Construindo_a_Inclusao_Social.ppt>. Acesso em: 23/04/2004 - 11:00h.

FERRAZ, J.C. Made in Brazil: Desafios Competitivos para a Indústria. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

FLEURY, A. (Coord.). Aspectos Conceituais. Organização do Trabalho: uma abordagem inter disciplinar, sete estudos de casos sobre a realidade brasileira. São Paulo: Ed. Atlas, 1984.

FONTES, R. (Coord.). Desemprego e Mercado de Trabalho: Ensaio Teóricos e Empíricos. Viçosa: Editora UFV, 2000.

GIOVINAZZO, R.A. Modelo de Aplicação da Metodologia Delphi-Web pela Internet – Vantagens e Ressalvas - FEA USP - Administração On Line - Prática - Pesquisa – Ensino - ISSN 1517-7912 - Volume 2 - Número 2 (abril/maio/junho-2001). Disponível em: <http://www.facesp.br/adm_online/art22/renata.htm> Acesso em: 09/08/03 – 15:00h.

LAMERA, D.L. (Coord.) Perfil do Trabalhador na Indústria da Construção Civil de Goiânia. São Paulo: Editora FUNDACENTRO, 2000.

MARHAM, C. Empregos, Homens e Máquinas. Rio da Janeiro: Editora Lidador, 1966.

MATTEI, J.A. Velocidade, uma das Tônicas do Futuro. Artigo publicado na revista “Qualidade na Construção” nº 14, pp30-32. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. São Paulo, 1999.

MATTOSO, J. Disponível em: <<http://www.jornaldamanha.com/visualizar.php?not=1408>>. Acesso em: 30/04/2004 – 12:30h.

MORALES, M. Princípios da Administração de Recursos Humanos: Aplicados em Cursos Técnicos e Qualificação Profissional. São Paulo: Ed. Texto Novo, 2002.

PASTORE, J. A Controvérsia Sobre Tecnologia e Emprego. Revista: Parcerias Estratégicas. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/CEE/revista/Parcerias5/tecnoemp.htm>>. Acesso em: 08/05/2004 - 13:54h.

PORTER, M.E. Vantagem Competitiva. R. de Janeiro: Editora Campus, 23ª edição, 2004.

RIFKIN, J. Fim dos Empregos: O Declínio Inevitável dos Níveis dos Empregos e a Redução da Força Global de Trabalho. São Paulo: Ed. Makron Books, 2001.

SEADE / DIEESE. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/noticias/noticia04.htm>>. Acesso em: 23/04/2004 - 09:25h.

SEBRAE Administração de Recursos Humanos na Construção Civil. Curitiba-PR: Editora SEBRAE-PR/SINDUCON-PR, 1995.

SINDUSCON-SP Construcarta Emprego, 4 de março de 2004, ano 5, nº 176. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/frame.asp?page=../secao/secao.asp?area=Emprego&numpai=1&descpai=economia>>. Acesso em: 23/04/2004 - 16:57h.

THOMAZ, E. Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção. São Paulo: Editora PINI, 1ª Edição, 2ª Tiragem, 2002.

TRANJAN, R.A. Não Durma no Ponto. 3ª ed. São Paulo: Ed. Gente, 1999.

VIOTTI, E. B. Política de C&T e Extensão Tecnológica. 1ª Reunião da Aliança Estratégica para a Promoção da Inovação Tecnológica: ABIPTI-ANPEI-ANPROTEC, 1999.

WRIGHT, J.T.C. Prospecção Estratégica para 2003 com a utilização do método Delphi-Web. Disponível em: <<http://www.fia.com.br/profuturo/publicações/artigos/artigos/art52.html>>. Acesso em: 09/08/2003 – 20:10h.

O uso do Balanced Scorecard como instrumento de gestão da qualidade

Wagner Costa Botelho (UNIP) wagner@wrb.com.br

Marcelo Kenji Shibuya (UNIP) marcelo_shibuya@uol.com.br

Oduvaldo Vendrameto (UNIP) oduvaldov@uol.com.br

Pedro Luiz Oliveira Costa Neto (UNIP) politeleia@uol.com.br

Resumo

Este artigo apresenta uma sugestão para a utilização do Balanced Scorecard como instrumento para a identificação, implementação e controle dos indicadores de qualidade do sistema de gestão da qualidade. Uma das vantagens da metodologia proposta está na obtenção de indicadores alinhados com a estratégia da organização.

Palavras chave: ISO 9000, Indicadores de Desempenho, Balanced Scorecard.

1. Introdução

Com a adoção das normas internacionais da série ISO 9000 a partir de 1987, atualmente em sua terceira versão, um grande movimento para implementação de programas de gestão da qualidade se alastrou mundialmente inicialmente na Europa e, posteriormente, nos demais países. De acordo com a revista Falando de Qualidade Banas, de fevereiro de 2004, citando dados do Comitê Brasileiro da Qualidade (CB 25) da ABNT, havia então 11.962 empresas certificadas no Brasil, sendo 14.342 o número de certificados emitidos.

A atual revisão das normas da série ISO 9000, editada em dezembro de 2000, traz dentre as suas modificações a adoção da abordagem por processo, que é indiscutivelmente uma inovação em relação às versões anteriores, que tinha como base de implementação a gestão por atividades. De acordo com os requisitos da norma ISO 9001, toda a atividade que usa recursos e é gerida de forma a possibilitar a transformação de entradas em saídas é considerada um processo.

Uma vantagem da abordagem por processo é o controle contínuo que ela permite por meio do uso de indicadores adequados de desempenho e as atividades de melhorias contínuas.

O presente artigo tem como objetivo sugerir o uso do Balanced Scorecard como instrumento de obtenção e implementação de indicadores adequados à natureza do negócio e à estratégia da organização, de forma a alinhar as práticas à estratégia organizacional, mensurando continuamente o desempenho dos processos existentes e a obtenção de melhorias contínuas aos propósitos da organização.

2. Fundamentação teórica

2.1 A ISO 9000 e os indicadores de desempenho

A série de normas ISO 9000:2000 é estruturada para atender aos requisitos do cliente sob a abordagem de processos. Os vinte requisitos que compunham a revisão de 1994, foram reorganizados em oito requisitos que são: Objetivo; Referência normativa; Termos e definições; Sistema de gestão da qualidade; Responsabilidade da direção; Gestão de recursos; Realização do produto; Medição, análise e melhoria.

De um modo geral, a série de normas ISO 9000:2000 tem o seu foco direcionado à satisfação do cliente e a melhoria contínua da organização. A atual revisão explicita a necessidade de melhorias contínuas na organização, envolvendo os produtos e processos constituintes do sistema de gestão da qualidade e uma das formas de se conseguir isso é por meio da implementação de um sistema de medição de desempenho.

A medição de desempenho está presente na série de normas ISO 9000:2000 no item 8.4 – análise de dados:

“A organização deve determinar, coletar e analisar dados apropriados para demonstrar a adequação e eficácia do sistema de gestão da qualidade e para avaliar onde melhorias contínuas da eficácia do sistema de gestão da qualidade podem ser realizadas. Isso pode incluir dados gerados como resultado do monitoramento e das medições e de outras fontes pertinentes”.

De acordo com Sink & Tuttle (1993), a mais importante e talvez a única razão para medir o desempenho de um sistema é apoiar a sua melhoria, fazendo-o crescer continuamente. Através do processo de medição, pode-se saber as capacidades dos sistemas e os níveis de desempenho atingidos pelos diversos processos. Entretanto, o ponto alto do processo de medição é obter informações sobre onde se devem concentrar os esforços e onde se devem colocar os recursos para alcançar as melhorias desejadas.

Na visão tradicional, ainda praticada em muitas organizações, as medidas de desempenho não são alinhadas às estratégias da organização e buscam tão somente melhorar os processos existentes, por meio de custos mais baixos, melhor qualidade e tempos menores de resposta, não havendo a preocupação em identificar os processos realmente estratégicos, isto é, aqueles que devem apresentar um desempenho superior para que a estratégia da empresa seja implementada e bem sucedida.

Na visão moderna, observa-se que as medidas de desempenho não são meros elementos de controle dos processos internos das empresas, mas, sobretudo, representam vetores impulsionadores da melhoria contínua dos processos empresariais dentro do novo enfoque estratégico de globalização da economia. É fácil, portanto, deduzir que medição do desempenho passou a ser vital para a sobrevivência das novas organizações.

2.2 Conceituação do Balanced Scorecard (BSC)

A metodologia do BSC sugere a criação de indicadores de desempenho e a construção de um painel de controle para que os dados sejam constantemente avaliados, tendo-se um controle ao mesmo tempo amplo, objetivo e balanceado. Esta sistemática contribui para uma análise periódica das metas propostas e ainda sugere que a medição avalie se as metas propostas estão dentro da realidade organizacional ou se devem ser revistas; se os indicadores escolhidos estão realmente sendo úteis ou se devem ser modificados.

O BSC traduz a missão e a estratégia das empresas num conjunto abrangente de medidas de desempenho que serve de base para um sistema de medição e gestão estratégica. Isso permite que as organizações acompanhem o desenvolvimento financeiro ao mesmo tempo em que monitoram outros indicadores que serão fundamentais para alcançar os objetivos da organização. De acordo com Kaplan & Norton (1997): *“O BSC leva o conjunto de objetivos das unidades de negócios além das medidas financeiras sumarizadas. Os executivos podem agora avaliar até que ponto suas unidades de negócios geram valor para os clientes atuais e futuros, e como devem aperfeiçoar as capacidades internas e os investimentos necessários em pessoal, sistemas e procedimentos visando a melhorar o desempenho futuro”.*

Ativos intangíveis como valor da marca, valor da carteira de clientes, o nível de satisfação dos clientes ou o valor do nível técnico e gerencial de seus funcionários são, atualmente, indicadores extremamente preciosos na avaliação de uma organização que o modelo contábil tradicional não considera. *“A filosofia do BSC é de colocar a estratégia e a missão no centro do sistema de gestão, ao invés do controle. Ao estabelecer metas e objetivos, a alta administração deixa a cargo dos níveis operacionais a tarefa de definir os caminhos para alcançá-las”* (Campos, 1998).

O BSC é representado por quatro diferentes perspectivas, conforme demonstradas na Figura 1, que representam as principais variáveis que, em equilíbrio, asseguram a base para um sistema de medição e gestão estratégica.

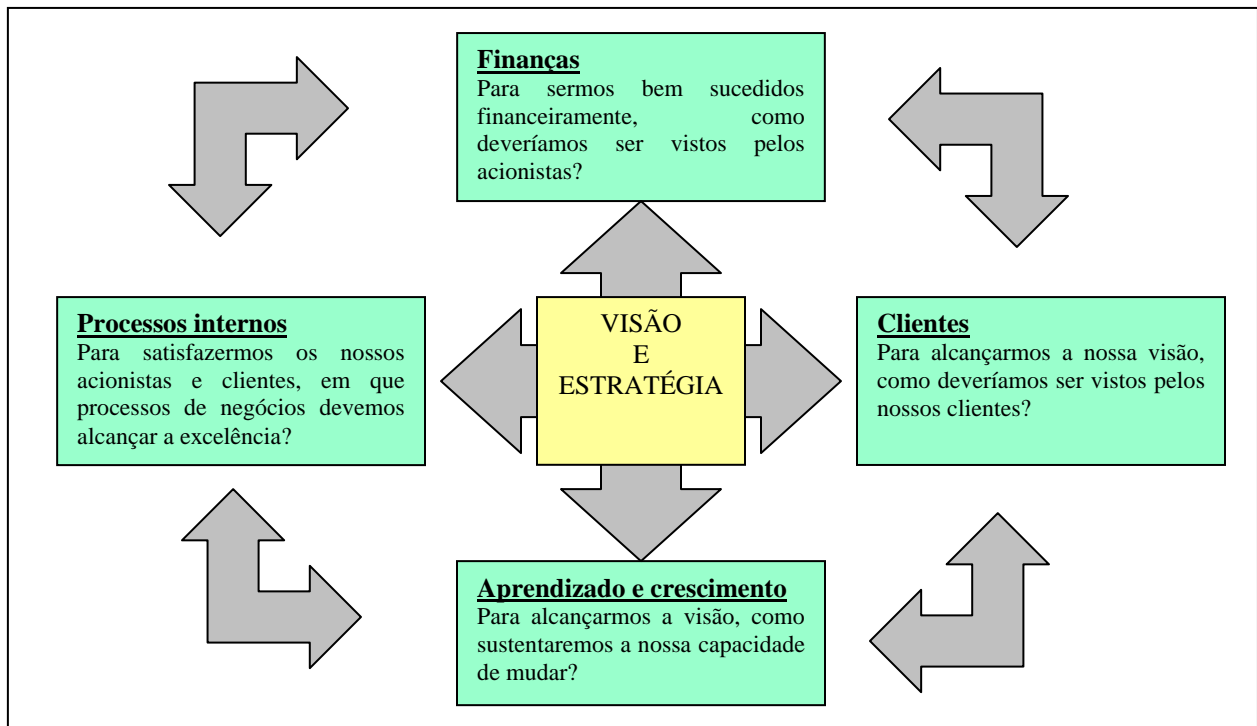


Figura 1 – As quatro perspectivas do Balanced Scorecard – adaptado de Kaplan & Norton (1997)

A inter-relação entre as perspectivas é determinada com base em relações de causa e efeito. Segundo Kaplan & Norton (1997), a ênfase na construção de relações de causa e efeito no BSC gera um raciocínio sistêmico e dinâmico, permitindo que os diversos processos da organização entendam como as peças se encaixam, como o seu papel influencia o papel de outras pessoas, além de facilitar a definição dos vetores de desempenho e as iniciativas correlatas que não apenas medem a mudança, como também a alimentam. Isso permite a análise constante da dinâmica do negócio, de forma a aumentar a capacidade da organização de aprender, de trabalhar em processos que efetivamente agregam valor estratégico. Comentemos cada uma dessas perspectivas:

a) Perspectiva financeira

Kaplan & Norton (1997) consideram que os objetivos e medidas financeiras devem desempenhar um duplo papel: definir o desempenho financeiro esperado da estratégia e servir de meta principal para os objetivos e medidas de todas as demais perspectivas do BSC.

b) Perspectiva dos clientes

Na perspectiva de clientes, o BSC permite que os executivos identifiquem o segmento de clientes e mercados nos quais desejam competir. Esses segmentos representam as fontes que irão produzir o componente de receita dos objetos financeiros da organização. Campos (1998) enfatiza que a perspectiva dos clientes possibilita não só alinhar as medidas de avaliação da satisfação, fidelidade, retenção, captação e rentabilidade para os mercados e clientes alvo, como também permite identificar e medir as principais tendências e indicadores do mercado que possibilitarão à organização desenvolver soluções de valor para os seus clientes.

c) Perspectiva dos processos internos da organização

Tradicionalmente, a identificação dos processos e seus indicadores para o gerenciamento de processos é realizada com base em alguns critérios definidos pela alta direção. Normalmente são escolhidos processos que apresentam deficiências em algumas medidas financeiras ou de qualidade, produção, ciclo e produtividade, sem que haja a preocupação com a sua contribuição para a implementação da estratégia da empresa.

Os requisitos da série de normas ISO 9000 reforçam a importância de medir o desempenho dos processos internos, ao contrário das revisões anteriores, que visavam o controle e a melhoria dos centros de responsabilidade de departamentos individuais.

Kaplan & Norton (1997) recomendam que os executivos definam uma cadeia de valor completa dos processos internos que tenham início com o processo de inovação, prossiga com os processos de operações e termine com o serviço de pós-venda.

d) Perspectiva de aprendizado e crescimento

Kaplan & Norton (1997) afirmam que a quarta e última perspectiva BSC desenvolve objetivos e medidas para orientar o aprendizado e o crescimento organizacional. Os objetivos estabelecidos nas perspectivas financeiras do cliente e dos processos internos revelam onde a organização deve se destacar para obter um desempenho excepcional. As perspectivas de aprendizado e crescimento oferecem a infra-estrutura que possibilita a consecução de objetivos ambiciosos nas outras três perspectivas.

Note-se que a adoção desta perspectiva vem de encontro às modernas versões dos critérios do PNQ - Prêmio Nacional da Qualidade, que a adotam em todos os seus itens de enfoque e aplicação.

3. Sistemática proposta para a Implementação do BSC

Para que seja uma ferramenta eficaz e eficiente de medição e melhoria, é recomendável que o BSC seja inserido como um processo do sistema de gestão da qualidade indutor da melhoria contínua, de acordo com a norma ISO 9001:2000, implicando, portanto, a utilização do ciclo PDCA. De acordo com Mello et al (2002):

“Dentro do contexto de um sistema de gestão da qualidade, o PDCA é um ciclo dinâmico que pode ser desdobrado dentro de cada processo da organização e para o sistema de processos em sua totalidade. Ele está intimamente associado com planejamento, implementação, controle e melhoria contínua dos processos de realização do produto e do sistema de gestão da qualidade.”

A manutenção e a melhoria contínua da capacidade do processo podem ser atingidas pela aplicação do conceito do ciclo PDCA em todos os níveis da organização. Isso se aplica tanto para os processos estratégicos de alto nível, como para o planejamento e a análise crítica do sistema de gestão da qualidade, quanto para as simples atividades operacionais executadas como parte dos processos de realização do produto.”

A figura 2 demonstra o ciclo PDCA a ser utilizado para a implementação e controle do BSC, comentado a seguir.

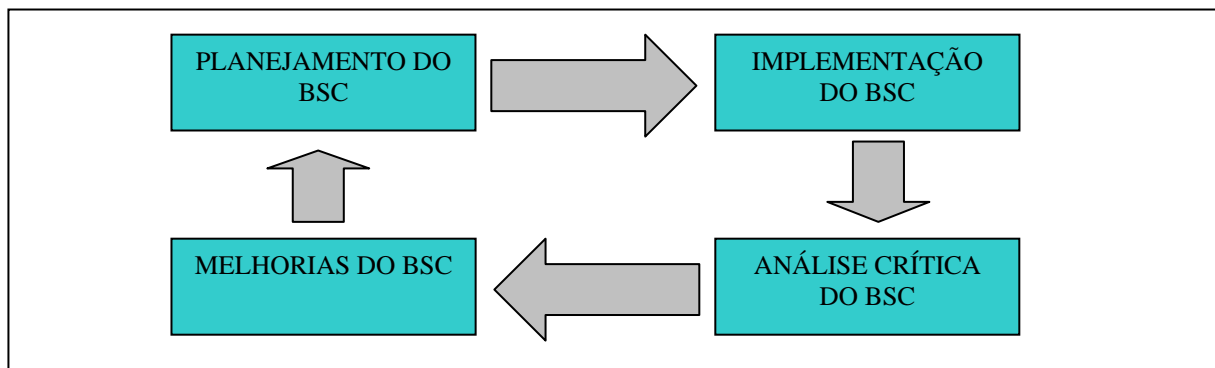


Figura 2 – Ciclo PDCA para implementação e controle do BSC (Adaptado pelo autor)

3.1 Planejamento do Balanced Scorecard (Plan)

3.1.1 Divulgação dos conceitos do Balanced Scorecard

Visa introduzir os conceitos do BSC à alta direção. Sugere-se uma apresentação dos seus principais conceitos, da forma como seria conduzida a implementação e os resultados esperados como ferramenta de identificação e controle dos indicadores de desempenho do sistema de gestão da qualidade.

A obtenção da credibilidade da alta direção é vital para o sucesso do projeto. Kaplan & Norton (1997) deixam claro a importância disso ao afirmarem: *“O Scorecard deve representar o pensamento e as energias da equipe executiva da unidade de negócios. A menos que essa equipe esteja totalmente engajada no processo, é improvável um resultado bem sucedido. Sem o apoio dos altos executivos, o projeto do Scorecard não deve ser iniciado.”*

3.1.2 Definição da equipe de trabalho

A equipe de trabalho deve ser formada por um grupo multidisciplinar de funcionários, apoiado por um facilitador, sendo um fator crítico de sucesso do projeto, que este tenha o domínio dos conceitos e sistemática de implementação do BSC e dos requisitos do sistema de gestão da qualidade. Dentro da estrutura funcional do sistema de gestão da qualidade existente, pode-se delegar a função de facilitador ao representante da direção.

3.1.3 Definição da visão, missão, política da qualidade e a estratégia da empresa.

Toda a empresa possui uma estratégia competitiva definida, seja ela implícita ou explícita. A estratégia pode ser desenvolvida explicitamente, através de um processo de planejamento estratégico, como ter evoluído implicitamente, através das atividades dos vários departamentos funcionais (Porter, 1986).

Para a elaboração de uma estratégia, é necessário definir a visão, a missão e a política da qualidade da empresa. Segundo Mello et al (2002):

“A visão expressa o sonho da alta direção de como ela deseja que sua empresa se encontre dentro de 5 ou 10 anos. Ela deve ser formulada pela alta direção após uma análise do meio ambiente (mercado e concorrentes), observando os valores (princípios e crenças) da organização, e deve ser difundida por todos os seus níveis para ganhar a compreensão e o apoio de todos os colaboradores.

A missão é o compromisso e dever da organização para com suas partes interessadas (clientes, colaboradores, acionistas e comunidade), ou seja, é a própria razão de existência da organização.

Uma política da qualidade reflete intenções e diretrizes globais de uma organização, relativas à qualidade, expressas pela alta direção (ISO 9001:2000). Assim, o processo de formulação da política da qualidade deve levar em consideração a visão e a missão da organização, bem como o estudo de sua situação estratégica em relação a seus concorrentes e ao mercado, para que possa servir como uma diretriz para futuras ações gerenciais”.

A estratégia é a forma como a empresa espera alcançar as suas metas. Para Porter (1986), a estratégia é o desenvolvimento de uma forma ampla para o modo como uma empresa irá competir, quais deveriam ser suas metas e quais as políticas necessárias para levar a cabo essas metas. As estratégias são decisões que a empresa resolve tomar, considerando a missão, os valores e os limites internos e externos, para atingir a sua visão de longo prazo.

3.1.4 Definição dos objetivos

Deve-se identificar e avaliar a estrutura dos objetos de cada uma das quatro perspectivas, analisando através da relação de causa e efeito. Os objetivos da perspectiva de aprendizado e crescimento devem contribuir para dar suporte aos objetivos dos processos internos, que por sua vez, se forem alcançados, garantirão a satisfação e lealdade dos clientes, o que gerará mais receitas e lucros à empresa e seus acionistas, garantindo-se assim o alcance dos objetivos financeiros de longo prazo.

Dessa forma, um BSC bem elaborado deve contar a história da estratégia da empresa, identificando e tornando explícita a seqüência de hipóteses sobre as relações de causa e efeito entre os objetivos estratégicos (Kaplan & Norton, 1997).

3.1.4.1 Definição dos objetivos financeiros

Os objetivos financeiros são relacionados à estratégia de longo prazo. De acordo com Kaplan & Norton (1997), para a definição dos objetivos estratégicos financeiros, estes devem ser baseados no ciclo de vida em que se encontra a empresa, ou seja, crescimento, sustentação e colheita.

3.1.4.2 Definição do segmento de mercado e clientes

Para cada segmento de mercado que se pretende atender e ser competitivo, deve-se definir a proposta de valor para satisfazer e reter os clientes. As propostas de valor mudam de acordo com a atividade, os diferentes segmentos de mercado e clientes e até mesmo devido às características da empresa, mas exige um grupo de atributos que tende a ser comum para todas as empresas, e que pode ser dividido em três categorias: atributo de produtos e serviços, relacionamento com clientes e a imagem e reputação (Kaplan & Norton 1997).

Para a obtenção desses atributos, é necessário realizar uma pesquisa de satisfação, necessidades e expectativas do mercado alvo e dos clientes, cuja sistemática é definida pelo item 8.2.1.2 – Medição e monitoramento da satisfação dos clientes, da norma ISO 9001:2000.

3.1.4.3 Definição da cadeia de valor

Define-se, nesta etapa, a cadeia completa de valor dos processos internos, cuja definição é obtida através do requisito 4.1 – Requisitos gerais, da norma ISO 9001:2000, que determina a necessidade de identificar os processos necessários para o sistema de gestão da qualidade. Após a identificação dos processos chaves, são definidos os objetivos desta perspectiva. Neste exercício, podem ser revelados processos totalmente novos, nos quais a empresa deve se aperfeiçoar.

Sugere-se o mapeamento dos processos para permitir ao grupo de estudos a visão do processo integrado e das atividades agregadoras de valor para, e através delas, alinhar aos objetivos estratégicos.

3.1.4.4 Definição dos objetivos da perspectiva de aprendizado e crescimento

Deve-se identificar, através do mapeamento dos processos realizado anteriormente, as necessidades de reciclagem e treinamento de pessoal, do aperfeiçoamento dos sistemas de informação, do alinhamento dos procedimentos e das rotinas organizacionais, para dar suporte aos objetivos da perspectiva dos processos internos. Para definir os objetivos estratégicos dessa perspectiva, analisam-se três categorias:

a) Capacitação de funcionários – de acordo com a ISO 9001:2000: “o pessoal que executa atividades que afetam a qualidade do produto deve ser competente, com base em educação, treinamento, habilidade e experiência apropriados”. As necessidades de treinamento são identificadas de acordo com o “gap” de competência existente entre a necessidade para exercer a função e a capacitação real do funcionário.

b) Capacidade dos sistemas de informação – o sistema de informação a ser adotado para o funcionamento eficiente e eficaz da organização é definido pelo requisito 4.2 – Requisito de documentação, da norma ISO 9001:2000, que define a necessidade de implementar os documentos e registros da qualidade, podendo estes estar em qualquer forma ou meio adequados às necessidades da organização. De acordo com Mello et al (2002): *“Pode-se dizer então que a principal diferença entre registro e documento é que o primeiro relaciona-se ao passado (registro de uma atividade ou qualidade alcançada), enquanto o segundo relaciona-se ao presente e ao futuro (como tenho que fazer a minha atividade e como virei a fazê-la quando ela vier a ser melhorada)”*.

c) A ISO 9004:2000 fornece orientação para a melhoria da eficácia e eficiência da organização através do envolvimento e apoio das pessoas, identificada no item 6.2.1. Dentre as recomendações pertinentes à motivação e “empowerment”, pode-se destacar o treinamento contínuo dos funcionários, a definição de responsabilidade e autoridade, envolvimento no estabelecimento de objetivos e na tomada de decisão, reconhecendo e recompensando, realizando continuamente análises críticas das necessidades dos colaboradores, criando condições para encorajar a inovação, comunicando sugestões e opiniões, usando medidas de satisfação de seu pessoal e investigando os motivos do ingresso e saída das pessoas da organização.

3.1.4.5 Definição das metas de superação

Para cada objetivo do BSC, deve ser definida uma meta. O BSC deve ser utilizado para impulsionar a mudança organizacional e a meta estabelecida deve ser arrojada, de forma a alavancar mudanças significativas na empresa e, assim, atingir o patamar desejado. Pode ser utilizada a análise de cenários para o estabelecimento das metas. Através disso, como alternativas às situações atuais, objetivos que parecem inatingíveis podem ser decompostos em objetivos menores, que juntos permitem o alcance da meta proposta (Kaplan & Norton, 1997).

3.2 Implementação dos indicadores de desempenho (Do)

Após a definição da estratégia a ser adotada pela organização e a definição dos objetivos e metas para as perspectivas do BSC, é necessário colocá-la em prática.

A conscientização e motivação dos funcionários é um ponto fundamental para o alcance das metas definidas e isso pode ser obtido, através de um programa de treinamento.

Os registros definidos pelo sistema de gestão da qualidade devem ser avaliados e, caso necessário, modificados visando a disponibilidade e facilidade de coleta dos dados referentes às metas propostas.

Os indicadores de desempenho, juntamente com as metas e os objetivos, devem ser divulgados em quadros, de forma visível para todos os funcionários envolvidos na atividade relacionada com a meta proposta.

3.3 Análise crítica dos indicadores (Check)

Para o sucesso do programa, é necessário que os indicadores sejam analisados continuamente, verificando-se, assim, o cumprimento das metas e a necessidade de ações para que as mesmas sejam atingidas.

Os indicadores de curto prazo do *BSC* devem ser analisados pelas gerências e responsáveis pelos processos envolvidos, de acordo com o item 8.2.3 – Medição e monitoramento de processos da norma ISO 9001:2000 verificando se as metas referentes aos clientes, processos internos, funcionários, sistemas e procedimentos estão sendo alcançadas.

Na análise crítica pela direção (item 5.6 da ISO 9001:2000), os indicadores de longo e curto prazo devem ser avaliados, com o intuito de rever as estratégias da empresa, definindo, dessa forma, se as suas expectativas sobre o futuro ainda são válidas, ou se surgiram outras oportunidades que necessitam ser estudadas.

3.4 Melhorias do Balanced Scorecard (Action)

Ao final da análise dos indicadores, devem-se implementar as ações necessárias para o cumprimento das metas de longo prazo e as metas operacionais. As metas de curto prazo podem ser implementadas mediante o uso dos itens 8.5.2 – Ações corretivas e 8.5.3 – Ação preventiva.

4. Conclusão

Com o presente trabalho, esperamos ter contribuído para uma melhor compreensão da metodologia do BSC e dos seus principais aspectos.

Trata-se, conforme se depreende na Figura 1, de uma sistemática que confere um peso balanceado aos quatro grandes setores de atividades na empresa considerados pela metodologia, evitando o viés tradicional de concentrar a maior parte das atenções da administração apenas nos aspectos financeiros, com conseqüências muitas vezes danosas.

Esta metodologia está sendo cada vez mais utilizada no Brasil, em empresas como Serasa, Banco do Brasil, Unibanco, Companhia Suzano de Papel e Celulose, sendo que, na Petrobrás, existe registro de mais de 80 aplicações suas, comprovando sua boa aceitação como eficaz ferramenta gerencial.

Referência bibliográfica

ABNT. (2000) – *ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos*

ABNT. (2000) – *ISO 9004 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Diretrizes para melhorias de desempenho*

CAMPOS, J. A. (1998) – *Cenário balanceado: painel de indicadores para gestão estratégica dos negócios*. Ed. Aquariana.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. (1997) – *A estratégia em ação: Balanced Scorecard*. Ed. Campus.

MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S.; TURRIONI, J. B.; SOUZA, L. G. M. (2002) – *ISO 9001:2000 – Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços*. Ed. Atlas.

PORTER, M. E. (1896) – *Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e concorrência*. Ed. Campus.

Revista Qualidade Banas – *Seção Qualidade pelo mundo – Ano XIII, nº 141, fevereiro de 2004.*

SINK, D. S.; TUTTLE, T. C. (1993) – *Planejamento e medição para a performance*. Ed. Qualitymark.

ISO 14001 para aquíicultura

Moreno_Oshiro, Simone¹ (UNIP): simone_oshiro@yahoo.com.br
Costa_Neto, Pedro Luiz de Oliveira² (UNIP): politeleia@uol.com.br

¹ Aluno de Mestrado em Engenharia de Produção – UNIP - Bolsista PROSUP/CAPES.

² Ms.Dr.e Prof. Titular da Universidade Paulista – UNIP.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, ICET, UNIP, Rua Dr. Bacelar 1212, 4º andar, São Paulo, SP 04026-002.

RESUMO

A aquíicultura está em ascensão nos últimos anos, o que vem provocando uma grande preocupação aos ambientalistas e à Política Ambiental do país, já que esta atividade, em sua instalação, provoca mudanças bruscas no ambiente e na utilização dos recursos hídricos, que permanecem depois de sua desativação.

Atualmente, as empresas privadas se encontram com uma visão turva em como proceder quanto às exigências da Legislação Ambiental Brasileira; além disso, surgem as sanções mundiais quanto à conduta dessas empresas em relação ao Meio Ambiente.

Por esses motivos, o presente artigo está concebido dentro da legalização ambiental local e ainda sustenta o suporte de um SGA, o que vem de encontro com a necessidade da aquíicultura no Brasil.

Palavras-chaves: Aquíicultura, Carcinicultura, Meio Ambiente, NBR 14001, Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

1. INTRODUÇÃO

Organizações de todos os tipos estão progressivamente preocupadas em alcançar e demonstrar um desempenho ambiental sadio, através do controle do impacto, no meio ambiente, de suas atividades, produtos e serviços, levando em conta suas políticas e objetivos ambientais. É esperado das normas internacionais de gestão ambiental que forneçam às organizações os elementos de um sistema de gestão ambiental efetivo, que possa ser integrado com outros requisitos gerenciais, para auxiliar as organizações a alcançar alvos ambientais e econômicos. Por esse motivo, o presente artigo tem a preocupação de mostrar que essa problemática se aplica à aquíicultura brasileira, ou seja, à cadeia produtiva de pescado de água doce ou marítimo, em se adotar uma norma reconhecida mundialmente, ISO 14001, para evitar possíveis sanções e desta forma aumentar a competitividade das empresas que se dedicam a essa atividade.

2. AGROINDÚSTRIA DE PESCADO NO BRASIL

2.1. ASPECTOS GERAIS

A aquíicultura ou seja, produção de pescado, na qual englobam peixes, crustáceos, moluscos, algas, e outros, quer dizer, tudo aquilo que pode ser retirado das águas oceânicas ou interiores que direta ou indiretamente possa servir de alimento para o homem ou animal, possui uma produção significativa no Brasil, refletindo diferentes tipos de cultivares de pescado de água doce de acordo com a região, como pode ser vista na *Tabela 1*. Dentre estes cultivares, se encontra a piscicultura de água doce, ou seja, a produção total de peixes de água doce, atingindo o patamar de 76,5 mil toneladas em 1997. O estado do Rio Grande do Sul, até o ano de 1997, situava-se como o maior produtor nacional (18,3%), vindo a seguir o Paraná (14,3%) e Santa Catarina (13,0%), caracterizando a região Sul como o maior pólo da piscicultura de água doce do

país, diferente do pólo de crustáceos, que é a região Nordeste e de anfíbios, que é a região Sudeste.

Tabela 1 - Aqüicultura de água doce – Brasil – Produção de Peixes, Crustáceos e Anfíbios – 1997

REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	PEIXES (TONELADAS)	CRUSTÁCEOS (TONELADAS)	ANFÍBIOS (TONELADAS)	TOTAL (TONELADAS)
BRASIL	76.525,5	445,5	522,5	77.493,5
NORTE	3.443,0	3,0	1,0	3.447,0
RONDONIA	1.356,0	0,0	0,0	1.356,0
ACRE	480,0	0,0	0,0	480,0
AMAZONAS	240,0	0,0	0,0	240,0
PARÁ	750,0	0,0	0,0	750,0
AMAPÁ	17,0	0,0	0,0	17,0
TOCANTINS	600,0	3,0	1,0	604,0
NORDESTE	3.808,0	283,0	3,0	4.094,0
MARANHÃO	280,0	0,0	0,0	280,0
PIAUI	324,0	0,0	0,0	324,0
CEARÁ	245,0	15,0	3,0	263,0
RIO GDE NORTE	30,0	0,0	0,0	30,0
PARAÍBA	60,0	0,0	0,0	60,0
PERNANBUCO	377,0	57,0	0,0	434,0
ALAGOAS	226,5	211,0	0,0	437,5
SERGIPE	105,5	0,0	0,0	105,5
BAHIA	2.160,0	0,0	0,0	2.160,0
SUDESTE	16.620,5	147,0	386,5	17.154,0
MINAS GERAIS	5.000,0	0,0	63,0	5.063,0
ESPÍRITO SANTO	930,0	120,0	8,5	1.058,5
RIO DE JANEIRO	765,5	27,0	95,0	887,5
SÃO PAULO	9.925,0	0,0	220,0	10.145,0
SUL	43.473,0	2,5	14,5	43.490,0
PARANÁ	13.661,0	0,0	0,0	13.661,0
SANTA CATARINA	12.369,0	2,5	14,5	12.386,0
RIO GDE DO SUL	17.443,0	0,0	0,0	17.443,0
CENTRO OESTE	9.181,0	10,0	117,5	9.308,5
MATO GROSSO SUL	610,5	0,0	0,0	610,5
MATO GROSSO	6.465,0	0,0	0,0	6.465,0
GOIÁS	1.951,0	10,0	75,0	2.036,0
DISTRITO FEDERAL	154,5	0,0	42,5	197,0

FONTE: IBAMA , citado por RICHTER (2000).

Em 1998 modificou-se a situação na piscicultura, o Paraná passou a ocupar a primeira posição no ranking nacional, ultrapassando portanto o Rio Grande do Sul, sendo produzidos 16.417 toneladas de peixes cultivados. A produção total nacional, em 1998, está estimada em 88,5 mil toneladas de peixes cultivados, representando um crescimento de 15,0% em relação ao ano anterior, como mostra a *Tabela 2*.

Tabela 2 – Piscicultura – Brasil - Evolução da Produção – 1997/98 – 1998/99 (Toneladas).

PRINCIPAIS ESTADOS	1997/98	1998/99 (*)
Rio Grande do Sul	17.443	15.057
Paraná	13.661	16.417
Santa Catarina	12.370	14.400
São Paulo	9.925	11.500
Mato Grosso	6.465	7.200
Minas Gerais	5.000	5.580
Bahia	2.160	2.888
Goiás	1.951	2.450
BRASIL	76.525	88.500(**)

*Dados fornecidos até outubro/1998

** Estimativa para janeiro/1999

FONTE: IBAMA , citado por RICHTER (2000).

Com a atividade em franco crescimento, a piscicultura também favorece o surgimento e crescimento de outras atividades, como de indústrias de ração, equipamentos e outros insumos, além das indústrias de processamento de pescado e transportadoras de peixes vivos.

As primeiras indústrias destinadas à aquicultura no Brasil, instalaram-se na região Sul, em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, mantendo uma participação superior aos outros estados, como mostra a *Tabela 2*, ocorrendo uma predominância em relação à produtos congelados e salgados.

Em número de estabelecimentos industriais, o estado de Santa Catarina lidera, participando com aproximadamente 20% do total nacional, na segunda posição encontra-se São Paulo, 18% do total nacional, tendo quase o dobro de estabelecimentos em relação ao terceiro maior produtor que é o Rio Grande do Sul. Os seis maiores estados produtores respondem por 72% dos estabelecimentos inspecionados, como pode ser visto na *Tabela 1 e 3*.

Tabela 3 - Indústrias de Pescado – Brasil - Número de Estabelecimentos - 1997.

ESTADOS	Nº INDÚSTRIAS	PARTICIPAÇÃO %
SANTA CATARINA	55	19,9
SÃO PAULO	49	17,7
RIO GRANDE DO SUL	27	9,7
RIO DE JANEIRO	26	9,4
PARÁ	24	8,7
CEARÁ	19	6,9
OUTROS	77	24,7
TOTAL	277	100,0

FONTE: MAA; BNDES, citado por RICHERT (2000).

A maioria dos cultivos de pescado de água doce continuam sendo desenvolvida em propriedades de pequenos produtores rurais, que ainda a têm como atividade complementar. No entanto, esta atividade está em crescimento, com novas áreas sendo implantadas. O aumento da produção verificado nos últimos anos demonstra que a atividade veio pra ficar.

Existem hoje no estado de Santa Catarina, como descreve Souza_Filho, 2003, diversos modelos de cultivo de pescado comercializados na própria propriedade. O principal deles são peixes de água doce em policultivo (peixes consorciado com frangos ou suínos), utilizando o adubo orgânico para estimular o aparecimento de microorganismos que fazem parte da cadeia alimentar dos peixes.

Existem ainda produções que estão voltadas à prática dos pesque-pague, como empreendimentos turísticos, oferecem uma estrutura de lazer aliada a uma eficiente forma de comercialização da produção, situação através da qual o produtor agrega valor ao seu produto, obtendo uma maior lucratividade. As espécies mais cultivadas são a tilápia e a carpa. A comercialização, quase sempre sem a presença de intermediários, favorece ao produtor a obtenção de preços justos pelo produto.

Nestes casos, a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), poderia ser feita de forma corporativa, já que os impactos ambientais são os mesmos, porém em menor proporção de uma empresa de aquicultura, apesar de ser direcionado a um público menos exigente.

Em uma empresa de aquicultura, os recursos mais utilizados para abastecer os viveiros de criação são os córregos, rios e represas, onde a derivação de entrada e saída deverá ser do tipo individual e paralela, ou seja, a água que entra em um viveiro é, posteriormente, eliminada, sem que seja aproveitada em outro viveiro subsequente. A qualidade desta água deverá ser de potabilidade, dando-se preferência para águas claras, livres de poluição química ou orgânica, com um abastecimento hídrico gravitacional, eliminando a necessidade de bombeamento, o que representa grande economia, uma vez que a água, nestes viveiros, deverá ter circulação constante. Como ilustração, esse fluxo deverá respeitar a vazão de 5 a 10 litros/segundo para cada hectare de lâmina d'água, em uma criação semi-intensiva de camarão.

O tamanho dos viveiros para a aquicultura deverá ser calculado de acordo com a natureza de cada projeto, o pescado a ser cultivado, no tocante ao sistema de criação adotado ou, até

mesmo, orientado pela topografia do local. Todavia, usa-se recomendar viveiros de grande porte para obtenção de bons resultados, principalmente nas regiões onde o clima sofre muitas oscilações. Viveiros de grande porte são os mais usados em projetos de natureza comercial, abrangendo uma grande área explorada, como pode ser visto na *Tabela 4*, exemplificada pelo Paraná, o maior produtor de piscicultura no ano de 1998.

Tabela 4 - Piscicultura – Paraná - Produção, Área de Cultivo e Produtividade Média Estimada, por Região em 1998

POLOS REGIONAIS	PRODUÇÃO (toneladas)	ÁREA DE CULTIVO (ha)	PRODUTIVIDADE ESTIMADA (kg/ha)
LITORAL	227	146	1.555
SUL	1.243	1.868	665
NORTE	6.083	2.480	2.453
OESTE	8.883	3.660	2.427
ESTADO	16.417	8.103	2.026

FONTE: EMATER/PR, citado por RICHERT (2000).

Neste tipo de criação, os viveiros são semi-escavados, seguindo-se uma boa compactação do fundo e dos taludes, o trabalho das máquinas na escavação e compactação é indispensável, prevendo-se, inclusive, a limpeza superficial da área, com eliminação de tocos, pedras e camada vegetal, antes do estaqueamento para marcação dos viveiros.

2.2. POLÍTICA AMBIENTAL BRASILEIRA

A política ambiental é a impulsora da implementação e melhoria do sistema de gestão ambiental da organização, de modo a poder manter e potencialmente melhorar seu desempenho ambiental. Para isto, a política deve refletir o compromisso da Alta Administração com o cumprimento das leis aplicáveis e com a melhoria contínua. A política dá a base para a empresa estabelecer seus objetivos e metas. A política deve ser suficientemente clara para ser capaz de ser compreendida pelas partes interessadas - interna e externa - e deve ser periodicamente analisada criticamente e revisada, para refletir as mudanças nas condições de operação e na informação. Seu campo de aplicação deve ser claramente identificável.

Segundo a Legislação Ambiental Brasileira, o Estado pode fornecer autorização e/ou licença para as operações. A autorização é o exercício ou a aquisição de um direito, em outras circunstâncias, sem tal pronunciamento, proibido. Após esta aquisição de direito, a licença é concedida se o titular do direito a ser exercido comprovar o cumprimento dos requisitos para seu efetivo exercício, não podendo ser recusada. Do preenchimento de requisitos nasce o direito à licença.

Licenciar uma atividade significa avaliar os processos tecnológicos em conjunto com os parâmetros ambientais e sócio-econômicos, fixando medidas de controle, levando-se em conta os objetivos, critérios e normas para conservação, defesa e melhoria do ambiente e, especialmente, as diretrizes de planejamento e ordenamento territorial. O licenciamento ambiental se faz necessário para a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, quando consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes de causar degradação ambiental.

Existem três tipos de licenças necessárias para o funcionamento do empreendimento: Licença Prévia (LP), que possui validade 05 anos; Licença de Instalação (LI), que possui validade de 6 anos e Licença de Operação (LO), que possui validade de 4 a 10 anos.

Atualmente, para instalar uma empresa de aquicultura em uma determinada área, tem que cumprir certas exigências definidas pelo órgão competente, pois sua implementação introduz

mudanças irreversíveis no local, como na construção dos viveiros e na capacidade de suporte hídrico do sistema, descrito anteriormente.

O licenciamento ambiental para aqüicultura, segundo a Legislação Federal, tem o IBAMA como órgão competente e obedece ao estabelecido na legislação ambiental pertinente: Resolução CONAMA 01/86, resolução CONAMA 237/97 e Resolução CONAMA 312/02.

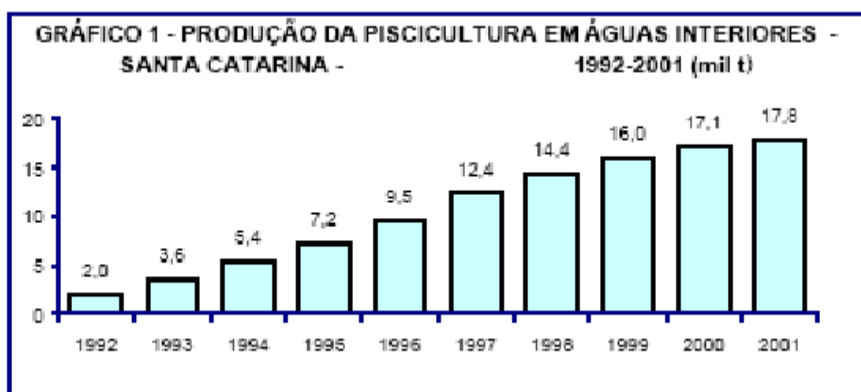
E, segundo a Legislação Estadual, a responsabilidade pelo licenciamento ambiental passa para os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMAs) e obedecerá a legislação estadual vigente, que não poderá ser mais permissível que o estabelecido na Lei Federal que regula o licenciamento.

Portanto, compete ao órgão ambiental estadual ou do Distrito Federal o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades:

- localizados ou desenvolvidos em mais de um Município ou em unidades de conservação de domínio estadual ou do distrito federal;
- localizados ou desenvolvidos nas florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente relacionadas no artigo 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e em todas as que assim forem consideradas por normas federais, estaduais ou municipais;
- cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais Municípios;
- delegados pela União aos Estados ou ao Distrito Federal, por instrumento legal ou convênio.

Assim foi com o estado de Santa Catarina, que percebeu um grande aumento de aqüicultores na região, a partir dos anos 70, e explodindo na última década, como demonstra no *Gráfico 1*.

Gráfico 1 – Produção da piscicultura em águas interiores – Santa Catarina – 1992/2001 (mil toneladas).



FONTE: SOUZA FILHO (2003).

O Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, CEPA/SC, em 1997, consciente da necessidade de poupar água e reduzir o volume de efluentes, têm desenvolvido uma série de medidas para os piscicultores, como assistência técnica e pesquisa para reduzir o impacto ambiental da atividade. Exemplo disso foi a assinatura do Termo de Ajustamento de Conduta - “Programa Agrolândia”, que envolveram 42 piscicultores comerciais, através do qual os produtores reconheceram que seus empreendimentos estão parcialmente localizados na Área de Preservação Permanente (APP) e se dispõem a recuperar, através de reflorestamento e proteção, esta faixa no rio/riacho que abastece seus empreendimentos.

O acordo que envolve os piscicultores está sendo considerado um exemplo, não apenas no que se refere à piscicultura, mas para a sociedade em geral, pois os três setores - governamental, privado e o terceiro setor da organização social - chegaram a um acordo para continuar a

desenvolver a atividade econômica com respeito ao meio ambiente, ressaltando novamente a necessidade deste tipo de empresa implantar um SGA.

Caso o Estado não possua competência para realizar o licenciamento de atividade com impacto a nível municipal ou estadual, o órgão federal torna-se responsável. Ainda pode acontecer do IBAMA, ressalvada sua competência supletiva, delegar aos Estados o licenciamento de atividade com significativo impacto ambiental de âmbito regional, uniformizando, quando possível, as exigências.

Ainda a depender da área de sensibilidade ambiental e grau de impacto que a atividade pode acarretar ao meio ambiente, o licenciamento pode exigir ferramentas como Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA), Plano de Controle Ambiental (PCA), Plano de Monitoramento Ambiental (PMA), Termos de Ajuste de Conduta (TAC) e Medidas Compensatórias, de acordo com a legislação vigente.

Por esses motivos, o aqüicultor deverá verificar a legislação referente ao seu empreendimento e solicitar o registro junto ao IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Para obtenção deste registro o requerente deverá atender exigências, dentre as quais, inclui-se a licença ambiental e a uso do recurso hídrico, que, no Estado de São Paulo podem ser expedidas, respectivamente, por órgãos públicos regionais competentes como: Instituto Florestal, Departamento de Proteção Recursos Naturais (DPRN) e Departamento de Água e Elétrica (DAEE). Já em outros Estados, todas as licenças podem ser emitidas diretamente pelo IBAMA. Assim, recomenda-se aos interessados que procurem melhores informações junto aos órgãos regionais antes da elaboração do projeto técnico estrutural.

3. O MERCADO IMPORTADOR

3.1. IMPORTÂNCIA DO MERCADO IMPORTADOR

Desde 1998, com o crescimento da produção de 100% em relação a 1997, a carcinicultura brasileira, que até então priorizava o mercado interno comercializando “camarão inteiro fresco conservado em gelo”, passou a encontrar dificuldades para o escoamento da sua produção, dando início às primeiras exportações, que corresponderam a 400 toneladas e US\$ 2,8 milhões. A partir de 1999, houve expressivo incremento das exportações brasileiras de camarão cultivado, cuja evolução está demonstrada na *Tabela 05* que destaca o desempenho alcançado em 2003 com 58.455 toneladas exportadas e captação de divisas da ordem de US\$ 226,0 milhões.

O crescimento das exportações de camarão cultivado, no período 1998 – 2003, foi da ordem de 14.514% em volume e 7.968% em valores, mostrando uma evolução das exportações nos últimos vinte anos e conseqüentemente o aumento das exigências do mercado importador. Surge a necessidade de adequação das empresas em se tornarem competitivas, seguindo padrões exigidos pela globalização do setor.

Na *Tabela 6*, mostra a importância do camarão exportado na economia da região do Nordeste, onde se encontra na segunda posição logo depois do tradicional açúcar de cana em bruto e à frente de setores dinâmicos como a fruticultura irrigada da região, mostrando um diferencial de 43,73% entre 2002/2003, justificando o seu potencial de crescimento e também de pescados diversos que representa 1,8% de participação na região.

Esses dados mostram a dependência econômica da Região Nordeste à atividade da aqüicultura, sendo assim, qualquer tipo de embargo econômico feito por clientes internos ou externos, provocaria um reflexo local.

Tabela 5 – Evolução das Exportações de Camarão Cultivado, em US\$.

ESTADOS	ANOS					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ceará	2.436.788	6.228.900	20.381.566	30.957.195	54.759.630	80.944.384
Rio G. Do Norte	137.546	1.558.300	13.460.698	28.832.708	48.760.709	71.099.681
Pernambuco	110	1.711.900	13.292.826	18.388.978	23.459.135	30.484.771
Bahia	96.269	2.800.300	19.010.215	20.777.319	18.462.431	20.085.229
Paraíba	-	-	-	2.204.919	4.142.073	12.073.538
Piauí	142.700	1.917.500	5.321.073	5.044.257	5.721.847	8.441.054
Outros	-	-	-	-	-	2.815.282
TOTAL	2.813.413	14.216.900	71.466.378	106.890.125	155.305.825	225.943.939

FONTE: BNDES, citado por ABCC (2004).

Essa importância também é relatada pela Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (ABCC) e pela Associação Brasileira do Agronegócio (ABAG), que afirmam que o Brasil vem crescendo de forma significativa no setor da aquicultura, e no ano passado, ocupou a sexta posição no ranking mundial de produção do crustáceo em fazendas, com pouco mais de 90 mil toneladas, tendo um aumento significativo quando comparado com 1998, quando essa produção era de 7.250 toneladas competindo com a China, no topo, que produziu 370 mil toneladas em 2003.

Apesar de hoje ainda nem ter atingido os patamares de produção de camarão em cativeiro dos asiáticos, o Brasil já se encontra sofrendo retaliação mediante um processo recente de *antidumping*, com outros cinco maiores exportadores, nos Estados Unidos, (Folha de S. Paulo, 2004).

Tabela 6 - Exportações dos Principais Produtos do Setor Primário da Região Nordeste (2002/2003).

ITEM	2003 (Jan-Dez)			2002 (Jan-Dez)			Diferença (%) 2003/2002
	US\$ FOB	Part.Rel. (%)	QTDE (KG)	US\$ FOB	Part.Rel. (%)	QTDE (KG)	
Açúcar de cana em bruto	297.791.952	4,88	1.677.935.143	230.388.521	4,95	1.436.289.340	29,26
Camarão cultivado	223.216.899	3,65	57.983.837	155.305.825	3,34	37.531.051	43,73
Fruticultura irrigada	222.436.177	3,64	410.925.846	141.394.895	3,04	298.334.238	57,32
Cacau e Derivados	213.270.994	3,49	76.134.655	134.504.071	2,89	57.522.861	58,56
Couro Animal e derivados	157.048.183	2,57	27.511.942	127.422.167	2,74	22.604.631	23,25
Soja e outros grãos	151.521.686	2,48	687.023.515	101.523.126	2,18	550.213.833	49,25
Castanha de caju	143.753.228	2,35	41.567.397	105.643.621	2,27	31.261.261	36,07
Pescados Diversos	113.309.656	1,86	20.135.456	116.005.442	2,49	20.397.507	-2,32
Sisal/Outras fibras textéis	33.811.370	0,55	35.522.266	28.385.600	0,61	35.082.295	19,12
Café não torrado em grão	22.014.140	0,36	59.916.867	12.928.990	0,28	50.719.951	70,28
Fumo (Tabaco)	21.726.178	0,36	6.453.636	20.472.773	0,44	6.404.567	6,13
Sal Marinho	7.302.539	0,12	659.782.410	8.224.675	0,18	687.390.052	-11,21
SUB-TOTAL	1.578.174.285	25,84	3.094.656.924	1.153.502.258	24,80	2.539.956.968	36,82
Demais Produtos	4.529.319.879	74,16	13.618.571.086	3.498.194.941	75,20	10.812.226.332	29,48
TOTAL	6.107.494.164	100,00	16.713.228.010	4.651.697.199	100,00	13.352.183.300	31,30

FONTE: FAO, citado por ABCC (2004).

Com essa tendência de expansão do setor, a preocupação com o Meio Ambiente, atinge essa produção, como caracteriza a Agência Pernambucana de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), acreditando que a perda de 11,34% de mangue do Estado se deu por causa do aumento na atividade de aquicultura local (Jornal do Comércio, 2004).

O Departamento de Pesca e Aquicultura do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, DPA/MA, em 1999, afirma que o camarão marinho cultivado é a atividade agropecuária que melhor vem respondendo aos apelos do Governo Federal de aumentar as exportações, de US\$ 2,8 milhões exportados em 1998, passou para US\$ 14,2 milhões em 1999 (+ 405%), e para um pouco mais de US\$ 70,0 milhões em 2000. Para 2001, as projeções indicam uns US\$ 150,0 milhões. A meta de exportação estabelecida no Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Camarão Marinho Cultivado, elaborado pelo DPA/MA, é US\$ FOB

433,0 milhões, com a incorporação de 30.000 ha até o ano 2003. Cabe ressaltar que somente no nordeste existem mais de 300.000 ha em condições de se implantar projetos de carcinicultura.

Dada a competitividade cada vez mais acentuada que prevalece nos três grandes mercados compradores mundiais de camarão (EUA, Japão e Europa), como afirma Lima dos Santos (2001), urge assegurar a maior qualidade possível ao produto brasileiro, não só durante o ciclo produtivo, como na implantação, no manejo e processamento final do produto para exportação, atribuindo um selo de qualidade ambiental ao produto, mostrando o respeito que o setor tem pelo ambiente. Esses dados vem de encontro na importância do monitoramento ambiental e da exigência de mercado nesta especificação.

3.2. EXIGÊNCIAS DO MERCADO IMPORTADOR

Segundo Lima dos Santos (2001), os principais mercados importadores do camarão cultivado brasileiro são a Europa (França, Espanha, Portugal) e os Estados Unidos. Para a Europa segue principalmente o camarão inteiro congelado e o camarão sem cabeça congelado. Para os Estados Unidos, o principal produto é o camarão sem cabeça congelado

O camarão processado para o mercado internacional deve ser produzido com a finalidade de atender a requisitos internacionais mínimos. O produto deve atender as especificações do comprador e ser elaborado de acordo com os requisitos regulamentares do país importador. Atender aos requisitos mínimos do comprador e a regulamentação do país importador cria uma “boa” reputação para os produtos do país exportador.

Como em qualquer outro setor de atividade, o desenvolvimento da produção aquícola sofre uma modificação profunda nas relações entre produtores e consumidores. As relações privilegiadas, baseadas no conhecimento recíproco, cederam velozmente seu lugar a uma concorrência entre numerosas firmas nos mercados internacionais e por uma assimetria da informação, em detrimento do comprador, sobre a origem e as características dos produtos. Por outro lado, a demanda evolui constantemente sob a pressão de diferentes fatores sociais e econômicos (Paquotte, 1993).

Dentro deste contexto econômico de livre comércio e incerteza da demanda, a noção de qualidade da empresa e do produto aparece como um meio de desenvolver vantagens competitivas e de instaurar uma relação de confiança com o comprador. Esta noção de qualidade não tem, entretanto, nada de absoluto e está coberta de realidades diversas, cujo somatório implica uma modificação não só do modo de funcionamento das unidades de produção mas também na organização de todo o negócio.

Por conseguinte, a aquíicultura é uma atividade sujeita às regras da concorrência existente no comércio internacional, que possui dependência de fatores naturais, sendo esta a primeira razão para a existência de vantagens comparativas nacionais ou regionais. Em razão da pequena importância das economias de escala e das possibilidades de difusão rápida dos progressos técnicos da aquíicultura, é muito difícil obter um preço competitivo baseado no tamanho da empresa ou do avanço tecnológico. É por este motivo que não só a carcinicultura, mas a aquíicultura como um todo, busca outras formas de competitividade, tais como a qualidade de sua empresa incorporada ao meio ambiente, de seus produtos, e o controle da cadeia de comercialização.

No que concerne à qualidade, ela não se limita ao frescor ou ao sabor, mas inclui também a adequação à diversidade crescente da demanda, do ciclo produtivo e do desenvolvimento sustentável da empresa. A certificação, a diversificação de produtos e mercados são fatores preponderantes para a superação das crises (Ikeda, 1992, Josupeit, 1999; Paquotte, 1993).

4. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

4.1. O SGA NA AQUICULTURA DO BRASIL

Para que ocorra um Desenvolvimento Sustentável, o setor privado vem questionando as regras do licenciamento ambiental. A crítica é baseada na demora na análise de requerimentos para a Licença de Operação, que leva de 5 a 6 anos, trazendo instabilidade às empresas e adiando projetos importantes.

Diante da alteração definitiva da topografia local e por causa da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos utilizados nos cultivos de pescado, tanto de água doce como de água marítima, há a necessidade de um SGA com melhoria contínua.

A Norma Internacional, ISO 14001, adotada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, com uma NBR 14001, especifica os requisitos deste tipo de sistema de gerenciamento ambiental, tendo sido escrita para ser aplicável a todos os tipos e tamanhos de organização e para se ajustar às diferentes condições geográficas, culturais e sociais.

Suas diretrizes principais são:

- a) implementar, manter e melhorar o sistema de gestão ambiental
- b) certificar-se de estar em conformidade com sua política ambiental declarada
- c) demonstrar essa conformidade a terceiros
- d) solicitar certificação/registo do sistema de gestão ambiental, por uma organização externa;
- e) assumir o compromisso e fazer declaração de conformidade com a norma.

Como este sistema não é utilizado por essas empresas, alguns Estados conscientes, onde se encontram os pólos industriais de aquicultura, verificaram essa necessidade e implementaram leis ambientais locais, para suprir esta deficiência, como é o caso do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) em Santa Catarina e no Paraná.

O SGA fornece um processo estruturado para o alcance da melhoria contínua, na proporção e extensão que for determinada pela organização à luz de circunstâncias econômicas e outras. Ainda que alguns melhoramentos no desempenho ambiental possam ser esperados frente à adoção de uma abordagem sistemática e sistêmica, entende-se que o sistema de gestão ambiental é uma ferramenta que habilita a organização a alcançar e sistematicamente controlar o nível de desempenho por ela determinado,

O estabelecimento e operação de um sistema de gestão ambiental não irá, por si mesmo, resultar necessariamente numa redução imediata de impactos ambientais adversos, entretanto, poderá certificar que a empresa está de acordo com as políticas ambientais declaradas, além de poder demonstrar esta conformidade para outros, evitando sanções de competidores, já que possuem um público de exportadores, como ressalva Faveret & Siqueira, 1996, onde as exportações brasileiras destinaram-se principalmente para os Estados Unidos e União Européia, destacando-se os produtos: camarão, lagosta, filé de pescado, pargo e piramutaba.

Além disso, as ferramentas utilizadas pela ISO 14001 para a sua implementação e manutenção da certificação vêm de encontro com a exigência para a obtenção e manutenção da licença ambiental, como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA), Plano de Controle Ambiental (PCA), Plano de Monitoramento Ambiental (PMA), Termos de Ajuste de Conduta (TAC) e Medidas Compensatórias, de acordo com a legislação vigente, além de fornecer um SGA adaptado às condições locais e reconhecido mundialmente.

4.2. METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Para que a Norma ISO 14001 seja implementada, a empresa de aqüicultura deve fazer um planejamento, estabelecer e manter procedimentos para identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços que ela possa controlar e sobre os quais se espera que ela tenha influência, de maneira a determinar quais têm ou possam ter, impactos ambientais significativos sobre o meio ambiente, como, por exemplo, a qualidade da água na entrada e saída do sistema de criação, a capacidade hídrica suportável do sistema, como também possíveis resíduos que possa eliminar ao meio ambiente e alterações topográficas e ambientais em sua instalação.

A empresa deve assegurar que os aspectos relacionados a estes impactos significativos sejam considerados no estabelecimento dos seus objetivos ambientais, os quais, a organização decide cumprir e que sejam diretamente aplicáveis aos aspectos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços.

Esta empresa deve incluir em seu planejamento os seguintes itens, que também são exigidos pelo Plano de Monitoramento Ambiental (PMA):

- a) definição de responsabilidades para atingir os objetivos e metas para cada função e nível relevante;
- b) os meios e o cronograma através dos quais os objetivos e metas serão alcançados.

Para que estas metas sejam alcançadas, a norma recomenda um controle operacional, identificado pelo Plano de Controle Ambiental (PCA), onde a empresa deve relacionar aquelas operações e atividades que estejam associadas com os aspectos ambientais significativos identificados de acordo com sua política, objetivos e metas, e deve planejar estas atividades, inclusive manutenção, para assegurar que sejam executadas sob condições especificadas, através:

- a) do estabelecimento e manutenção de procedimentos documentados para cobrir situações nos quais sua ausência possa levar a desvios em relação à política, objetivos e metas ambientais;
- b) da estipulação de critérios de operação nos procedimentos;
- c) do estabelecimento e manutenção de procedimentos relacionados com aspectos ambientais significativos identificáveis, de bens e serviços utilizados pela organização, comunicando procedimentos relevantes e requisitos aos fornecedores e contratados.

A análise crítica, que se encontra nos Termos de Ajuste de Conduta (TAC) e Medidas Compensatórias, inclui cobrir quatro etapas-chave:

- a) as exigências legais e regulamentares estabelecidas pelos órgãos competentes;
- b) a identificação dos aspectos ambientais significativos à empresa de aqüicultura;
- c) o exame de todas as práticas e procedimentos do sistema de gestão ambiental existente;
- d) uma avaliação da causa e efeito das investigações de incidentes ocorridos anteriormente.

O processo para identificar os aspectos ambientais significativos associados às atividades de uma empresa de aqüicultura em suas unidades operacionais, definido no relatório de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), deve considerar:

- a) emissões na atmosfera, no caso da empresa possuir processamento do pescado;
- b) despejo em água, no qual pode incluir os POPS (Produto Orgânico Persistentes no Sistema);
- c) gestão de resíduos;
- d) contaminação da terra;

- e) impactos à comunidade;
- f) uso de matérias-primas e recursos naturais, onde se inclui o uso dos recursos hídricos necessário para esta atividade;
- g) outros temas relativos ao ambiente local.

Este processo deve considerar as condições normais de operação, condições de partida e de paralisação, tanto quanto o potencial real dos impactos ambientais associados, com razoável previsibilidade, incluindo situações de emergência. Neste caso, o Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA) uma ótima ferramenta para ser consultada.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os produtos da aquíicultura e, em particular, os produtos da carcinicultura, se confrontam com uma situação de concorrência internacional das mais aguerridas e complexas (mais de 100 países e centenas de firmas comercializam o camarão no mercado internacional). Eles enfrentam uma tripla concorrência: (1) dos produtos de outras empresas de aquíicultura, (2) dos produtos pesqueiros, e (3) dos produtos cárneos, originados de aves e mamíferos. Estes produtos enfrentam também as dificuldades de uma modificação rápida dos circuitos de distribuição. Eles entram em um mercado onde não serão somente julgados por seu preço, mas também por suas características com relação aos produtos em referência (produtos pesqueiros e produtos cárneos) e quanto à qualidade da informação disponível ao consumidor antes que ele possa confiar no produto (Josupeit, 1999).

Num contexto de globalização das trocas, as vantagens comparativas em termos de acesso aos recursos naturais, ao custo dos fatores de produção ou de avanço tecnológico, não podem mais ser considerados como propriedade exclusiva: as empresas são impelidas a trabalhar para a renovação de suas vantagens competitivas. As empresas devem fazer face aos seguintes obstáculos: (1) manter permanente a alta qualidade de seus produtos, (2) enfrentar as limitações da diferenciação, (3) antecipar a demanda ainda não confirmada dos clientes, e, (4) respeitar o meio ambiente.

Apesar de ser totalmente a favor do licenciamento ambiental, como forma de vantagem comparativa por respeitar o meio ambiente e agregar valor ao produto, o mercado importador vem questionando suas regras, e a demora na análise dos requerimentos, adiando projetos. Mesmo, após a implementação da empresa, as exigências de responsabilidades com o ambiente, não são suficientes para assegurar que não ocorra um impacto ambiental no local e na região, já que a validade das licenças vigentes são longas e nem sempre chegam a alcançar a licença operacional, como já foi detalhado anteriormente.

Por isso com a implementação da Norma ISO 14001 no setor de aquíicultura, é um largo passo em direção para um Desenvolvimento Sustentável, que solucionará ou minimizará este problema com o licenciamento, além de demonstrar a conformidade com os melhores padrões, a quem interessar, sendo um diferencial para a competitividade brasileira no setor.

REFERÊNCIAS

- ABCC – Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (2003). Agronegócio do camarão marinho cultivado, 2003. - Incentivo ao Foco de Camarão no Nordeste. Revista eletrônica: Revista do ABCC, ano 5, set. 2003. Disponível em: <http://www.abccam.com.br/agronegocio/breve.htm> Acessado em 7.10.2003.
- ABCC– Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (2004). Recenseamento dos Criadores Nacional de Camarão em 2003. Revista eletrônica: Revista da ABCC, ano 6, jan. 2004. Disponível em: <http://www.abccam.com.br/censo.htm> Acessado em 03.01.2004.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). Norma NBR 14001 – Sistema de Gestão Ambiental. Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 2004
- CORREIA_SOBRINHO, A.B.; ARAÚJO, A.J.B.(2002). Licenciamento ambiental: uma visão simplificada. Revista eletrônica: Jus Navigandi, Teresina, 6 (53), jan. 2002. Disponível em: <http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp>. Acessado em: 16.06.2004 .
- CONAMA, (2004). Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/pot/conama/index.html>. Acessado em 15.06.2004.
- CONSOLIDAÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA. (2004). Sistema Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.bdt.fat.org.br>. Acessado em: 15.06.2004
- CEPA, (1997). Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina-1997. Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. Instituto CEPA/SC 1997, Florianópolis, p. 154.
- DPA/MA(1999). Programa Nacional de Apoio ao Desenvolvimento do Cultivo de Camarão Marinho (Versão Preliminar). Departamento de Pesca e Aqüicultura, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Brasília 1999:35p.
- FAVERET, P. & SIQUEIRA, S H. G. (1996). Panorama da pesca marítima no mundo e no Brasil. BNDES: Rio de Janeiro, 1996.
- FOLHA DE S. PAULO. (2004). A proposta de adido agrícola não é nova. Jornal: Folha de S. Paulo - Agronegócios: São Paulo, 04 de julho de 2004.
- IKEDA, S. (1992). The Japanese Market – It is reaching saturation point? In “Shrimp’s 92 Hong Kong, Proceedings of the 3rd Global Conference on the Shrimp Industry, Hong Kong, 14-16 September 1992”. INFOFISH, Kuala Lumpur, Malaysia: 41-46.
- JORNAL DO COMÉRCIO, (2004). Área do Canal de Santa Cruz perdeu 11,34% de mangue em 24 anos. Jornal: Jornal do Comércio - Meio Ambiente: Pernambuco, 03 de julho de 2004.
- JOSUPEIT, H. (1999). European shrimp markets. GLOBEFISH Research Programme 1999, 60:82pp.
- LIMA_DOS_SANTOS, C.A. (2003). Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado. Revista eletrônica: Revista da ABCC, ano 5, set. 2003. Disponível em: <http://www.abccam.com.br/artigo> Acessado em 03.01.2004.
- PAQUOTTE, P. (1993). La qualité en aquaculture: Quel enjeu dans la concurrence internationale? Conference WAS (World Aquaculture Society) - EAS (European Aquaculture Society), Torremolinos, Spain, 26-28 May 1993:18pp.
- RICHTER, G.O. (2000). Pesca e aqüicultura. ed. rev. Paraná: Instituto SEAB/PR/ Divisão de Conjuntura Agropecuária – DCA, 2000. 40 p.
- ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J. & AMORIM, L. (2004). A carcinicultura Brasileira em 2003. Revista: Revista da ABCC, ano 6, mar. 2004. Disponível em: <http://www.abccam.com.br/agronegocio/noticia.asp> Acessado em: 06.04.2004.
- SOUZA FILHO, J.; SCHAPPO, C.L.; TAMASSIA, S.T. J. (2003). Custo de produção do peixe de água doce. ed. rev. Florianópolis: Instituto Cepa/SC/ Epagri, 2003. 40 p.
- SOUZA, P.J.(2004). Licenciamento ambiental para aqüicultura. Revista eletrônica: Criar e Plantar. Disponível em: <http://www.criareplantar.com.br/artigos>. Acessado em: 06.04.2004.

ARTIGO CIENTÍFICO NA ÍNTEGRA PUBLICADO EM REVISTAS, PERIÓDICOS
CIENTÍFICOS, ANAIS (NA ÍNTEGRA), OU SUPLEMENTOS ESPECIAIS DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA DE JORNAIS E REVISTAS

Meio de Publicação: Revista () Anais (X) Suplementos Especiais () Anais em CD (X)

Programando Sistemas Paraconsistentes
título do artigo

Congresso Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação, 2004
revista, periódico,...

PRADO, José Pacheco Almeida
Autor

Florianópolis (SC)
local de publicação (Estado)

SUSESU
editora

edição

1
volume

TT144
n ° do fascículo/mês e ano

737-746
pág.(inic./final)

Apresentação: Houve () Não Houve () Palestra (X) Mesa Redonda () Painel ()

Programando Sistemas Paraconsistentes

José Pacheco de Almeida Prado

Rogério Corbo

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Paulista

Rua Carlos Consoni nr 10 – 14.000-000 – Ribeirão Preto – SP

Resumo: As primeiras aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada em sistemas computacionais são descritas pelo indiano Subrahmanian em 1987. No Brasil, as primeiras implementações são da década de 90 e os sistemas computacionais originados destes trabalhos serviram de base para o desenvolvimento de uma nova geração de Sistema Computacionais Paraconsistentes. Em tais sistemas, a tomada de decisões é feita baseada não apenas nos dados, mas também, no grau de confiança nestes.

Pode-se observar que o número e a complexidade de domínios de aplicação onde os Sistema Paraconsistentes vem sendo utilizados cresceu muito na última década. Este aumento na complexidade dos domínios de aplicação constitui um desafio a mais para os projetistas de tais sistemas, uma vez que o desenvolvimento de Sistemas Paraconsistente não é uma tarefa trivial e um grande esforço de programação é despendido pelos projetistas de tais sistemas. Para tentar amenizar este problema foi modelada e projetada uma biblioteca orientada a objetos para programação lógica paraconsistente.

Essa biblioteca tem o objetivo de propiciar aos projetistas de sistema paraconsistentes, uma forma mais natural de lidar com a imprecisão e a inconsistência dos dados obtidos e com as incertezas existentes nos ambientes com os quais os sistemas venham interagir. A biblioteca implementada e descrita neste trabalho é denominada **Paralib**.

1. Introdução

Ao longo das duas últimas décadas, foram propostas arquiteturas de Inteligência Artificial para os mais diferentes usos, desde diagnósticos médicos até aplicações industriais, passando por análises financeiras, controle de robôs, etc.

O que pode ser notado, contudo, é que o fenômeno da inconsistência não é tratado de forma direta em tais arquiteturas. Na maioria delas, durante o processo de resolução são considerados, apenas, os dados mais recentes, desconsiderando-se os mais antigos — independentemente da origem destes — que poderiam levar à inconsistência. Desta forma, apesar de sua importância, o fenômeno da inconsistência, é um campo de pesquisa que permanece pouco explorado dentro da Inteligência Artificial.

O que contribui para esta situação, é que o fenômeno da inconsistência e/ou paracompleteza não pode ser tratado, pelo menos diretamente, por meio da lógica clássica, na qual a maioria dos sistemas está baseado. Para tratar diretamente tais inconsistências e/ou paracompleteza, tem-se que lançar mão de lógicas alternativas à clássica. Neste projeto é empregada uma lógica paraconsistente anotada no tratamento das inconsistências dos sistemas.

A Lógica Paraconsistente é uma lógica não clássica, criada por Newton da Costa (1), que permite o tratamento do fenômeno da inconsistência de forma natural e computacionalmente eficiente.

2. Lógica Paraconsistente Anotada

Uma forma de aplicar os conceitos teóricos da Lógica Paraconsistente foi encontrada com o desenvolvimento da Lógica Paraconsistente Anotada (2). Nesta, todos os predicados — fatos — possuem um valor de crença μ associado, por exemplo, $p:\mu$. Que pode ser lido como: “é sabido com crença mínima μ que p é verdadeiro”.

Para facilitar o entendimento da Lógica Paraconsistente Anotada é utilizado neste documento um reticulado fechado τ , onde $\mu \in \tau$, seja $\tau = \langle |\tau|, \leq \rangle$ um reticulado finito onde, $\tau = \{\perp, t, f, It, If, T\}$. Os elementos — constantes anotacionais — do reticulado representam, respectivamente: *indefinido*, *verdade*, *falso*, *quase verdadeiro*, *quase falso* e *sobre definido* — **T** pode ser visto, de forma intuitiva, como inconsistente. A ordem entre as constantes anotacionais é representada pelo diagrama Hasse da Figura 1, esta ordenação indica que há uma crença maior em um fato anotado com **t** — verdade — do que em um anotado com **It** — quase verdadeiro.

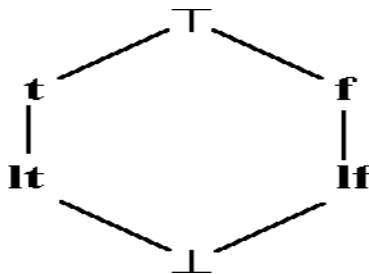


Figura 1: Reticulado τ .

A expressão “É quase certeza que uma porta esta aberta e é certo que há um obstáculo nas coordenadas <2,1>” pode ser representada utilizando-se a Lógica Paraconsistente Anotada como:

porta(aberta):It
obstáculo(2,1):t

Supondo a existência de dois sensores **A** e **B** onde:

- o sensor **A** indica com certeza a existência de obstáculo nas coordenadas <5,3>, representado com **obstáculo(5,3):t** e
- o sensor **B** indica que não há obstáculo nas mesmas coordenadas, representado como **obstáculo(5,3):f**

Um sistema baseado em Lógica Paraconsistente Anotada poderia representar tal informação como **obstáculo(5,3):T**

É conveniente ressaltar que diferentes reticulados podem ser empregados permitindo que o projetista utilize o mais adequado a sua aplicação.

Todos os conectivos da lógica clássica — e, ou, etc. — estão presentes na Lógica Paraconsistente Anotada e podem ser utilizados na modelagem e na implementação de sistemas computacionais.

Sistemas apoiados em Inteligência Artificial que fazem a modelagem do mundo, baseado em dados coletados diretamente deste, são inerentemente imprecisos quanto ao estado de seu ambiente. Na hora de obter e tratar dados de seus sensores, Sistemas Inteligentes Paraconsistente, computam crenças sobre o que deve estar acontecendo a sua volta ao invés de gerar apenas um único resultado determinístico. Desta forma, eles podem se recuperar de maneira mais suave de possíveis erros, além de contar com mecanismos que permitem uma melhor integração dos dados obtidos dos vários sensores, podendo lidar com as ambigüidades oriundas desta integração.

Utilizando diferentes reticulados é possível criar funções que avaliem a qualidade dos dados obtidos permitindo ao sistema determinar se há muita inconsistência em sua descrição do mundo ou se há indeterminação na mesma — falta de dados. Tais situações podem afetar as decisões tomadas, supondo que o sistema inteligente está sendo utilizado para controlar um robô, ele pode decidir por reduzir sua velocidade uma vez que ele não está certo sobre o mundo a sua volta, pode resolver explorar melhor o mundo na tentativa de obter mais dados para melhorar seu modelo do mesmo ou pode optar por pedir auxílio a outro agente externo, um operador humano, outro robô, etc.

A Lógica Paraconsistente Anotada fornece mecanismos e técnicas para representar e manipular o fenômeno da inconsistência. Permitindo o desenvolvimento de Sistema Inteligentes onde a inconsistência não é simplesmente eliminada dos dados coletados, por um artifício, mas sim incorporada ao modelo do mundo.

3. Sistemas Paraconsistentes

As primeiras aplicações dos sistemas paraconsistentes anotados em linguagem de programação são descritas em (3). Em (4) foi proposto e desenvolvido uma versão da linguagem Prolog baseada na Lógica Paraconsistente Anotada, denominada Parallog. Utilizando esta nova linguagem foram desenvolvidos sistemas pioneiros nas áreas de Inteligência Artificial Distribuída (5) e representação de conhecimento (6). Os sistemas anotados originados destes trabalhos serviram de base para a interpretação e criação de um algoritmo denominado Para-Analisador (7), com o qual é possível determinar o grau de inconsistência em um conjunto de dados e quantificar a qualidade da descrição do mundo. Os conceitos introduzidos pelo Para-Analisador tornaram possível o desenvolvimento de Sistema Inteligente Paraconsistentes onde a tomada de decisões é feita baseado não apenas nos dados, mas também, no grau de confiança nestes. Alguns exemplos de uso do Para-Analisador podem ser vistos no controle de um robô puramente reativo, no desenvolvimento de Redes Neurais Paraconsistentes (8) e na navegação de robôs móveis (9).

Com exceção das primeiras aplicações que foram desenvolvidas com a linguagem de programação Paralog, os demais sistemas foram implementados, em sua grande maioria, nas linguagens programação C e C++ ou, no caso dos sistemas implementados em microprocessadores, diretamente na linguagem assembly. Isto ocorreu devido às limitações apresentadas pela linguagem Paralog na implementação de sistemas onde o tempo de resposta é crítico, tais limitações são inerentes ao paradigma de programação lógica utilizado no desenvolvimento da linguagem Paralog.

O desenvolvimento de Sistemas Paraconsistente nas linguagens C ou C++ não é uma tarefa trivial e um grande esforço de programação é dispendido pelos projetistas de tais sistemas, principalmente na implementação de rotinas e estruturas para manipular os dados anotados e os mecanismos de manipulação e tratamento do fenômeno da inconsistência. Como consequência disto tem-se um aumento no tempo de desenvolvimento dos sistemas, a falta de uma padronização nos tipos de dados e nas rotinas paraconsistentes e, principalmente, dificuldade em se popularizar o uso desta técnica de programação. Para tentar amenizar estes problemas foi modelada e projetada uma biblioteca orientada a objetos para programação lógica paraconsistente.

Essa biblioteca tem o objetivo de propiciar aos projetistas de sistema paraconsistentes, uma forma mais natural de lidar com a imprecisão e a inconsistência dos dados obtidos e com as incertezas existentes nos ambientes com os quais os sistemas venham interagir. A biblioteca foi denominada *Paralib*.

4. A Biblioteca *Paralib*

A biblioteca *Paralib* está totalmente orientada a objetos. Foram criadas diferentes classes para suportar a definição e o tratamento das variáveis paraconsistentes. Com usos destas classes foi possível redefinir os operadores aritméticos, lógicos e relacionais, de tal forma que a manipulação dos tipos paraconsistentes pode ser feita com os mesmos operadores dos tipos convencionais, poupando os usuários da biblioteca de ter que memorizar diferentes funções e procedimentos.

Nos teste desenvolvidos e na implementação da biblioteca está sendo utilizado o reticulado τ_2 , seja $\tau_2 = \langle |\tau_2|, \leq \rangle$, onde $\tau_2 = \{T, 0, [-1, 0[,]0,1]\}$, Os elementos do reticulado representam respectivamente: *sobre definido*, *indefinido*, *false* e *verdade* — T pode ser visto como inconsistente. A ordem entre as constantes anotacionais é representada pelo diagrama Hasse da Figura 2.

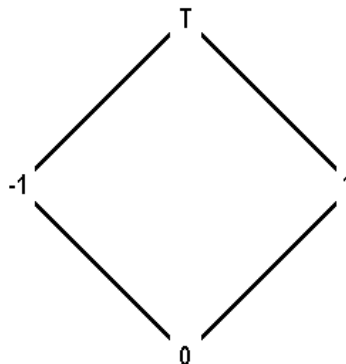


Figura 2: Reticulado τ_2 .

4.1 Tipos de Dados Anotados

A biblioteca *Paralib* utiliza a Lógica Paraconsistente Anotada para representar e processar as informações incertas e/ou inconsistentes. Tais informações são representadas por novos tipos¹ de dados:

charA
intA
floatA

Os quais possuem seus similares na linguagem C / C++ — char, int, float. Estes novos tipos de dados são denominados *tipos anotados*. Note que cada tipo numérico em C possui um correspondente anotados em *Paralib*, chamado dual.

Há um correspondência entre os tipos de dados anotados e seus duais. Se os tipos de dados convencionais são utilizados para representar um valor específico, os tipos de dados anotados representam a crença para cada um dos

¹ Uma vez que a implementação da biblioteca foi toda orientada a objetos. O termo correto seria novas *classes de objetos* e não tipos. Da mesma forma que os chamados *tipos paraconsistentes* são na verdade objetos paraconsistentes. Porém, com o objetivo de aumentar a clareza deste documento os termos classe e objetos foram substituídos por tipo e variável respectivamente.

valores que uma variável deste tipo pode assumir.

Para a implementação dos tipos anotados foi criada uma classe genérica `AtomoAnotado` a partir da qual são definidos *templates* para os tipos de dados desejados. Desta forma para criar um novo tipo de dados anotado, basta acrescentar uma única linha de código a biblioteca, como pode ser observado na listagem a baixo quando é definido o tipo coordenada paraconsistente — `CpointP`.

```
// definindo os tipos derivados
typedef AtomoAnotado <char> charA;
typedef AtomoAnotado <int> intA;
typedef AtomoAnotado <float> floatA;
```

Além dos tipos anotados, a biblioteca possui os Tipos Paraconsistentes, que da mesma forma que os tipos anotados podem usar anotação simples ou bi-valorada, os tipos paraconsistentes são:

```
charP
intP
floatP
charP2
intP2
floatP2
```

Pode-se considerar que o tipo de dados paraconsistente é uma generalização do tipo de dados anotado que permite a uma única variável assumir diversos valores simultaneamente.

Por exemplo, uma variável `X` do tipo `pcint` pode ter o valor 10 com crença 0.7, o valor 11 com a crença 0.5 e o valor -4 com a crença 0.

X	
Valor	Crença
10	0.7
11	0.5
-4	0

Figura 3: Representação da Variável X do Tipo `pcint`.

Do ponto de vista computacional pode-se imaginar que uma variável paraconsistente é na verdade um lista onde cada nó possui um átomo anotado — com um valor e a crença associada a este—, Figura 3. Na implementação atual da biblioteca, esta lista está limitada a 20 elementos. Esta limitação visa apenas a economia de recursos computacionais, não havendo nenhum impedimento ao uso de estruturas maiores. De fato, nos experimentos realizados em nenhum momento o número de nós foi superior a 10.

4.2 Funções, Comandos e Operadores

A partir dos novos tipos de dados e das características da aplicação, está sendo definido um conjunto de constantes, operadores, comandos e funções para manipular os tipos de dados paraconsistente. O objetivo deste conjunto é facilitar o desenvolvimento deste e de outros projetos que utilizem Lógica Paraconsistente Anotada.

4.2.1 Comando de Atribuição

Da mesma forma que na linguagem C/C++, o comando de atribuição `=` é utilizado para atribuir valores a uma variável anotada ou do tipo paraconsistente. Por exemplo,

```
intP x;
x= AtomoAnotado<int>(4,-0.5);
y=x;
cout <<" O valor de Y é " << y;
```

Associa o valor 4 com crença 0.5 a variável `x`, depois copia o valor de `x` para a variável `y` e, por fim, escreve o valor de `y`. Desta forma, a saída do programa é:

O valor de Y é 4:-0.5

Diversos valores podem ser especificados através de uma estrutura de lista. Cada lista consiste de uma série de tuplas

formadas por um número e sua crença, por exemplo:

```
x= AtomoAnotado<int>(3:0.2), AtomoAnotado<int>(4:0.1);
```

associa os seguintes valores: x igual a 3 com crença 0.2, x é igual a 4 com crença 0.1 e desconhecido para qualquer outro valor.

Intuitivamente, pode-se afirmar quer: “sabe-se com crença de ao menos 0.2 que x vale 3; com crença 0.1 que x vale 4 e nada pode-se dizer para qualquer outro valor de x.

É importante ressaltar que a atribuição de um novo valor para uma variável paraconsistente não anula os valores anteriores assim, após a execução do trecho de programa da listagem abaixo, a variável x tem os valores 2 e 3 com os respectivos graus de crença 0.1 e 0.8.

```
intp x;
{
  x= AtomoAnotado<int>(2,0.1);
  x= AtomoAnotado<int>(3,0.8);
}
```

4.2.2 Comando de uk

Para eliminar a crença em um dado valor ou em um conjunto de valores em um variável paraconsistente — este comando não é válido para variáveis do tipo anotado — a biblioteca dispõe do operador uk (do inglês *unknowns*), que atribui a crença desconhecida para valores específicos da variável. Por exemplo, se após executar o trecho do programa:

```
intp x,y;
{
  x= AtomoAnotado<int>(5,0.4) , AtomoAnotado<int>(3,0.2);
  y= x;
}
```

O programador desejar remover a crença que x pode assumir o valor 5 com crença 0.4, deve utilizar:

```
uk(x, AtomoAnotado<int>(5,0.4));
```

4.2.3 Operadores Relacionais e Lógicos

Os operadores relacionais e lógicos da biblioteca seguem a sintaxe convencional da linguagem C/C++. Estes operadores não são válidos para variáveis do tipo paraconsistente, sendo utilizados, apenas, entre variáveis anotadas.

Os operadores lógicos e (&&), ou (||) e negação (!) retornam o valor lógico conforme determinado na definição da Lógica Paraconsistente Anotada, desta forma, o valor de retorno deste operadores pertence ao reticulado utilizado.

Já os operadores relacionais >, <, >=, <=, != — maior, menor, maior igual menor igual e diferente — retornam valores lógicos da lógica clássica.

5. Conclusões

Os resultados obtidos com os testes da biblioteca para programação paraconsistente *Paralib* em diferentes tipos de aplicação — implementação de autômatos finitos, interpretação de sinais de sonar, construção de mapas baseados em *grids*, etc. — demonstraram sua versatilidade e facilidade de seu uso.

Durante seu desenvolvimento foram tomados cuidados para não se utilizar, em sua implementação, recursos ou estruturas sintáticas específicas de um determinado compilador o que dificultaria sua portabilidade. Este objetivo foi alcançado e a biblioteca já foi testada em diferentes compiladores e em dois sistemas operacionais distintos — Windows e Linux.. Atualmente seu código está sendo traduzido para inglês e uma documentação está sendo escrita também nesta língua, para desta forma ser possível disponibilizar a biblioteca na Internet, dentro da filosofia do código livre (“*open source*”).

Os resultados obtidos nos sistemas desenvolvidos são bastante significativos e indicam um promissor campo de pesquisa, para este e demais pesquisadores.

6. Referências Bibliográficas

- (1) da Costa, N.C.A.; Abe, J.M.; Subrahmanian, V.S. Remarks On Annotated Logic. Zeitschrift Fur Logic Un Grund Der Mathematik. DTCH. Vig D. Wiss, v.37, p.561 - 570, 1991.
- (2) Abe, J.M. *Fundamentos da Lógica Anotada*. 1992. 139p. Tese (Doutorado em Filosofia.) - Faculdade de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- (3) Subrahmanian, V.S. *Towards a Theory of Evidential Reasoning*. In: Logic Colloquim'87 - The European Summer Meeting of the Association for Symbolic Logic, Granada, 1987. Proceedings... ne. Granada, 1987. np.
- (4) da Costa, N.C.A.; Prado, J.P.A.; Abe, J.M.; Avila, B.C; Rillo, M. *Paralog: Um Prolog Baseado em Lógica Paraconsistente Anotada*. São Paulo, IEA/USP, 1995. (Relatório Técnico do Instituto de Estudos Avançados - USP, Série Lógica e Teoria da Ciência, 18).
- (5) Prado, J.P.A. Uma Arquitetura para Inteligência Artificial Distribuída Baseada em Lógica Paraconsistente Anotada. São Paulo, 1996. 277p. Teses (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- (6) Ávila, B.C. *Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de Frames com Múltipla Herança*. São Paulo, 1996. 215p. Teses (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- (7) Da Silva Filho, J.I.; Abe J.M. *Algoritmo "Para-Analisador"*. São Paulo, IEA/USP, 1998. 18p. (Coleção Documentos do Instituto de Estudos Avançados - USP, Série Lógica e Teoria da Ciência, 43)
- (8) Da Silva Filho, J.I.; Abe J.M. *Fundamentos das Redes Neurais Paraconsistentes*, ISBN 85-7473-042-4, Editora Arte Ciência, São Paulo, p. 298, 2001.
- (9) Prado, J. P. A., ABE, J. M., FREITAS, R. Mapeamento Paraconsistente Anotado na Navegação Autônoma de Robôs In: Logic, Artificial Intelligence and Robotics. 1a ed. São Paulo : Plêiade, 2001

ARTIGO CIENTÍFICO NA ÍNTEGRA PUBLICADO EM REVISTAS, PERIÓDICOS
CIENTÍFICOS, ANAIS (NA ÍNTEGRA), OU SUPLEMENTOS ESPECIAIS DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA DE JORNAIS E REVISTAS

Meio de Publicação: Revista () Anais (X) Suplementos Especiais () Jornais ()
: Anais em CD (X)

Programming Paraconsistent Systems

título do artigo

7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics

título da revista, periódico,...

PRADO, José Pacheco Almeida ; CORBO, Rogério

Autor

Orlando

local de publicação (Estado)

IIS
editora

edição

14
volume

n ° do fascículo/mês e ano

1230-1236
pág.(inic./final)

Apresentação: Houve () Não Houve (X) Palestra () Mesa Redonda () Painel ()

Programming Paraconsistent Systems

José Prado

ICET – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Paulista –UNIP
Ribeirão Preto – Sp – Brasil

Rogério Corbo

ICET – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Paulista –UNIP
Ribeirão Preto – Sp – Brasil

ABSTRACT

This paper proposes a new software library. This library has the aim of providing to the software designers a more natural form to deal with inaccuracy and inconsistency data and with the existent uncertainties in the environments, which the systems interact. The library was called **Paralib**.

Keywords: Paraconsistent System, Software library, Paraconsistent Logic

1. INTRODUCTION

The first applications of the Paraconsistent Annotated Logic in computer systems are described by the Indian Subrahmanian in 1987 [1]. In Brazil, the first implementations are from the 90's – [2], [3] and [4] – and the computer systems from these works served as the basis of the development of a new generation of Paraconsistent Computer Systems. In such systems, making decisions is based on not only in data but also in the degree of trust in these ones.

It can be observed that the number and the complexity of application domains – where the Paraconsistent System has been used – increased a lot in the last decade. This increase in the complexity of application domains is another challenge for the designers of such systems, once the development of Paraconsistent Systems is not a trivial task and a great effort of programming comes from the designers of such systems. Trying to assuage this problem, an oriented-to-objects library was modeled and designed for the paraconsistent logic programming.

This library has the aim of providing the paraconsistent system designers a more natural form of dealing with the inaccuracy and the inconsistency of the obtained data and with the existent uncertainties in the environments which the systems interact with. The described and implemented library in this work is called **Paralib**.

2. PARACONSISTENT ANNOTATED LOGIC

The Paraconsistent Logic is not a classical logic created by Newton da Costa [5], which allows the treatment of the phenomenon of inconsistency in a natural form and efficiently in computers.

A way to apply the theoretical concepts of the Paraconsistent Logic was found with the development of the Paraconsistent Annotated Logic [6]. In this one, all the predicates – facts – have a believed value μ associated, for example, $p:\mu$, which can be read as: “it is known with minimum belief μ that p is true”.

To facilitate the understanding of the Paraconsistent Annotated Logic, it is used in this document a closed lattice τ , where $\mu \in \tau$, that is $\tau = \langle |\tau|, \leq \rangle$ a finite lattice where, $\tau = \{\perp, \mathbf{t}, \mathbf{f}, \mathbf{It}, \mathbf{If}, \mathbf{T}\}$. The elements – annotated constants – from the lattice represent, respectively: *undefined*, *true*, *false*, *almost true*, *almost false* and *over defined* — **T** can be seen, intuitively, as inconsistent. The order among the annotated constants is represented by the diagram Hasse in Figure 1, this order indicates that there is a bigger belief in an annotated fact with **t** – true – than in an annotated **It** – almost true.

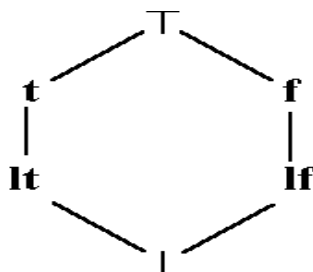


Figure 1: Lattice τ .

The expression “*It is almost certain that a door is opened and it is certain that there is an obstacle in the coordinates <2,1>*” can be represented using the Paraconsistent Annotated Logic as:

door (opened): It
obstacle (2,1): t

Supposing the existence of two sensors **A** and **B** where:

- sensor **A** indicates with certainty the existence of obstacle in the coordinates <5,3>, represented as **obstacle (5,3):t** and
- sensor **B** indicates that there is not obstacle in the same coordinates, represented as **obstacle(5,3):f**

A system based on Paraconsistent Annotated Logic could represent such information as **obstacle(5,3):T**

It is convenient to notice that different reticulates can be applied allowing the designers to use the most appropriate to its application.

All the connectives of classical logic – and, or, etc – are present in the Paraconsistent Annotated Logic and can be used in modeling and in the implementation of computer systems.

3. PARACONSISTENT SYSTEM

The first applications of the paraconsistent annotated systems in computing language are described in [1]. In [2], a version of the prolog language was proposed and developed based on the Paraconsistent Annotated Logic, called Paralog.

Using this new language, pioneer systems were developed in the areas of Artificial Intelligence Distributed [3] and knowledge representation [4]. The annotated systems originated from these works, were the basis for the interpretation and creation of an algorithm called Para-Analyser [7], with which it is possible to determine the degree of inconsistency in a set of data and quantify the quality of the description of the world. The concepts introduced by the Para-Analyser became the development of Paraconsistent Intelligent System possible, where making decisions is based not only on the data but also in the degree of trust in these. Some examples of using the Para-Analyser can be seen in the control of a pure reactive robot, in the development of Paraconsistent Neural Nets [8] and in the navigation of mobile robots [9].

Except the first applications that were developed with the computing language Paralog, most of the remaining systems were implemented in the computing languages C and C++ or, in the case of the implemented systems in microprocessors, directly in the assembly language. This happened due to limitations presented by the Paralog language in the implementations of systems where the time of answer is critical, such limitations are inherent to the logical programming paradigm used in the development of the Paralog language.

The development of Paraconsistent Systems in the languages C or C++ is not a trivial task and the designers make an effort in programming such systems, mainly in the implementation of routines and structures to manipulate the annotated data and the mechanisms of manipulation and the phenomenon of inconsistency's treatment. As a consequence, there is an increase in the time of the systems development, the lack of a standard in the types of data and in the paraconsistent routines, and mainly, difficulty in getting popular the use of this programming technique. Trying to assuage these problems, an oriented-to-objects library was modeled and projected for the paraconsistent logical programming.

This library has the aim of providing the paraconsistent system's designers a more natural form to deal with inaccuracy and obtained data inconsistency and with the existent uncertainties in the environments, which the systems interact. The library was called **Paralib**.

4. PARALIB

The Paralib library is totally oriented to objects. Different classes were created to support the definition and the treatment of the paraconsistent variables. By using these classes, it was possible to redefine the arithmetic, logical and related operators, in a way that the manipulation of the paraconsistent types can be done with the same conventional operators, saving the library users from having to memorize different functions and procedures.

In the developed tests and in the library's implementation, the lattice τ_2 is being used that is $\tau_2 = \langle |\tau_2|, \leq \rangle$, where $\tau_2 = \{T, 0, [-1, 0[,]0, 1]\}$. The lattice elements represent respectively: over defined, undefined, false and true – **T** can be seen as inconsistent. The order among the annotated constants is represented by the diagram Hasse in Figure 2.

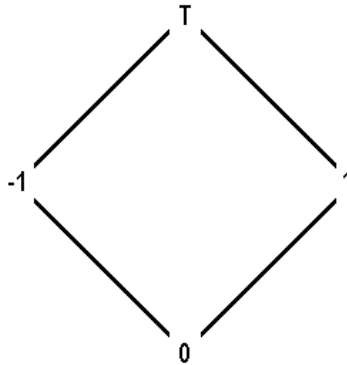


Figure 2: Lattice τ_2 .

4.1 Types of Annotated Data

The Paralib library uses the Paraconsistent Annotated Logic to represent and process the uncertain and/or inconsistent information. Such information is represented by new types of data:

```

charA
intA
floatA

```

These ones have their similarities in the language C / C++ - char, int, float. These new types of data are called *annotated types*. Note that each numeric type in C has an annotated correspondent in Paralib, called dual.

There is a correspondence between the annotated data and their duals. If the types of conventional data are used to represent a specific value, the types of annotated data represent the belief for each one of the values that a variable of this kind can assume.

For the implementation of the annotated types, a generic class Atom Annotated was created from which templates are defined for the types of desired data. Thus, to create a new type of annotated data, you have to add a unique code line to the library, as it can be observed in the list below:

```

// defining the derived types
typedef AtomAnnotated <char> charA;
typedef AtomAnnotated <int> intA;
typedef AtomAnnotated <float> floatA;

```

Besides the annotated types, the library has the Paraconsistent Types. The paraconsistent types are:

```

charP
intP
floatP

```

Once the library's implementation was all oriented to objects. The correct term would be new classes of objects and not types. The same way the called paraconsistent types are in fact paraconsistent objects. However, having the aim of increase the clarification of this document, the terms class and objects were substituted by type and variable, respectively.

It can be considered that the type of paraconsistent data is a generalization of the type of the annotated data, which allows a unique variable to assume several values simultaneously.

For example, a variable X of intP type can be have value 10 with belief 0.7, value 11 with belief 0.5 and value -4 with belief 0.

X	
Value	Belief
10	0.7
11	0.5
-4	0

Figure 3: Representation of variable X of intP type.

From the computer's point of view, it can be imagined that a paraconsistent variable is in fact a list where each knot has an annotated atom – with value and belief associated to it – Figure 3.

In the current implementation of the library, this list is limited up to 20 elements. This limitation aims at only an economy of computer resources, not having any obstruction to the use of bigger structures. In fact, in the performed experiments in any moment the number of knots was superior to 10.

4.2. Functions, Commands and Operators

From new types of data and characteristics of application, a set of constants, operators and functions is being defined to manipulate the types of paraconsistent data. The objective of this set is to facilitate the development of this and other projects, which use the Paraconsistent Annotated Logic.

4.2.1 Attribution Command

The same way that in the language C/C++, the attribution command = is used to attribute values to an annotated variable or paraconsistent type. For example,

```
{
intP x;
x= AtomAnnotated<int>(4,-0.5);
y=x;
cout <<" The value of Y is"<< y;
}
```

Associate the value 4 with belief 0.5 the variable X, afterwards copy the value from X to the variable Y and finally, write the value of Y. Thus, the program exit is:

```
The value of y is 4:-0.5
```

Several values can be specified through a list structure. Each list consists of a series of **tuplas** formed by a number and its belief, for example:

```
x= [AtomAnnotated<int>(3:0.2),
AtomAnnotated<int>(4:0.1)]
```

associates the following values: X equals 3 with belief 0.2, X equals 4 with belief 0.1 and not known to any other value.

Intuitively, it can be affirmed that: *"it is known that with belief under 0.2 that X is 3; with belief 0.1 that x is 4 and nothing can be said to any other value of X."*

It is important to emphasize that the attribution of a new value for a paraconsistent variable does not cancel the previous values, thus, after the execution of the part of the program listed below, the variable X has the values 2 and 3 with the respective degrees of belief 0.1 and 0.8.

```
intP x;
{
x= AtomAnnotated<int>(2,0.1);
x= AtomAnnotated<int>(3,0.8);
}
```

4.2.2 Uk command

To eliminate the belief of a certain value or in a set of values in a paraconsistent variable – this command is not valid for variables of the annotated type – the library disposes the uk operator, which attributes the unknown belief to specific values of the variable. For example, if after executing the part of the program:

```
intP x,y;
```

```
{
  x= [AtomAnnotated<int>(5,0.4) ,
     AtomAnnotated<int>(3,0.2)];
  y= x;
}
```

the programmer wants to remove the belief that x can assume value 5 with belief 0.4, he must use:

```
uk(x, AtomAnnotated<int>(5,0.4));
```

4.2.3 Relational and Logic Operators

The relational and logic operators from the library follow the conventional syntax of language C/C++. These operators are not valid for variables of the paraconsistent types, being only used among annotated variables.

The logic operators and (&&), or (||) and negative (!) return the logic value according to the determination in the definition of the Paraconsistent Annotated Logic, thus, the return value of these operators belongs to the used lattice.

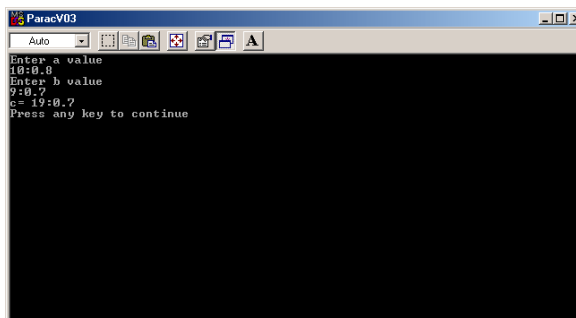
The relational operators >, <, >=, <=, != — return logic values from the classical logic.

4.3. A Example

An example of source code of paraconsistent program can be see below:

```
#include <iostream.h>
#include "paralib.h"
void main()
{
  intA a,b,c;
  cout<<"Enter a value "<<endl;
  cin>>a;
  cout<<"Enter b value"<<endl;
  cin>>b;
  cout<<endl;
  c= a + b;
  cout<<"c = "<<c<<endl;
}
```

And an example of execution is:



```
ParocV03
Auto
Enter a value
10,0,0
Enter b value
9,0,7
c= 19,0,7
Press any key to continue
```

5. CONCLUSIONS

The obtained results with the tests from the library for the paraconsistent programming Paralib in different types of application – implementation of finites automats, interpretation of sonar signs, construction of maps based on grids, etc. – demonstrated versatility and easiness during its use.

During its development, cares were taken not to use, in its implementation, resources or specific syntax structures of a determined compiler, which would make it difficult its mobility. This objective was achieved and the library has already been tested in different compilers and in two distinct operational systems – Windows and Linux. Nowadays, its code is being translated into English and documentation is being written also in English, to make it available on the Internet within the philosophy of open source.

The obtained results in the developed systems are quite significant and indicate a promising area of research, for this and other researchers.

6. REFERENCES

- [1] SUBRAHMANIAN, V.S., **On the Semantics of Quantitative Logic Programs**, Proc. 4th IEEE Symposium on Logic Programming, Computer Society Press, Washington D.C., 173-182, 1987.
- [2] DA COSTA, N.C.A. et alii., **Um Prolog Baseado em Lógica Paraconsistente Anotada**. São Paulo, IEA/USP, 1995. (Relatório Técnico do Instituto de Estudos Avançados - USP, Série Lógica e Teoria da Ciência, 18).
- [3] PRADO, J.P.A., **Uma Arquitetura em IA Baseada em Lógica Paraconsistente**, PhD Thesis, in Portuguese, University of São Paulo, Brazil, 1996.
- [4] ÁVILA, B.C., **Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de Frames com Múltipla Herança**, PhD thesis, in Portuguese, University of São Paulo, São Paulo, 1996.
- [5] da Costa, N.C.A.; Abe, J.M.; Subrahmanian, V.S. **Remarks On Annotated Logic**. Zeitschrift Fur Logic Un Grund Der Mathematik. DTCH. Vig D. Wiss, v.37, p.561 - 570, 1991.
- [6] DA SILVA FILHO, J.I. & J.M. ABE, **Para-Analyser and Inconsistencies in Control Systems**, Proceedings of the IASTED *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'99)*, August 9-12, Honolulu, Hawaii, USA, 78-85, 1999.
- [7] J.M.Abe, **Fundamentos de Lógica anotada (Foundations of Annotated Logic) – in Portuguese**, PhD. Thesis, University of São Paulo, 1992
- [8] DA SILVA FILHO, J.I. & J.M. ABE, **Fundamentos das Redes Neurais Paraconsistentes – Destacando Aplicações em Neurocomputação**, in Portuguese, Editôra Arte & Ciência, ISBN 85-7473-045-9, 247 pp., 2001.
- [9] PRADO, J.P.A., **A Paraconsistent Robot Navigation System**. In 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2003), Proceedings, Orlando, 2003, to appear.

QUALIDADE X SISTEMA DE CUSTEIO ABC: ORGANIZAÇÃO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS – ENGENHARIA CONSULTIVA

Wagner Costa Botelho

wagner@wrb.com.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a revisão bibliográfica do sistema de custeio baseado em atividades (ABC – Activity Based Costing). Ele mostra os principais sistemas de custeio, com enfoque no sistema ABC para serviços, permeando pela questão qualidade x custo e apresentando uma visão teórica dos passos de aplicação do ABC em uma organização de engenharia consultiva.

PALAVRAS-CHAVES: ABC, Serviços, Engenharia Consultiva, Qualidade.

1. INTRODUÇÃO

No atual mercado globalizado, a ênfase na qualidade e a busca de custos competitivos, têm conduzido as organizações a envolver em suas equipes de engenharia consultiva, além de engenheiros e técnicos, também profissionais de suporte em contabilidade. A realidade da competição global imprime condições estratégicas para os negócios de hoje com a visão no amanhã. Alguns dos desenvolvimentos que afetam as condições dos negócios atuais são relacionados por GAITHER (2002) como sendo: (1) a realidade da competição global, (2) desafios da qualidade, serviço ao cliente e custos, (3) tecnologia avançada da produção, (4) crescimento contínuo do setor de serviços, (5) escassez de recursos de produção e (6) questões de responsabilidade social. Porém no nível estratégico, a classificação mais útil dos objetivos de desempenho da produção que qualquer operação possa perseguir pode ser obtida identificando-se os stakeholders da operação (pessoas ou grupos de pessoas que tem interesse na operação). Em sua obra, SLACK (2002) classifica os objetivos de desempenho da produção em cinco objetivos; (1) qualidade, (2) rapidez, (3) confiabilidade, (4) flexibilidade e (5) custos. Em especial, o custo é afetado por outros objetivos de desempenho, os quais devem ser melhorados. Assim, uma forma importante para melhorar o desempenho dos custos é melhorar o desempenho dos objetivos operacionais. Já MAUAD (2002), preconiza que o mundo evolui e a economia tem que acompanhar esta evolução. Num mercado cada vez mais globalizado, a concorrência passa a ter escala mundial e favorece a oferta de bens e serviços de alta qualidade e de baixos custos. Melhorar a eficiência e reestruturar a organização, voltando-a para eficácia, tornaram-se metas comuns no atual ambiente de negócios e, com isso, as informações de custos passaram a ser cada vez mais relevantes. Os sistemas de custos tradicionais já não são tão eficazes para os gerentes tomarem suas decisões, pois apresentam informações estáticas, que se prestam mais a análises financeiras do que as decisões estratégicas da organização. Segundo HANSEN (2001), o papel do contador nos processos de organizações engenharia é fornecer uma perspectiva sobre custo para os projetistas e engenheiros de forma que o produto\serviço oferecido para venda, satisfaça a demanda dos clientes a um custo e preço razoáveis. As organizações nos dias de hoje necessitam de informações mais acuradas de custos para integrar o desenvolvimento do produto\serviço, produção, marketing e serviços pós-venda. Para muitas organizações, os sistemas de produção e os tipos de produtos\serviços mudam rapidamente. A ênfase na qualidade, produtividade e meio ambiente exigem novas medidas de controle. A necessidade das informações de custos é evidente na gestão dos negócios das organizações, assim, um sistema de gestão de custos de alta qualidade, deve ter uma perspectiva de toda a organização, sendo que os gestores em muitas áreas diferentes de um negócio precisam de informações de custo. No passado, pouco esforço era feito para integrar o sistema de gestão de custos com outros sistemas

operacionais. No entanto, o atual ambiente competitivo, dita que as organizações prestem muito mais atenção à gestão de custos em todas as áreas funcionais – Fig.1.



Fig.1 Um Sistema de Gestão de Custos Integrado - HANSEN (2001) p.58

A contabilidade de custos nas organizações é um sistema que processa dados visando gerar informações para a gestão administrativa do comportamento dos custos da organização, descreve MOTTA (2002). Existem vários sistemas de custeio que geram informações diferentes, e cada organização utiliza um sistema para a sua gestão. A contabilidade desenvolveu vários sistemas de custeio para solucionar problemas diferentes e específicos que surgiram com o tempo, sendo que os diversos sistemas de custeio apresentam características diferentes. Cada sistema de custeio é indicado para situação diferente e apresenta vantagens e desvantagens na sua aplicação.

2. PRINCIPAIS SISTEMAS DE CUSTEIO

Os principais sistemas de custos encontrados nas organizações de hoje, são: - o custeio por absorção; - o custeio integral ou pleno; - o custeio variável ou direto; - o custeio pelas unidades de esforço de produção; - o custeio baseado em atividades; - a contabilidade de ganhos. Para MAUAD (2002), o sistema de custeio, que nada mais é do que o sistema de apropriação de custos, até a revolução industrial, era extremamente simples e estava bem estruturado para servir às organizações comerciais. Com a industrialização, começou-se a adaptação do modelo mercantilista para as novas necessidades industriais. MOTTA (2002), descreve que o sistema do custeio por absorção e o sistema de custeio integral ou pleno foram desenvolvidos para o controle da produção, pressupondo que os produtos e seu correspondente volume de produção causam os custos. Desta forma, o centro destes sistemas são os produtos, sendo os custos (e despesas, no caso do sistema pleno) classificados em diretos e indiretos, fixos e variáveis em relação aos produtos e alocados a estes com rateios baseados em volumes. Na época do seu desenvolvimento, a mão-de-obra direta e os materiais eram os fatores de produção predominantes, a tecnologia era estável, as despesas indiretas apoiavam o processo produtivo e existia um número limitado de produtos. Assim, as organizações que se encontram neste nível de organização, e que atuam em mercados estáveis podem se utilizar destes sistemas de custeio. O sistema de custeio direto ou variável toma como pressuposto que os custos indiretos gerados pelo processo de fabricação não são de responsabilidade dos produtos, e, portanto os produtos não os absorvem. Os custos indiretos são considerados custos do período e vão diretamente ao demonstrativo de resultados. Este sistema de custeio é voltado para a geração de informações de custos gerenciais. É um sistema muito utilizado e indicado para todas as organizações, exceto para aquelas onde os custos indiretos fixos representam parcela expressiva dos custos totais. Não faz sentido este tipo de organização analisar os seus produtos com medidas dos custos

diretos se estes não são representativos. O Método das Unidades de Esforço de Produção (UEPs) parte do princípio de produção unificada pelos esforços despendidos. Este sistema, racionaliza o processo de gestão industrial definindo uma unidade de medida comum, a qual transforma uma fábrica multiprodutora (vários produtos) em uma fábrica monoprodutora (que produz um único artigo fictício equivalente aos vários produtos reais). A maior contribuição deste sistema é a apropriação conveniente dos custos indiretos de fabricação aos produtos\serviços. Porém a organização que adotar este sistema não estará implantando apenas uma técnica de apuração de custos, mas também uma ferramenta de gerenciamento e controle da produção. Portanto a filosofia do Método das Unidades de Esforço de Produção vai além da simples contabilização de custos e deve ser empregado na íntegra para obter os benefícios. O Custeio Baseado em Atividades (ABC), que surge devido à modificação na composição dos custos totais, sendo que a produção industrial passou por grande transformação nas últimas décadas implicando em um aumento dos custos indiretos em relação aos custos diretos, tornando-se, assim, importante realizar uma análise mais profunda das causas dos custos indiretos. O grande objetivo deste sistema é a coleta de informações sobre o desempenho operacional e financeiro das atividades significativas da organização. Assim, as organizações que se utilizam deste sistema possuem um processo produtivo automatizado e complexo, que necessita de um suporte administrativo mais controlado. Segundo COGAN (2002), ABC é de uma das mais poderosas estratégias empresariais dos últimos anos, através da qual as companhias cortam desperdícios, melhoram serviços, avaliam iniciativas de qualidade, impulsionam para o melhoramento contínuo e calculam, com adequada precisão, os custos dos produtos. É uma técnica que acompanha a visão empresarial moderna de processos de negócios, sendo inclusive a única forma de se custear as atividades (que por sua vez representam consumo de recursos, usualmente por parte de pessoas/materiais). Não são as atividades desempenhadas pelos órgãos funcionais quem garantem a satisfação dos clientes. As atividades realizadas por esses setores, se integram em processos que visam atingir os objetivos desejados pelos clientes de cada processo.

A Gestão da Qualidade Total (TQM) tradicional desenvolve projetos de melhoria da qualidade que se expande por toda organização. Esses projetos são táticos e seus times são desfeitos tão logo os objetivos dos citados projetos sejam atendidos. Contudo, não se pode esquecer que existem, na organização, alguns processos que são críticos para o sucesso da organização, e para eles torna-se necessário um foco continuado e estratégico - o que é realizado através da Gestão pela Qualidade dos Processos de Negócios. Antes de qualquer coisa, deve-se procurar conhecer os custos dos processos tal como eles se apresentam hoje, se o que se deseja é melhorá-los. Todos os negócios podem ser desdobrados facilmente em uma série de atividades e tarefas realizadas por um ou mais funcionários. Hoje despesas como telefone, suprimentos, salários, viagens são representadas por cada departamento e na verdade fica-se sem saber quanto dessas despesas seriam devidas às diversas atividades realizadas nos citados departamentos. Somente o custeio baseado em atividades (ABC) permite que se calcule o custo de cada processo, pois ele consegue captar todas as despesas que ocorrem na organização, por atividades. Outra técnica, a análise de valor do processo, permite que se elimine as atividades que não agregam valor nem para o cliente nem para o negócio da organização. E, para as atividades que agregam valor assim remanescente, pode-se, através da conjugação dessa técnica com a do ABC, questionar as atividades existentes procurando substituí-las por outras com menor custo. Outra importante participação do ABC na qualidade se desenvolve na correta determinação dos custos da qualidade/má qualidade através da obtenção, com maior precisão, dos custos de prevenção, avaliação, falhas internas e externas que compõem os custos da qualidade/má qualidade, e que era de difícil mensuração com as práticas tradicionais de custeio. Recentemente, têm-se surgido inúmeras críticas em relação ao chamado "rateio" de custos, que é a forma tradicional de se fazer a alocação dos custos indiretos de fabricação - CIF. Alega-se que os rateios são as principais causas das distorções nos custos dos produtos\serviços, e que estas tem provocado inúmeros erros de decisões. Por outras razões, eventualmente até mesmo o ABC também pode fazer uso de rateio, mas o que ele faz essencialmente é o rastreamento do consumo de recursos. Segundo NAKAGAWA (1994), o ABC não é mais um sistema de acumulação de custos para fins contábeis, ou seja, não apura o custo de produtos\serviços para a elaboração de balanços e demonstrações de resultados, é um novo sistema de análise de custos, que busca "rastrear" os gastos de uma organização para analisar e monitorar as diversas rotas de consumo dos recursos "diretamente identificáveis" com suas atividades mais relevantes, e destas para os produtos\serviços e serviços, bem como tem o objetivo de facilitar a mudança de atitudes dos gestores de uma organização, afim de que estes, paralelamente á otimização de lucros para os indicadores, busquem também a otimização do valor dos produtos\serviços para os clientes (internos e externos). Para o autor, idealmente, todos os custos deveriam ser diretamente apropriados às atividades e aos produtos\serviços, mas, à medida que as tecnologias evoluem, cada vez mais os custos vão tornando-se indiretos. Nesse contexto, o ABC é um facilitador para a apropriação direta dos custos indiretos e o "rateio" deve ser usado só em última instância.

Para KAPLAN (1998), os sistemas de custos assim se classificam.

Aspectos dos sistemas	Sistemas de Estágio I <i>Falhos</i>	Sistemas de Estágio II <i>Voltados para a geração de relatórios financeiros</i>	Sistemas de Estágio III <i>Especializados</i>	Sistemas de Estágio IV <i>Integrados</i>
Qualidade dos dados	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Muitos erros ❖ Grandes variações 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sem surpresas ❖ Cumpre os padrões de auditoria 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Bancos de dados compartilhados ❖ Sistemas independentes ❖ Vínculos informais 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Bancos de dados e sistemas totalmente integrados
Relatórios financeiros externos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Inadequados 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Adequados às necessidades de geração de relatórios financeiros 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sistema de Estágio II mantido 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sistemas de relatórios financeiros
Gastos com produto/cliente	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Inadequados 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Imprecisos ❖ Custos e lucros ocultos 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vários sistemas ABC independentes 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sistemas ABM integrados
Controle operacional e estratégico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Inadequados 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Feedback limitado ❖ Feedback desatualizado 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vários sistemas independentes de avaliação do desempenho 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sistemas de avaliação do desempenho estratégico e operacional

Fonte: COOPER, Robin. KAPLAN, Robert S.

Custo e desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo. São Paulo: Futura – p.23.

Os Sistemas de Estágio I são adotados por organizações pouco estruturadas, onde os procedimentos e consolidações contábeis são inadequados não existindo um controle interno das transações. Esses sistemas são falhos tanto para geração de relatórios financeiros como objetivos legais, quanto para gerar relatórios gerenciais. Os Sistemas de Estágio II existem em organizações que possuem uma estrutura formada, onde os controles, os procedimentos contábeis e as consolidações são executadas de modo consistente. O objetivo principal desse sistema é o de atender a exigências legais gerando os relatórios financeiros necessários. Utilizam critérios de custeios tradicionais para alocação de custos indiretos às unidades produtivas, porém, esses sistemas são falhos nas informações gerenciais, não consistindo em uma ferramenta adequada para a tomada de decisão. Os Sistemas de Estágio III, não tem como objetivo gerar relatórios para atender a exigências legais, mas sim gerar informações gerenciais. Para isso ele se apóia nos Sistemas de Estágio II, trabalhando as informações contidas nos bancos de dados deste último. Os sistemas de custeio de Estágio III devem ser, mas apurados do que os tradicionais, procurando refletir a realidade das operações da organização. A estratégia de implementação dos Sistemas de Estágio III é o desenvolvimento de subsistemas informais interdependentes, que criam vínculos com o Sistema de Estágio II oficial, gerando relatórios para tomada de decisão. Os Sistemas de estágio IV são capazes de, além de fornecer relatórios para atender a objetivos legais, fornecer informações gerenciais para a tomada de decisão. Os Sistemas de Estágio IV são capazes de integrar as diversas áreas da organização, necessitando de uma reformulação de todos os processos das áreas que abrange. Para KAPLAN (1998), antes da organização passar para os Sistemas de Estágio IV, ela deve ter experiência nos Sistemas de Estágio III.

3. COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE GESTÃO DE CUSTOS

Um sistema de gestão de custos baseado em atividade oferece benefícios significativos, incluindo maior precisão no custeio do produto, melhoria na tomada de decisão, melhoria no planejamento estratégico e um aumento na habilidade de administrar atividades. No entanto, esses benefícios não estão livres de custos. Um

sistema de gestão de custos baseado em atividade é mais complexo e requer um aumento significativo na atividade de mensuração e a mensuração pode ser onerosa. Ao decidir se deve implementar um sistema de gestão de custos baseado em atividade, um gestor deve avaliar a substituição do custo de mensuração pelo custo de erros. Custos de mensuração são os custos associados com as mensurações requeridas pelo sistema de gestão de custos. Custos de erros são os custos associados com tomadas de decisão ruins baseadas em custos de produtos ou, de forma mais geral, informações ruins sobre os custos. Um sistema de gestão de custos otimizado iria minimizar a soma de custos de mensuração e de custos dos erros. No entanto, observa-se que os dois custos conflitam. Os sistemas mais complexos de gestão de custos produzem custos de erros mais baixos, porém têm custos de mensuração mais altos. (Por exemplo, considere o número de atividades que precisam ser identificadas e analisadas, junto com o número de direcionadores que devem ser usados para atribuir custos aos produtos.). A substituição entre custos de erros e de mensuração está ilustrada na Fig. 2. Isso pode explicar, em parte, por que a maioria das empresas ainda mantém esse tipo de sistema. No entanto, mudanças recentes no ambiente de manufatura estão aumentando a atratividade de sistemas de gestão de custos mais acurados, porém mais complexos. As novas tecnologias de informação diminuem os custos de mensuração; sistemas de planejamento da produção computadorizada e computadores mais potentes e menos dispendiosos tornam a coleta de dados e a execução de cálculos mais fáceis. Com a diminuição dos custos de mensuração, a curva de custos de mensuração Fig. 2, se desloca para baixo e para a direita, fazendo com que a curva para custos totais se desloque para a direita. Agora, o sistema de gestão de custos mais favorável é aquele que permite mais precisão, HANSEN (2001).

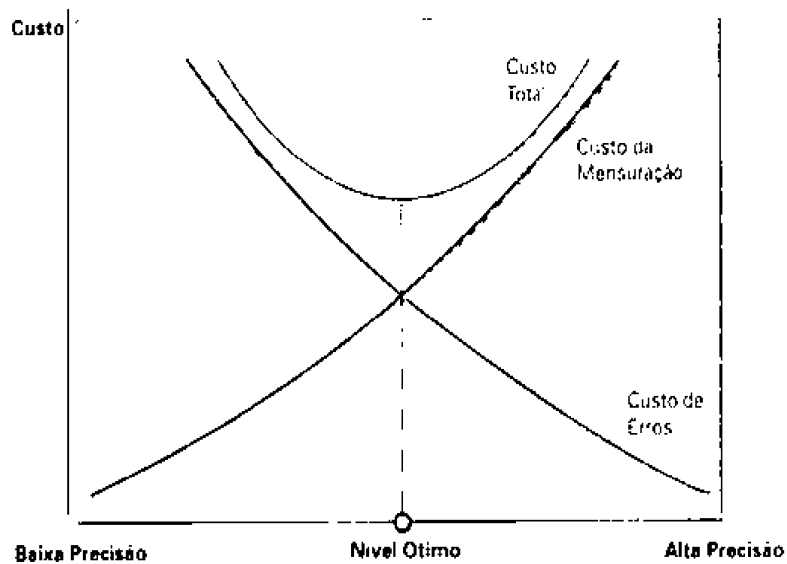


Fig.2 – Substituição de Custos de Mensuração por Custos de erros – HANSEN (2001) – p.75

Quanto aos custos diretos, os valores gerados pelo custeio por atividade são bastante semelhantes aos dos valores do custeio tradicional. Em relação aos demais gastos, surgem discrepâncias entre os dois sistemas, pois o custeio por atividade se preocupa com a alocação tanto dos custos quanto das despesas, às atividades que os consumiram, e com a alocação das atividades aos processos que as consumiram. Desta forma, o sistema ABC oferece inúmeras vantagens sobre o sistema tradicional, podendo ser citadas como exemplo:

- O sistema tradicional se baseia exclusivamente nos critérios de rateio, enquanto o ABC somente se utiliza destes critérios como última alternativa de atribuição de gastos indiretos às atividades, ou seja, o critério de rateio é utilizado unicamente nos casos em que seja impossível a atribuição de custo para determinada atividade;
- O ABC identifica os "direcionadores" de custos, o que torna muito mais fácil a identificação dos custos desnecessários e que não agregam valor;

- No ABC os custos indiretos são atribuídos aos produtos de uma forma mais coerente, utilizando-se para isso os recursos consumidos para a execução das necessárias atividades;
- Os processos e atividades, são identificados no ABC, tomando-se visíveis: "A identificação do custo da atividade possibilita gerir sua eficiência.
- O sistema ABC classifica hierarquicamente as atividades, possibilitando a identificação daquelas que consomem mais recursos, ou seja, que representam custos mais elevados. CORDEIRO (2000).

4. CUSTOS DA QUALIDADE

Na revisão da postura das organizações em relação ao cliente, onde se busca hoje a sua total satisfação e até mesmo o seu encantamento, vem se destacando a importância do Custo da Qualidade em Serviço. Buscar soluções para as épocas de crises é uma preocupação que atinge governantes, empresários, banqueiros, trabalhadores. Enfim, envolve a todos nós. No entanto, crises contribuem para criar, especialmente nas organizações, a mentalidade de melhor aproveitamento dos recursos. Trabalhar com maior qualidade, maior produtividade e custo reduzido são metas que se tem objetivado e, tais esforços para otimizá-los dependem decisivamente do pessoal envolvido. Sem sua adesão, motivação e participação, nada, ou bem pouco, poderá ser alcançado. Dessa forma, a busca de custos competitivos exerce papel relevante para o aprimoramento e conquista de novos mercados. A qualidade, dentre outras definições, é o atendimento à satisfação dos clientes, "a conformidade com os requisitos" ou "a mínima perda causada à sociedade por um produto ou serviço". O custo da qualidade representa a quantia em dinheiro gasta pela adoção da função qualidade ou o custo gerado pela não-qualidade, que é um eficiente meio para se detectar falhas e desperdícios nos processos produtivos e de informações, na busca da melhor produtividade, maior competitividade, com impacto positivo na lucratividade. Hoje, ter custos competitivos e ao mesmo tempo satisfazer os clientes é o grande desafio das organizações e isto só é possível através da busca constante da qualidade dos processos e, concomitantemente, pela manutenção e melhoria destas. Mas para obtê-la, gasta-se inicialmente um montante considerável de recursos financeiros, tais como: o seu gerenciamento, treinamentos internos sobre conhecimento e interpretação das normas e outros. Porém, não tê-la custa mais caro ainda. Os programas de qualidade registram inúmeros exemplos de redução de custos ou desperdícios que, anteriormente, sequer eram contabilizados, combinados com ganhos acentuados de produtividade. A má qualidade prejudica a imagem da organização e seu custo é incalculável. Investindo na qualidade produzem-se menos defeitos, produtos melhores, posição financeira melhor, maior bem-estar, menor turn-over de pessoal, clientes satisfeitos e uma imagem melhor. Os custos da qualidade podem ser substanciais e também uma fonte de economias significativas.

HANSEN (2001) em sua obra, descreve que " ... estudos indicam que os custos da qualidade para empresas norte-americanas são tipicamente de 20 a 30% das vendas, sendo que os peritos na área da qualidade mantêm que o nível ótimo de qualidade deveria ser de aproximadamente 2 a 4% das vendas ". Nota-se que esta diferença entre as cifras reais e ótimas representa uma verdadeira mina de ouro de oportunidades, pois a melhoria da qualidade pode produzir melhorias significativas na rentabilidade. Para o autor, os custos da qualidade são divididos em categorias: (1) Custos de Prevenção, (2) Custos de Avaliação, (3) Custos de Falhas Internas e (4) Custos de Falhas Externas, onde os dois primeiros custos são considerados como investimentos e os demais como as perdas e os desperdícios. Suas principais características são:

Custos de Prevenção: atividades desenvolvidas para prevenir defeitos, desenvolvimentos, compras, mão-de-obra e outros aspectos do começo e criação de um produto ou serviço, bem como os custos efetuados durante o processo produtivo medido e cálculos realizados no decorrer do ciclo dos negócios.

Custo de Avaliação: avaliações dos produtos ou serviços, a fim de determinar se eles estão em conformidade com os padrões de qualidade exigidos, e se atendem aos requisitos específicos, ou são adequados ao uso, tais como: inspeção de recebimento, testes, calibração e aferição de equipamento, etc.

Custo de Falhas de Controle Internas: são os custos resultantes das falhas ocorridas no ambiente interno das organizações antes de serem transferidos para o cliente.

O Custo de Falhas Externas: são aqueles resultados das falhas que surgem depois de serem transferidos para o cliente.

Essas ineficiências internas e externas são consideradas como custos da *não-qualidade*. Apenas os custos de prevenção podem ser identificados como os da qualidade. Já os de avaliação, decorrentes da necessidade de separar o ruim do bom serão definidos como os da não-qualidade que, embora gerada pela atividade da função qualidade, ela só existe pela ocorrência de falhas. Portanto, à medida que as organizações investem em prevenção e avaliação, os custos de falhas internas e externas diminuem, ou seja, à medida que os custos de prevenção e avaliação aumentam, os custos de falhas diminuem. Como o custo sobe mais que o preço, é preciso eliminar ou reduzi-lo para se ter lucro, cujo melhor caminho, é através da prevenção dos defeitos. Está cada vez mais claro o papel da qualidade na luta pela sobrevivência das organizações, cujos reflexos são atestados na coordenação dos processos, que resulta na redução das falhas desses mesmos processos e, conseqüentemente, na melhoria contínua da qualidade intrínseca dos produtos que chegam aos consumidores.

Em decorrência da alta competitividade, OLINTO (2003), propõe que os preços dos produtos ou serviços, o foco maior das estratégias nas organizações deve-se voltar para redução dos custos internos, de forma coordenada e continuada, onde os ganhos de produtividade poderão ser identificáveis e apuráveis mais facilmente, com a contribuição do sistema de gerenciamento dos custos.

É importante não perder de vista que uma organização do setor de serviços deve estar voltada para o mercado e focada na qualidade para saber se os serviços produzidos são considerados como valor agregado pelo cliente. Neste mercado competitivo onde a melhoria contínua e redução de custos são itens mandatários, a organização deve estar sempre atenta para não cometer erros que conduzam a um serviço errado. Estudos da satisfação do cliente externo devem ser feitos para saber quais os serviços que são desejados e considerados de valor agregado pelos clientes. Se a qualidade percebida de um cliente está em linha com suas expectativas, ou as excede, assume-se que ele está satisfeito. Conseqüentemente os custos de re-trabalho tendem a desaparecerem.

Assim, por responsabilidade da gerência de engenharia de projetos, ALDABÓ (2001) define dentre muitas, algumas como: “ ... estabelecer os controles básicos da gestão de projeto ... alcançar o sucesso do projeto ... ser rigoroso no controle dos custos” .

Para tanto, o Plano do Projeto ou também conhecido como Plano da Qualidade, que expõe o modo como serão executadas as metas do projeto, em função das limitações, as técnicas comuns de estimativa e de estabelecimento de prazos, a definição da quantidade de trabalho incluída no projeto, quem vai fazer, quando será terminado e principalmente qual será o custo, deve abordar além destes itens as ferramentas da qualidade que serão empregadas para a real redução dos custos.

ALDABÓ (2001) explica que o controle de custos de um projeto de engenharia é um fator significativo para assegurar que os “projetos” respeitem os limites de seus orçamentos, realizado no tempo previsto e com o grau adequado de qualidade, sendo que o custo para atender o prazo limite de um projeto deve ser calculado dentro de uma faixa razoável.

Para NAKAGAWA (1994), existe a necessidade de que o sistema de custeio possibilite, não somente a apropriação dos custos para o produto final, mas principalmente, que o sistema proporcione informações para se gerenciar os custos buscando a cada dia maiores possibilidades de lucro, possibilitando a organização uma maior condição para competir em mercados de livre concorrência.

5. AS CARACTERÍSTICAS DO SETOR DE ENGENHARIA CONSULTIVA

O cenário das organizações prestadoras de serviços em engenharia consultiva, assim como no setor industrial, tem evidenciado um aumento das despesas indiretas com a necessidade de constante atualização do seu parque de tecnologia da informação – TI, bem como no desenvolvimento tecnológico dos seus colaboradores. Na área da engenharia é evidente a necessidade da mão-de-obra, visto que os recursos tecnológicos não executam serviços independentes da presença dos profissionais. Inclusive, há a necessidade de mais mão-de-obra qualificada para interpretar as informações geradas pela tecnologia. Assim, as elevadas despesas ficam por conta dos custos indiretos e dos custos fixos, principalmente em salários, encargos de mão-de-obra e instalações. Segundo o sindicato nacional das organizações de arquitetura e engenharia consultiva – SINAENCO (2003), a A & EC reúnem mais de 9 mil organizações instaladas no Brasil, setor que constitui parte significativa da formação do patrimônio científico-tecnológico nacional, por meio da prestação de serviços técnicos especializados, agregando valor a todas as etapas da cadeia produtiva da construção, desde a concepção até a conservação do empreendimento final. O planejamento adequado de um investimento, a solução bem estudada e projetada, o rigoroso gerenciamento do empreendimento, garantem economia de recursos financeiros e materiais, racionalização de processos e melhor qualidade de atendimento ao usuário

final e constituem a essência da atividade do setor. O mercado de A&EC possui faturamento médio anual da ordem de US\$ 1 bilhão, empregando cerca de 20 mil trabalhadores, 50% dos quais de nível superior. As características principais das organizações deste setor econômico são as de planejar, determinar a viabilidade, projetar, gerenciar e acompanhar o “start up” de empreendimentos físicos nas mais diversas áreas, além de realizar estudos técnicos para concessões e privatizações, cabendo a elas viabilizar a implantação de obras rodoviárias, ferroviárias, portuárias, pontes, túneis, viadutos, oleodutos, gasodutos, obras de saneamento, metrô, aeroportos, barragens, usinas hidrelétricas, usinas nucleares, linhas de transmissão, instalações petrolíferas, plataforma off-shore, redes e sistemas de telecomunicações, siderúrgicas e as mais diversificadas instalações industriais e edificações, dentre as quais shopping centers, conjuntos habitacionais, hotéis, escolas e hospitais, bem como desenvolver planejamento urbano, local e regional, e projetos de paisagismo e urbanismo.

6. SISTEMA DE CUSTEIO ABC EM ORGANIZAÇÃO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS – ENGENHARIA CONSULTIVA

O Custeio ABC em organizações de serviços de engenharia consultiva deve levar em conta que os serviços prestados são os seus produtos, por exemplo, o projeto sob forma de produtos. Assim, o entendimento de que as áreas de serviços funcionam como se fosse uma fábrica permite vislumbrar a aplicação, nas organizações de serviços, de técnicas e metodologias de trabalho que foram bem sucedidas nas organizações prestação de serviços em engenharia de projetos. Seguindo nesse raciocínio, as técnicas do ABC desenvolvidas para os custos fabris, podem ser aplicadas às organizações do setor de serviços de engenharia consultiva e às funções de apoio das organizações. A questão é tomar decisões gerenciais que possam tornar e manter lucrativas as organizações, por mais complexos e diversificados que seus processos possam ser. Conforme KAPLAN (1998), embora o sistema de custeio ABC tenha surgido nas fábricas, hoje muitas organizações de serviços estão obtendo grandes resultados com o uso dessa abordagem, tendo os mesmos problemas de gestão enfrentados pelas fábricas. O uso do custeio ABC, vale para associar os custos dos recursos que fornecem (homem x hora), às receitas geradas pelos produtos\serviços diversos, para clientes específicos atendidos por esses recursos. Quanto a decisão gerencial em optar pela melhoria em determinado processo e para qual(is) seguimento(s) ou cliente(s) deve(m) ser(em) concentrado o melhor recurso, a compreensão da associação e da ligação entre preços, recursos, uso e melhoria de processos deve estar bem evidente. A justificativa da utilização do Sistema de Custeio ABC na em organizações de serviços, em especial engenharia consultiva, tem como pressuposto, NAKAGAWA (1994), que diz que os recursos são consumidos por suas atividades e não pelo produto\serviço que ela fabrica, sendo que os produtos\serviços surgem como consequência das atividades consideradas estritamente necessárias para elaborá-los e/ou comercializá-los, e com forma de se atender a necessidade, expectativas e anseios dos clientes. Este pressuposto tem como objetivo, o rastreamento das atividades mais “relevantes”, identificando-se as mais diversas rotas de consumo de recursos da organização. Através desta análise de atividades busca-se planejar e realizar o uso eficiente e eficaz dos recursos da organização, de modo a otimizar o lucro dos investidores e a criação de valor para os clientes, por meio de produtos\serviços que ela produz para o mercado.

7. UMA VISÃO TEÓRICA DO ABC EM UMA ORGANIZAÇÃO DE ENGENHARIA CONSULTIVA

Neste item pretende-se dar uma visão teórica dos passos a serem dados na aplicação do ABC em uma organização de engenharia consultiva, utilizando-se para isso o projeto proposto a uma empresa do setor de consultoria em engenharia. Segundo CORDEIRO (2000), justifica-se a escolha desta empresa pela abrangência do seu projeto ABC, englobando as áreas administrativas, projetos e de operações, resultando daí a possibilidade de avaliação do ABC aplicado a diversas atividades afins ao ambiente da engenharia consultiva. Desta forma, são apresentados os principais componentes do sistema. A empresa estudada utiliza um software de gestão integrada no padrão ERP / SAP, que conta com um módulo específico para gestão de custos. Nesse sistema a estrutura dos custos é composta de três níveis básicos, conforme a abordagem Quem? Onde? Com quê? . O nível Quem identifica as áreas responsáveis pelos custos, é o nível que apura Quem gerou determinado custo. Na empresa em estudo, as Unidades de Negócios foram definidas como: Diretoria Comercial, Diretoria Operacional e Diretoria de Energia e Meio Ambiente com suas respectivas Gerências e respectivos Departamentos. O nível Onde identifica Onde ocorreram os custos, já o nível Com quê

identifica os recursos a que correspondem os custos, indicando Com quê foi realizado determinado gasto. Como a empresa utiliza um software integrado de gestão, adota-se como Contas Objeto do sistema ABC, o próprio plano de contas contábeis, após algumas adaptações, com a vantagem de que cada lançamento contábil sensibiliza automaticamente o módulo de gestão de custos do sistema, evitando retrabalho e reduzindo a possibilidade de erros. Considerando o setor da engenharia consultiva, onde os processos produtivos têm um teor excessivamente intelectual, toma-se urgente a adoção de metodologias que permitam a identificação de desvios em tempo hábil, bem como a determinação correta dos custos dos serviços e das margens de lucro, como condição de sobrevivência no mercado, nesse aspecto, o Custeio Baseado em Atividades apresenta-se como uma das mais eficientes ferramentas, conforme ficou evidenciado ao longo deste trabalho, principalmente ao se considerar que a premissa básica do ABC é tratar a totalidade dos gastos como custos diretos, e gerenciá-los sob a ótica dos produtos finais. CORDEIRO (2000).

8. CONCLUSÃO

SEMLER (2002), escreveu a respeito da administração participativa, quando da recuperação da organização de sua família com base na mudança organizacional e na diversificação da produção. Ele propõe “os dez mandamentos” para os casos em que a sobrevivência da organização a longo prazo depende de: - salários e benefícios adequados, respeito pelo indivíduo, produto\serviço que seja capaz de gerar orgulho, espírito de equipe, espaço para opinar, redução da disputa entre cúpula e base, treinamento e aperfeiçoamento, seriedade por parte da organização, relativa segurança no emprego e profissionalismo. Uma questão importante á ser observada é a inclusão de um “décimo primeiro mandamento” que é o controle dos custos da organização. O mercado de prestação de serviços, em especial o de engenharia consultiva, está num momento de acirrada competição, onde ter custos competitivos tem sido o diferencial entre as organizações. De modo geral grande parte das organizações deste tipo de negócio possuem capacitação técnica, porém com elevados custos indiretos. Para que tais custos não onerem o preço final dos serviços/produtos\serviços, o uso de uma ferramenta eficiente na gestão dos recursos da organização, leva de forma direta á uma maior rentabilidade ao acionista, bem como a possibilidade da composição de um menor preço em relação aos concorrentes. Esta visão, tendencia a participação dos funcionários nas decisões da organização, bem como na participação dos resultados, dentro de uma administração participativa onde todos colaboram na transparente identificação dos custos. Esta transparência na identificação dos custos visa melhorar os indicadores de desempenho da organização (nº de propostas entregues / nº propostas convertidas em contrato) e conseqüentemente a participação dos funcionários nos resultados da organização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDABÓ (2001)

Aldabó, Ricardo Gerenciamento de Projetos: Procedimento Básico e Etapas EssenciaisSão Paulo: Artliber Editora, 2001.

COGAN (2002)

Samuel Cogan - Professor da FEA/UFRJ; autor de do livro Activity Based-Costing (ABC) - A Poderosa Estratégia Empresarial - <http://www.gea.org.br/scf/abc.html> .

CORDEIRO (2000)

Cordeiro, Luiz Fernando Ribas, Ronaldo Ardinal – Gestão de Custos Em Empresas de Engenharia através do ABC – Monografia – CEFET – PR ; 2000

FERREIRA (2001)

Ferreira, Ademir Antonio e Reis, Ana Carla Fonseca e Pereira, Maria Isabel : Gestão Empresarial: de Taylor aos nossos dias – Evolução e Tendências da Moderna Administração de Empresas: São Paulo – Pioneira Thomson Learning, 2001. Apudd: Semler, Ricardo, Virando a Própria Mesa. São Paulo : Editora BestSeller, 1988.

GAITHER (2002)

Gaither, Norman e Fraizer, Greg – tradução Santos, José Carlos Barbosa dos. Administração da Produção e Operações; São Paulo 2002, Ed. Pioneira Thomson Learning.

HANSEN (2001)

HANSEN, Don R. Gestão de Custos – Contabilidade e Controle. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

KAPLAN (1998)

KAPLAN, R. S. e COOPER, R. Custo e desempenho – Administre seus custos para ser mais competitivo. São Paulo: Editora Futura, 1998.

MAUAD (2002)

Mauad, Luiz G. A. e Pamplona, Edson O. O Custeio ABC em organizações de serviços: características observadas na implantação em uma organização do setor. IX Congresso Brasileiro de Custos. Out/2002, SP.

MIGUEL (2001)

Miguel, Paulo Augusto Cauchick Qualidade: enfoques e ferramentas. São Paulo: Artliber Editora, 2001.

MOTTA (2002)

Motta, Flávia Gutierrez e Escrivão, Edmundo Filho A Informação Contábil Para Fins Gerenciais: Breve Estudo Da Evolução Da Contabilidade De Custos Dos Métodos De Custeio.

NAKAGAWA (1994)

NAKAGAWA, M. ABC Custeio Baseado em Atividades. São Paulo: Editora Atlas S.A.,1994.

OLINTO (2003)

Olinto, Jefferson Filho e Silva, Paulo Ferreira da

http://www.techoje.com.br/ietec/techoje/techoje/administracao/2003/03/14/2003_03_14_0003.2xt/-template_interna -02*09*2003.

SEMLER (2002)

Semler, Ricardo Virando a Propria Mesa Ed. Rocco – SP , 2002

SINAENCO (2003)

Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva -

<http://www.sinaenco.com.br/index.php> - 29/11/2003 - 10:00H.

SLACK (2002)

Niguel Slack, Stuart Chambers, Robert Johnston; Tradução Maria Teresa de Oliveira; São Paulo Atlas 2002.

A tecnologia como fator de competitividade dos bancos no Brasil

Mauro Luiz Costa Campello (FIZO/UNICID) - mauro2591@aol.com
Prof. Dr. Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto (UNIP) - politeleia@uol.com.br

Resumo

Os bancos, apesar de muito criticados pelo governo e pela população em geral, pelos altos lucros e pelos serviços prestados, respectivamente, vêm demonstrando nos últimos anos uma capacidade de ajuste às diversas mudanças ocorridas não só no cenário econômico, com a estabilização da economia, mas também têm buscado formas diversas de superar todas as mudanças que enfrentaram. O artigo contempla diversas áreas de estudo da Engenharia de Produção, analisando a tecnologia como fator de competitividade dos bancos no Brasil, as mudanças que os levaram a buscar maior competitividade, mudanças que envolvem revisões organizacionais, estruturais, operacionais e outras, a inovação dos produtos e serviços oferecidos aos clientes na busca de crescimento dos negócios e maior rentabilidade. Analisa, também, os efeitos da tecnologia sobre os bancos além dos serviços por ela disponibilizados para os clientes, com maior comodidade e segurança para os mesmos e para as atividades bancárias.

Palavras-chave: Competitividade, Negócios, Tecnologia.

1. Introdução

A busca constante por resultados faz com que as empresas estejam sempre atentas aos principais movimentos que ocorrem em seus mercados de atuação: concorrência, clientes, produtos e serviços, tecnologia, legislação, fatores econômicos, preço, forma de entrega dos produtos, qualidade, entre outros. No caso dos bancos, os mesmos estão sempre investindo em inovação, formas diferenciadas de atendimento e de venda, novos meios de entrega dos serviços aos clientes e em tecnologia como suporte não só para essas atividades, como também em outros aspectos do processo produtivo e de controle, já que a diferenciação em seu mercado de atuação é quase que impossível, pois o mesmo se assemelha a um mercado de *commodities* (PORTER, 2000).

O presente trabalho pretende mostrar a tecnologia como fator de competitividade dos bancos no Brasil. Estes, de certa forma, são mal vistos e responsabilizados pelo caminhar da economia nacional, uma vez que apresentam lucros elevados em relação a outros setores produtivos. Porém, apesar de se beneficiarem das condições vigentes na economia com uma taxa básica de juros considerada elevada em relação à expectativa de inflação, nos últimos quinze anos os bancos se mostraram capazes de buscar competitividade em diversos momentos e de diversas formas, fato verificado pelos lucros obtidos e amplamente divulgados. Os bancos mostraram agilidade, flexibilidade e capacidade de inovação, de acordo com Freitas (2002), com introdução de qualidade em seus processos, constituindo-se no segmento que mais investe em Tecnologia da Informação (TI): *hardware, software*, equipamentos e linhas de comunicação. Em 2002 foram investidos R\$ 3,5 bilhões, 13,2% a mais que 2001, segundo a Federação Brasileira dos Bancos (FEBRABAN). Este montante equivale a 8,5% do patrimônio líquido do setor, bem superior à média nacional, de 2,5%, conforme a 11^a. Pesquisa Anual da Fundação Getúlio Vargas (FGV) sobre TI.

2. Os bancos no Brasil e as mudanças

O sistema bancário brasileiro tem quase 200 anos de existência, tendo sido criado em 1808, de acordo com Fontenla (1977). Em face das mudanças ocorridas nesses quase dois séculos, os bancos passaram por inúmeras e profundas transformações, tanto que hoje o modelo brasileiro é reconhecido como um dos mais modernos do mundo (ERNEST YOUNG, 1997) e um dos maiores prestadores de serviço do país (FEBRABAN, 2000). Os bancos, segundo Fontenla (1977), mudaram consideravelmente sua forma de atuação: de depositários de recursos e cessão de empréstimos, passaram, através de suas agências, a desempenhar um papel de suporte aos governos federal, estaduais e municipais, com a arrecadação de impostos, taxas e contribuições, além de pagamento do funcionalismo público. Da mesma forma, as concessionárias dos serviços públicos também passaram a utilizar a rede **bancária** como postos de pagamento de suas contas. Era uma oportunidade de negócio e de lucro para os bancos a realização desses serviços. Porém, essa não era a função principal dos bancos, cita Fontenla (1977). Assim, visando um melhor atendimento, racionalização e controle dos trabalhos, os bancos se viram obrigados a mudar a forma de funcionamento de suas agências, já que as filas eram grandes. Além disso, havia a necessidade de se alterar também os processos utilizados até então pelos bancos em suas operações, visando maior controle das transações realizadas com recursos de terceiros.

Outro aspecto que fez os bancos mudarem sua atuação, buscando melhores resultados, foi o contexto econômico vivido pelo país, após a implementação pelo governo federal de diversos planos econômicos entre 1986 e 1994. Então, visando um aumento nos negócios, os bancos mudaram todo seu modelo de funcionamento, buscando não só crescimento, como também competitividade num mercado cada vez mais disputado e com mudanças constantes não só dos concorrentes, como também dos clientes, mais exigentes e informados. A alta inflação vigente até meados dos anos 90 significava altos ganhos para os bancos, mas, com o Plano Real, a inflação vem se mantendo em níveis mensais baixos por um longo tempo. Isso fez com que o ajuste dos bancos fosse mais significativo, passando suas receitas originadas do *float* (gerada pela alta inflação e taxa de juros) para o *spread* (diferença entre o valor pago pela captação do dinheiro e a taxa do empréstimo) e também para as tarifas cobradas com os novos produtos e serviços, ou mesmo para alguns até então isentos de cobrança. O cliente também mudou: mais informado, mais exigente, com novas expectativas e necessidades, passou a ter maior rigor em suas relações com os bancos, amparado pelo Código de Defesa do Consumidor, implementado em 11/09/1990.

Johnson (2001) cita que as empresas devem estar preparadas para mudar muitas vezes, bem como se adaptar rapidamente às mudanças. Os bancos iniciaram suas atividades como depositários de valores de terceiros e até mesmo como emissores de moeda. Anos mais tarde, sua função tradicional, segundo Janowitz (1986), era a de captar dinheiro do público e oferecer empréstimos. Com o tempo, os bancos passaram a executar outros serviços: recebimento de carnês de pagamento e de contas, pagamento de empregados e fornecedores, cartões de crédito, cheques especiais, cheques de viagem, ordens de pagamento, depósitos a prazo fixo, seguros, fundos de investimento, câmbio. Os valores processados e o volume de documentos subiram espantosamente, obrigando os bancos a manter controles maiores sobre estas operações. Começa a necessidade de mudar os processos de trabalho para ganhar produtividade nos serviços, conforme Janowitz (1986).

Conceitualmente, a receita básica dos bancos deveria vir através do *spread*, mas, numa tendência mundial, como destaca Leite (1996), os bancos estão obtendo cada vez mais receitas através de serviços ou tarifas. Estas receitas não financeiras vêm se tornando mais importantes na composição da receita total dos bancos, conforme Leite (1996). Alguns aspectos são responsáveis pelo crescimento deste tipo de receita: a estabilização da economia

pelo Plano Real e a mudança do perfil dos clientes: mais exigentes e procurando por novos serviços. Por outro lado, a estabilização acarreta uma demanda por empréstimos para investimentos na produção pelos demais setores produtivos do país, o que faz aumentar o volume de crédito, com o conseqüente aumento da receita através de *spread*, ainda muito elevado, mesmo com a estabilidade econômica. A abertura da economia fez com que mudanças estruturais ocorressem no mercado bancário, como também em outros setores da economia: muitas fusões, aquisições e privatizações, bem como a chegada de bandeiras estrangeiras fortes e a redução do número de instituições no mercado, conforme Tabela 1.

ITEM	1964	1967	1970	1980	1982	1984	1988	1994	1998	1999	2000	2001	2002
Nº. BANCOS	336	262	178	111	114	111	109	244	203	194	193	181	166

Fonte: Adaptado de JANOWITZER, BACEN e FEBRABAN (2003).

Tabela 1 - Evolução do número de bancos.

3. Competitividade

Segundo Houaiss (2001), em termos de economia, competitivo é aquele “*capaz de enfrentar a competição comercial (pelo baixo custo, pela eficiência, etc)*”, é o “*que gera competição*”. A receita dos bancos originada via *float* caiu significativamente com a queda da inflação. Então, buscando competitividade, bem como uma forma de recuperar essa receita perdida, a disputa por participação no mercado é cada vez maior. Em busca de escala, os bancos fizeram fusões, associações, incorporações, e terceirizaram muitas atividades. A competitividade trouxe também a crescente utilização de inovações tecnológicas e financeiras como diferenciais na disputa por clientes. A generalização dos gastos com informática e telecomunicações acentua o encolhimento no número de postos de trabalho nos bancos, apesar do crescente número de pontos de atendimento, conforme dados da FEBRABAN (Tabelas 2 e 4).

Para Porter (1986), qualquer segmento econômico deve entender suas forças competitivas e as estratégias que podem levar ao sucesso. O modelo desse autor faz referência a cinco forças competitivas: Concorrentes: rivalidade existente entre as empresas atuantes no setor. Isso é evidente entre os bancos; Ingressantes: possibilidade de que novas empresas venham a se interessar pelo setor. Também aconteceu esse fator no caso dos bancos; Fornecedores: poder de pressão dos fornecedores dos insumos necessários. Em muitos casos, os fornecedores são os mesmos para diversos bancos; Compradores: também podem ter um poder de pressão ou volatilidade de alternativas. Os clientes mudam de banco se não estiverem satisfeitos; Substitutos: dependendo da natureza dos produtos ou serviços, verifica-se a ameaça de substitutos, como as seguradoras oferecendo os mesmos produtos que os bancos.

Para enfrentar essas forças competitivas, o autor (PORTER, 1986) recomenda atuar em três estratégias competitivas: Liderança no custo: a empresa torna-se produtora de serviços de baixo custo através de uma produção em escala eficiente. Uma posição de baixo custo gera para a empresa retornos acima da média do mercado, o que vem acontecendo com os bancos; Diferenciação: neste caso, a empresa procura ser única em seu setor, ou seja, diferenciar produtos oferecidos, criando algo único no setor. No caso dos bancos, a diferenciação é difícil, por se tratar de um mercado de *commodities* (PORTER, 2000), mas é conseguida com a inovação nos produtos, logo copiados pela concorrência; Enfoque: refere-se à escolha do ambiente de atuação, ou seja, definir e compreender determinado segmento ou grupos de segmentos para atuar. A segmentação implementada pelos bancos segue essa linha.

Quando se fala em resultados, o primeiro conceito que surge é o financeiro, segundo Santos et al. (2001), até como forma de sobrevivência do negócio. Essa sobrevivência está relacionada à capacidade de troca com o meio ambiente em que a empresa opera: aceitação de seus produtos ou serviços, poder de pagar os insumos necessários, entre outros. Os mesmos autores citam que os resultados desejados, ou a competitividade, dependem de três variáveis:

peças, processos e filosofia estratégica. As peças atuam em torno dos resultados utilizando processos tendo como orientação a filosofia estratégica empresarial, sendo que a sinergia do modelo está diretamente relacionada à forma de relacionamento entre essas três variáveis. Mas que fatores fazem uma empresa ser mais competitiva que outra? O que fazer, no caso dos bancos, que, segundo Porter (2000), atuam como um mercado de *commodities* pela grande similaridade de seus produtos ou serviços?

De acordo com Swaen (1992), a solução sustentável para aumentar a competitividade está baseada no aumento da produtividade, que, por sua vez, depende do crescimento da razão do produto gerado por trabalhador e insumos empregados. Ou seja, o caminho que leva à produtividade passa pela formação dos trabalhadores e pela tecnologia, **isto é**, a melhoria da qualidade gera uma redução de custos (produtividade) que conduz a uma maior competitividade. Esse mesmo conceito é compartilhado por Contador (1997), que cita a produtividade como medida pela relação entre os resultados obtidos da produção obtida e os recursos produtivos empregados nessa produção e observa que a qualidade gera custos menores em função do menor retrabalho, menos erros, atrasos, e melhor uso dos insumos; por sua vez, a produtividade torna mais eficiente a produção, o que permite a conquista de novos mercados em função da melhor qualidade e preços menores. Assim, o autor posiciona a qualidade e a produtividade como pilares da competitividade.

4. Tecnologia

A tecnologia talvez tenha sido **a** maior responsável pelo aumento da competitividade dos bancos, bem como pela sua modernização. O setor bancário, como os demais setores da economia, vem passando por várias mudanças ao longo dos últimos anos, sempre na busca de crescimento, o que gera uma forte competição dentro do setor (LEITE, 1996), além de procurar prestar um melhor serviço aos clientes e usuários de seus serviços. A tecnologia se posiciona como um elemento chave para tal crescimento, mediante diferenciação e redução de custos. Além disso, a tecnologia torna-se necessária para o desenvolvimento de novos negócios geográficos, bem como na busca de novos mercados (COSTABILE, 2002). A forte utilização da tecnologia foi fundamental para que o setor conseguisse escala, reduzindo custos, bem como tivesse maior capacidade de atendimento aos clientes atuais **e os novos**.

Longo (1979) define tecnologia como o conjunto ordenado de conhecimentos científicos, empíricos e intuitivos empregados na produção e comercialização de bens ou serviços, não se confundindo com instruções elaboradas destes conhecimentos visando operacionalizar a produção e a comercialização. Simantob & Lippi (2003) citam que o termo tecnologia tem ampla conotação, podendo se referir a “*técnicas, métodos, procedimentos, ferramentas, equipamentos e instalações que contribuem para a obtenção de um ou vários produtos*”. Esses mesmos autores destacam uma divisão da tecnologia em tecnologia de produto e tecnologia de processo e associam a inovação ao maior uso de tecnologia. No caso dos bancos, a tecnologia envolve três aspectos: informática, telecomunicações e automação, com fortes investimentos na área. Ao longo dos anos, cita Janowitz (1986), a tecnologia vem sendo utilizada pelos bancos em três níveis: processamento central; sistemas de apoio à decisão; automação de processos de atendimento aos clientes. A utilização da tecnologia pelos bancos possibilitou a integração das redes dos próprios bancos, integração entre diversos bancos e entre esses com seus clientes, reduzindo custos, agilizando resultados, ampliando serviços e superando barreiras geográficas, conforme Henrique (2001).

5. Efeitos da utilização da tecnologia

Entretanto, a utilização em larga escala da tecnologia trouxe diversos efeitos em vários níveis, interna e externamente aos bancos, conforme adaptação de Leite (1996), a saber: modificação do perfil do bancário, com necessidade freqüente de qualificação; modificação dos papéis e

responsabilidades (gerências das agências); modificação no nível do emprego, em parte pelo uso da tecnologia e também pela terceirização de atividades, bem como pelas privatizações e pelos processos de fusões e aquisições ocorridos no setor (Tabela 2); fortes alterações nas estruturas de custos operacionais; mudanças na política de remuneração; modificação na estrutura organizacional, tanto das agências como da retaguarda; extrema modificação na forma de trabalho, tanto dos gerentes como dos clientes, que passam a executar parte das operações antes totalmente feita pelos bancos; expansão dos serviços prestados, com novas opções aos clientes, tanto de horário como de local, com maior comodidade para os mesmos.

ITEM	1979	1980	1981	1982	1983	1998	1999	2000	2001
Nº. DE FUNCIONÁRIOS	456,0	480,8	522,5	584,9	629,4	435,8	414,8	400,9	402,8

Fonte: Adaptado de JANOWITZER, BACEN e FEBRABAN (expresso em mil unidades).

Tabela 2 - Mudança do nível do emprego nos bancos.

Segundo Costabile & Azevedo (2003), os bancos trouxeram grande contribuição para a mudança de hábitos no uso dos sistemas computadorizados pelos clientes, como o cartão magnético e o acesso via *internet*, mas, para isso, os sistemas devem garantir aos clientes segurança quando utilizados, já que a segurança lhes permite efetuar suas transações sem risco e por isso também vem merecendo investimentos continuados. O desenvolvimento tecnológico dos bancos, segundo a FEBRABAN (2003), permite vários benefícios ao sistema financeiro, além de exercer um papel fundamental no que se refere à inclusão social do cidadão brasileiro. Assim, são instalados equipamentos diversos e multifuncionais que permitem saques, depósitos, obtenção de extratos e de cheques, e outros que também facilitam o acesso dos clientes para suas transações bancárias, mostrados na Tabela 3.

EQUIPAMENTOS	2000	2001	2002	% 02/00	% 02/01
ATM's (SAQUE/DEPÓSITO)	15.639	22.537	38.483	146,4%	70,8%
CASH-DISPENSER (SAQUES)	47.618	58.066	63.998	34,4%	10,2%
TERMINAL DE DEPÓSITO	15.700	18.116	19.108	21,7%	5,5%
TERMINAL DE EXTRATO E SAQUE	22.260	24.259	9.308	-58,2%	-61,6%
DISPENSADOR DE CHEQUES	7.184	9.092	11.019	53,4%	21,2%
TOTAL	108.401	132.070	141.916	30,9%	7,5%

Fonte: FEBRABAN (2003).

Tabela 3 – Tipos de equipamentos.

Desta forma, a tecnologia atua como fator de vantagem competitiva para os bancos pela diferenciação na distribuição de produtos e serviços de forma inovadora, personaliza o atendimento e permite o desenvolvimento do relacionamento com os clientes, com redução de custos, crescimento dos negócios e da rentabilidade, aumento do número de clientes, proporcionando-lhes maior facilidade de acesso aos bancos, em termos de local e de horário, e uma redução da necessidade de ir até às agências para a realização de operações simples, como a obtenção do saldo em conta corrente. A Tabela 4 apresenta alguns dados do setor.

ITENS	1998	1999	2000	2001	2002	% 02/98	% 02/01
Nº. DE BANCOS (1/2)	203	194	193	181	166	-18,2%	-8,3%
Nº. DE AGÊNCIAS (1/2)	16.184	16.158	16.590	16.847	17.049	5,3%	1,2%
CONTAS CORRENTES (2/4)	44,7	49,9	55,8	63,2	66,7	49,2%	5,5%
VOL. TRANSAÇÕES (2/4)	12.799,1	13.982,1	16.411,9	19.791,3	19.558,2	52,8%	-1,2%
VOL. ARREC E PAGTOS (2/4)	1.520,2	1.593,7	1.727,3	1.877,4	N/D	N/D	N/D
FUNCIONÁRIOS (2/5)	435.847	414.803	400.854	402.847	399.842	-8,3%	-0,7%
INV. EM TECNOLOGIA (2/6)	2.107	2.491	2.892	3.124	3.537	67,9%	13,2%

Fonte: (1) BACEN, (2) FEBRABAN, (3) CNAB/Illy, (4) em milhões de unidades, (5) inclui apenas os funcionários, não considerando os terceirizados, (6) em R\$ milhões.

Tabela 4 – Dados gerais sobre o setor.

6. Serviços disponibilizados pela tecnologia

A tecnologia atua como elemento prestador de serviços com qualidade. Lembrando Tschohl & Franzmeier (1996), a qualidade não só é uma ferramenta de venda, mas também uma vantagem competitiva no longo prazo quando os produtos apresentam características comuns, como no caso dos bancos. Citamos alguns serviços disponibilizados pela tecnologia:

Cartão magnético: substituto do cheque e do dinheiro com vantagens de segurança e praticidade para o cliente e redução de custos para o banco, além de limitar os saques ao saldo disponível do cliente ou a um limite pré-estabelecido. É possível inclusive, em alguns bancos, que o cliente efetue saques em moeda local em outros países, através do cartão magnético, sendo que o respectivo débito ocorre imediatamente em sua conta-corrente no Brasil.

Home/office banking: forma de acesso ao banco através de microcomputador e linha telefônica, utilizando um *software* de comunicação próprio do banco (*home banking* para pessoas físicas e *office banking* para jurídicas). Permite efetuar praticamente todas as operações feitas numa agência bancária, exceto o saque e depósito de dinheiro. Vantagem de redução de custos e de trabalho para o banco, que passa a ser feito pelo cliente, e flexibilidade e comodidade para o cliente.

Internet banking: mesmo conceito do *home/office banking*, só que utilizando um provedor de *internet* para efetuar o acesso ao banco. Este processo tende a eliminar o *home/office banking*. A redução de custos é maior ainda para o banco, pois não precisa se preocupar com a manutenção do *software* de comunicação.

Fax: obtenção de informações sobre saldo de conta corrente e de investimentos, bem como posição da carteira de cobrança e outros produtos.

Telefone: possibilidade de obtenção de saldo e movimentações em conta corrente através de Unidades de Resposta Audível (URA). Acesso tanto por telefone fixo como por celular.

A Tabela 5 apresenta a utilização dos serviços remotos pelos clientes.

ITENS	1998	1999	2000	2001	2002	% 02/98	% 02/01
HOME BANKING	2,6	4,3	6,8	2,4	0,1	-96,2%	-95,8%
OFFICE BANKING	0,5	0,6	1,5	1,3	0,4	-20,0%	-69,2%
INTERNET BANKING	---	---	8,3	13,0	14,9	N/D	14,6%
CONSULTAS ÀS URAS	598,7	744,0	1.164,0	1.328,4	1.132,8	89,2%	-14,7%

Fonte: FEBRABAN (2003) e Balanço Social. Valores em milhões de unidades.

Tabela 5 - Clientes com acesso remoto.

Terminais pontos-de-venda (PDV): através do cartão magnético, o cliente realiza compras e efetua o pagamento com débito em sua conta e crédito na conta do comerciante. Redução de custos para o banco, segurança para o cliente e **garantia de recebimento pelo comerciante**.

Centrais telefônicas de serviços: atendimento telefônico com o qual é possível efetuar diversas operações bancárias: saldos, resgates, aplicações, pagamentos de títulos, contas e impostos, bem como solicitação de talões de cheques e de coletas de depósitos (serviços estes restritos para alguns bancos). Normalmente funcionam 24 horas por dia sem interrupção. Trazem redução de custos para os bancos, bem como possibilidade de relacionamento com o cliente e venda de produtos e serviços, além obter dados importantes dos clientes, o que possibilita o desenvolvimento de novos produtos e serviços mais inovadores, de acordo com Henrique (2001). Vantagem para o cliente: flexibilidade de horários, sem ter que ir ao banco.

Caixas eletrônicos: também conhecidos por quiosques, são locais onde os clientes podem efetuar alguns tipos de operações bancárias como saques, depósitos e pagamentos. Existem as redes próprias (ITAÚ e BRADESCO), as redes partilhadas (Banco 24 Horas) e as redes híbridas: bancos que operam no regime partilhado, mas também mantém rede própria (BANESPA, HSBC e ABN AMRO/REAL). Mais recentemente, vem acontecendo o compartilhamento das máquinas entre bancos (HSBC e UNIBANCO são exemplos), o que

permite que não clientes de um banco façam algumas transações em máquinas de outros bancos. Essa parceria é importante para a maior eficiência do sistema (HAMMER, 2002).

Transferência Eletrônica Disponível (TED): possibilidade de transferência imediata de recursos em conta-corrente para qualquer outra conta de qualquer outro banco com rapidez e segurança, após a implementação do Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB).

Débito Automático de Contas (DAC): pagamento de contas diversas, cartões de crédito, assinatura de jornais e revistas, provedores de *internet*, operadoras de TV a cabo, entre outras. Vantagens para o cliente: evita atrasos, multas, economia de tempo, sem necessidade de ir ao banco ou entrar em filas, e para o banco: redução de custos e vinculação do cliente.

Customer Relationship Management (CRM): ferramenta de gestão de relacionamento com o cliente através de informações gerais dos mesmos: renda, idade, canais que utiliza em contato com o banco, produtos que o cliente tem, ou seja, o perfil do cliente como um todo. O CRM permite que o banco conheça melhor seus clientes e possa desenvolver produtos adequados, bem como possibilita o melhor atendimento com o canal mais adequado à renda do cliente, segundo Hato (2002). Permite também diferenciar o atendimento ao cliente de acordo com o seu potencial de negócios. CRM não é apenas um sistema, mas um conceito apoiado em uma base computacional, que possibilita ações de gerenciamento das relações com os clientes (SIMANTOB & LIPPI, 2003).

Correspondentes bancários: nova forma de expansão para os bancos, principalmente os de varejo, que precisam ter maior capilaridade com novos pontos-de-venda, visando atingir uma parte da população ainda sem acesso aos serviços bancários e permitir um crescimento geográfico com menores custos de instalação. São parcerias dos bancos com supermercados, farmácias, lotéricas, agências dos correios e redes de grandes lojas e magazines. A Tabela 6 apresenta a evolução do número de correspondentes bancários.

ANO	2000	2001	2002	% 02/00	% 02/01
Nº. CORRESPONDENTES BANCÁRIOS	5.976	8.638	13.950	133,4%	61,5%

Fonte: BACEN/FEBRABAN (2003).

Tabela 6 – Evolução do número de correspondentes bancários.

7. Considerações finais

A utilização de tecnologia favoreceu os bancos com a redução de custos e aumento da escala, sendo fundamental para uma maior competitividade. Segundo Porter (2000), a empresa, para ser mais rentável que seus concorrentes, deve ter preços mais altos ou custos mais baixos e os bancos conseguiram reduzir custos, não só nos serviços prestados, como no tamanho das agências e no número de funcionários, porém aumentando via tecnologia a capilaridade com os correspondentes bancários. O futuro dos bancos está baseado na maior utilização da tecnologia, seja para expansão, para consolidação e até mesmo para a personalização de produtos de massa, visando o melhor atendimento das necessidades dos clientes com maior rentabilidade.

Costabile (2003a) cita que os clientes mudaram e não aceitam mais filas ou idas às agências. Esperam serviços ininterruptos 24 horas por dia, 365 dias por ano, com o apoio da tecnologia. Isso tende a gerar uma forte alteração no perfil das agências, em relação à distribuição dos recursos, que mudou significativamente desde o início dos anos 80, conforme Leite (1996), voltando a maior parte dos recursos para a realização de negócios. Assim, com um percentual maior de recursos voltados para negócios e o suporte tecnológico envolvido, a expectativa é que os lucros dos bancos, já elevados conforme balanços de 2002 e de 2003, venham a aumentar ao longo dos anos. Os bancos se mostraram empresas hábeis, pois são capazes de combinar os meios de forma eficaz; eficientes, porque se transformam em função das alterações que a situação (economia, concorrentes e clientes) exige deles; e dinâmicos, pois

são capazes de permanecer móveis, ou seja, abertos às diferentes situações sem se fixarem numa única posição, na busca de soluções para as situações que se apresentaram ao longo dos últimos anos e em face das mudanças ocorridas, destaca Freitas (2002).

Para Costabile (2003b) a competitividade dos bancos está na correta aplicação da tecnologia, na melhoria dos produtos, na conveniência para os clientes e na segurança que a tecnologia oferece. Espera-se dos bancos uma busca constante por mais clientes, já que a tecnologia faz com que os serviços bancários cheguem em locais com algum potencial de negócios e baixo índice de bancarização com custos reduzidos, um melhor nível de atendimento das necessidades dos clientes através da inovação e melhor conhecimento do mercado, criando novas formas de atuar e crescer com maior competitividade e lucratividade, compensando as perdas das receitas em função da redução prevista na taxa básica de juros ainda em 2004.

Apesar de não ser o único, pelo grande potencial de aplicação na atividade bancária a tecnologia se constitui num forte fator de competitividade contribuindo para o aumento dos negócios, satisfação e segurança dos clientes e o retorno do capital investido.

Referências bibliográficas

- CONTADOR, J. C. (Coord.). *Gestão de operações: a Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa*. Cap. 9. São Paulo: Vanzolini/Edgard Blücher, 1997.
- COSTABILE, H. *Correspondentes bancários*. São Paulo: 2002. www.thaler.com.br/artigo.asd?id=5, em 18/06/2003.
- _____. *As novas agências bancárias*. São Paulo: 2003a. <http://www.thaler.com.br/artigo.asd?id=10>, acesso em 18/06/2003.
- _____. *O Capital intelectual*. São Paulo: 2003b. <http://www.thaler.com.br/artigo.asd?id=13>, acesso em 18/06/2003.
- _____; AZEVEDO, L. M. *Os bancos no futuro e o papel da tecnologia*. São Paulo: CIAB/2003. <http://www.thaler.com.br/artigo.asd?id=13>, acesso em 31/10/2003.
- ERNEST YOUNG, Consultoria, publicação na imprensa, 1997 (mimeo).
- FEBRABAN, *Balanço social dos bancos*. São Paulo: FEBRABAN, 2003.
- FONTENLA, V. P. *História dos bancos no Brasil*. Rio de Janeiro: Luna, 1977.
- FREITAS, N. *Os bancos, a indústria e o comércio*. Fortaleza: Jornal da ABANCE, n.º. 49, abr/2002, Tipogressso, 2002.
- HAMMER, M. *A empresa supereficiente*. São Paulo: Revista Exame ed n.º. 764, Abril, 2002.
- HATO, C. *Banco1.net comemora resultados do CRM*, Gazeta Mercantil. São Paulo, 3 set, Tecnologia da Informação, p. 1-2, 2002.
- HENRIQUE, J. L. *Satisfação do usuário com as tecnologias da informação nos serviços bancários*. Dissertação (Mestrado em Administração), Programa de Pós-graduação em Administração. Porto Alegre: EA-UFRGS, 2001.
- HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, F. M. M. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- JANOWITZER, R. G. *A Automação bancária no Brasil*. Rio de Janeiro: Conjuntura Econômica, FGV, fev/1986.
- JOHNSON, S. *Quem mexeu no meu queijo?* Rio de Janeiro: Record, 24. ed, 2001.
- LEITE, J. C. *Tecnologia e organizações: um estudo sobre os efeitos da introdução de novas tecnologias no setor bancário brasileiro*. Tese (Doutorado em Administração), Depto. Administração. São Paulo: FEAC-USP, 1996.
- LONGO, W. P. *Tecnologia e transferência de tecnologia*. In: Seminário sobre transferência de tecnologia, 1979, Salvador. Anais...Salvador, 1979.
- PORTER, M. E. *Estratégia competitiva*. Rio de Janeiro: Campus, 1986.
- _____. *A nova era da estratégia*. São Paulo: HSM Management, 2000.
- SANTOS, J. L.; KELM, M. L.; ABREU, A. F. *Um modelo de gestão por resultados segundo a teoria da agência - um estudo de caso: BESC S/A*. São Paulo: RAUSP, v. 36, n.º.3, Pólo, jul-set/2001.
- SIMANTOB, M; LIPPI, R. C. *Guia Valor Econômico de inovação nas empresas*. São Paulo: Globo, 2003.
- SWAELEN, E. J. A. *Competitividade, eis aí a questão*. Rio de Janeiro: Revista Rumos do Desenvolvimento n.º. 98, nov-dez/92. Portinho Cavalcanti, 1992.
- TSCHOHL, J.; FRANZMEIER, S. *A satisfação do cliente*. São Paulo: Makron, 1996.

ARTIGO CIENTÍFICO NA ÍNTEGRA PUBLICADO EM REVISTAS, PERIÓDICOS
CIENTÍFICOS, ANAIS (NA ÍNTEGRA), OU SUPLEMENTOS ESPECIAIS DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA DE JORNAIS E REVISTAS

Meio de Publicação: Revista () Anais (X) Suplementos Especiais ()
Anais em CD (X)

Um Robô Paraconsistente
título do artigo

XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação
revista, periódico,...

PRADO, José Pacheco Almeida
Autor

Salvador (Bahia)
local de publicação (Estado)

SBC
editora

edição

1
volume

1
n ° do fascículo/mês e ano

1737-1746
pág.(inic./final)

Apresentação: Houve () Não Houve () Palestra (X) Mesa Redonda () Painel ()

Um Robô Paraconsistente

José Pacheco de Almeida Prado

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Paulista (UNIP)

Caixa Postal 14.020-350 – Ribeirão Preto – SP – Brazil

jprado@unip.br

Abstract. *Building autonomous robots has been a central objective of research in artificial intelligence. The development of techniques for autonomous navigation in real environment consist one of the main tendencies of the current researches about Robotics. An important problem in autonomous navigation is the necessity of dealing with a great amount of uncertainties inherent to the real environments. The paraconsistent logic has characteristics that make it become an adequate tool to solve this problem. In this work, it is proposed a technique of mapping the real world in the navigation of an autonomous robot using the paraconsistent logic.*

Resumo. *O desenvolvimento de técnicas para navegação autônoma em ambientes reais constitui uma das principais tendências das pesquisas sobre robótica. Um problema importante em navegação autônoma é a necessidade de se lidar com uma grande quantidade de incertezas inerentes aos ambientes reais. A lógica paraconsistente tem características que a tornam uma ferramenta adequada para solucionar este problema. Neste trabalho, é proposta uma técnica de mapeamento do mundo real na navegação de um robô autônomo utilizando-se a lógica paraconsistente.*

1. Introdução

Para funcionar em um ambiente desestruturado, desconhecido ou dinâmico, um robô móvel deve ser capaz de perceber as circunstâncias e gerar ações que são apropriadas para o ambiente e para seus objetivos. Robôs Móveis precisam combinar informações de várias fontes diferentes. Um bom sistema de sensoriamento é fundamental para adquirir dados que descrevem o ambiente, em tempo real e com alta resolução. Tal sistema deve funcionar dentro das limitações dos recursos computacionais e de consumo de energia impostos pela plataforma móvel sobre a qual o robô está montado [Canny 87], este aspecto associado às limitações de tempo para o processamento e interpretação das informações coletadas pelo sistema de sensoriamento e pelo fato de que os sensores estão sujeitos a ruídos imprevisíveis, responsáveis por perturbações em suas medidas, geram inconsistências e incertezas na interpretação e na modelagem do mundo onde o robô está inserido.

Nos últimos anos, pesquisadores vem propondo abordagens para lidar com estas incertezas, contudo o que é observado é que o fenômeno da inconsistência não é tratado, pelo menos diretamente, em tais abordagens. A Lógica Paraconsistente é uma lógica não clássica, criada por Newton da Costa [da Costa 91], que permite o tratamento do fenômeno da inconsistência de forma natural e computacionalmente eficiente.

Uma forma de aplicar os conceitos teóricos da Lógica Paraconsistente foi encontrada com o desenvolvimento da Lógica Paraconsistente Anotada. Nesta, todos os predicados — fatos — possuem um valor de crença μ associado, por exemplo, $p: \mu$. Que pode ser lido como: “é sabido com crença mínima μ que p é verdadeiro”.

Onde $\mu \in \tau$, seja $\tau = \langle |\tau|, \leq \rangle$ um reticulado finito onde, $\tau = \{\perp, \mathbf{f}, \mathbf{It}, \mathbf{If}, \mathbf{T}\}$. Os elementos — constantes anotacionais — do reticulado representam, respectivamente: *indefinido, verdade, falso, quase verdadeiro, quase falso e sobre definido* — \mathbf{T} pode ser visto, de forma intuitiva, como inconsistente. A ordem entre as constantes anotacionais é representada pelo diagrama Hasse da Figura 1, esta ordenação indica que há uma crença maior em um fato anotado com \mathbf{t} — verdade — do que em um anotado com \mathbf{It} — quase verdadeiro.

A expressão “É quase certeza que a porta esta aberta e é certo que há um obstáculo nas coordenadas $\langle 2, 1 \rangle$ ” pode ser representada utilizando-se a Lógica Paraconsistente Anotada como:

porta(aberta):It

obstáculo(2,1):t

Supondo a existência de dois sensores A e B onde:

- o sensor A indica com certeza a existência de obstáculo nas coordenadas <5,3>, representado com obstáculo(5,3):t e
- o sensor B indica que não há obstáculo nas mesmas coordenadas, representado como obstáculo(5,3):f

Um sistema baseado em Lógica Paraconsistente Anotada poderia representar tal informação como obstáculo(5,3): T

É conveniente ressaltar que diferentes reticulados podem ser empregados permitindo que o projetista utilize o mais adequado a sua aplicação.

Todos os conectivos da lógica clássica — e, ou, etc. — estão presentes na Lógica Paraconsistente Anotada e podem ser utilizados na modelagem e na implementação de sistemas computacionais. Na implementação do sistema de navegação paraconsistentes, está sendo utilizada uma biblioteca escrita na linguagem de programação C++ que contém as classes e os objetos necessários para a manipulação e tratamento das constantes anotacionais, bem como dos dados anotados.

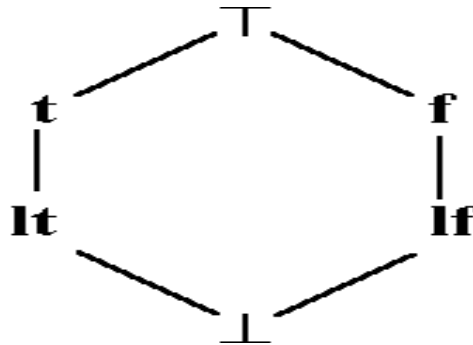


Figura 1: Reticulado τ .

Utilizando diferentes reticulados é possível criar funções que avaliem a qualidade dos dados obtidos permitindo ao robô determinar se há muita inconsistência em sua descrição do mundo ou se há indeterminação na mesma — falta de dados. Tais situações podem afetar as decisões tomadas pelo robô, ele pode decidir por reduzir sua velocidade uma vez que ele não está certo sobre o mundo a sua volta, pode resolver explorar melhor o mundo na tentativa de obter mais dados para melhorar seu modelo do mesmo ou pode optar por pedir auxílio a outro agente externo, um operador humano, outro robô, etc.

A Lógica Paraconsistente Anotada fornece mecanismos e técnicas para representar e manipular o fenômeno da inconsistência. Permitindo o desenvolvimento de um sistema de navegação onde a inconsistência não é simplesmente eliminada dos dados coletados, por um artifício, mas sim incorporada ao modelo do mundo.

2. Construção do Mapas Paraconsistentes

O termo mapeamento refere-se ao processo de se construir um modelo do mundo baseado nas informações obtidas pelos sensores. Entre as várias abordagens adotadas em mapeamento, este trabalho propõe o uso da Lógica Paraconsistente Anotada na elaboração de mapas baseados em *grid*.

Abordagem baseada em *grid*, foi proposta em [Elfes 87]. Nesta abordagem, o mundo é representado em uma forma bidimensional utilizando uma matriz, onde cada célula contém um valor que indica a existencial ou não de um obstáculo na região do mundo correspondente a esta célula.

Os teste com o novo navegador foram realizados com o simulador do ambiente Saphira. Para os teste foi definida uma sala com um obstáculo em forma de T no centro da mesma. Tal

Pode-se observar tanto a presença de regiões desconhecidas (\perp) pelo robô como regiões cuja leitura dos sensores retornaram como sendo inconsistentes (\mathbf{T}). tais informações estariam perdidas ou com ausência de informação em outras técnicas de modelagem. Diante dessa representação — figura 6—, o sistema de mapeamento do robô poderia assumir uma nova postura no contexto na qual se encontra, direcionando-se a uma tomada de decisão mais adequada para uma melhor representação do mundo real.

3. Geração da Rota

Uma vez construído, para o sistema de navegação traçar a rota, é utilizada uma abordagem baseada em Campos Potenciais, [Arkin 98].

Para este experimento foram implementados dois comportamentos:

- Evite obstáculo e
- Vá para meta.

3.1 Comportamento *Evite Obstáculo*

Este comportamento procura garantir que robô não colida com os obstáculos do meio ambiente.

Cada obstáculo exerce uma força repulsiva no robô, esta força é representada por um vetor que tem sua origem no centro de massa do robô e possui sentido oposto ao objeto detectado. Como cada objeto exerce uma força repulsiva no robô, o resultado final é a soma vetorial de cada uma destas forças, como pode ser observado na figura 7.

A intensidade da força é determinada por uma função que considera a distância do centro de massa do robô ao objeto em questão e do grau de crença na existência deste obstáculo.

$$V(d) = e^{(-d+S)/T} * \mu_{\text{obstáculo}}$$

$$\varphi = -\varphi_{\text{robô-obstáculo}}$$

onde V é a intensidade da força, d é a distância do centro de massa do robô ao objeto, S é o “standoff” do robô, distância abaixo da qual a magnitude do comportamento satura em seu valor máximo (normalizado), T é a constante de tempo da curva de decaimento, $\mu_{\text{obstáculo}}$ é a crença na existência do objeto, φ é a direção do vetor resultante do comportamento e $\varphi_{\text{robô-obstáculo}}$ é a direção definida pela reta que une o obstáculo ao centro de massa do robô.

Quanto maior for a crença na existência de um obstáculo, maior será sua influência no cálculo do vetor resultante. Em situação onde o sistema reconhecer, com um certo grau de crença, que não há obstáculo na célula, ou seja $0 \leq \mu_{\text{obstáculo}} \leq -1$, o campo potencial desta célula não deverá ser considerado.

É importante lembrar que a crença μ associada a cada célula do mapa diz respeito a existência de um caminho livre para o robô. Logo a crença de que há um obstáculo na célula é definida como $\mu_{\text{obstáculo}} = \neg\mu$.

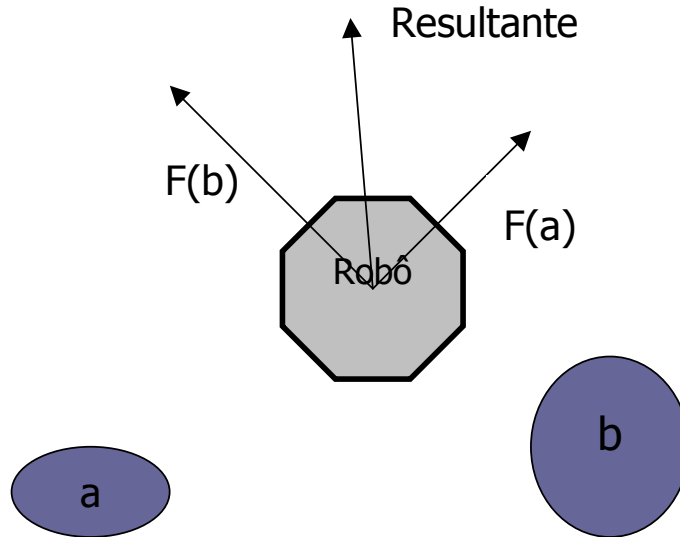


Figura 7: Vetor resultante.

3.2 Comportamento *Vá para Meta*

Enquanto o comportamento anterior está baseado em uma força repulsiva exercida pelos objetos procurando evitar que o robô colida com obstáculos, o comportamento *Vá para a Meta* tem o objetivo de atrair o robô para um determinado ponto no ambiente, o ponto Meta.

A força atrativa que a meta exerce sobre o robô tem a direção da reta que une a posição atual do robô e o ponto destino. Esta força tem magnitude constante e é definida como:

$$V(d) = Cte * \mu_{alvo}$$

$$\varphi = -\varphi_{robô-alvo}$$

O resultado desta codificação é um campo radial atrativo de magnitude constante, em direção ao alvo. A intensidade deste campo é afetada, apenas, pela crença que se tem de que o alvo está na célula em questão, representada por μ_{alvo} .

4 Testando o Sistema

Nos testes aqui descritos foi utilizada a sala da figura 2, onde para o robô chegar em sua meta é necessário contornar obstáculo.

O resultado do primeiro teste pode ser observado na figura 8 onde está indicado o caminho percorrido pelo robô. Para facilitar a visualização do caminho percorrido, foi acrescentada a figura o desenho do obstáculo inteiro e não apenas seu eco no radar. Pode-se observar que escolha por contornar o obstáculo pela esquerda leva-o a percorrer uma distância maior até o alvo. Esta escolha foi feita porque há uma maior concentração de obstáculos no lado direito da sala, o que resulta em um maior campo de repulsão.

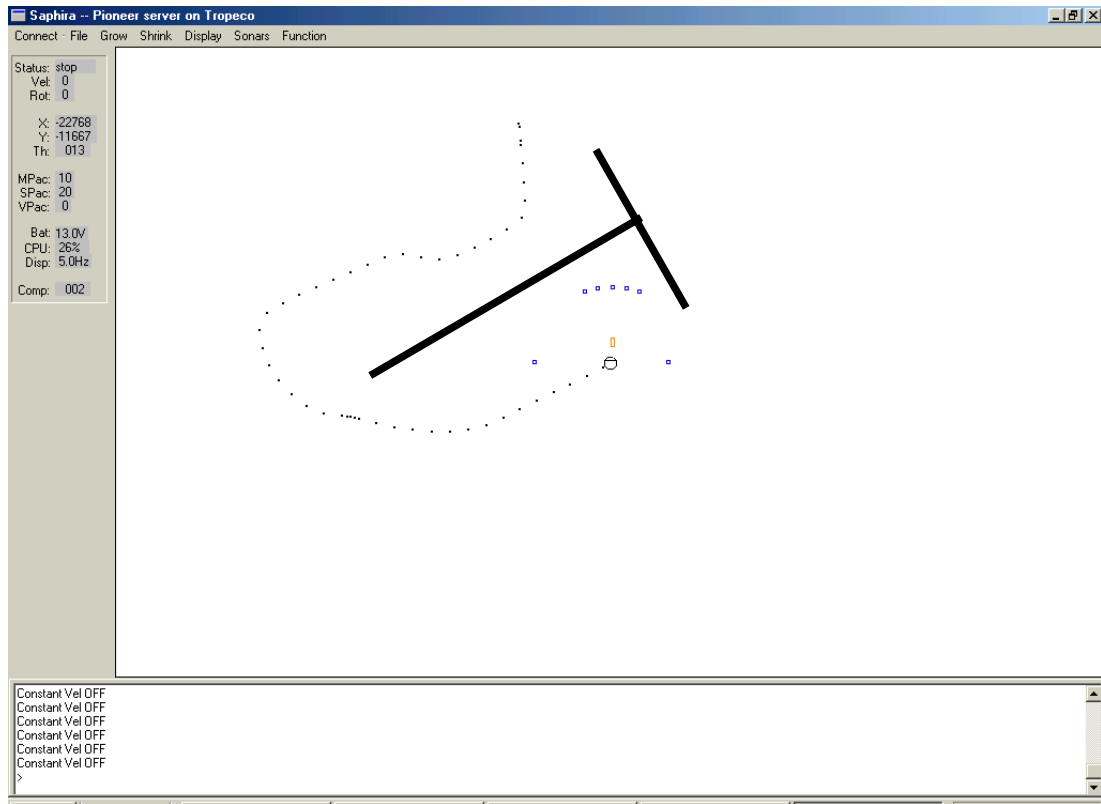


Figura 8: Exemplo de navegação.

A variação ao longo do caminho é decorrente nas variações na crença da existência de um obstáculo na lateral esquerda, quanto maior a crença, mais o robô se afasta do mesmo.

O efeito do grau de crença no caminho percorrido pelo robô pode ser melhor observado no exemplo da figura 9. Neste teste, foram introduzidos ruídos na leitura do sonar, gerando um mapa onde o grau de crença na existência de obstáculos está bastante comprometido.

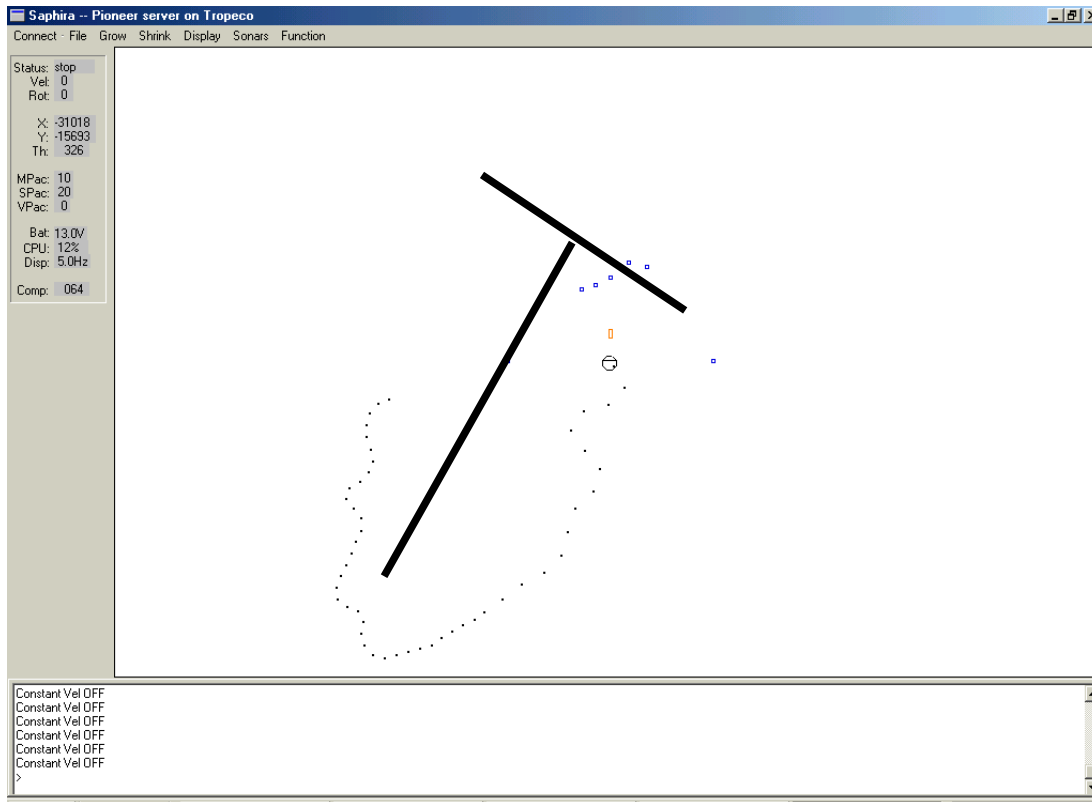


Figura 9: Rota com muito ruído.

Embora este exemplo mostre que o sistema baseado em Lógica Paraconsistente é bastante robusto permitindo seu funcionamento em condições extremas onde o nível de confiabilidade na representação do mundo é baixo, o ideal seria que o robô, utilizando da técnica de cálculo do grau de definição [Da Silva 98], solicite ajuda de um operador humano.

5. Conclusões

O uso da Lógica Paraconsistente Anotada na elaboração de mapas baseados em *grid* apresenta diversas vantagens sobre os modelos baseados em lógica clássica, elas pode-se destacar:

A tarefa de se integrar as informações oriundas dos diversos sensores fica mais simples, uma vez que as inconsistências são tratadas de forma natural, previsto na Lógica Paraconsistente Anotada.

Utilizando os conceitos de *grau de definição* [Prado 03] é possível avaliar a qualidade — a confiabilidade — da descrição do mundo, quando esta for ruim o robô pode tomar a iniciativa de explorar a região para melhor a qualidade de sua representação.

A notação de desconhecido, também, permite uma melhor descrição do mundo. Imagine que o robô se encontra no lado **A** da sala representada na Figura 2 se não há um conhecimento prévio, é impossível para o robô determinar o que há no lado **B**, uma vez que há um obstáculo entre os lados, não permitindo que seus sensores monitorem este lado, a menos que o mesmo se desloque até lá.

Pode-se facilmente definir uma função **F** que mapeie grau de crença em probabilidade de ocupação. Esta é uma função importante pois permite o uso de técnicas e de algoritmos desenvolvidos em outras abordagens na proposta.

Diferente de outras implementações de campos potenciais, onde a determinação da velocidade de navegação do robô é extremamente dependente das características — complexidade — do mundo onde o robô atua, na implementação baseada em Lógica Paraconsistente Anotada esta dependência não ocorre, porque a velocidade aqui é naturalmente ajustada pelo grau de crença na existência de caminhos livres, permitindo que o sistema se ajuste

naturalmente ao mundo. Em ambiente complexos este grau tende a ser menor e a velocidade de navegação, também, será menor que em outros ambientes.

Finalmente, a união das técnicas de Mapas Baseado em *Grids*, Campos Potenciais e Lógica Paraconsistente Anotada, mostrou ser de grande valia para a navegação de robôs móveis, os resultados obtidos com a combinação das três técnicas superam seus resultados individuais, principalmente em aspectos relacionais a robustez e capacidade de adaptação dos sistemas de navegação. Os resultados obtidos são bastante significativos e indicam um promissor campo de pesquisa.

6. Referencias

[Arkin 98] Arkin, R. C. Behavior-Based Robotics. MIT Press, 1998.

[Canny 87] Canny, J. *The Complexity of Robot Motion Planning*. Cambridge, The MIT Press, 1987. p.295.

[Elfes 87] Elfes, A. Sonar Based Real World Mapping and Navagation, IEEE Transactions and Robotics and Automation 3 (3) : 249, 265, 1987.

[da Costa 91]da Costa, N.C.A.; Abe, J.M.; Subrahmanian, V.S. Remarks On Annotated Logic. Zeitschrift Fur Logic Un Grund Der Mathematik. DTCH. Vig D. Wiss, v.37, p.561 - 570, 1991.

[da Silva 98]Da Silva Filho, J.I.; Abe J.M. *Algoritmo "Para-Analisador"*. São Paulo, IEA/USP, 1998. 18p. (Coleção Documentos do Instituto de Estudos Avançados - USP, Série Lógica e Teoria da Ciência, 43).

[Prado 96]Prado, J.P.A. Uma Arquitetura para Inteligência Artificial Distribuída Baseada em Lógica Paraconsistente Anotada. São Paulo, 1996. 277p. Teses (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

[Prado 03] Prado, J.P.A., A Paraconsistent Robot Navigation System. In 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2003), Proceedings, Orlando, 2003, to appear.

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO

M. S. Mosareli, W. C. Botelho, O. Vendrametto: Proposta para a Sustentabilidade Energética do Setor Produtivo, XI Simpósio de Engenharia de Produção – XI SIMPEP, realizado pela UNESP, Bauru (SP), Brasil, 2004, anais eletrônico em: www.feb.unesp.br/dep/simpep/scripts/arquivo/08.php.

Área: Gestão da Tecnologia

Linha de Pesquisa: Otimização de Energético na Cadeia de Suprimentos

Proposta para a sustentabilidade energética do setor produtivo

Mário Sylvio Mosareli (UNIP) mario@engenerg.com.br

Wagner Costa Botelho (UNIP) wagner@wrb.com.br

Oduvaldo Vendrametto (UNIP) oduvaldov@uol.com.br

Resumo

O racionamento no abastecimento de água e energia elétrica a que foi submetida a sociedade brasileira no período de 2001/2002, conduziu o setor produtivo a um retrocesso, cujos efeitos foram diretamente proporcionais a dependência da energia elétrica de cada ciclo. Nessa questão reside a preocupação central deste artigo, pois, a retomada do desenvolvimento que hoje estamos experimentando, já esboça uma demanda energética para 2008 que supera a projeção de oferta, sinalizando um novo colapso, com conseqüências muito piores. A proposta para a sustentabilidade energética do setor produtivo está alicerçada na filosofia da geração própria de pequeno porte, priorizando fontes renováveis. A Geração Distribuída - GD, tida como a nova tendência mundial, apresenta diversas tecnologias para a produção desse insumo no próprio local de utilização, promovendo a inserção da eletricidade como um novo produto capaz de criar vantagens competitivas. Esse trabalho está dividido em duas partes fundamentais. Na primeira é explicitada a crise de 2001 com seus nuances, para demonstrar que suas causas não foram superadas e na segunda parte é apresentada uma proposta para que o setor produtivo transforme essa ameaça em oportunidade, através da implementação dos preceitos de Geração Distribuída.

Palavras chave: Energia, Sustentabilidade Energética, Geração Distribuída.

1. Introdução

A crise energética ocorrida no início deste século, com efeitos avassaladores na economia do país, causou seqüelas no setor produtivo que até hoje não foram recuperadas.

Isto porque a energia elétrica constitui um insumo imprescindível à maioria dos ciclos produtivos, representando, em alguns ramos de atividade, até 80% de participação no processo industrial, conforme apresentado na Tabela I.

Tal cenário exige um breve estudo da história para que se possa antever situações análogas e tecer com segurança, as medidas de precaução mais adequadas.

Embora tenha eclodido em 2001, o problema de abastecimento de energia elétrica, segundo a Ministra de Minas e Energia, Dilma Rousseff (Eletricidade Moderna, Junho/2003) teve como causas principais questões conjunturais que vem se acumulando a mais de uma década.

O quadro dramático observado foi consolidado pelas péssimas condições hidrológicas que resultaram na redução dos potenciais das represas a um nível médio inferior a 10%, contudo, se tivesse havido um planejamento adequado da ampliação do sistema, os efeitos teriam sido consideravelmente atenuados.

A situação foi agravada, após a caracterização do quadro, pelo desencadeamento de um "efeito dominó" causado pelos componentes: altas tarifas, redução do consumo, excesso de oferta, desestruturação de fornecedores e paralisação do crescimento do setor elétrico, cujos movimentos específicos serão detalhados a seguir.

Altas tarifas

Nos contratos de privatização das elétricas, dentre outros fatores, foi formalizado o compromisso no aumento das tarifas pelo governo, em taxas acima dos indicadores de mercado, o que realmente ocorreu. Para agravar o quadro, a partir do ano de 1999 nossa moeda sofreu uma seqüência de macro desvalorizações passando de praticamente um real por dólar para valores oscilando em torno de R\$ 3,00 por dólar e, como o modelo institucional do setor elétrico brasileiro foi idealizado para ser sustentável em ambiente de paridade cambial e

Ramo	Consumo (%)
Têxtil	80,0
Mineração	59,5
Química	51,7
Papel e Celulose	40,2
Cimento	31,0
Alimentos e Bebidas	25,7
Ferro-gusa e aço	25,5
Cerâmica	22,5
Fonte: Balanço Energético Nacional – BEN (2003)	

Tabela I: Consumo por atividade

grande parte da energia é comprada pelas distribuidoras em moeda americana, o repasse para o consumidor final desses aumentos produziu um forte acréscimo nas faturas.

O setor industrial, por sua vez, assumiu uma parte desse impacto e transferiu para o produto - embora de forma atenuada e proporcional ao preço final - o custo adicional daquele insumo. Na Tabela II, a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica demonstra a evolução dos preços médios de energia elétrica em relação a outros indicadores de preços oficiais, onde é verificado que a tarifa média de energia elétrica no país registrou um aumento pouco maior de 140% no período entre 1995 e 2002 e no ano de 2003 ultrapassou a marca de 16%, o que corresponde a 180% entre os anos de 1995 e 2003.

Classe	1995 (R\$/MWh)	2002		2003	
		(R\$/MWh)	Variação desde 1995	(R\$/MWh)	Variação desde 1995
Residencial	76,26	209,74	175%	239,30	213%
Industrial	43,59	95,77	120%	111,86	157%
Comercial	85,44	185,60	117%	210,30	146%
Média Total Geral	59,58	143,05	140%	167,15	180%
IPC			53%		65%
IPC-A			64%		76%
Fonte das tarifas: ANEEL -Agência Nacional de Energia Elétrica					
Fonte do índice IPC:FIPE - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas					
Fonte do índice IPC-A: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística					

Tabela II : Variação da tarifas de energia elétrica e índices de preços

Isso ocorre por que, em cumprimento aos contratos de concessão, os reajustes das tarifas tomam como base a variação do IGP-M (Índice Geral de Preços) da FGV (Fundação Getúlio Vargas), que tem forte componente cambial, pois sofre influência do atacado.

Na comparação das tarifas com dois dos principais índices de inflação, o IPC (Índice de Preços ao Consumidor) da FIPE (Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas) e o IPC-A (Índice de preços ao Consumidor – Amplo) de IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), que variaram no mesmo período respectivamente 65% e 76%, é nítida a enorme disparidade.

Redução do consumo

A falha no planejamento estratégico do governo federal, em incluir no potencial energético um rol de obras, que embora de grande importância, ainda não haviam sido iniciadas por estarem vinculadas a fatores pendentes, tais como licenças ambientais, outorgas, dotação orçamentária ou patrocínio, dentre outras, ocultou as reais necessidades de ampliação da capacidade de geração, encobrendo os verdadeiros riscos de déficit na oferta de energia. Foram essas práticas equivocadas de planejamento, aliadas ao modelo elétrico existente que, segundo a Ministra de Minas e Energia, Dilma Rousseff (Eletricidade Moderna, Junho/2003), culminaram com a escassez energética ocorrida em 2001, exigindo a implantação de um plano emergencial de racionamento.

O programa de redução de consumo, amplamente veiculado para a população, obteve um resultado muito acima do esperado, principalmente na classe residencial. Durante a fase crítica que ocorreu entre Junho de 2001 e Fevereiro de 2002, ocorreu uma redução de consumo generalizada originada pela crise e mantida pelo medo do “apagão”. Contudo, a grande surpresa veio após essa fase, quando foi observado que o povo brasileiro, em sua grande maioria, adquiriu uma nova cultura de utilização da energia elétrica, substituindo equipamentos e costumes esbanjadores por uma mentalidade de economia.

A Tabela III apresenta parte do Relatório Analítico – Ciclo 2000 e o Boletim anual 2002 do Ministério de Minas e Energia, com os consumos de energia elétrica previstos e faturados anualmente para o Brasil.

Tal quadro demonstra que durante os anos de 2001 e 2002, houve decréscimo real de consumo da ordem de 5,52%, representando uma queda de 14,9% entre o consumo previsto e o realizado. Esses números refletem uma acentuada redução da produção industrial, aliada a implementação, pelas empresas, de novas políticas internas redução dos desperdícios, revendo as instalações, substituindo energéticos, adequando curvas de carga as tarifas, dentre outras ações.

Classe	2000	2001			2002		
	Real	Prev.	Real	Dif. (%)	Prev.	Real	Dif. (%)
Residencial	83,6	88,7	73,6	-17	94,5	72,7	-23
Industrial	131,3	137,4	122,5	-10,8	143,4	127,7	-10,9
Demais classes	92,6	97,0	87,2	-10,1	103,3	90,0	-12,9
Total	307,5	323,1	283,3	-12,3	341,2	290,4	-14,9
Fonte previsto: CTEM/CCPE/MME "Mercado de Energia Elétrica Cilco 2000- Relatório Analítico"							
Fonte realizado: GTEM/GTEA/CCPE/MME Boletim "Mercado e Carga Própria - Anual 2002"							

Tabela III: Evolução do consumo faturado de energia elétrica no Brasil (TWh)

Excesso de oferta

O excedente de energia acumulado pelo baixo consumo, conduziu as geradoras a negociarem seus produtos a preços mais baixos, quando conseguiam vender. Por conta desse excedente que ainda permanece, as distribuidoras estão fazendo verdadeiras promoções de energia, possibilitando o consumo em horário crítico (de ponta) a preços subsidiados, como é o caso dos modelos de EST (Energia para Substituição Térmica) e EIP (Energia para Incremento de Produção), disponíveis para a indústria que, embora não apresentem quaisquer garantias de perenidade ao cliente, possibilitam em curto prazo uma redução de custo bastante considerável, gerando uma vantagem competitiva para a empresa cujo processo demanda grande quantidade de energia elétrica.

Esses esforços ainda são acanhados para um retorno rápido aos patamares anteriores de crescimento, isto porque a demanda retraída constitui apenas um dos elementos dessa equação, onde também figura o grande aumento de potencial do sistema elétrico.

Segundo a Ministra de Minas e Energia (Folha de São Paulo, 07/06/2004), há um consumo pelo mercado atual de 45 mil MW – em recessão - para uma oferta média de 82 mil MW. Essa sobra teórica no sistema interligado, é composta em grande parte pela retração do mercado pós-acionamento, somada a parcela de energia nova que nesse período foi introduzida no sistema pelo plano de expansão, o qual já estava em andamento anteriormente e foi agilizado pela crise.

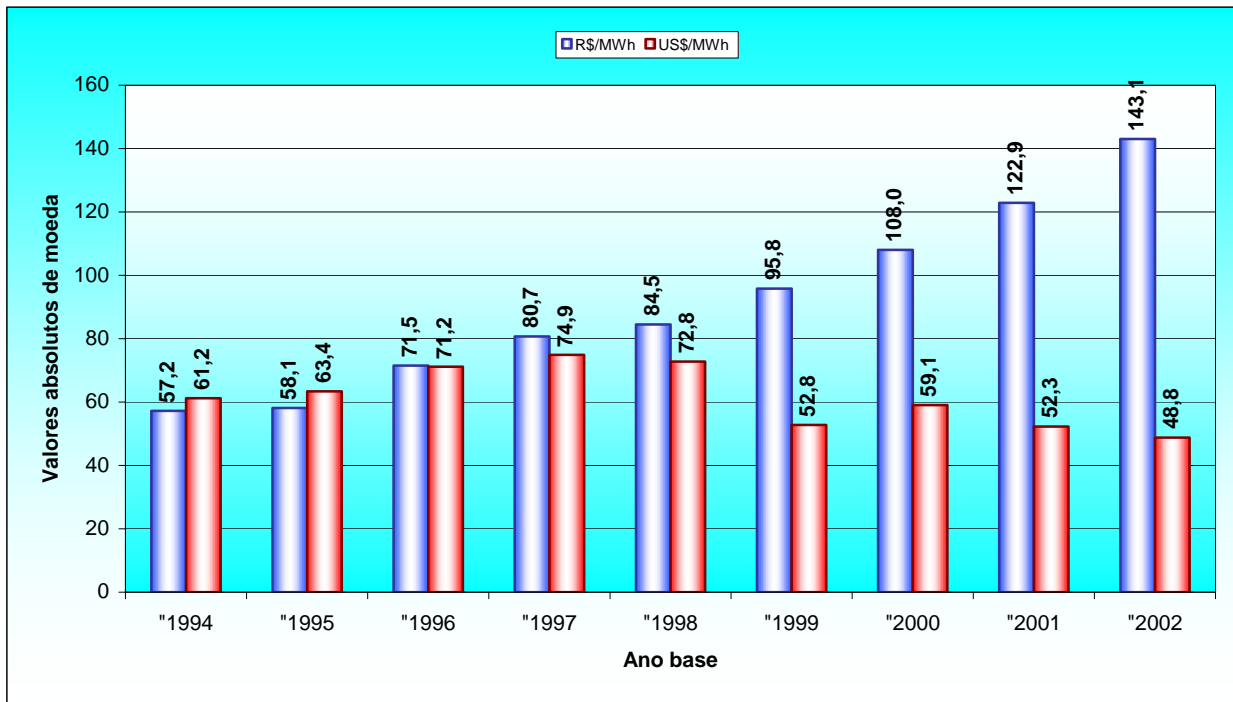
Desestruturação das concessionárias

O alto endividamento - grande parte em moeda estrangeira e sem proteção contra a variação cambial (*hedge*), a baixa rentabilidade provocada pelo racionamento de energia de 2001/2002 e pela demora para recuperação do mercado anterior, a tarifa energética "dolarizada" para compra, os altos juros internos, a manutenção das retiradas pelos acionistas e a forte reavaliação mundial para baixo nos preços dos ativos do setor – que traduziu-se em perda da rentabilidade e queda de ações - sedimentaram as dificuldades e a desestruturação das empresas do setor elétrico.

Os sucessivos choques cambiais a partir de 1999, quebrou a evolução firme nos preços que vinha ocorrendo até 1997, fazendo a tarifa média fechar 2002 em um nível inferior ao registrado na década de 90.

Segundo uma pesquisa feita com 26 empresas do setor (O Estado de São Paulo - 09/07/2003), a dívida dessas empresas atingia a cifra de R\$ 56,8 bilhões. A revista Exame (Julho - 2003) publicou o artigo "Maiores e Melhores" onde figuraram algumas concessionárias do setor elétrico brasileiro: três delas na relação das menos rentáveis, cinco na das que mais encolheram e sete no grupo das que tiveram os maiores prejuízos no ano.

Em rápida análise de valor, é possível concluir que as privatizações das energéticas ocorreram em um momento em que os ativos do setor elétrico estavam muito valorizados na maioria dos países, sendo visto como grande oportunidade de negócio pelos investidores, mormente no Brasil, pois contavam com a estabilidade do câmbio e o rápido retorno do investimento através da tarifa. Isso fez com que os preços de venda das empresas atingissem valores relativamente altos. O financiamento dessas aquisições e das expansões contratuais acarretou um endividamento em moeda estrangeira que, por conta do aumento do dólar, se avolumaram de forma a se tornarem impagáveis no prazo previsto e mantendo o retorno aos acionistas.



Fonte: IEDI – Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, com dados da Eletrobrás (1994/2000) e ANEEL (2001/2002)

Gráfico I – Preço de revenda da energia elétrica, comparativo entre R\$ e US\$

Tal cenário convenceu o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) a ceder empréstimos e a rever contratos anteriores que aumentaram o endividamento das empresas. As reivindicações dessas empresas foram convincentes de tal forma a ser criado o ECE (Encargo de Capacidade Emergencial) que, sob o rótulo de manter uma demanda de “stand by”, está até hoje transferindo para o consumidor o “prejuízo” das concessionárias pela redução do consumo, redução esta solicitada pelo próprio governo.

Paralisação do crescimento do setor

Com as altas dívidas de financiamento aliado ao reposicionamento dos seus ativos, afetando diretamente o nível de remuneração das empresas, houve uma estagnação generalizada, tanto nos serviços para expansão quanto nos de manutenção do sistema elétrico. A visão de capacidade excedente, com sobra de energia em relação a demanda, se torna equivocada por sinalizar erroneamente ao mercado, que os problemas estruturais que condicionaram o País ao racionamento de 2001/2002 não existem mais.

Segundo a Ministra de Minas e Energia em pronunciamento à Comissão de Infra-estrutura do Senado (Eletricidade Moderna, Julho/2003), esses problemas permanecem, porém maquiados pelas condições hidrológicas muito favoráveis e pela própria conjuntura. O governo deve intensificar os esforços no sentido de eliminar as condições adversas, sejam financeiras ou ambientais, para aumentar a oferta de energia, o que certamente demandará um tempo considerável para finalização.

A série de fatores elencados está interagindo de forma a produzir um resultado desfavorável a todos os atores envolvidos. A forte alteração do câmbio interferiu nas tarifas para cima, nos ativos das empresas para baixo e drasticamente no poder de compra do cidadão, reduzindo o consumo e conseqüentemente a produção. O setor produtivo decresceu pela redução de consumo dos seus produtos, pelo custo adicional no insumo e pelos demais elementos agregados a crise, contudo, o fator mais traumático foi a não recuperação do mercado, que permaneceu retraído.

As distribuidoras e geradoras com suas receitas reduzidas pelo baixo consumo e altos gastos com insumos “dolarizados”, deixaram de investir em expansão e manutenção, criando um hiato na evolução natural da capacidade de produção e entrega da energia elétrica. Os possíveis investidores em energia elétrica - inclusive para enquadramento nos planos de energias renováveis para pequenas usinas - não vêem atratividade no negócio devido às regras de licitação incompatíveis que privilegiam tempo de outorga à viabilidade econômica do empreendimento.

A preocupação situa-se no comportamento do fluxo de energia elétrica em relação ao crescimento do país. A oferta deverá contemplar a retomada do desenvolvimento econômico somada a toda demanda que está reprimida.

Desde o pós-crise não houve um movimento significativo na economia que pudesse desencadear um salto quantitativo considerável.

Há projeção de crescimento econômico para 2004 de 7%, cujos investimentos na produção de bens e serviços exigirá um aumento do setor produtivo. Esse arranque demandará uma quantidade de energia elétrica cuja capacidade instalada no sistema brasileiro impõe restrições para o suprimento.

Segundo o economista Adriano Pires, diretor do CBIE (Centro Brasileiro de Infra Estrutura) – (Folha de São Paulo, 07/06/2004), há uma grande possibilidade de um novo racionamento de proporções muito maiores que o anterior, a partir de 2007, mesmo não havendo solução de continuidade nas obras de ampliação do sistema, pois o excedente atual de energia armazenada é conjuntural e não deve suprir a demanda reprimida adicionada ao crescimento vegetativo e o próprio crescimento incremental. Segundo Pires, serão necessários investimentos da ordem de R\$ 15 bilhões a R\$ 20 bilhões por ano e o estado não disporá desse montante de recursos, caso mantenha a atual política de reajustes fiscais. O setor privado também não aplicaria nessas obras, por estar desestimulado pelas incertezas e constantes mudanças nas “regras do jogo” do setor elétrico.

As previsões recentes do ONS (Operador Nacional do Sistema) indicam que a capacidade de geração instalada no SIN (Sistema Interligado Nacional) sofrerá uma evolução de 81,59 GW para 94,47 GW até o final de 2007. Contudo, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) estabeleceu em seu último boletim (03/06/2004) que, com base na projeção do crescimento do mercado de energia, a potência solicitada deverá ultrapassar a casa dos 100 GW em 2008. O planejamento governamental de médio prazo prevê a necessidade de investimentos da ordem de R\$ 5,7 bilhões por ano para atender a essa demanda, mas o governo “só pode desembolsar 30% desse bolo”, enfatiza a Ministra Dilma Rousseff (Época, 09/08/2004).

Em resumo, o clima de instabilidade que se observa nos depoimentos citados, é motivado pela figuração dos seguintes fatores no cenário elétrico nacional:

- Necessidade de investimentos acima da capacidade do governo;
- Dificuldades em captar financiamento privado por falta de atratividade;
- Morosidade nas aprovações e homologações de obras;
- Dependência demasiada de hidrologia;
- Adversidade na regulamentação do transporte e consumo do gás natural para térmicas;
- Equilíbrio na nova matriz energética;
- Necessidade de ampliação da malha de transmissão;
- Redução dos impactos ambientais causados pelas inundações de represas para geração hídrica e utilização da água na geração térmica de grande porte;
- Necessidade de aquisição de energia elétrica de outros países;
- Perdas técnicas e não técnicas na transmissão e distribuição, dentre outros.

Conclui-se, portanto, que o setor produtivo brasileiro deve participar de forma ativa do curso da história que está se formando, obtendo não somente a estruturação que lhe possibilite a sustentabilidade energética em momentos de instabilidade, como também, a produção própria de um importantíssimo insumo que, pela qualidade, confiabilidade e custo, poderá gerar uma vantagem competitiva nos produtos atuais e até mesmo servir como expansão do seu portfólio.

Neste contexto, a proposta central desse trabalho é a utilização das técnicas de Geração Distribuída (GD) para produção de eletricidade no próprio local de consumo, com a implementação de tecnologias que privilegiem o meio ambiente e a sociedade que dele se beneficia.

2. A geração distribuída como solução

Geração Distribuída (GD) é a composição de técnicas, metodologias e componentes que permitem a geração da energia no próprio local de seu consumo, ou muito próximo dele (Portal GD, acesso 15/03/2004). Em grande parte dos casos, a energia poderá ser produzida pelo próprio consumidor, tornando-o controlador desse insumo de indiscutível importância para os processos produtivos. Em condomínios industriais e clusters, a implantação e operação da unidade de geração que atende todos os participantes, se reduz a valores bastante atraentes, devido ao rateio das despesas e distribuição da energia.

A GD já é observada como solução alternativa em países mais pobres em curso d'água e dependentes da importação dos derivados de petróleo, como os casos ilustrados a seguir:

- ❑ A França desenvolveu um processo de incentivo a GD, aproveitando o gás oriundo da Rússia.
- ❑ A Holanda e a Finlândia alcançaram cifras de participação maior que 30% da potência geradora do país com a GD.
- ❑ Portugal e Espanha vêm descentralizando a geração a partir do gás oriundo do Norte da África.
- ❑ O Japão incentivou a produção descentralizada industrial que, além da geração através de lixo urbano e unidades de frio/calor distribuído, atingiu rendimento máximo das fontes de geração distribuída com o aproveitamento de produtos combustíveis e a queima de seus gases residuais. Todas as siderúrgicas japonesas geram excedentes exportáveis.
- ❑ A Nova Zelândia está desenvolvendo um programa de eletrificação rural totalmente baseado em GD.
- ❑ Pequim está formulando uma ampla reestruturação do seu sistema elétrico com ênfase na co-geração e no uso de unidades de frio/calor distribuído, em face da realização das Olimpíadas de 2008,

Os componentes de análise são diversos dos que devem ser utilizados no Brasil, contudo a finalidade principal é a mesma, assegurar o suprimento e a qualidade da energia no ponto de entrega.

Os estudos elaborados (NEGRI, J. C.; GARRIDO, J. F. R.; CAIO, L. F. S.; PELLEGRINI, M. C.; DOMSCHKE, A. G.: "Opções tecnológicas para a geração distribuída até 30 MW", ALCAIDE, JORGE: "Futuro da geração distribuída e co-geração de energia no Brasil" e DINIZ, J. H.; CARVALHO, A. M.; BARROS, D. M. C. R.: "Geração distribuída: conceitos, tecnologias e perspectivas"), envolvendo três abordagens (fabricantes de produtos para geração, pesquisadores de empresas energéticas e produções científicas acadêmicas sobre unidades autônomas), identificaram como estratégia mais adequada para estabelecer o nível mínimo de sustentabilidade energética para o setor produtivo, a de implementar paulatinamente a GD como complemento da geração centralizada.

O estudo (NEGRI, J. C.; GARRIDO, J. F. R.; CAIO, L. F. S.; PELLEGRINI, M. C.; DOMSCHKE, A. G.: Opções tecnológicas para a geração distribuída até 30 MW) do preço das tarifas da energia comprada através da concessionária de distribuição, elege como potencialmente viáveis para desenvolver a autoprodução, ou GD, aqueles consumidores com possibilidade de enquadramento ou que já formalizaram contrato regulado pelas tarifas de alta tensão tipo A3, A3a, A4 e As (ANEEL, Resolução 456), bem como os consumidores cuja participação da eletricidade no produto seja expressiva tanto quantitativamente (participação no custo superior a 20%) quanto qualitativamente (a falta ou a má qualidade da energia que provoca parada ou redução da produção).

Em análise aos demais fatores favoráveis, como proteção ambiental, estabilidade no atendimento, agregação social, dentre outros, a implantação deverá ser precedida por um estudo de viabilidade que contemple uma série de aspectos relacionados com o ciclo produtivo para a obtenção de dados conclusivos, tais como: curva de carga típica diária, fator de carga global, porte das instalações, consumo e sua sazonalidade, região da instalação, fontes alternativas de combustíveis, impactos empresariais, dentre outros. Os conjuntos desenvolvidos para produção de energia de forma distribuída, podem ser considerados de médio porte, denominadas pequenas centrais, e de pequeno porte, denominadas geração de micro potências.

As pequenas centrais são voltadas para aplicações individuais de grandes empreendimentos industriais e de pequenos blocos de consumo que utilizam geralmente os seguintes sistemas.

- ❑ PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas), tecnologia dominada em todas as suas etapas e com grande potencial de exploração.
- ❑ PCTs (Pequenas Centrais Térmicas) que podem utilizar turbinas a vapor, a gás ou combinado, encontram-se em adiantado estágio de desenvolvimento, principalmente para combustíveis como gás natural e óleo combustível, mas há subsídios para utilização de biomassas, o que já ocorre no setor sucro-alcooleiro com bagaços e moveleiro com refugos de madeira. O Brasil ainda não domina a tecnologia de turbinas a gás.
- ❑ Usinas Eólico-elétricas, embora de uso comercialmente recente, é a fonte energética de maior crescimento no mundo, tendo registrado nos últimos cinco anos uma expansão média anual de 30%. Embora ainda não haja domínio nacional de geradores eólicos, essa tecnologia já é considerada: madura, com pouco ou nulo impacto ambiental e de implantação rápida, modular e expansível.

As tecnologias de geração de pequeno porte, para atender ao chamado mercado de micro potência, empregam equipamentos cuja aplicabilidade deve ser avaliada de forma integrada ao panorama empresarial.

As tecnologias apresentadas a seguir são as que melhor se adequarão ao mercado de micro potência para implantação de GD, podendo ser implementadas de maneira única ou híbrida (DINIZ, J. H.; CARVALHO, A. M.; BARROS, D. M. C. R., NEGRI, J. C.; GARRIDO, J. F. R.; CAIO, L. F. S.; PELLEGRINI, M. C.; DOMSCHKE, A. G., BARKER, T, VALENTI, M. e ALCAIDE, JORGE).

Tecnologia	Motor Diesel	Motor a gás	Turbina a gás	Micro turbina	Célula combustível	Célula fotovoltaica	Eólica
Comercialização	Larga escala	Média escala	Média escala	Em Desenvol.	Em Desenvol.	Uso limitado	Em franco crescimento
Capacid. (kW)	20 a 50000	50 a 15000	>1000	25 a 500	<1 a >1000	>1	10 a 1000
Eficiência (%)	36 a 60	28 a 42	21 a 40	25 a 30	Até 65	6 a 19	25
Custo total (US\$/kW)	350 a 500	600 a 1000	350 a 500	600 a 1100	1900 a 3500	5000 a 10000	1000
Custo geração (US\$/MWh)	54,18	53,26	49,24	68,37	85,98	308,26	82,14

Fontes: Fabricantes dos elementos

Tabela IV: Características de sistemas para implantação de geração distribuída

Células combustíveis (CaCs)

As células combustíveis representam uma alternativa para geração de energia elétrica e calorífica isenta da queima de combustíveis. O que a colocará como melhor opção de fonte renovável sob o ponto de vista ecológico, com limitação de uso apenas pela viabilidade comercial, pois a escala de produção ainda não permite a prática de preços atrativos (VALENTI, 2001).

Como explicação do funcionamento básico, podemos dizer que essas células produzem energia elétrica através de uma reação eletroquímica, tendo como sub produto o calor e como resíduo a água. O combustível da célula é o hidrogênio que pode ser fornecido de forma direta (através de eletrólise ou por reforma de hidrocarboneto) ou indireta (por oxidação).

Os principais tipos de célula em desenvolvimento no mundo são as apresentadas na Tabela V, que podem ser divididas em dois grupos, as de alta temperatura (MCFC e SOFC) e de baixa temperatura (PEM-FC, ACF, PAFC, DMFC e DEFC).

Tipo de célula combustível	Denominação	Eletrólito	Rendimento (%)	Temperatura (°C)	Potência desenvolvida
PEMFC - <i>proton exchange membrane fuel cell</i>	Polímero Condutor Iônico	Membrana de Troca de prótons	40 a 50	60 a 80	1W a 250kW
AFC - <i>alkali fuel cell</i>	Alcalina	hidróxido de potássio	70	80 a 200	300W a 3kW
PAFC - <i>phosphoric acid fuel cell</i>	Ácido Fosfórico	ácido fosfórico	40 a 80	200	200kW
MCFC - <i>molten carbonate fuel cell</i>	Carbono Fundido	carbonato de sódio	60 a 80	650	200kW a 2.000kW
SOFC - <i>solid oxid fuel cell</i>	Óxido Sólido	compostos de cálcio ou zircônia	60	1000	100.000kW
DMFC - <i>direct methanol fuel cell</i>	Metanol direto	Membrana polimérica	40	60 a 130	< 10kW
DEFC - <i>direct ethanol fuel cell</i>	Etanol direto	Membrana polimérica	20	60 a 130	< 10kW

Fonte: Brasil H2 Fuel Cell Energy (2004)

No Brasil Tabela V: Características básicas de células combustíveis disponíveis para estudos de pesquisa. As principais entidades com projetos sobre a tecnologia PEMFC são a Unilech Ltda/Cemig (Centrais Elétricas de Minas Gerais), o Cepel (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), a Petrobrás, o IPEN (Instituto de Pesquisa em Energia Nuclear), a Electrocel Ltda, a USP (Universidade de São Paulo) São Carlos e a Univali (Universidade do Vale do Itajaí)/Celesc (Centrais Elétricas de Santa Catarina). Pesquisas da tecnologia SOFC estão sendo desenvolvidas pelo IPEN, COPPE (Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia do Instituto Alberto Luiz Coimbra)/UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro)/CTPetro (Plano

Nacional de Ciência e Tecnologia de Petróleo e Gás Natural)/Petrobrás e UFBA (Universidade Federal da Bahia). Os grupos Lantec Ltda/Copel (Companhia Energética do Paraná) e CENPES (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo M. de Mello)/Petrobrás estão pesquisando a tecnologia PAFC, a partir de unidades adquiridas da UTC Fuel Cell Ltd. Há também estudos teóricos sobre a utilização do etanol em células MCFC sendo desenvolvidos pela UNESP (Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”) de Guaratinguetá.

Células fotovoltaicas

Trata-se de uma tecnologia que, embora o Brasil não domine, está em um estágio bastante avançado de utilização na alimentação de pequenas cargas remotas. O princípio de funcionamento está baseado na transformação da energia luminosa recebida do sol em energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos, que é armazenada em acumuladores.

Para participar da GD, esse sistema apresenta como vantagens a modularidade, a simplicidade, a versatilidade, a agilidade na implantação, a confiabilidade, a facilidade de manutenção, a isenção de combustível e os incentivos e subsídios legais para a sua implantação.

Como desvantagem tem seu elevado custo, a necessidade de áreas muito grandes de cobertura, a necessidade de acumuladores e sua capacidade e rendimento ainda muito baixos.

Micro turbinas a gás

Trata-se de turbinas aeroderivadas a ciclo simples, similares às utilizadas na aviação, portanto muito compactas e vantajosas em relação as turbinas a gás convencionais como também se comparadas a motores de combustão interna.

Nesse sistema, aliada a grande confiabilidade operacional está a operação com menores vibrações e mais silenciosa, pois todos os componentes estão montados no mesmo eixo, evitando redutores e conexões mecânicas.

Poucas unidades dessa turbina estão em testes atualmente, mas estudos recentes indicam uma forte evolução em médio prazo dessa tecnologia, que deverá resultar no aumento da capacidade e da eficiência. Os projetos de três conjuntos estão sendo desenvolvidos pela Cemig em parceria com a Unifei, em Itajubá.

Motores a combustão interna

Nesses casos os geradores são acoplados a máquinas alimentadas a diesel ou a gás, geralmente de pequeno porte, cuja tecnologia já é amplamente dominada no Brasil e utilizada em larga escala em geração, principalmente para redução do preço nas faturas da energia comprada de concessionária, com a operação nos horários de tarifas mais altas (horário de ponta), bem como na alimentação de instalações remotas.

Os motores a diesel, tem como inconvenientes a emissão de poluentes e o alto nível de ruídos (quando não enclausurados), características essas que deverão ser melhoradas para sua inserção em um programa de GD.

Motores a combustão externa

Os motores usam tecnologia *Stirling* de combustão externa cuja tecnologia já se encontra em estágio de comercialização na Nova Zelândia, Áustria e Dinamarca e devem entrar em escala internacional muito em breve.

Esses motores são adequados para operar com diferentes combustíveis (inclusive gás natural e biomassa) ou qualquer fonte de calor capaz de fornecer temperaturas da ordem de 650°C (inclusive sistemas híbridos com térmicas utilizando concentradores parabólicos). Também essa tecnologia está sendo experimentada pela parceria Cemig com a Unifei.

Inúmeras são as variáveis que condicionam positiva ou negativamente o cenário da energia distribuída no Brasil e os negócios que dela advirão, tais como o modelo político atual, o modelo regulador do setor elétrico, os fatores sócio-culturais, as imposições ambientais, a dependência tecnológica, o preço e logística dos combustíveis mais viáveis e outras.

3. Conclusão

Em análise ao macro cenário é possível identificar alguns movimentos que impulsionaram a filosofia de geração distribuída, com fortes sinais de que a implantação em nível nacional é uma questão de tempo. Podemos destacar como fatores beneficiadores, as fortes questões ambientais, os subsídios para energia renovável, as Leis que incluem geradores no benefício do rateio da CCC (Conta de Consumo de Combustíveis), os novos mecanismos para alocação dos recursos da RGR (Reserva Global de Reversão) para empreendimentos de geração, o PROINFA (Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Eólica), a CDE (Conta de Desenvolvimento Energético), dentre outras pulverizadas nas regiões onde são mais propícias.

Baseado nos dados apresentados que exprimem uma possibilidade de racionamento futuro, considerando as dependências de autorização ambiental e de financiamentos para execução de obras e ainda de uma hidrologia favorável, dever-se-á iniciar imediatamente a inclusão do tema energia distribuída nas discussões e debates para consolidação da legislação e regulamentação do setor elétrico nacional, bem como, nas decisões de investimentos do setor produtivo brasileiro.

Muitas empresas de grande porte já optaram pela geração própria, algumas delas em “horário de ponta” (ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica: Resolução 456/2002) para obter reduções de até 30% dos gastos mensais com energia elétrica, outras como fonte “*stand by*” para garantir a continuidade do seu processo e outras ainda por questões de qualidade de fornecimento da energia pela concessionária local.

As empresas do setor produtivo de pequeno e médio portes, constituem um ambiente altamente favorável para implantação da GD aliada aos conceitos de redução de desperdícios, pela necessidade de pequenos investimentos com retorno em curto e médio prazos.

Esta proposta não se prende somente a necessidade de manter os ciclos em operação em um futuro racionamento ou a redução do custo com energia elétrica nos horários críticos, mas também, em tornar a micro produção de energia um novo negócio a ser prospectado com vistas ao consumo próprio e a distribuição de excedentes, gerando maior competitividade e receita adicional.

4. Referências

1. ALCAIDE, JORGE: Futuro da Geração Distribuída e Co-geração de Energia no Brasil – Enershow 2002 (congresso).
2. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica: Banco de Informações de Geração (BIG) 2004.
3. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica: Banco de Dados de Comercialização de Energia (2004).
4. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica: Resolução 456/2002 – Fornecimento de Energia Elétrica.
5. BARKER, T: Technologies Converge: fuel cell meets gás turbine. Turbomachinery International (2000).
6. BAJAY, S. V.; CORREIA, P. B.; WALTER, A. C. S.; MARIOTONI, C. A.; FERREIRA, A. L.: Novas oportunidades para empresas geradoras no setor elétrico brasileiro. I Citenel – Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, (organização ANEEL de 6 a 7 de novembro de 2001).
7. COSTA, S. F.; SERRA, E. T.; NASCIMENTO, M. V.: Células Combustíveis, Etanol e Co-geração: Ideal para o Brasil? (1999).
8. DINIZ, J. H.; QUADROS, S. V. T.; GARCIA, J. L. A; LOBO, A. R.; FERREIRA, A. C.; CAIRES, M. I.: Célula a Combustível de Polímero Condutor Iônico. I Citenel – Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, (organização ANEEL de 6 a 7 de novembro de 2001).
9. DINIZ, J. H.; CARVALHO, A. M.; BARROS, D. M. C. R.: Geração distribuída: conceitos, tecnologias e perspectivas. XVII SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (19 a 24 de outubro de 2003).
10. ELETRICIDADE MODERNA (edição de Julho/2003), “O setor elétrico brasileiro, entre a crise financeira e outra reformulação” – Revista especializada, Editora Aranda.
11. ELETROBRÁS: PDE - Planejamento Decenal da Expansão 2000/2009.
12. ÉPOCA (edição de 09/08/2004): “Apagão no pacote, Medidas do governo para o setor elétrico esbarram na justiça, burocracia e falta de recursos” – Editora Globo.
13. FOLHA DE SÃO PAULO (edição de 07/06/2004): “País afasta risco de apagão até 2008, diz ONS” e “Falta autonomia à Eletrobrás, diz Pinguelli”.
14. GOMES NETO, E. H.: Brasil H2 Fuel Cell Energy (2004)
15. IEDI – Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial: Desafios Relevantes na Infra-estrutura – Setor Elétrico (2003).
16. MME– Ministério de Minas e Energia: Balanço Energético Nacional (BEN) 2003.
17. MME–Ministério de Minas e Energia/CCPE – Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão do Sistema Elétrico: Plano Decenal 2003/2012.
18. NEGRI, J. C.; GARRIDO, J. F. R.; CAIO, L. F. S.; PELLEGRINI, M. C.; DOMSCHKE, A. G.: Opções tecnológicas para a geração distribuída até 30 MW. XVI SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (21 a 26 de outubro de 2001).
19. O ESTADO DE SÃO PAULO (edição de 09/07/2003): “BNDES estuda plano para as elétricas”: Levantamento com 26 empresas do setor.
20. ONS – Operador Nacional do Sistema: Planejamento Anual da Operação do Sistema Elétrico.
21. PETROBRÁS: Planejamento Decenal de expansão (2000/2009).
22. VALENTI, M: New avenues for electrochemistry. Mechanical Engineering (2001).

Trabalho Completo Publicado em Congresso.

A. Formigoni, M. F. L. Justino, L. V. Puglia, I. P. de Arruda Campos: "Avaliação Acelerada do Ciclo de Vida da Embalagem de PET", I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ, GUARUJÁ (SP), Brasil, 2004, p. 68-75.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS
DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ

Avaliação Acelerada do Ciclo de Vida da Embalagem de PET

Alexandre Formigoni
Pós-graduando
UNIP
a_formigoni@yahoo.com.br

Miriam F. L. Justino
Pós-graduando
UNIP
miriam_justo@ig.com.br

Luiz Vasco Puglia
Pós-graduando
UNIP
lvpuglia@globo.com

Prof^o Dr. Ivan Pérsio de Arruda Campos
Prof. Titular
UNIP
ipdacamp@uol.com.br

Resumo

O crescimento da população e o estímulo ao consumo de produtos industrializados descartáveis têm aumentado a quantidade e a diversidade dos resíduos urbanos. A simples disposição dos resíduos industriais, comerciais e domésticos urbanos em aterros sanitários fez com que eles estejam em vias de saturação. A utilização desses resíduos como matéria-prima tem sido adotada como solução para o problema, mas como é uma atividade, recente ainda não é aceita como melhor alternativa. Esta comunicação apresenta informações sobre as atividades componentes do ciclo de vida da embalagem de detergente de PET, utilizando a metodologia Análise Acelerada de Ciclo de Vida (AACV). Atualmente o mercado no Brasil, consegue reciclar cerca de 30% da produção do PET, o que significa que há potencial para grande melhoria nesse aspecto. Palavras chave: Avaliação ciclo de vida, Reciclagem, Impacto ambiental.

Apresentação: Oral

1. Introdução

O PET – poli (etileno tereftalato) ou poli (tereftalato de etileno) – representado na Figura 1, é um polímero desenvolvido em 1941 pelos químicos ingleses Winfield e Dickson. Este polímero, obtido com alto peso molecular foi reconhecido na época como tendo potencial para aplicações como fibra e, somente na década de 60, com o filme de PET biorientado, passou a ter grande aceitação para acondicionamento de alimentos. Em 1973, o processo de injeção e sopro com biorientação, desenvolvido pela Du Pont, introduziu o PET na aplicação como garrafa, o que revolucionou o mercado de embalagens, principalmente o de bebidas carbonatadas. Ele chegou ao Brasil apenas em 1989.

Na Tabela I podem ser observados os dados sobre a produção, reciclagem e percentagem de reciclados de PET no Brasil nos últimos anos.

Ano	Produção	Reciclado	% Reciclado
1994	80	13	18,8
1995	120	18	25,4
1996	150	22	21
1997	185,7	30	16,2
1998	223,6	40	17,9
1999	244,8	50	20,42
2000	255,1	67	26,27
2001	270	89	32,9

Tabela 1 - Produção e Reciclagem (mil ton)

(Fonte: CEMPRE e RECIPEP)

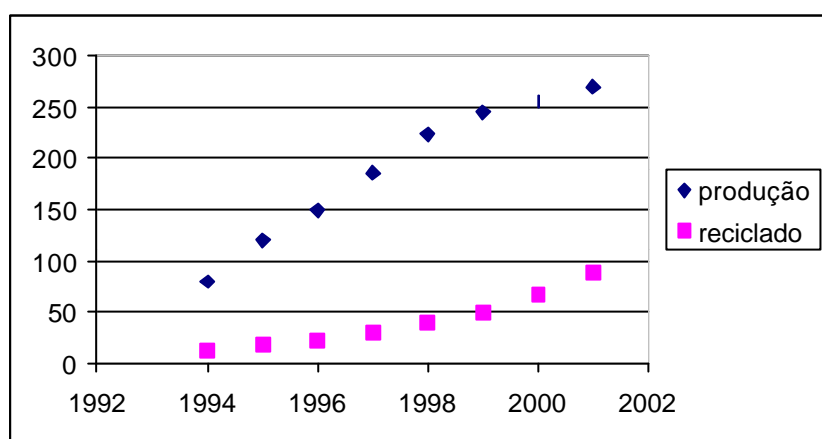


Fig. 1: Produção e Reciclagem/ano

Conforme mostrado na Tabela I, percentualmente a quantidade reciclada teve um aumento significativo, saltando de 18,8% para 32,9%, porém o salto de produção foi enorme, de 80t para 270t, o que significa um grande aumento na quantidade não reciclada, causando problemas ambientais.

Um dos piores problemas originados no descarte de materiais plásticos no Brasil é o espaço que ocupam nos aterros sanitários. Embora representem algo em torno de 10% do peso total do lixo, ocupam até 20% de seu volume, contribuindo também para o aumento dos custos de coleta, transporte e descarte final dos resíduos urbanos. Outro problema sério a ser levado em consideração é de o plástico (em geral) ser de difícil decomposição e, apesar de não causar dano ecológico, permanecer por centenas de anos aterrado, o que é considerado uma “poluição branca”.

Com poucas iniciativas públicas de coleta seletiva de lixo, o país tem no crescente número de catadores e sucateiros o principal veículo de coleta de diversos materiais recicláveis, entre eles o PET. Já a coleta pública, tem evoluído vagarosamente. Apenas 2,25% dos municípios brasileiros possuem este serviço. (CEMPRE)

O desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas à reciclagem de plástico tem como objetivo produzir um material para substituir o plástico virgem, diminuindo a exploração de recursos minerais e os impactos ambientais causados pela própria exploração e pelo descarte inapropriado do lixo.

2. Metodologia

Nesse estudo foi avaliada a vida da embalagem de detergente PET, usando a metodologia da AACV, conforme a norma ISO 14040:

- Objetivo
- Escopo
- Inventário do ciclo de vida
- Análise do inventário do ciclo de vida
- Análise do impacto Ambiental
- Interpretação da Análise de ciclo de vida

2.1 Objetivo da análise de ciclo de vida

Nesta comunicação serão apresentados os impactos ambientais associados com a produção, uso e disposição final, gerados durante a vida da embalagem de detergente PET. Pelas seguintes razões :

- Avaliar as vantagens da reciclagem;
- Demonstrar as possíveis reduções de consumo de recursos naturais com o processo da reciclagem.

Esse estudo pretende ainda, motivar as organizações a melhorarem seus processos e produtos, incentivando essas empresas a utilizar a metodologia da ACV como ferramenta para tomadas de decisão do ponto de vista ambiental.

2.2 Escopo do Estudo

Será usado como unidade funcional 1 (um) quilo de PET. Para o frasco de 500ml, usado como referência para o cálculo, constituído de 12 (doze) gramas de PET.

Os tipos de impactos que serão quantificados e analisados são:

- Toxicidade Humana
- Ecotoxicidade
- Uso de espaço para disposição final
- Uso da terra
- Consumo de recursos Naturais
- Consumo de energia
- Efeito estufa
- Acidificação

2.3 Descrição do Sistema e Limites

O sistema estudado é a embalagem de 500ml de detergente de PET, produzido a partir do MEG (monoetilenoglicol) e do PTA (ácido tereftálico purificado). O sistema inclui os subsistemas seguintes:

- Consumo de água
- Consumo de energia elétrica
- Resíduos sólidos
- Distribuição/transporte
- Disposição dos resíduos de processos e produtos
- Recuperação dos produtos usados

2.4 Os dados

Os dados colhidos referem-se ao ano 2004. A pesquisa foi realizada abrangendo a primeira, a segunda geração (indústria de fabricação da resina), a indústria de transformação (empresa de embalagem) e a reciclagem.

2.5 Levantamento do Inventário

Os dados foram inventariados, considerado-se a entrada de matéria-prima e os impactos ambientais relacionados às saídas do produto, sendo devidos à coleta de campo, no

Brasil, principalmente no estado de São Paulo.

Material	Peso	Unidades	Comentários
PTA	12.671.300	kg	MP
MEG	5.116.600	kg	MP
Água	24.800	kg	
Oxigênios para o ar	3725	m ³	
Eletricidade	6.200.00	kwh	
Diesel	3.100	l	
Petróleo	222.217	l	

Tabela 2 - Entrada da Matéria-prima Virgem - Pré-manufatura

Material	Peso	Unidade	Comentários
Resíduo Gasoso	0.08	kg	Partículas
Resíduo sólido	28.000	kg	Resíduo do processo
Resíduo gasoso	0,4	kg	Oxido nitrogênio
Emissões para água	0,003	kg/l	Dissolventes sólidos
Emissões para água	0,0006	kg/l	Nitrogênio
Emissões para água	0,00025	kg/l	Fósforos

Tabela 3 - Sistema de saída da fabricação do material virgem - Pré- manufatura

Material	Peso	Unidade	Comentários
Embalagem detergente	16422.00	kg	
Processamento de água	2.000	kg	Por dia
Gasolina	90	l	Carro da empresa
Diesel	705	l	Caminhão
Energia	36.000	kw	Mês

Tabela 4 - Entrada de material na indústria de transformação

Material	Peso	Unidade	Comentários
Resíduo sólido	325.40	kg	

Tabela 5 - Saída de material na indústria de transformação

Material	Quantidade	Unidades	Comentários
PTA	400.000	kg	MP reciclada
Água	20mil	kg	
Água	8 mil	kg	Reutilizada
Energia	101.358	kw	Por mês

Tabela 6 - Entrada de material reciclado

Material	Quantidade	Unidades	Comentários
Resíduo sólido	72.000	kg	Papelão, arame, tampinha, sujeira.
Resíduo sólido	4.000	kg	Lodo

Tabela 7 - Saída de material reciclado

3. Análise do Impacto

3.1 Metodologia de Análise de Impacto

Uma vez definido o escopo, o passo seguinte é a aquisição dos dados necessários. Algumas das informações necessárias são diretas, tais como as quantidades de materiais específicos para um projeto, ou uma quantidade de água necessária para um processo de fabricação em particular. Em outros casos, a informação é menos tradicional, mas não menos útil. Conseqüentemente, o Ecologista Industrial deve estar disposto a abordar os dados necessários com uma perspectiva ampla. Qualquer metodologia que se aplique, a seleção dos materiais, processos, componentes, ou produtos, freqüentemente pode ser mais eficaz se for qualitativa e não quantitativa. Uma abordagem qualitativa algumas vezes é controversa, especialmente entre engenheiros e planejadores que tendem a preferir os sistemas quantitativos, que, em princípio têm suas vantagens: Eles são utilizados em culturas com alta tecnologia, oferecendo meios poderosos de manipulação e ordenação de dados e simplificando a escolha entre as opções.

Entretanto, o estado da informação na ciência ambiental usualmente não permite a quantificação segura dos impactos ambientais e sociais, devido à falta de dados fundamentais e às deficiências das metodologias. O resultado da quantificação inapropriada poderia refletir aquelas preocupações que não puderam ser quantificadas, tendo sido simplesmente ignoradas, limitando a abordagem desejável pela ecologia industrial.

3.2 O conceito de matriz como método de para avaliação do produto

Um sistema de avaliação para produtos ambientalmente responsável (ERP), deveria conter as seguintes características: Ele deveria servir, ele mesmo para comparações diretas entre produtos, ser útil e consistente para diferentes equipes de avaliações, abranger todos os estágios do ciclo de vida do produto e todas as condições ambientalmente estressantes, bem como ser suficientemente simples para permitir que seja feita uma avaliação relativamente rápida e barata. Claramente ele deve tratar explicitamente os cinco estágios do ciclo de vida de um produto típico com manufatura complexa.

Um sistema de avaliação que satisfaz esses critérios foi criado na AT&T por B.R Allenby em 1993. Ele tem como figura central, uma matriz 5 x 5, uma dimensão contendo os estágios do ciclo de vida e a outra, contendo os estressores ambientais.

O avaliador reflete sobre o projeto, a manufatura, a embalagem, o ambiente e o cenário da disposição final e atribui para cada elemento um número variando de 0 (o impacto mais elevado, avaliação muito negativa) até 4 (o impacto mais baixo uma avaliação ótima). Como a abordagem não é quantitativa, os resultados não são estritamente uma medida da performance ambiental, mas, sim, uma estimativa do potencial para melhoria dos impactos ambientais. Uma descrição detalhada de como são atribuídas as avaliações numéricas encontra-se em T.E. Graedel, 1998.

Trata-se de um método muito eficaz para a comparação de técnicas, produtos ou processos.

O processo discutido aqui é propositalmente qualitativo e utilitário, porém fornece um valor que permite identificar melhorias ou piores.

Uma vez que uma avaliação seja feita para cada elemento da matriz, um indicador de produção ambientalmente é computado pela soma simples de todos os elementos da matriz.

Uma opção para um leve aumento de complexidade da avaliação (mas que aumenta sua utilidade) é incluir informação de impacto ambiental também localizado ou global. Isto se faz modificando os elementos da matriz pela multiplicação de ponderadores também calculados pelo método de Gaedel, 1998, conhecido como AACV.

3.3 O Foco do Estudo

Usando os dados colhidos em campo e as técnicas da AACV, obtivemos as seguintes matrizes para a produção de PET no Brasil, a partir de matéria-prima virgem e da reciclada.

Elemento da matriz	Significado	$M_{i,j}$	$t_{i,j}$	$d_{i,j}$	$p_{i,j}$	$e_{i,j}$	$Mp_{i,j}$
PREMANUFATURA							
1,1	Insumo	1	0	0	1	2	0,2
1,2	Energia	2	0	4	3	2	1,1
1,3	Resíduo sólido	4	2	3	2	0	1,8
1,4	Resíduo líquido	1	1	2	2	0	0,3
1,5	Resíduo gasoso local	4	4	4	4	4	4,0
MANUFATURA							
2,1	Insumo	2	4	4	4	4	2,0
2,2	Energia	1	0	4	3	2	0,6
2,3	Resíduo sólido	4	4	4	4	4	4,0
2,4	Resíduo líquido local	4	4	4	4	4	4,0
2,5	Resíduo gasoso local	4	4	4	4	4	4,0
DISTRIBUIÇÃO							
3,1	Insumo	2	2	3	1	2	1,0
3,2	Energia	3	0	0	1	2	0,6
3,3	Resíduo Sólido	4	4	4	4	4	4,0
3,4	Resíduo líquido local	4	4	4	4	4	4,0
3,5	Resíduo gasoso global	3	3	0	1	0	0,8
USO E CONSUMO							
4,1	Insumo	4	4	4	4	4	4,0
4,2	Energia	4	4	4	4	4	4,0
4,3	Resíduo sólido	2	2	3	2	0	0,9
4,4	Resíduo líquido local	4	4	4	4	4	4,0
4,5	Resíduo gasoso local	4	4	4	4	4	4,0
RECICLAGEM E DESCARTE							
5,1	Insumo	4	4	4	4	4	4,0
5,2	Energia	1	0	0	1	0	0,1
5,3	Resíduo sólido	1	1	3	2	0	0,4
5,4	Resíduo líquido local	1	1	2	2	1	0,4
5,5	Resíduo gasoso local	4	4	4	4	4	4,0
á		72					57,9

Tabela 8 - Matriz para matéria-prima virgem

Elemento da matriz	Significado	M _{ij}	t _{ij}	d _{ij}	p _{ij}	e _{ij}	Mp _{ij}
PREMANUFATURA							
1,1	Insumo	3	3	3	2	1	1,7
1,2	Energia	2	0	4	3	2	1,1
1,3	Resíduo sólido	3	2	3	2	0	1,3
1,4	Resíduo líquido regional	2	1	2	2	1	0,8
1,5	Resíduo gasoso local	4	4	4	4	4	4,0
MANUFATURA							
2,1	Insumo	3	4	4	4	4	3,0
2,2	Energia	0	0	4	3	2	0,0
2,3	Resíduo sólido	3	4	4	4	4	3,0
2,4	Resíduo líquido local	4	4	4	4	4	4,0
2,5	Resíduo gasoso local	4	4	4	4	4	4,0
DISTRIBUIÇÃO							
3,1	Insumo	4	2	3	1	2	2,0
3,2	Energia	3	0	0	1	2	0,6
3,3	Resíduo sólido	4	4	4	4	4	4,0
3,4	Resíduo líquido local	4	4	4	4	4	4,0
3,5	Resíduo gasoso global	2	3	0	1	0	0,5
USO E CONSUMO							
4,1	Insumo	4	4	4	4	4	4,0
4,2	Energia	4	4	4	4	4	4,0
4,3	Resíduo sólido	2	2	3	2	0	0,9
4,4	Resíduo líquido local	4	4	4	4	4	4,0
4,5	Resíduo gasoso local	4	4	4	4	4	4,0
RECICLAGEM E DESCARTE							
5,1	Insumo	3	2	3	4	4	2,4
5,2	Energia	2	0	0	1	0	0,1
5,3	Resíduo sólido	2	1	3	2	0	0,8
5,4	Resíduo líquido local	2	1	2	2	1	0,8
5,5	Resíduo gasoso local	4	4	4	4	4	4,0
∑		76					58,9

Tabela 9 - Matriz para matéria-prima reciclada

$$Mp_{ij} = M_{ij} * \frac{(t_{ij} + d_{ij} + p_{ij} + e_{ij})}{16}$$

onde: Mp_{ij} - elemento da matriz localizada
M_{ij} - elemento da matriz inicial
t - tempo
d_{ij} - distância
p_{ij} - periculosidade
e_{ij} - exposição

4. Discussão e Conclusão

Obtivemos avaliações de 72 para o processo envolvendo matéria-prima virgem e 76, para o material reciclado. Quando se efetuou a ponderação referente à localização, as avaliações passaram para 57,9 e 58,9, respectivamente. Isso demonstra que ambos os processos são equivalentes, do ponto de vista ambiental. O que não chega a ser surpreendente, pois a diferença fundamental entre eles é apenas a natureza da matéria-prima. Porém, o que a AACV não quantificou, por não ter sido incluído nela e ser, de resto, de difícil inclusão, é o fato que a produção utilizando matéria-prima reciclada levaria a significativa despoluição do ambiente, por consumir a enorme quantidade de PET já descartada, hoje ociosamente ocupando espaço nos aterros sanitários. Esta seria a consequência mais relevante do emprego de matéria-prima reciclada, além de evitar o consumo adicional de petróleo necessário à produção de matéria-prima virgem, pois esta deixaria de ser empregada. O grande obstáculo para isso ser, de fato, implementado em grande escala, no Brasil de hoje, entretanto, é a ineficiência do processo de coleta, que precisa urgentemente ser otimizada.

5. Referências Bibliográficas

ALLENBY, B. R. citado por CHEHEBE, J. R. B. Análise do ciclo de vida de Produtos – ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro, Ed. Qualitymark. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE EMBALAGENS PET (ABIPET) Site: <http://www.abipet.org.br>. Acesso em: 15 de abril de 2004.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). Site: <http://www.cempre.org.br>. Acesso em: 27 de junho de 2004.

GRAEDEL, T. E. Streamlined Life-cycle assessment. New Jersey. EUA. 1998.

IBGE, DIRETORIA DE PESQUISAS - DEPARTAMENTO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS, PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. Disponível em <http://www.ibge.net/ibge/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm>. Acesso em: 12 de abril de 2003.

IPT/CEMPRE. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado/2000.

NBR Iso 14001, Sistemas de Gestão Ambiental: Especificação e Diretrizes para uso, ABNT, Rio de Janeiro, 1996.

Trabalho Completo Publicado em Congresso.

L. C. Moraes, C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti: "QUANTIFICATION IN SOLAR ENERGY OF THE BENEFITS EMPLOYED IN A TANNERY WASTEWATER TREATMENT PLANT", *IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA*, Campinas (SP), Brasil , 2004, p. 182-195.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

QUANTIFICATION IN SOLAR ENERGY OF THE BENEFITS EMPLOYED IN A TANNERY WASTEWATER TREATMENT PLANT

Luciano C. de Moraes, Cecília M.V.B. Almeida and Biagio F. Giannetti^(*)

*Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Paulista
Rua Dr Bacelar 1212, Mirandópolis, 04026-002 - São Paulo, Brazil*

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the construction and operation of recycling plants in tanneries using energy analysis. Tanneries wastewater present different kinds and quantities of pollutants, provided by the variety of operational techniques used along the overall process. The conditions for operation employed in this work correspond to an average tannery in Brazil. Two hypotheses were used for the evaluation of the wastewater treatment plant. The first considers recycling plants integrated with the tannery's processes and operations. In the second there are no recycling plants. With the use of energy analysis, the amount of direct and indirect solar energy required in each wastewater treatment unit was determined. The present work exams the possible benefits generated by the recycling units. The triangular diagram tool was used to show the benefits. The possibility of use that tool in the environmental management of tanneries is proposed.

1. INTRODUCTION

Most industry activities end up in pollution. The characteristics and the amount of pollutants emissions are the result of technology and specific processes used in each industrial activity. Tanneries are responsible for great part of chemical pollution. Along their productive process tanneries generate residues, which are mainly released to water, causing an excessive demand for oxygen, as well as an increase of toxicity levels.

The aim of this study was to exam and evaluate, using energy analysis, the implementation and operation of specific recycling units in a tannery.

Emergy is the solar energy available which is used directly or indirectly to perform a task, operation, or make a product [1]. By measuring humans and nature's work for

¹ (*) e-mail: biafgian@unip.br

generating products and services, the methodology places environmental and economic values on a common basis, solar energy.

The emergy analysis has been used to evaluate wastewater treatment systems [2-4]. The advantage of the emergy analysis is the possibility to compare resources and services of completely different qualities (e.g. land, human labor and biodiversity).

The triangular diagram tool was used to show the benefits. The prompt visualization of the emergy accounting data makes possible to compare processes and systems with and without ecosystem services, to evaluate improvements and to follow the system performance over time. With the triangular diagram, aspects such as the interaction between systems and the interactions between systems and the environment can be readily recognized and evaluated [5].

2. METHOD

The variables to characterize the wastewater of a tannery, its residues and the possible treatment techniques play a major role on the evaluation. Therefore it's necessary to identify the characteristics of the tannery that will be analyzed. Table 1 shows the characteristics of the tannery and the treatments analyzed [6].

The present study analyzed the treatment of wastewater in a tannery taking two hypotheses into consideration.

- 1) There are no recycling systems (fig.1).
- 2) The recycling systems are integrated with tannery's process (fig.2).

2.1. Description of the wastewater treatment plant

The treatment of wastewater consists of a primary conventional treatment with coagulation and chemical flocculation. It comprises homogenization of wastewater with addition of coagulants and flocculants. For the secondary system (biological), mud activated by long aeration with characteristics similar to low-charge activated mud was adapted.

When dumped, the residual baths run to a self-cleaning sieve and to a pond for homogenization. This pond is provided with an aeration and shaking system for

separation of solid material and oxidation of sulfates. To this pond it is also added a solution of manganese sulfate for sulfur oxidation.

The flocculation pond receives solutions of aluminum sulfate and polyelectrolyte, which goes to the primary decanter where the mud is separated from the wastewater. After that, the wastewater goes to the activated mud pond where oxidation of organic material occurs, and then goes to the denitrification pond, to the aerobic reactor and finally to the secondary decanter where sludge and treated water are separated.

2.2. Preventive Treatment

Preventive Treatment aims the reduction of sulfates in the lime, the chrome salts in the tanning process, and the volume of water used.

2.2.1. Recycling of Lime Baths

The use of residual lime baths takes place after the removal of solid material, the volumetric correction of the baths, as well as the addition of the necessary sodium sulfate, lime or other usual products.

The disposal from lime baths, by gravity, run to the collector and distributor pond. The baths are pumped to a sedimentation pond, followed by a storage pond for the partly recovered bath. By means of analytic control over the wastewater from the sedimentation pond it's possible to determine the quantity of chemical products necessary to recover the original formulation. The recovered bath is used according to necessity. The sludge can now be sent to treatment without contact with other baths of the productive process.

2.2.2. Chrome Recycling

The chrome recycling consists in its precipitation as hydroxide after the tanning bath. After precipitation process it's set aside from bath, re-dissolved in acid, and prepared for reutilization, with adjusted basicity.

In the chrome recycling process the residual baths from tanning run, by gravity, to a collector and distributor pond. The baths are pumped to a sieve and disposed into a precipitation pond. An alkaline solution is added to this pond via dosage pump, which is ruled by potentiometer. After precipitation, the chrome precipitate is subject to a press filter. The resulting pies are treated with acid for dissolution and adjustment of basicity in appropriate ponds. This material is reused in the tanning process. The filtered liquid runs to the main treatment homogenization pond.

2.3. Emergy Analysis

For the present study the energy diagrams of the tanning process without the lime and chrome recycling and with the recycling units are shown in fig.1 and fig.2 respectively.

The emergy analysis table was built, based on the energy diagram. The annual amount of input and output of each flow was first quantified (in joules or grams). These amounts were multiplied by the respective amounts of direct and indirect solar energy used to obtain a joule or gram (transformity or emergy per unit) of a given product or service. The emergies per unit employed are shown in table 1.

Two types of benefits were identified: the benefits associated to the tanning processes, such as recovered material, $Em(R_m)$, reduction of inputs, $Em(R_i)$, and the benefits associated to wastewater treatment plant, such as reduction of inputs, $Em(R_{it})$ and the reduction of the environmental load by the reduction of oxygen consumption, $Em(R_o)$. In this way, the total benefits can be assessed by Equation 1.

$$\text{Benefit} = Em(R_m) + Em(R_i) + Em(R_{it}) + Em(R_o) \quad (1)$$

2.4. Triangular Diagram [5]

The triangular diagram is defined as a system of coordinates from an equilateral triangle whose height is equal to the unit. Each height is associated with one of the variables. Thus, any point in the triangle can be defined by three values of coordinates.

For this study the coordinates are associated to the benefits, electricity and chemical products. As shown in fig. 3, the coordinate that extends from the base of the triangle to

the upper apex was associated to the benefits, the coordinate on the right to the emergy of electricity and the coordinate on the left to the emergy of chemicals products.

In emergy analysis all the resources necessary to the units construction and operation were accounted. However, for the analysis employing triangular diagram we used the emergy of chemicals and electricity, which are representative of the total emergy of the system. In the lime recycling unit electric energy accounts for 99 % of the total emergy. In the chrome-recycling unit, chemicals account for 83 %, while electricity 17 %. In the wastewater treatment plant, the emergy of electricity and chemicals accounts for 97 % of the total emergy.

The benefit coordinate is used to compare the emergy of investment in electricity and chemicals with benefits obtained (Equation 1). Fig. 4 shows the triangular diagram with the “drawn game” line. When the point is located on this line, it means that benefits are equal to the investments.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Wastewater Treatment Plant without lime and chrome recycling units

Table 3 shows the emergy accounting for the wastewater treatment plant without recycling units. For the account, the system construction and the plant operation were considered, obtaining the emergy necessary for the treatment of wastewater of $9.49E+19$ sej/year.

Concrete ponds, motors and pumps, electric wire, pipes, transportation of residues and human labor are the resources necessary for the construction of the wastewater treatment plant. With the account of all these resources we obtain the emergy necessary for the construction ($3.82E+14$ sej/year).

For the plant operation oxygen, electricity, human labor, chemicals and rainfall were considered. Oxygen and rainfall are renewable resources, freely provided by the environment, and account for 3 % of the total emergy necessary to the system. Oxygen is used for oxidation of sulfur present in the homogenization ponds and for the aerobic oxidation of biodegradable organic material. The chemicals and the electricity are the resources with the major emergy in the system, accounting for 13 % and 84 % of the total emergy, respectively.

3.2. Lime recycling unit

Table 4 shows the energy account for the lime-recycling unit. The energy necessary for lime recycling is $6.61E+16$ sej/year, including the recycling unit construction and operation.

The energy necessary for the construction of the lime recycling plant is $8.80E+13$ sej/year. This value accounts for 0.2 % of the total energy for construction and operation. The operation of the lime recycling plant consumes only energy and human labor, the process doesn't require the use of purchase goods. For re-using the residual lime baths it's necessary to replace the contents of the composition of the initial bath. However, since this process is made in the depilation and lime, it's not a recycling unit cost.

Table 5 shows the benefits obtained with the constructions of the lime recycling plant. The lime recycling leads to savings on water, sodium sulfate and calcium hydroxide, which once recovered are sent back to the depilation and lime process. The energy of the benefits obtained by the lime recycling ($4.16E+17$ sej/year) is greater than the energy necessary for the construction and operation of the recycling system ($6.61E+16$ sej/year).

3.3. Chrome Recycling Unit

In this unit, as shown in table 5, the energy needed for construction and operation is $1.46E+17$ sej/year. The chemicals, sodium hydroxide and sulfuric acid, necessary for the plant operation account for 83% of the total energy. This input is necessary for chrome sulfate recovering.

Chrome recycling represents savings on chrome sulfate, with $3.31E+17$ sej/year benefits, which can be seen on table 6. As it has been shown, the chemicals used in the chrome recycling account for 83% of the total energy in construction and operation. However, the benefits generated in the process are twice the energy necessary for the construction and operation of the recycling system.

3.4. Wastewater Treatment Plant with Recycling Units

The lime and chrome recycling system can't be analyzed solely, as they are preventive treatments, but recycling plants reduce the wastewater that goes to final treatment. Table 7 shows the energy account of the wastewater treatment system, considering that recycling is part of the process.

To find out the total energy of the system with recycling we have to add up the energies of the lime recycling ($6.61E+16$ sej/year), the energy of the chrome recycling system ($1.46E+16$ sej/year) and the energy of the wastewater treatment plant ($9.12E+17$ sej/year). The total energy of the wastewater recycling and treatment is $1.14E+18$ sej/year.

For both wastewater treatment plants, with or without recycling, the energies necessary for construction are the same, as the facilities considered fit both situations.

Table 8 shows the benefits obtained in a wastewater treatment plant due to recycling processes in the tannery, chemicals are saved and there is a reduction of the oxygen consumption, leading to a benefit of $2.25E+16$ sej/year.

The benefits obtained in the wastewater treatment plant are not significant, but if added to the benefits associated to the tannery process as a whole, play an important role not only in diminishing the environmental load but also in reducing substantially the purchased inputs in both tanning and treatment processes.

3.5. Triangular Diagram

Fig. 5 shows the position of the recycling units in the triangular diagram. Point 1 represents the lime-recycling unit, with corresponding benefits. The energy of electricity accounts for 99% of the total energy, but as it can be seen in the triangular diagram the benefits are beyond the "drawn game" line, totalizing 37%.

In the chrome-recycling unit, chemicals have the greatest energy value. Despite the large use of chemical inputs, the benefits are great, being above the "drawn game" line.

In fig. 6 the triangular diagram of the wastewater treatment plant with and without the recycling units can be observed. Point 1, corresponding to the wastewater treatment plant without recycling units, shows that there are no benefits. Point 2 shows the benefits with recycling units in the tanning process, as well as in the wastewater treatment plant. The benefits don't reach the "drawn game" line, but there are environmental benefits such as recovered material, $Em(Rm)$, reduction of inputs,

$Em(R_i)$, reduction of inputs, $Em(R_{it})$ and the reduction of the environmental load by the reduction of oxygen consumption, $Em(R_o)$. This is shown in the diagram by the shift of point 1 to point 2.

4. CONCLUSIONS

The outcome from the emergy analysis allows some conclusions:

- a) The preventive treatment is a highly efficient process in pollution reduction. The solar energy value of the material recovered and saved by the recycling units ($7.47E+17$ sej/year) is higher than the solar energy of the resources necessary for construction and operation of the units ($2.12E+17$ sej/year).
- b) To obtain chrome sulfate it's necessary the use of chemicals such as sodium hydroxide and sulfuric acid. The emergy of chrome sulfate ($3.31E+17$ sej/year) is greater than the emergy of the inputs used in the process ($1.46E+17$ sej/year).
- c) The emergy analysis shows the benefits obtained by recycling plants to the environment, such as a reduction of $2.89E+15$ sej/year in water use and $1.03E+16$ sej/year in oxygen use. There is a greater environmental load in wastewater treatment without the recycling units, since the system will use more water and will need more oxygen for sulfur oxidation.
- d) The triangular diagram can be used as a tool for environmental management, making possible the prompt view of emergy analysis results and the comparison between the systems. The "drawn game" line of the triangular diagram can be used as a tool for investment analysis, comparing benefits and investments.

References

- [1] Odum HT. Environmental accounting – emergy and environmental decision making. New York: Ed. John Wiley & Sons Ltd., 1996.
- [2] Brown MT, McClanahan TR. Emergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals. Ecological Modelling 1996;91:105-130.

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

- [3] Geber U, Bjorklund J. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study. *Ecological Engineering* 2001; 18:39-59.
- [4] Martin JF. Emergy valuation of diversions of river water to marshes in the Mississippi River Delta. *Ecological Engineering* 2002;18:265-286.
- [5] Giannetti BF, Barrella FA, Almeida CMVB. A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting. *The Journal of Cleaner Production*, submitted 2004.
- [6] Class IC, Maia RAM. Manual básico de resíduos industriais de curtume. Porto Alegre: SENAI/RS, 1994.
- [7] Buenfil AA. Emergy evaluation of water. Doctoral Dissertation, University of Florida 2001.
- [8] Lapp CW. Emergy Analysis of the nuclear power system in the United States. Class report, EES 6916, Department of Environmental Engineering Science, University of Florida, Gainesville, FL, 1991. apud Ulgiati S, Brown MT. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions–The case of electricity production. *Journal of Cleaner Production* 2002;10:335-348.
- [9] Brown MT, Odum HT, McGrane G, Woithe RD, Lopez S, Bastianoni S. Emergy evaluation of energy policies for Florida. Report to the Florida Emergy Office Center for Environmental Policy, Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL, 1995. apud Geber U, Bjorklund J. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems—a case study. *Ecological Engineering* 2001;18:39-59.
- [10] Ulgiati S, Tabacco AM. Emergy evaluation of atmospheric oxygen and nitrogen. Paper submitted to Second Emergy Research Conference, Gainesville, FL, 20-22 September 2001. apud Ulgiati S, Brown MT. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. *Journal of Cleaner Production* 2002;10:335-348.
- [11] Ulgiati S, Brown MT. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. *Journal of Cleaner Production* 2002;10:335-348.
- [12] Ulgiati S, Odum HT, Bastianoni S. Emergy use, environmental loading and sustainability: Na emergy analysis of Italy 1994;73:215-268.

Table 1 –Characteristics of the tanning and waste treatment processes.

Productive operational characteristics	
Leather production	25,000 kg/day
Final Product	Wet-blue
Work period	8 h/day
Water consumption (depilation and lime)	300%
Sodium sulfates consumption of lime bath	3%
Water consumption of tanning bath	100%
Chrome consumption	8%
Volume of effluent without recycling	750 m ³ /day
Volume of effluent with recycling	675 m ³ /day
Available area of the recycling system	Unlimited
Useful life of the wastewater treatment plant and recycling units	25 years

Table 2 - Emergies per unit taken from literature.

Item	Solar emergy per unit	References
Water	2.25E+05 sej/g	[7]
Rain	1.82E+04 sej/J	[3]
Copper	2.00E+09 sej/g	[8]
Concrete	7.34E+08 sej/g	[3]
Diesel	6.60E+04 sej/J	[1]
Electricity	1.65E+05 sej/J	[1]
Machinery	4.10E+09 sej/g	[9]
Oxygen	5.16E+07 sej/g	[10]
Plastic	1.50E+09 sej/g	[11]
Plastic in pipes	5.87E+09 sej/g	[1]
Chemicals	2.65E+09 sej/g	[1]
Human labor	7.38E+06 sej/J	[12]

Table 3 – Emergy evaluation of the wastewater treatment plant without recycling units.

Note (*)	Item	Units	Raw Unit/year	Emergy per unit sej/unit	Emergy sej/year
Construction Phase					
1	Ponds Concrete				
	Concrete	g	5.33E+04	7.34E+08	3.91E+13
2	Major equipment				
	Machinery	g	7.62E+04	4.10E+09	3.12E+14
3	Electric Wires				
	Copper	g	7.66E-04	2.00E+09	1.53E+06
	Plastic	g	2.83E-04	1.50E+09	4.25E+05
4	Plastic in pipes (PVC)				
	Plastic	g	8.00E-03	5.87E+09	4.70E+07
5	Residues Transportation				
	Diesel	J	4.51E+08	6.60E+04	2.98E+13
6	Human Labor	J	1.67E+05	7.38E+06	1.24E+12
	Total emergy for construction (assuming useful life of 25 years)				3.82E+14
Operation Phase					
7	Oxygen	g	5.12E+08	5.16E+07	2.64E+16
8	Electricity	J	4.85E+12	1.65E+05	8.00E+17
9	Human Labor	J	4.79E+06	7.38E+06	3.53E+13
10	Chemicals				
	Manganese Sulfate	g	6.83E+06	2.65E+09	1.81E+16
	Aluminum Sulfate	g	3.90E+07	2.65E+09	1.03E+17

	Polyelectrolyte	g	1.95E+05	2.65E+09	5.17E+14
11	Rainfall	J	6.08E+09	1.82E+04	1.11E+14
	Total emery for operation				9.49E+17
Total Emery					9.49E+17

(*) Detailed data and calculations may be obtained from the authors.

Table 4 – Emery evaluation of lime recycling.

Note (*)	Item	Units	Raw Unit/year	Emery per unit sej/unit	Emery sej/year
Construction Phase					
1	Ponds Concrete				
	Concrete	g	3.90E+04	7.34E+08	2.86E+13
2	Major equipment				
	Machinery	g	1.40E+04	4.10E+09	5.74E+13
3	Electric Wires				
	Copper	g	2.55E-04	2.00E+09	5.10E+05
	Plastic	g	9.44E-05	1.50E+09	1.42E+05
4	Plastic in pipes (PVC)				
	Plastic	g	2.50E-03	5.87E+09	1.47E+07
5	Residues transportation				
	Diesel	J	2.36E+07	6.60E+04	1.56E+12
6	Human Labor	J	5.58E+04	7.38E+06	4.12E+11
	Total emery for construction (assuming useful life of 25 years)				8.80E+13
Operation Phase					
7	Electricity	J	4.00E+11	1.65E+05	6.60E+16
8	Human Labor	J	1.23E+06	7.38E+06	9.05E+12
	Total emery for operation				6.60E+16
Total Emery					6.61E+16

(*) Detailed data and calculations may be obtained from the authors

Table 5 – Benefits of the lime recycling unit.

Note (*)	Item	Units	Raw Unit/year	Emergy per unit sej/unit	Emergy sej/year
	Recovered Material				
1	Water	g	1.29E+10	2.25E+05	2.89E+15
2	Sodium Sulfate	g	9.75E+07	2.65E+09	2.58E+17
3	Calcium Hydroxide	g	5.85E+07	2.65E+09	1.55E+17
	Total Emergy Benefits				4.16E+17

(*) Detailed data and calculations may be obtained from the authors

Table 6 – Emergy evaluation of chrome recycling.

Note (*)	Item	Units	Raw Unit/year	Emergy per unit sej/unit	Emergy sej/year
Construction Phase					
1	Ponds Concrete				
	Concrete	g	1.25E+03	7.38E+08	9.18E+11
2	Glass				
	Fiberglass		1.50E+04	3.00E+09	4.50E+13
3	Major equipment				
	Machinery	g	3.45E+04	4.10E+09	1.41E+14
4	Electric Wires				
	Copper	g	2.55E-04	2.00E+09	5.10E+05
	Plastic	g	9.44E-05	1.50E+09	1.42E+05
5	Plastic in pipes (PVC)				
	Plastic	g	2.50E-03	5.87E+09	1.47E+07
6	Residues transportation				
	Diesel	J	5.15E+06	6.60E+04	3.40E+11
7	Human Labor	J	5.58E+04	7.38E+06	4.12E+11
	Total emergy for construction (assuming useful life of 25 years)				1.88E+14
Operation Phase					
8	Electricity	J	1.51E+11	1.65E+05	2.49E+16
9	Human Labor	J	4.62E+05	7.38E+06	3.41E+12
10	Chemical Products				
	Sodium Hydroxide	g	2.60E+07	2.65E+09	6.89E+16
	Sulfuric Acid	g	1.95E+07	2.65E+09	5.17E+16
	Total emergy for operation				1.45E+17
	Total Emergy				1.46E+17

(*) Detailed data and calculations may be obtained from the authors

Table 7 – Benefits of chrome recycling unit.

Note (*)	Item	Units	Raw Unit/year	Emergy per unit sej/unit	Emergy sej/year
	Reduction Material				
1	Chrome Sulfate	g	1.25E+08	2.65E+09	3.31E+17
	Total Emergy Benefits				3.31E+17

(*) Detailed data and calculations may be obtained from the authors

Table 8 – Emergy evaluation the wastewater treatment plant with recycling units.

Note (*)	Item	Units	Raw Unit/year	Emergy per unit sej/unit	Emergy sej/year
Construction Phase					
1	Ponds Concrete				
	Concrete	g	5.33E+04	7.34E+08	3.91E+13
2	Major equipment				
	Machinery	g	7.62E+04	4.10E+09	3.12E+14
3	Electric Wires				
	Copper	g	7.66E-04	2.00E+09	1.53E+06
	Plastic	g	2.83E-04	1.50E+09	4.25E+05
4	Plastic in pipes (PVC)				
	Plastic	g	8.00E-03	5.87E+09	4.70E+07
5	Residues transportation				
	Diesel	J	4.51E+08	6.60E+04	2.98E+13
6	Human Labor	J	1.67E+05	7.38E+06	1.24E+12
	Total emergy for construction (assuming useful life of 25 years)				3.82E+14
Operation Phase					
7	Oxygen	g	3.12E+08	5.16E+07	1.61E+16
8	Electricity	J	4.85E+12	1.65E+05	8.00E+17
9	Human Labor	J	4.79E+06	7.38E+06	3.53E+13
10	Chemicals				
	Manganese Sulfate	g	6.14E+06	2.65E+09	1.63E+16
	Aluminum Sulfate	g	3.51E+07	2.65E+09	9.30E+16
	Polyelectrolyte	g	1.76E+05	2.65E+09	4.65E+14
11	Rainfall	J	6.08E+09	1.82E+04	1.11E+14
	Total emergy for operation				9.26E+17
	Total Emergy				9.27E+17

(*) Detailed data and calculations may be obtained from the authors

Table 9 – Benefits wastewater treatment plant with recycling units.

Note (*)	Item	Units	Raw Unit/year	Emergy per unit sej/unit	Emergy sej/year
1	Reduction Material				
	Manganese Sulfate	g	6.83E+05	2.65E+09	1.81E+15
	Aluminum Sulfate	g	3.90E+06	2.65E+09	1.03E+16
	Polyelectrolyte	g	1.95E+04	2.65E+09	5.17E+13
2	Reduction of Environmental Load				
	Oxygen	g	2.00E+08	5.16E+07	1.03E+16
	Total Emergy Benefits				2.25E+16

(*) Detailed data and calculations may be obtained from the authors

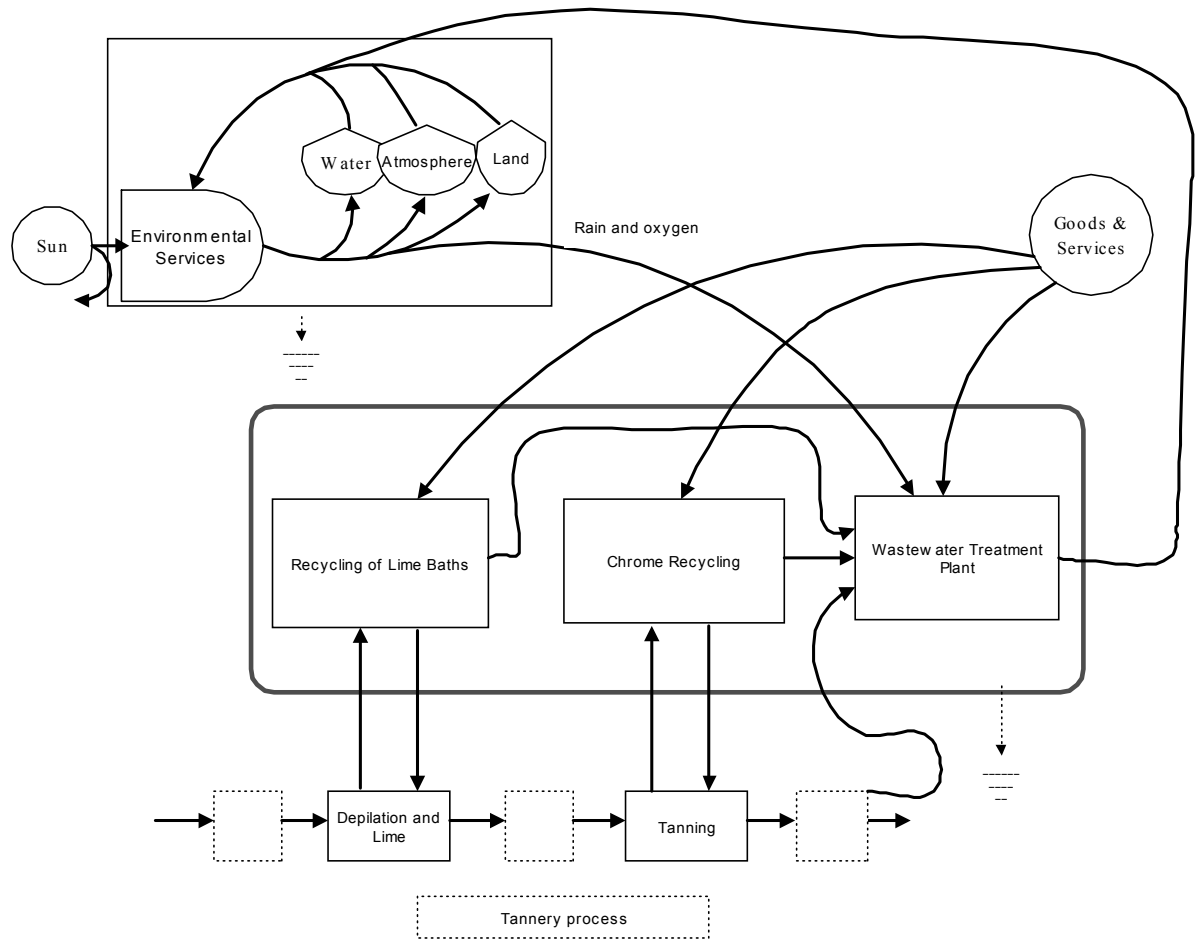


Fig 2 - System diagram of wastewater treatment plant with recycling lime and chrome units

Fig. 2. System...

Tirar a legenda para fora da figura

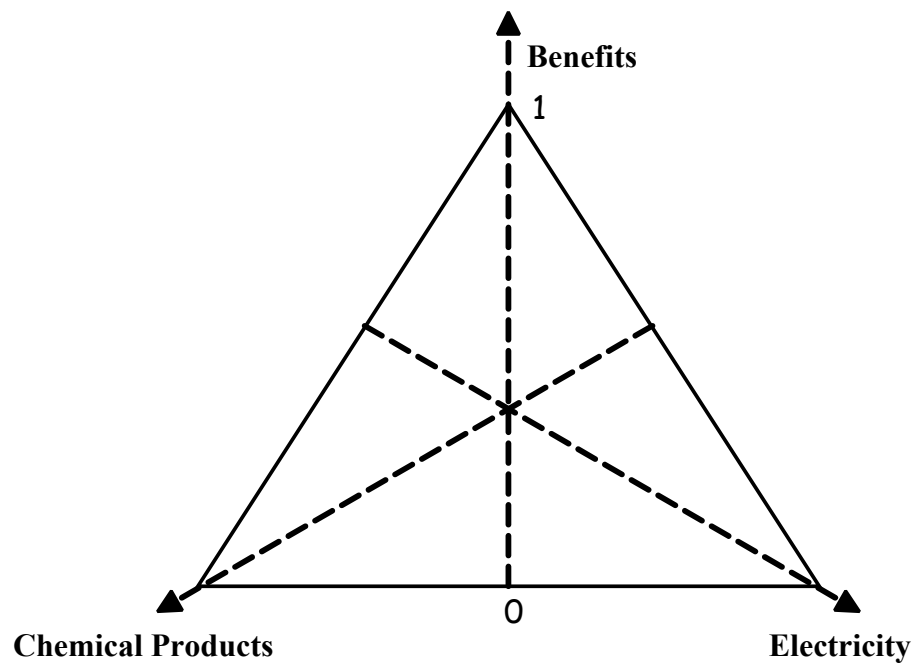


Fig. 3 – System of coordinates of the triangular diagram

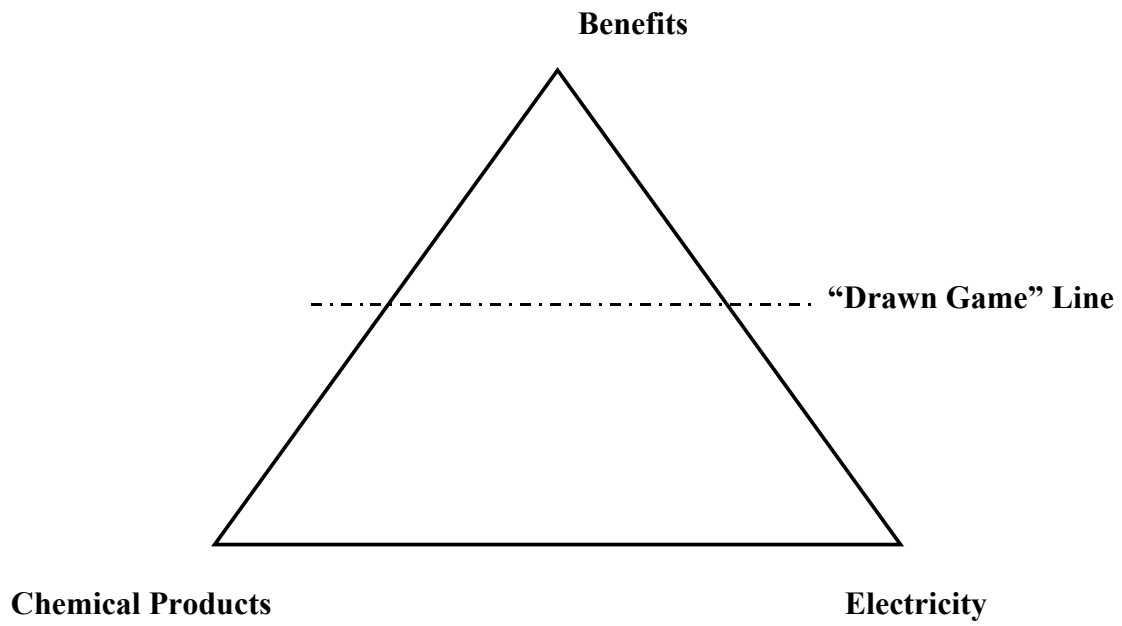


Fig. 4 - Triangular Diagram with the "Drawn Game" Line

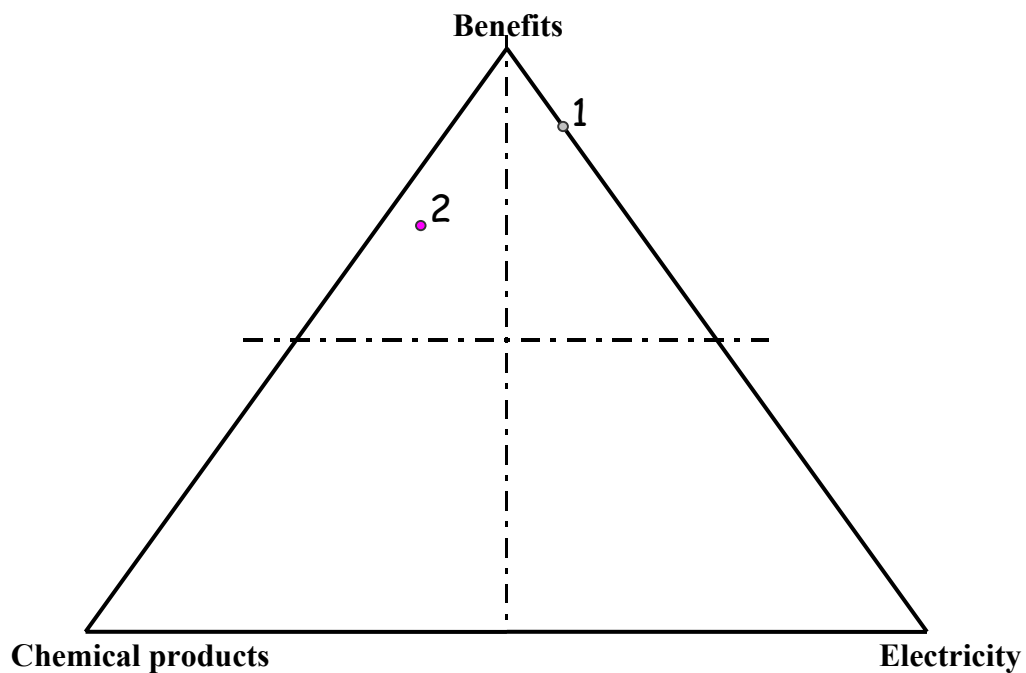


Fig. 5 – Triangular Diagram with recycling units: (1) Lime Recycling Unit; (2) Chrome Recycling Unit

Tem dois pontinhos em cima dos pontos 1 e 2 – parece uma carinha

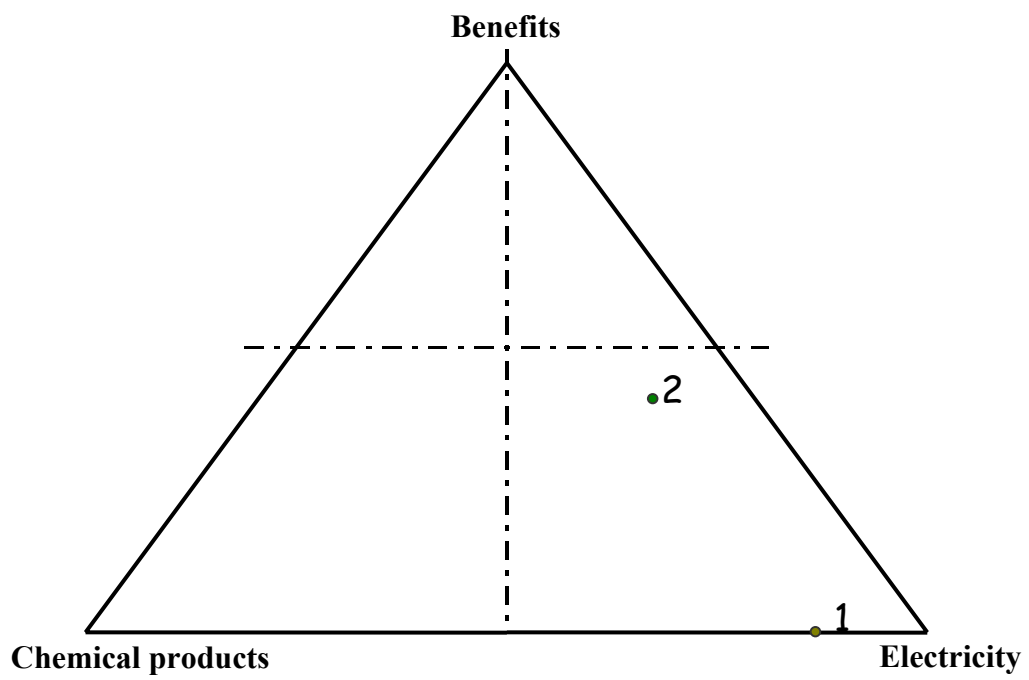


Fig. 6 – Triangular Diagram: (1) Wastewater treatment plant without recycling processes, (2) Wastewater treatment plant with recycling units.

idem

Trabalho Completo Publicado em Congresso.

C. M. V. B. Almeida, E. S. Araujo and B. F. Giannetti: "COMPARARISON OF THE EMERGIES IN THE COLLECTION OF URBAN SOLID WASTES IN SÃO PAULO, SIENA AND MODENA: RECOVERING OF RECYCLABLE MATERIALS AND PRODUCTION OF COMPOST ", *IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA*, Campinas (SP), Brasil , 2004, p. 151-164.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

COMPARARISON OF THE EMERGIES IN THE COLLECTION OF URBAN SOLID WASTES IN SÃO PAULO, SIENA AND MODENA: RECOVERING OF RECYCLABLE MATERIALS AND PRODUCTION OF COMPOST

Cecília M,V.B. Almeida, Eli S, Araujo and Biagio F. Giannetti^(*)

*Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Paulista
Rua Dr Bacelar 1212, Mirandópolis, 04026-002 - São Paulo, Brazil
(* e-mail: biafgian@unip.br*

ABSTRACT:

São Paulo generates daily sixteen thousand tons of solid wastes. The collection and discard of solid wastes is a fundamental issue for the city, affecting several areas of the municipality, from economical to social and environmental issues. The large quantity and its importance in life quality of townsmen bring great challenges to the public administrators.

The data used in this work were obtained from the public administrators responsible for the collection and disposal of solid wastes in the city of São Paulo. Two composting plants were specifically evaluated. Eight per cent (in mass) of the solid wastes generated in the city are sent to these composting plants. For the cities of Siena and Modena, data on emergy described in proper literature were employed. The solar emergy of the fuel and of labor used in the three cities were employed for comparison, because they are a significant part of the resources used in all three systems of municipal collection (more than 70%).

This paper shows that the emergy account (simplified in this case) is a useful tool to those in charge of the collection services and waste treatment, being useful to: (a) the evaluation of the principal investments of direct and indirect resources employed, (b) account the benefits for the society and (c) the comparison of different collection systems (geographically, culturally and technically). Also, the results show that the materials recycling process (organic and inorganic in the compost plants) in São Paulo presents benefits (for some materials) and that there is a great potential for development. For some of the segregated materials no benefits for the municipality were found.

1. INTRODUCTION

One of today's challenges is to know what to do with municipal solid wastes, which is not an easy task. The wastes issue affects all the systems that form a modern society, from the economical system to the public health. Tools that help those who manage the waste collection in their decision-making are of great importance and in this area emergy account proves to be a useful tool. In a society, increasingly more complex and richer, the quantity and variety of wastes generated is remarkable. The quantity of solid wastes generated in São Paulo daily is sixteen tons, from which, 90% are taken to sanitation landfills. Thus, the challenges are to diminish and to manage the quantity of solid wastes delivered to landfills. Among the proposals to diminish the wastes land filled, there are processes to generate organic compost and to recover materials that can be recycled, like plastic, paper, glass, iron and aluminum. The aim of this work is to compare the results obtained in the collection and separation of municipal solid wastes in the cities of Sao Paulo, Siena and Modena.

2. COLLECTING SYSTEMS

2.1. SÃO PAULO

During the period studied, from January to December 2002, São Paulo had two active sanitation landfills, three transshipment stations, one treatment station of health wastes, two compost plants and one incinerator. In the present, one of the compost plants and the incinerator are not working anymore. The city was divided in nine groups of waste collection. Eight private companies perform the collection of solid wastes night and day. The urban solid wastes are generally packed in plastic bags left in front of the residences from where they are taken by a collecting team. The collecting teams are usually formed by a collecting / compacting truck, a driver and four collectors. In some cases, there may be three collectors per team at night. From the solid wastes collected 55% are sent straight to the landfills, 35% to the transshipment stations, 2% to incinerators and treatment stations of wastes of health and 8% to the compost plants. The focus of this study is the solid waste sent to the compost plants. In figure 1 the diagram shows the flow of energies for the collection system of solid wastes in São Paulo.

After the collection phase, the waste is sent to the compost plants where it is submitted to separation processes. The objective is to separate materials that may harm the quality of the pre-compost from the organic waste. At the compost plant there are some steps for the treatment of the wastes: a) distribution of the waste in cesspools; b) conveyor belts for the recyclable materials; c) separation of the rejects; d) electromagnets; e) biodigestors; f) storage shed for discard of the organic compost. The collecting / compacting trucks let the waste in a yard in the plant. From the yard the wastes are placed in cesspools. A conveyor belt carries the waste to the biodigestors. Next to the conveyor belts there are four people who collect the recyclable materials: one person separates the glass, other separates the paper, the next one separates the aluminum and the last one separates the plastic. The separated materials from the conveyor belts are placed in proper containers. At the end of each conveyor belt there is an electro magnet that separates metallic materials. After the passage through the electro magnet the wastes go to the biodigestors. The organic materials stay in the biodigestors until their decomposition. The compost produced goes to conveyor belts and pass through a bolter that performs a last separation. The compost that goes through the separation bolter falls on a last conveyor belt and it is ready for commercialization. The Vila Leopoldina plant is located in an area close to a vegetable and fruit distribution center. The producers bring their products to this distribution center and go back to their farms with the compost produced by the Vila Leopoldina compost plant, improving the use of their vehicles.

2.2. SIENA and MODENA

The information about the collection in the city of Siena was obtained from [1]. The city of Siena may be divided in an inner older city and an outer modern city. The inner city is internal to medieval walls; the modern is the part of the city external to the walls. Because of the physical nature of the city of old Siena (on a hill, stairways, and narrow streets without pavements) the waste collection is a hard task. The administration of the city offers plastic bags for disposing and separating waste materials that may be used according to the size and color of the bags. The pre-selected waste is left next to the streets and is collected manually by an operator and a small truck every morning. This kind of collection must be fast, so that the waste does not remain in the street for too long. Outside the medieval walls, the streets are built according to modern construction regulations and the collection is easier. People separate organic and reusable materials at home and place these materials in large containers located at a short distance from their homes. Big semi-automatic trucks, driven by a single operator, do the collection. Organic materials are collected every day and reusable materials once a week. Therefore, there are two different collection processes: the collection of the old city and the collection that takes place in the modern city. For each process, three different

kinds of collection were identified: a) paper collection, b) multi-material (glass, iron, aluminum and plastic) collection and c) organic material collection. Paper collection is exclusive for this material.

The data from the city of Modena was obtained from the work of Tiezzi [2]. The treatment of wastes in Modena comprises the selective collection, recycling, composting, thermo combustion with recovery of heat and production of electricity. As to the process of collection itself, there is no information in the mentioned work.

3. METHODOLOGY

The data concerning the quantity of collected wastes and the quantity of people working in the collection and separation of solid wastes for generating the compost in São Paulo were obtained from reports of the Department of Services and Buildings [3-5] of the São Paulo municipality. Visits have been made to the Vila Leopoldina plant to study the flow of wastes since the arrival at the plant until the transformation in compost. The values of the transformities shown on Table 1 were obtained from the existing literature about the subject. To Siena and Modena the transformities were maintained as mentioned Ulgiati [1] and Tiezzi [2] works.

From mass values of recovered materials and of the compost obtained, the corresponding emergies were calculated as shown on Table 2. The human labor necessary to recover each material was calculated. The emergy of the labor to recover the recyclable materials is the sum of the labor used in the collection of wastes plus the labor used for selecting the recyclable material. The human labor to obtain the compost is formed by the labor used in the collection plus the sum of all labor used in materials separation.

The fuel expended was calculated only for the process of solid wastes collection referred to the compost plants, disregarding the fuel used inside the compost plants. With the values calculated for the recovered materials, compost, human labor and fuel, the corresponding emergies were calculated as shown on Table 2. In order to normalize the working units, the value of the human labor that in Ulgiati [1] is given as quantity of years was converted into joules in this work. The information about Modena is the same as that found in Tiezzi's work [2].

4. RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of the results was done evaluating how much emergy of recovered materials is obtained in relation to what was spent in emergy of hand-labor and fuel to obtain this same material. The graph in Figure 2 shows the relation between the invested emergies in man-labor and fuel and the emergies of the materials recovered by the São Paulo system. In São Paulo more emergy of paper, iron and steel and compost is recovered, than that invested in man-labor and fuel, which means that recovering these materials is profitable. For glass and aluminum the relation between emergy of materials and man-labor and fuel is close to 50%, suggesting that the recovering process of these materials can be improved.

The relations between what is invested in the collection and separation of materials in Siena (inner city) are shown in Figure 3. The use of intensive hand-labor in the process is clear through the relation between the emergy of materials recovered and the investment in hand-labor and fuel. The process of selective multi-material collection in Siena (outer city) is shown in Figure 4. Opposing to the process of selective collection in old Siena (inner city) the most expensive investment is the fuel. The relation between the invested emergy in man-labor and fuel to the emergy to obtain the materials is less than 50% - except for iron and steel that is about 50%. Even so, the relation between emergies is disadvantageous, that is, more

energy is invested for material recovering than that the material returns. The case of selective paper collection is shown in Figure 5. This is a situation in which it is profitable, from the energetic point of view, to collect the paper. It is interesting to point out that in this kind of collection the material is separated by the final consumers, and that the hand-labor expenses are rather reduced. The expenses with fuel are also reduced since the collection occurs just once a week. The selective collection of Modena is shown in Figure 6. The process has advantages concerning all recovered materials, except for plastic, due to the amount spent in fuel. We would also like to point out the expenses with man-labor to obtain iron and steel, although the relation between the emergies is still advantageous for the recovered material.

In figures 7 to 12 comparison is made among the cities of Siena, Modena and São Paulo. Figure 7 shows the relations between the emergies of man-labor and fuel, and the paper energy. The collection and separation of paper is a disadvantage only for the city of Siena (inner city). To Siena (outer city), Modena and São Paulo, the process is an advantage.

As shown in Figure 8, collecting and separating glass is very advantageous in Modena, very disadvantageous in Siena (inner city), and in Siena (outer city) and São Paulo presents a relation of 50% for the materials and man-labor and fuel. The recovery of iron and steel is very good in São Paulo and Modena, but presents disadvantages in the city of Siena (inner and outer city). In Siena (outer city) the expenses with fuel presents a disproportional burden in relation to the material obtained. In Siena (inner city) the heaviest burden is due to man-labor. In the recovery of plastic São Paulo is in advantage when compared to Siena and Modena. Only in Siena (outer city) the energy of recovered plastic is superior to the investment in hand-labor and fuel, reaching nearly 60%. To Siena (inner city) and Modena, the energy obtained from the material is much lower than 50%, as can be seen in Figure 10.

Aluminum recovery proves to be disadvantageous for the cities of Siena and São Paulo. It is important to point out that in São Paulo aluminum is a highly valued product that is collected by independent collectors that do not belong to the official collection. Thus, the quantity of aluminum collected by the municipality is very low.

The generation of compost is advantageous from the point of view of energy recovery, both to São Paulo and to Modena, reaching a relation of nearly 100% of energy of product in relation to the investment in man-labor and fuel necessary to obtain the compost.

5. CONCLUSION

From these data we can infer that São Paulo presents advantages concerning energy in the generation of compost and recovery of recyclable materials. To most recovered materials the return in energy is higher than 50% compared to the investment in hand-labor and fuel. Only glass and aluminum present an index of 50% between the investment in man-labor and fuel and the investment in the recovery of materials. Data show a good relationship between energy investment and hand-labor and fuel and the energy recovered from materials. It must be pointed out that the analysis developed here only takes into consideration the expenses with fuel and man-labor. If compared to Siena (inner and outer city), São Paulo presents advantages in collecting and recovering recyclable materials. In relation to Modena, São Paulo presents the same values of energy for the recovered materials and pre-compost. The difference between São Paulo and Modena is in the fact that in São Paulo hand-labor is a greater burden whereas in Modena fuel is the main burden. If materials were separated by the final consumer, there might be an improvement in the relationship between the energy of the recyclable materials and the energy invested in hand-labor, since the hand-labor used to separate recyclable materials would be reduced. Another way to decrease the investment in hand-labor would be the automation of the collecting process. All these actions require commitment of those in charge of the treatment of solid wastes as well as the change in habits

of the final consumer. The analysis of the energy is an additional tool that may help to manage the solid municipal wastes, allowing to evaluate the advantages, taking into account factors like man-labor, fuel, equipment and machines used in the collection process and in the final disposition of solid wastes.

6. TABLES AND FIGURES

Table 1. Energy per unit for recovered products, labor and fuel

Item	Unit	Energy Per Unit (seJ/unit)	Ref.
Paper	g	3.88 E+09	10
Glass	g	2.16 E+09	7
Iron and steel	g	4.13 E+09	7
Plastic	g	5.85 E+09	7
Aluminum	g	1.25 E+10	7
Labor	J	7.38 E+06	11
Fuel	J	6.60 E+04	6
Compost	g	1.27 E+08	9

Table 2. Energy of recovered materials and pre-compost in compost plants of São Paulo, 2002.

No tes	Item	Unit	Unit / yr	Energy Per Unit (seJ/unit)	Solar Energy (E14 seJ/yr)
1	Labor	J	2.24 E+11	7.38 E+06	16531.20
2	Fuel	J	2.24 E+12	6.60 E+04	1478.40
	Paper	g	2.58 E+09	3.88 E+09	100104.00
3	Labor	J	1.54 E+10	7.38 E+06	1136.52
	Glass	g	1.02 E+09	2.16 E+09	22032.00
3	Labor	J	1.54 E+10	7.38 E+06	1136.52
	Iron and steel	g	5.44 E+09	4.13 E+09	224672.00
3	Labor	J	1.54 E+10	7.38 E+06	1136.52
	Plastic	g	4.99 E+09	5.85 E+09	291915.00
3	Labor	J	1.54 E+10	7.38 E+06	1136.52
	Aluminum	g	1.54 E+08	1.25 E+10	19250.00
3	Labor	J	1.54 E+10	7.38 E+06	1136.52
	Compost	g	2.37 E+11	1.27 E+08	300990.00
4	Labor	J	1.73 E+11	7.38 E+06	12767.40

Table 3. Emergy of selective and separation collection of paper in Siena (Outer city) 1997.

Item	Unit	Unit/ yr	Emergy Per Unit (seJ/unit)	Ref. for Transf.	Solar Emergy (E14 seJ/yr)
Paper	g	3.09 E+09	2.47 E+08	[1]	763.77
Labor	J	2.67 E+09	7.38 E+06	[9]	196.74
Fuel	J	8.50 E+10	6.60 x 10 ⁴	[6]	56.10

Table 4. Emergy of multi-material and separation collection in Siena (Outer city) 1997.

Item	Unit	Unit/ yr	Emergy Per Unit (seJ/unit)	Ref. for Transf.	Solar Emergy (E14 seJ/yr)
Glass	g	8.20 E+08	1.65 E+07	[1]	135.75
Iron and steel	g	9.91 E+08	2.53 E+06	[1]	25.04
Plastic	g	1.26 E+08	1.99 E+08	[1]	250.28
Aluminum	g	4.48 E+06	4.62 E+08	[1]	20.69
Labor	J	1.80 E+09	7.38 E+06	[9]	132.80
Fuel	J	8.50 E+10	6.60 E+04	[6]	56.10

Table 5. Emergy of selective and separation collection in Siena (Inner city) 1997.

Item	Unit	Unit/ yr	Emergy Per Unit (seJ/unit)	Ref. for Transf.	Solar Emergy (E14 seJ/yr)
Paper	g	3.60 E+08	2.78 E+08	[1]	1000.17
Glass	g	9.52 E+07	2.22 E+08	[1]	211.52
Iron and steel	g	5.02 E+08	1.41 E+07	[1]	70.94
Plastic	g	1.93 E+07	1.11 E+09	[1]	214.26
Aluminum	g	5.50 E+05	2.58 E+10	[1]	14.21
Labor	J	1.69 E+10	7.38 E+06	[9]	1245.00
Fuel	J	2.27 E+11	6.60 E+04	[6]	149.60

Table 6. Emergy of collection material in Modena. 1996.

Item	Unit	Unit/yr	Emergy Per Unit (seJ/unit)	Ref. for Transf.	Solar Emergy (E14 seJ/yr)
Paper	g	2.38 E+09	3.49 E+09	[2]	83062.00
Labor	J	2.26 E+10	8.90 E+06	[2]	1981.14
Fuel	J	3.72 E+11	6.60 E+04	[6]	245.52
Glass	g	2.17 E+09	8.40 E+08	[2]	18228.00
Labor	J	1.81 E+09	8.90 E+06	[2]	161.90
Fuel	J	2.58 E+11	6.60 E+04	[6]	170.28
Iron and steel	g	8.24 E+06	1.60 E+10	[2]	1318.40
Labor	J	7.53 E+09	8.90 E+06	[2]	670.17
Fuel	J	3.44 E+11	6.60 E+04	[6]	227.04
Plastic	g	7.92 E+07	3.80 E+08	[2]	300.96
Labor	J	1.31 E+09	8.90 E+06	[2]	116.59
Fuel	J	2.98 E+11	6.60 E+04	[6]	196.68
Compost	g	5.10 E+08	3.77 E+09	[2]	19227.00
Labor	J	7.53 E+09	8.90 E+06	[2]	670.17
Fuel	J	4.29 E+12	6.60 E+04	[6]	2831.40

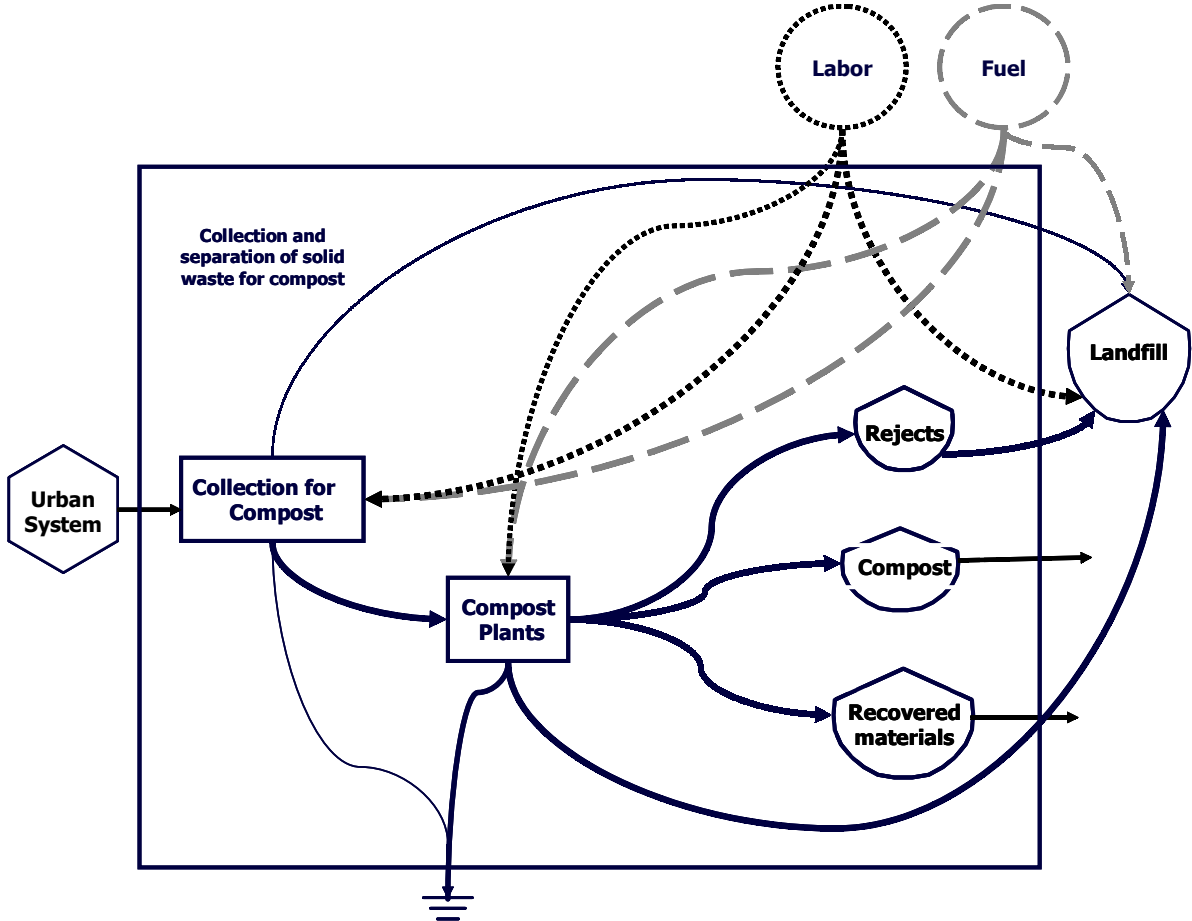


Fig. 1. Flows of energy in collection and separation waste for compost in São Paulo. 2002.

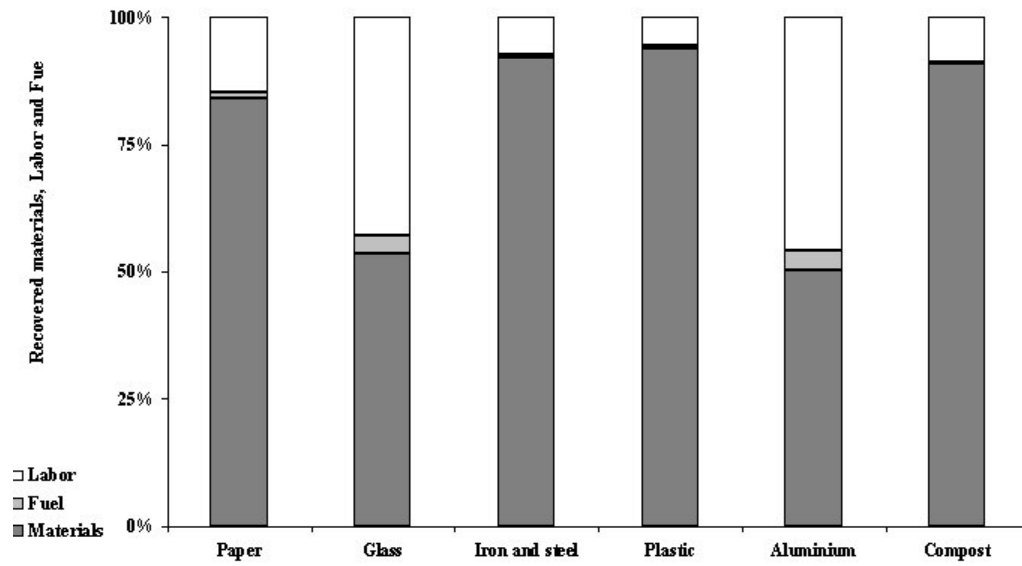


Fig. 2. Investments in energy to obtain materials and pre-compost in São Paulo. 2002.

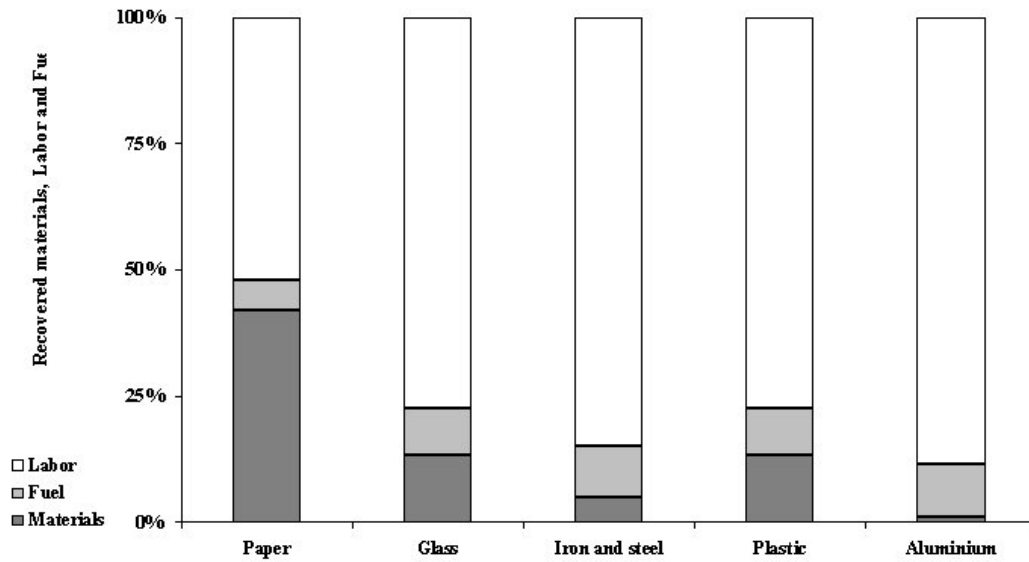


Fig. 3. Investments in energy to selective collection in Siena (Inner).

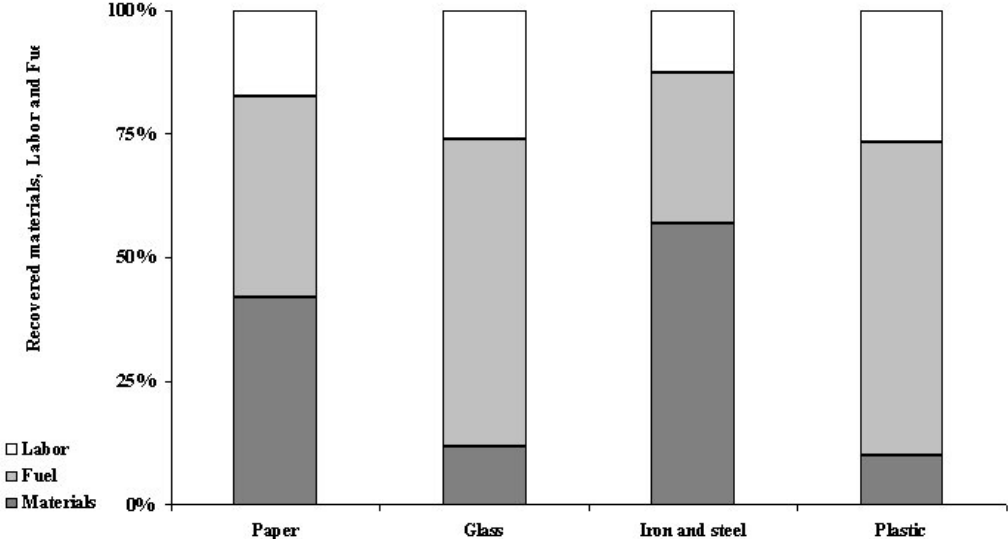


Fig. 4. Investments in emergy to multi-material collection in Siena (Outer city).

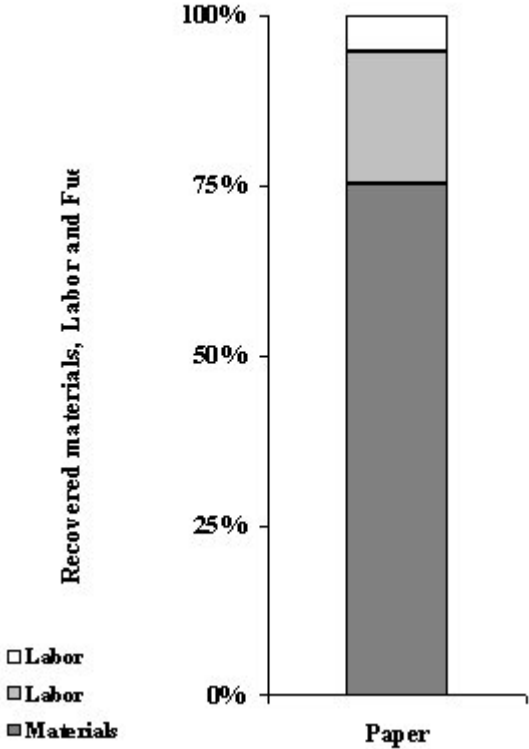


Fig. 5. Investments in emergy to selective paper collection in Siena (outer city)

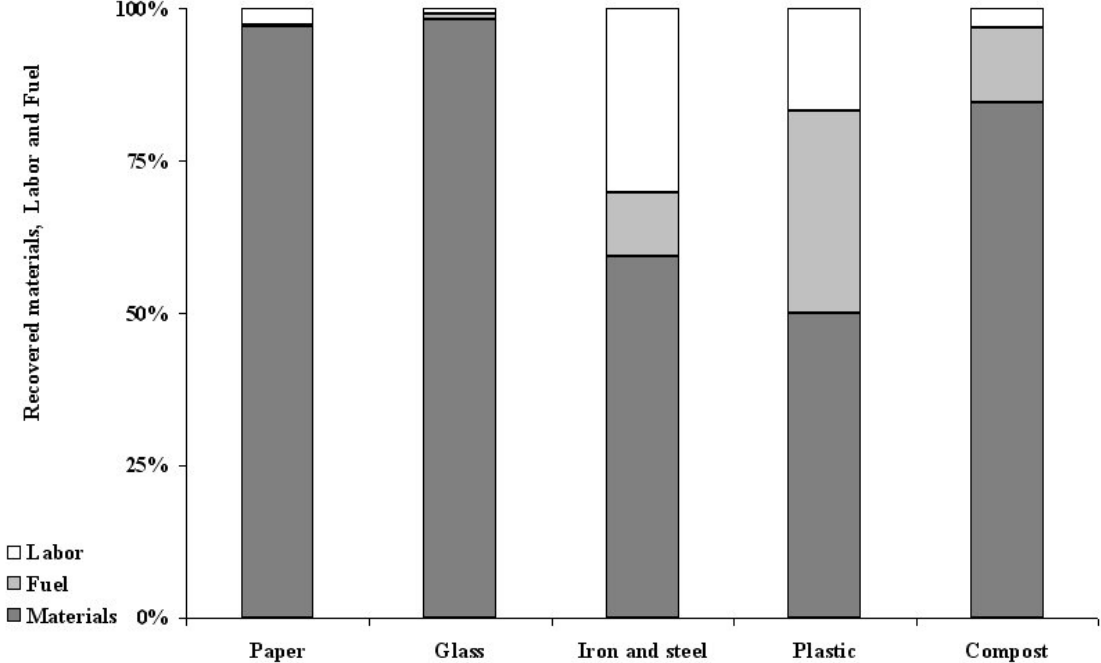


Fig. 6. Investments in energy to selective collection in Modena.

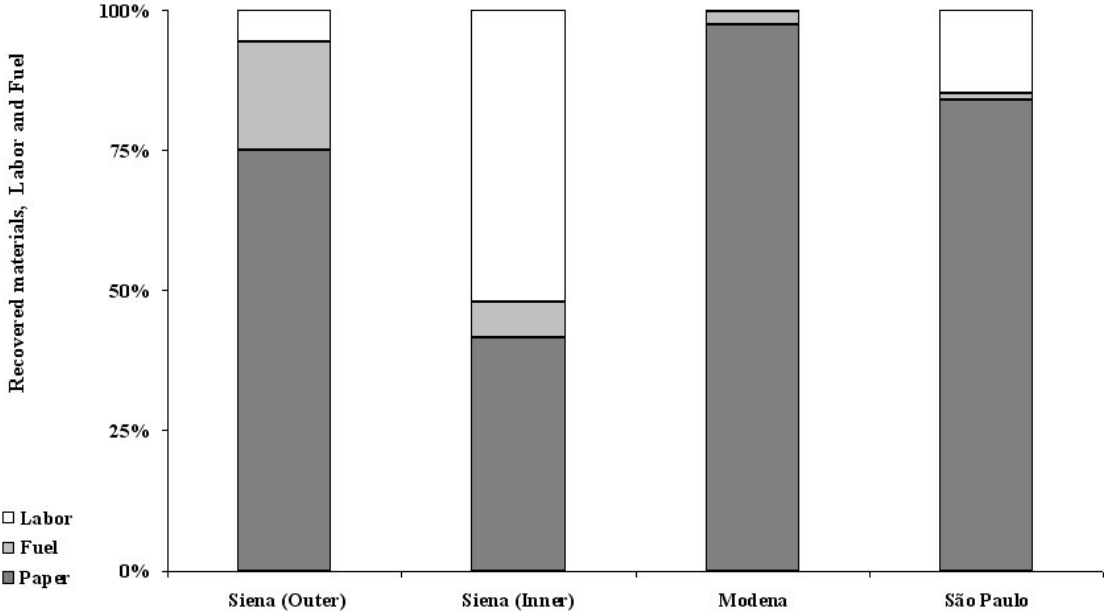


Fig. 7. Collection and separation investments for paper in Siena, Modena and São Paulo.

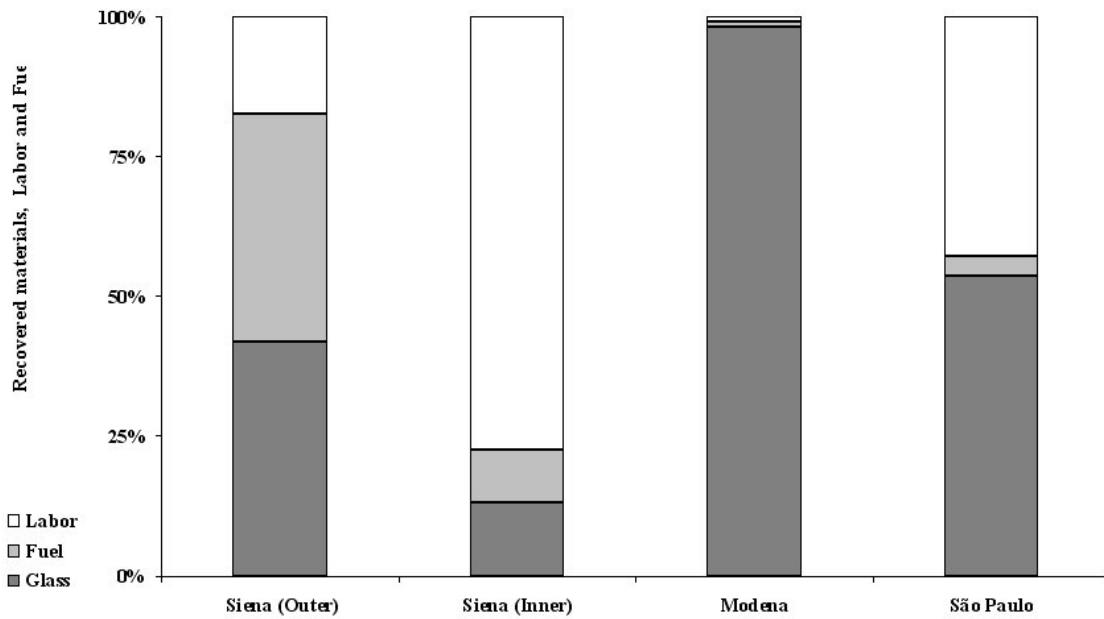


Fig. 8. Collection and separation investments for glass in Siena, Modena and São Paulo.

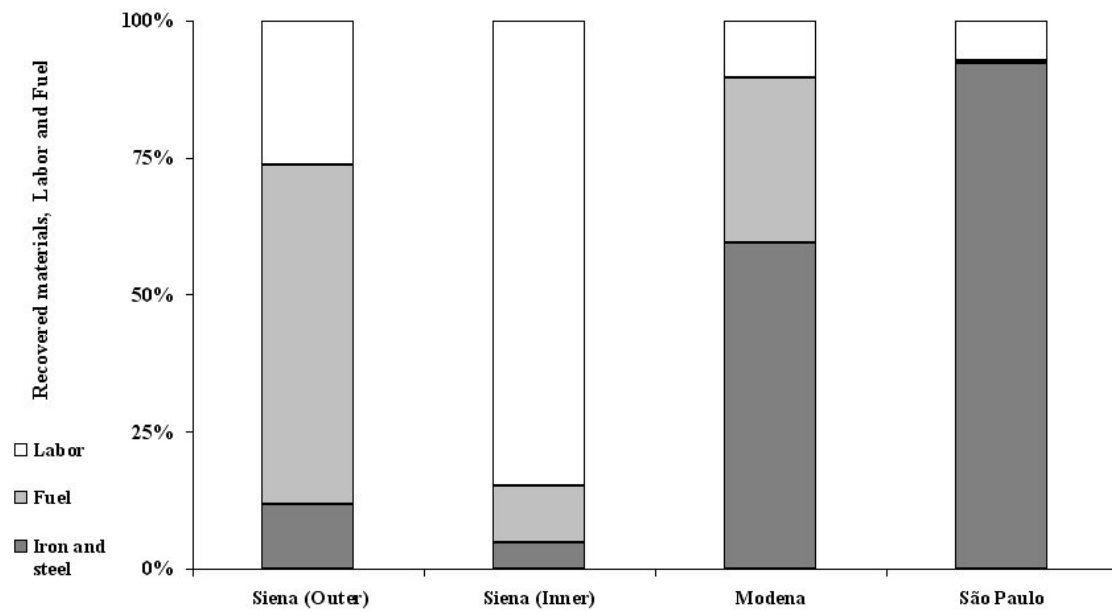


Fig. 9. Collection and separation investments for iron and steel in Siena, Modena and São Paulo.

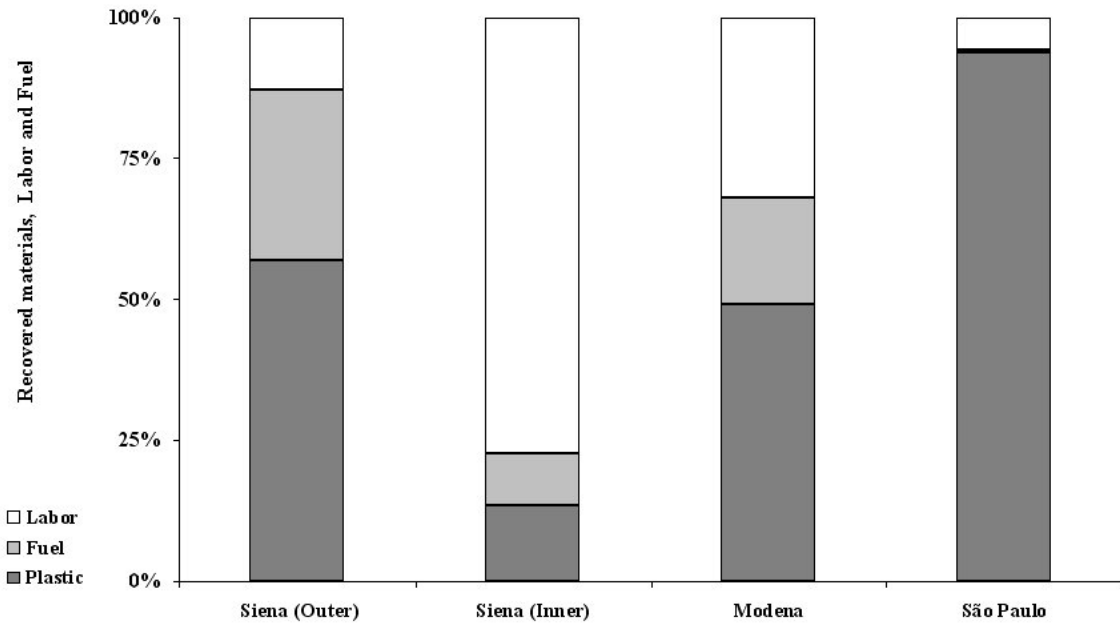


Fig. 10. Collection and separation of plastic investments in Siena, Modena and São Paulo.

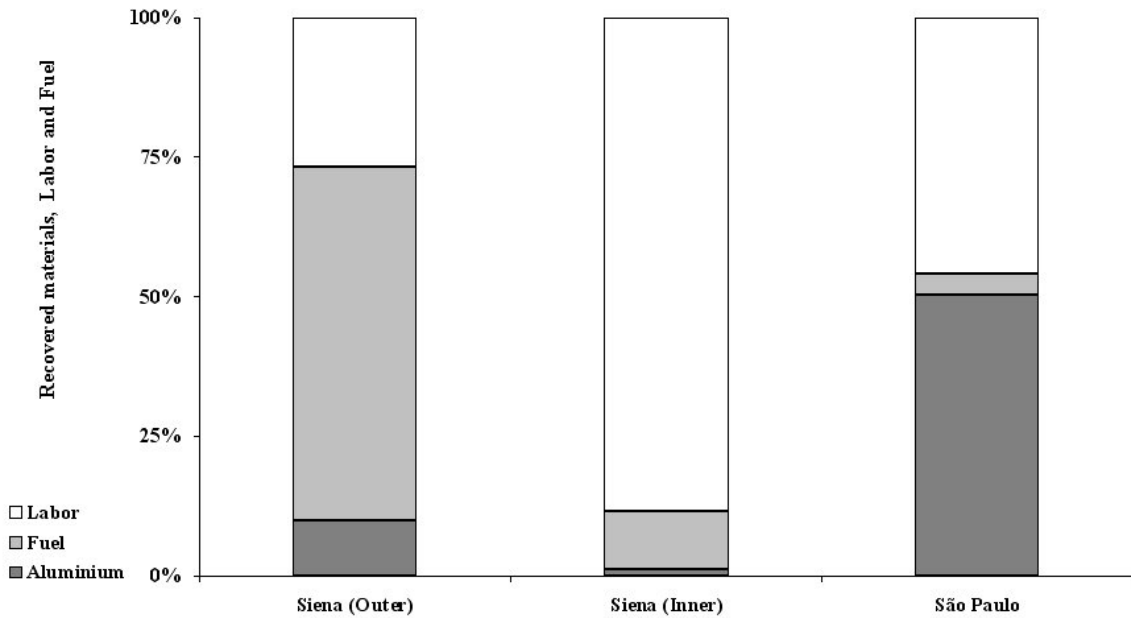


Fig. 11. Collection and separation of aluminum investments in Siena, Modena and São Paulo.

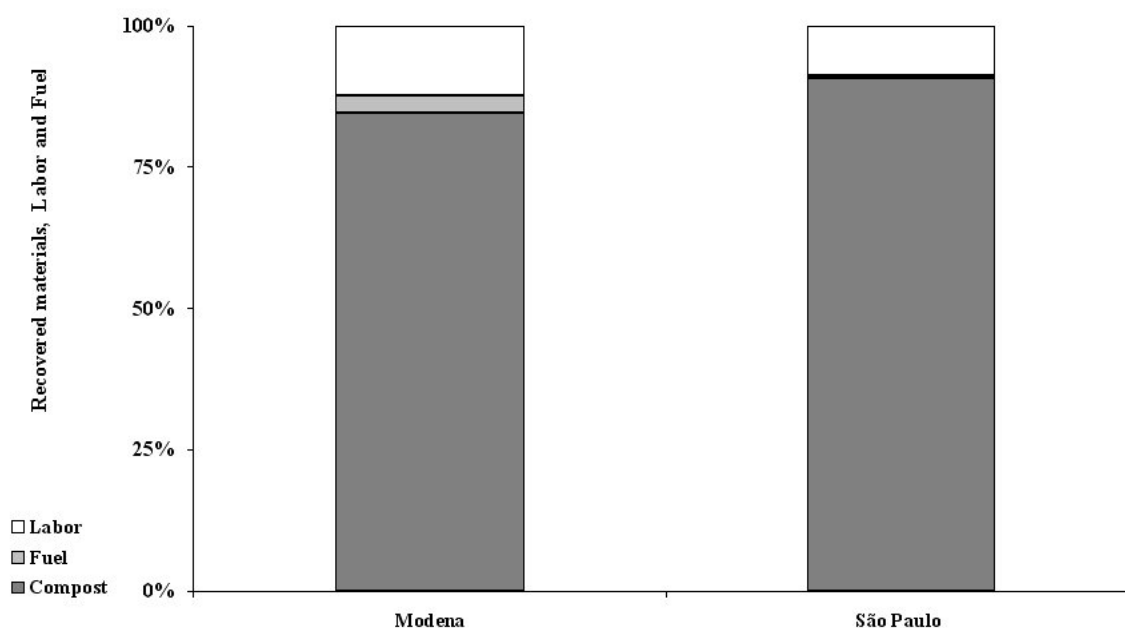


Fig. 12. Collection and separation of compost investments in Modena and São Paulo.

7. REFERENCES

- [1] Luchi F. e Ulgiati. S. Energy and Emery Assessment of Municipal Waste Collection. A case study. (1997). 303-316.
- [2] Tiezzi E., Analisi Di Sostenibilità Ambientale Del Trattamento Dei Rifiuti Nel Comune Di Modena. Progetto svolto dal gruppo di ricerca, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi. Università di Siena. Siena, 1998.
- [3] Prefeitura do Município de São Paulo. Relatório de Avaliação / 2002. São Paulo, Secretaria de Serviços Obras, 2003.
- [4] Prefeitura do Município de São Paulo. Relatório Técnico no. 68. São Paulo, Secretaria de Serviços Obras, 2003.
- [5] Prefeitura do Município de São Paulo. Caracterização Quantitativa e Qualitativa dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de São Paulo. São Paulo, Secretaria de Serviços Obras, 2003.
- [6] Odum, H. T, Environmental Accounting. Emery and Environmental Decision Making. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1996.
- [7] Brown M.T. e Buranakarn V. Emery indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. Resources, Conservation and Recycling, 38(2003) 1-22.
- [8] Brown, M.T. e Arding J. Transformities working paper, Center for Wetlands. University of Florida, Gainesville, FL. 1991.
- [9] Panzieri M. Analisi ed indagine termodinamica di sistemi complessi. Universidade di Siena. 1995. Apud Bastianoni S., Marchettini N., Panzieri M. e Tiezzi e. Sustainability assesment of a farm in the Chianti área (Italy). Journal of Cleaner Production, 9(2001) 365-373.
- [10] Jacobi P. R. Ciência Ambiental os Desafios da Interdisciplinaridade. São Paulo: Anna-Blumes, 2000.

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-
ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

[11] Ulgiati S., Odum T.H., Bastianoni S. Emergy use, environmental loading and sustainability an emergy analysis of Italy. Ecological Modeling 1994;73;215-268.

8. NOTES

1 - Small part of work used in the collection of wastes bound for the compost plants.
Common in the recovery of all recyclable material and organic compost.

People employed in the collection	232	people	
Hours worked per day	8	hours/day	
Days of work per week	5	days/week	
Weeks of the year	52	weeks/year	
Vacation days in a year	30	days/year	
Total hours worked	1.84E+03	hour/year	= (5 x 52 – 30) x 8
Energy of the metabolism	1.25E+02	kcal/hour	= 3.00E+03 kcal/day
Conversion factor	4.19E+03	J/kcal	
Total energy	2.24E+11	J/year	=
	(1.84E+03 x 1.25E+02 x 4.19E+03x 232)		

2 - Fuel spent to collect wastes bound for compost

Kilometers per liter	1.80E+00	km/l	
Distance covered	6.78E+04	km/month	
Months of collection per year	12	months/year	
Liters spent in the collection (year)	4.52E+04	l/year	=
	(6.78E+04/1.80E+00)x12		
Total of wastes collected	3.55E+05	t/year	
Total collected per liter	7.86E+00	t/l	= 3.55E+05 / 4.52E+04
Total collected for composting	4.91E+05	t	
Fuel for composting	6.24E+04	l	= 4.91E+05 / 7.86E+00
Conversion factor	35.60E+06	J/l	
Fuel for composting	2.24E+12	J	= 6.24E+04 x 35.60E+06

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-
ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

3 – Hand labor used in the separation of paper, glass, iron and steel, plastic and aluminum in the composting plants. The separation of each of these materials uses the same quantity of hand labor.

People separating material	36	people	(two plants)
Working hours per day	8	hours/day	
Days of work per week	5	days/week	
Weeks of the year	52	weeks/year	
Vacation days in the year	30	days/year	
Total hours worked	1.84E+03	h/year	= (5 x 52 – 30)x8
Energy of the metabolism	1.25E+02	kcal/hour	= 3.00E+03 kcal/day
Conversion factor	4.19E+03	J/kcal	
Total Energy	1.73E+10	J/year	=
	(1.84E+03 x 1.25E+02 x 4.19E+03 x 36)		

4 – Hand-labor used to obtain the compost in the composting plants. It is considered every hand-labor used in the separation of the recyclable materials.

People separating material	180	people	(two plants)
Working hours per day	8	hours/day	
Days of work per week	5	days/week	
Weeks of the year	52	weeks/year	
Vacation days in the year	30	days/year	
Total hours worked	1.84E+03	h/year	= (5 x 52 – 30) x 8
Energy of the metabolism	1.25E+02	kcal/hour	= 3.00E+03 kcal/day
Conversion factor	4.19E+03	J/kcal	
Total energy	1.73E+11	J/year	=
	(1.84E+03 x 1.25E+02 x 4.19E+03 x 180)		

Trabalho Completo Publicado em Congresso.

S. Nobre, C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti: "EMERGY ACCOUNTING OF THE BENEFITS PROVIDED BY THE SCRAP/STEEL SHEET EXCHANGE ", *IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA*, Campinas (SP), Brasil , 2004, p. 208-221.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

EMERGY ACCOUNTING OF THE BENEFITS PROVIDED BY THE SCRAP/STEEL SHEET EXCHANGE

Silvia Nobre, Cecília M.V.B. Almeida and Biagio F. Giannetti ()*

*Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Paulista
Rua Dr Bacelar 1212, Mirandópolis, 04026-002 - São Paulo, Brazil*

ABSTRACT

The studied company is located in Great São Paulo and has been operating in the steel business for about eight years. The company trades steel directly purchased from steel plant and resells it to metallurgical and other companies in the field of iron and steel in general. Up to the beginning of 2003, the company worked in the traditional business system, however with the political and economical changes in the domestic and international market, the steel plant started to export almost all its material to other countries. Thus, in order not to harm the domestic market, the steel plant and the distributor have established an agreement: the distributor takes responsibility to return to the steel plant two tons of scrap for each ton of material taken out. In order to take this commitment, the company had to partner with clients, in order to assure a scrap stock. Thus, it was established that for each ton of material supplied to its customers, they were responsible to return four tons in scrap. Thus, the company diversified its sales to two types of customers: without exchange (conventional system) and with exchange (new system).

With the agreements established, the company had to plan and implement an infrastructure for the new system. In the period of four months, the company invested in the phase of implementation of this new system, basically, with the production of containers, hiring of specialized labor force and purchase of trucks for the transportation of the containers. Once the phase of implementation was ended, the company started to operate with the two systems.

In the paper, the diagram of energy for the company operation and quantification of the inputs (from the phases of implementation, maintenance and operation) are presented, taking into consideration the use of paid and unpaid resources. The data obtained permit to evaluate and compare the emergy benefit of the system since its implementation. Besides, other scenarios of operation are proposed and the possible benefits of the new system (exchange of sheet for scrap) are discussed.

(*) biafgian@unip.br

1. INTRODUCTION

The companies actions related to the environment have been changed initially within production and operation areas, where there are large opportunities to reduce the impact of processes [1, 2]. The introduction of the natural resources in the production costs led many companies to perform investments in environmental research. Studies with the purpose of minimizing the environmental impacts without affecting the company's profit were performed demonstrating that the environment-company relationship based on an effective management may be able to bring improvements, both to the environment and the company.

This evaluation, if performed with traditional financial analysis, does not contemplate the environmental costs and benefits, since they are intangible costs to which no monetary value can be addressed, as the cost of the environment to absorb pollutants.

Since its introduction, energy analysis [3] has increased its importance in the world scenario, as it considers both the economic and environmental resources in the assessment of products or services, employing a common metric, named Energy.

The use of a graphical tool may not only help data interpretation, but also aids comparisons and complement energy analysis, assisting decision-making [4]. The graphical tool permits simulations, such as investment increasing or changes of raw material, and gives an overview of the possible environmental impacts generated by these actions.

In this study, an alternative distribution system is assessed employing energy analysis. The improvements, both to the environment and to the company, are evaluated.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. System description

The company studied, located in Grande São Paulo, trades steel purchased directly from steel industries and distributes to metallurgical and other companies. Until 2003, the company followed the traditional business system (linear), however with changes in domestic and international markets, the steel plant started to export almost all its production

to other countries. In this context, the steel plant and the distributor have established an agreement: the distributor returns two tons of scrap to the steel plant for each ton of material taken. In order to assure a scrap stock, the distributor established also an agreement with his clients: for each ton of material supplied to the customers, four tons in scrap should be returned. Thus, the company diversified its sales to two types of customers: C1 (without scrap exchange, linear system) and C2 (with scrap exchange, distribution-collection system) (Fig. 1). To implement the alternative system, the distributor invested in the production of containers, bought trucks for the containers transportation and hired additional labor force. The resulting mixed system is shown in figure 1.

2.2 System boundaries and data of sources

Data, concerning direct and indirect resources employed in each stage of implementation and operation, were collected. The useful life for containers was estimated in 25 years, for machines 10 years and for trucks in 4 years.

The analysis was performed through November 2003 to April 2004. The company's inflows and outflows average values (Table 1) have been calculated. In this period the system operated far below its capacity. Hence, to complete this work data will be collected for a year.

In the operation phase, direct and indirect resources were allocated by the average consumption of each customer, with and without scrap exchange. Thus, 38 % (w/w) of the resources have been distributed to the customers with scrap exchange and 62 % (w/w) to the customers without scrap exchange. Data of steel sheet production and of purchased steel sheets are not subject to this study.

Figures 2a and 2b show both systems, the linear and the mixed system, respectively.

2.3. Emergy analysis

Emergy is the amount of energy needed, directly or indirectly, to obtain a product (good or service) in a given process, and its unit is expressed in sej (solar energy joule). The use of one single unit to which the several kinds of energy are converted permit to sum up all

contributions of energy used to obtain a given product or service. Transformity is defined as the amount of solar energy employed, directly and/or indirectly, to obtain one joule of a given product (good or service), and its unit is expressed in sej/J (solar energy joule per joule) [3]. Transformity provides a measurement of the concentration of energy and may be considered as an indicator of quality. Emergies per unit used in this study were taken from the literature (Table 2).

2.4. Triangular Diagram

The triangular diagram [4] is a very efficient graphical method, when three variables describe a process or a system. Most commonly, three fractions or proportions add to 1 (corresponding to the height of the triangle), or three percents add to 100. Each height is associated to one variable; thus, any point within the triangle may be defined from a set of three coordinate values. The three variables considered in this work were fuel, goods and services and benefits. The benefits are defined as the energy of steel as output of the steel plant. The triangular diagram, in this way, confronts the investments on fuel, goods and services to perform the scrap recovery with the investment needed to produce the same quantity of steel. It is worthy to note that all resources employed for collecting/distributing scrap/steel are accounted in the chosen variables.

There is still the possibility of presenting one point, named simergic point or simergy, defined as the resulting composition of two or more systems (figure 3). The simergic point is used to determine the characteristics of the combination of two or more processes or systems, that is, the resulting mixed system.

3. RESULTS

Table 3 shows the resources used for the implementation of the steel sheet/scrap distribution/collection system. Each row represents an input flow of the system. It can be observed that the higher resource investment for the implementation phase is due to the purchase of trucks that collect scrap (about 85%). The energy of the trucks contributes

with approximately 56% of the total energy (Tab.4). The steel sheets for containers construction contribute with about 13% to the total energy in the implementation phase.

Table 4 shows the energy accounting for maintenance and operation of the system and the total accounting for the mixed system. In the operation phase, fuel is used intensively (>50%), whereas in the maintenance phase, labor (about 69%) and machinery (about 23%) have major contributions to the energy value. However, the contributions of these items to the total energy of the mixed system are below 40%.

The energy of the conventional system was calculated to be $8.46E+16$ sej (implementation plus operation of the conventional system, $1.68E+16$ sej and $6.78E+16$ sej, Tabs. 3 and 4) and the energy of the alternative system with has been calculated as $3.59E+17$ sej (operation, $5.73E+16$ sej, maintenance, $6.52E+15$ sej and implementation $2.95E+17$ sej, Tabs. 3 and 4) . The total energy of the mixed system has been calculated as $3.63E+17$ sej (Table 4). From these values, it is possible to calculate the specific energies for each operational system (Table 5).

Comparing the energy invested to recover 1kg of steel ($4.13E+12$ sej/kg) with the energy needed to manufacture 1kg of steel ($9.57E+11$ sej/kg) it is noticed that the collection system still uses more resources in the recovery than the resources needed to manufacture the same amount of steel. For the benefits to be obtained, it would be necessary to increase the amount of scrap recovered by at least five times, without investing in goods and services, which is possible, since the implemented system has been planned to collect at least ten times what it currently collects.

Based on these data for the graphical analysis of the results through the triangular diagram (figure 3), the upper vortex of the diagram represents the energy of the recovered steel and the vortices of the triangle base represent on the right the energy invested in goods and services and to the left, the energy invested in fuel in the phase of operation. Thus, it will be possible to analyze the steel sheet distribution system based on these three variables which, as seen in the table, are percentage representative.

4. Discussion

From the results of the graph in figure 3, the allocation of the points in the figure represents the result between the investment of fuel and of goods and services in relation to the amount of scrap recovered. The symmetry line which horizontally crosses the diagram corresponds to half the height of the triangle (50%), that is, if the resources invested (in fuel and goods and services) to recover the scrap were lower than the energy recovered, the resulting system should be represented by a point above this line. It can be observed that both the system with exchange of scrap (2), and in the system resulting (C) from the two kinds of operation, with and without exchange, they are located below the symmetry line, which demonstrates that the system does not operate so as to bring benefits.

The graphic tool permits to simulate new conditions within the studied system. As the system was implemented so as to operate with an amount of scrap ten times larger than that observed in the data collection period, situations where the collection increases have been studied. The consumption of fuel in the operation was considered to be directly proportional to the amount of scrap collected (Figure 4).

The diagram shows that, in order to obtain some benefit in relation to the collection of scrap, it is necessary, at least, to quintuplicate the recovered amount without increasing the investment in goods and services, and at point C represents the maximum point of collection of the new system (7) together with the conventional system (1), managing to exceed the symmetry line.

5. Conclusion

The use of the energy analysis and the triangular diagram to evaluate the performance in the implementation of a new system in the distribution of steel sheets, with the collection of scrap permitted to find that the energy invested to recover 1kg of steel ($7.09E+08$ sej/kg) is higher than that needed to manufacture 1 kg of steel ($2.84E+08$ sej/kg), which indicates that the collection system uses more resources in the recovery than the resources needed to manufacture the same amount of steel. In order to obtain benefits it will be necessary to increase the amount of recovered scrap by at least five times, without investing in goods and services, and to exceed the symmetry line of the system it is necessary that the system collects ten times more.

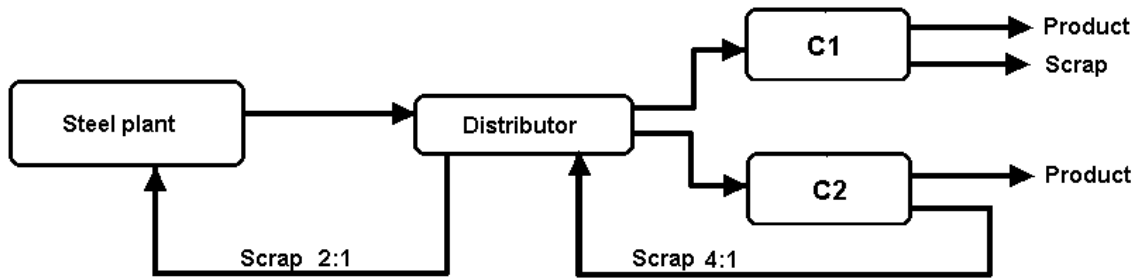
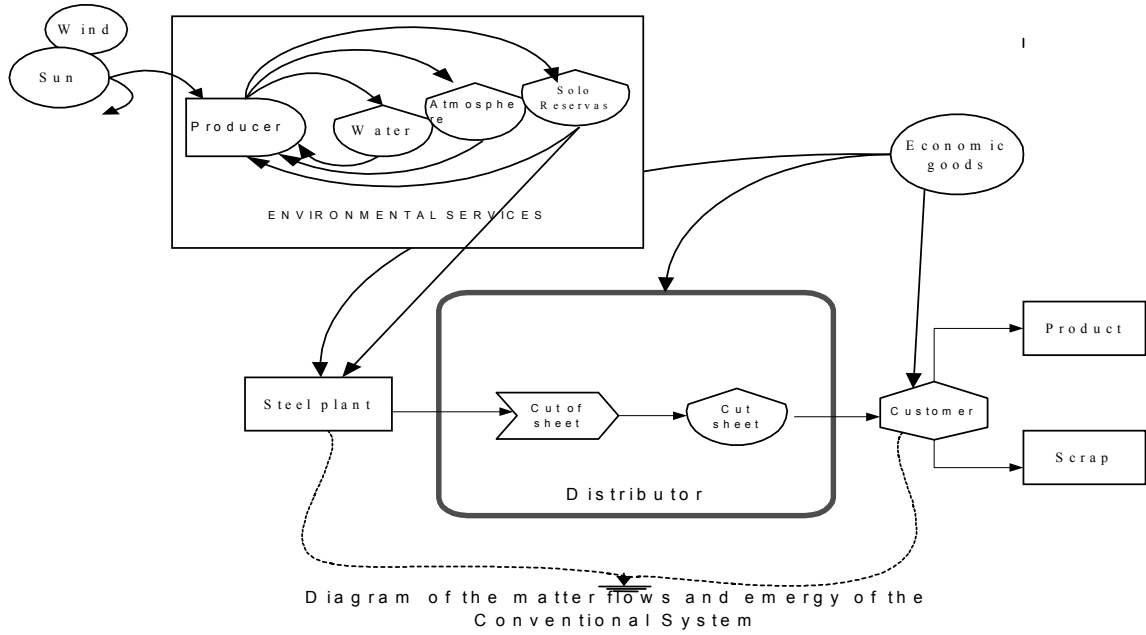


Fig. 1 - Material fluxes of the alternative distribution system. C1 represents customers without scrap exchange and C2 customers with scrap exchange

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

a)



b)

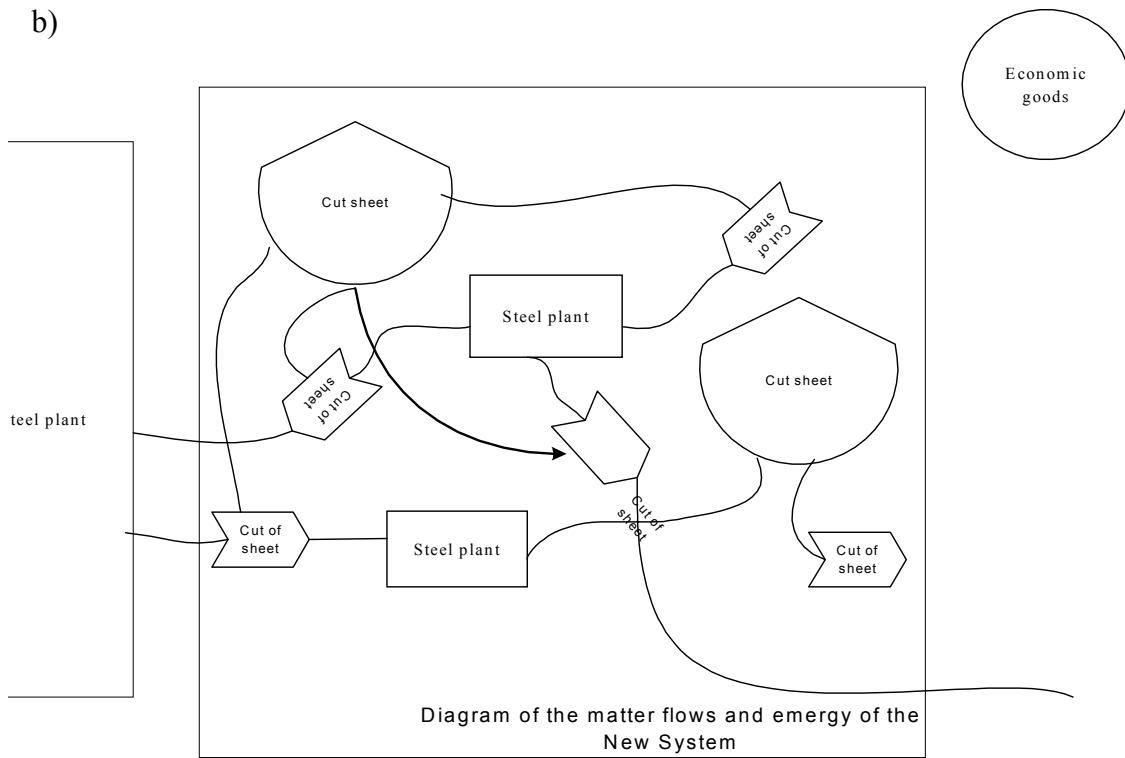


Figure 1 – Diagram of the matter flows and emergy of (a) conventional system. (b) new system

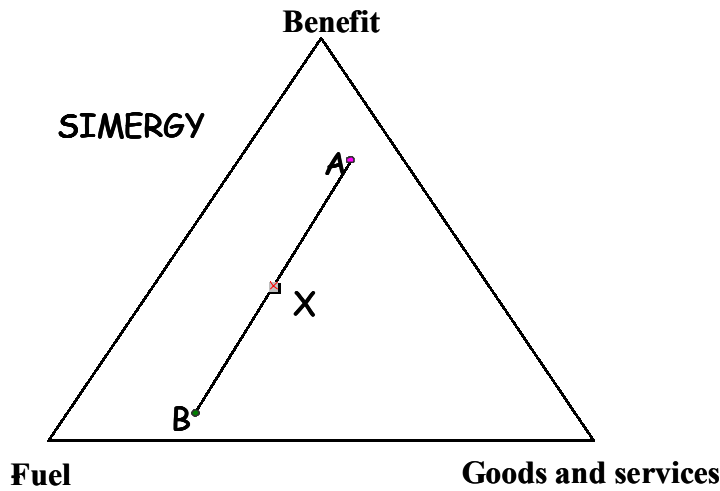


Figure 2 – Triangular Diagram where the simergic point X and the lines that connect it to the points that comprise it A and B are shown.

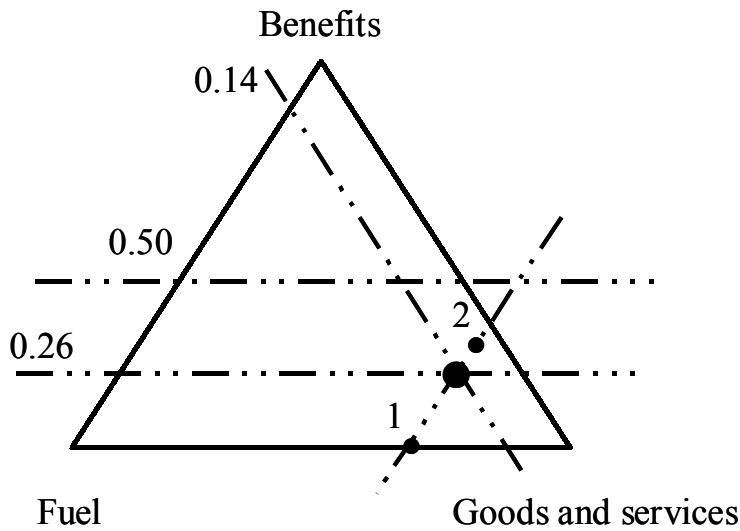


Figure 3 – Triangular diagram of the company's system

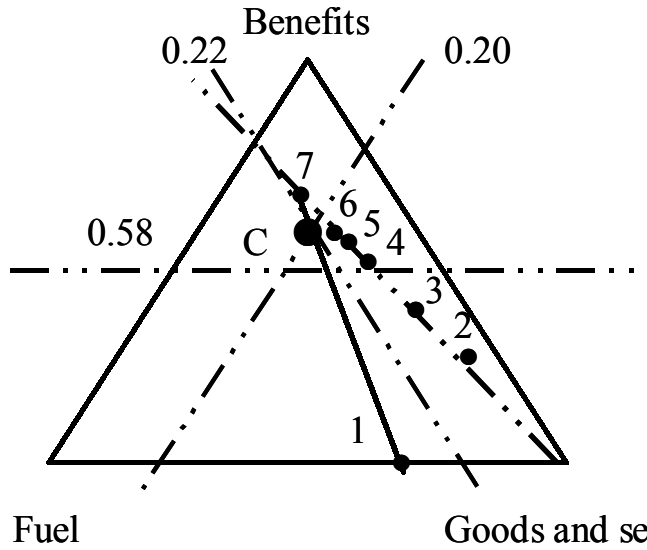


Figure 4 – Triangular diagram for trade of iron and steel: (1) customer without exchange, (2) customer with exchange, (3) considering twice the recovery, (4) considering three times the recovery, (5) considering four times the recovery, (6) considering five times the recovery, (7) considering a ten times higher recovery and (C) system resulting from the combination between (1) and (7).

Table 1 – Balance of inflow and outflow of materials

<u>Monthly Average amount in mass</u>	
Inflow	
Steel Plant	63,015 kg
Scrap	31,591 kg
Storage	31,036 kg
Outflow	
Customer with exchange	12,101 kg
Customer without exchange	19,878 kg

Table 2 – Emergy per unit used in this study

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

Item	Unit	Emergy/unit	References
Iron sheets	kg	4.13E+12	[5]
Electrode/welding wire	kg	1.78E+12	[3]
Machines and trucks	kg	6.70E+12	[6]
Propane	J	4.8E+04	[3]
Oxygen	kg	5.16E+10	[7]
Thinner	kg	3.80E+11	[7]
Synthetic Paint	kg	1.50E+12	[7]
Labor force	J	7.38E+06	[6]
Electric energy	J	1.85E+05	[7]
Water	m ³	6.85E+11	[8]
Fuel	J	6.60E+04	[9]

Tab. 3. Emergy accounting of the company's system in implementation phase.

Item	Description	Unit	Raw Unit	Emergy per unit sej/unit	Emergy Sej/unit	% Phase	% Total Emergy (Tab. 4)
IMPLEMENTATION PHASE (CUSTOMER WITHOUT EXCHANGE)							
<i>Trucks</i>							
	1 Wagon truck	kg	2,50E+03	6,70E+12	1,68E+16	100,0	4,63
Total of Implementation phase (without scrap exchange)					1,68E+16		
IMPLEMENTATION PHASE (CUSTOMER WITH EXCHANGE)							
<i>Construction of containers (77 units)</i>							
	2 Iron sheets	kg	7,25E+03	4,130E+12	2,99E+16	12,96	7,74
	3 Electrode	kg	9,66E+01	1,780E+12	1,72E+14	0,07	0,04
	4 Welding iron	kg	5,44E+01	1,780E+12	9,68E+13	0,04	0,03
	5 Machinery	kg	6,01E+00	6,700E+12	4,03E+13	0,02	0,01
	6 Propane	J	1,27E+08	4,800E+04	6,10E+12	<0,01	<0,01
	7 Oxygen	kg	3,38E+04	5,160E+07	1,74E+12	<0,01	<0,01
	8 Tinner	kg	3,08E+00	3,800E+11	1,17E+12	<0,01	<0,01
	9 Synthetic Paint	kg	6,16E+00	1,500E+12	9,24E+12	<0,01	<0,01
	10 Electric energy	J	2,30E+08	1,850E+05	4,26E+13	0,02	0,01
	11 Water	m ³	3,00E+02	6,850E+11	2,06E+14	0,09	0,05
<i>Labor</i>							
	12 Fixed	J	1,71E+08	7,380E+06	1,26E+15	0,55	0,33
	13 Temporary	J	7,34E+07	7,380E+06	5,42E+14	0,23	0,14

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-
ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

<i>Transport</i>							
14 Fuel	J	1,06E+09	6,600E+04	7,00E+13	0,03	0,02	
<i>Trucks</i>							
15 Fixed container truck	kg	4,05E+03	6,700E+12	2,71E+16	11,74	7,02	
16 Wagon truck	kg	1,50E+03	6,700E+12	1,01E+16	4,35	2,60	
17 Dump truck	kg	2,41E+04	6,700E+12	1,61E+17	69,89	41,76	
Total of Implementation phase (with scrap exchange)				2,95E+17			

Tab. 4. Emeryg accounting in distribution of iron sheets in the phase of maintenance e operation.

Item	Description	Unit	Raw uni	Emeryg per unit sej/unid	Emeryg Sej	% Phase	% Total
MAINTENANCE PHASE							
1	Iron sheets	kg	7,25E+01	4,130E+12	2,99E+14	4,59	0,08
2	Eletrode	kg	2,42E+01	1,780E+12	4,31E+13	0,66	0,01
3	Welding iron	kg	1,36E+01	1,780E+12	2,42E+13	0,37	0,01
4	Machinery	kg	2,29E+02	6,700E+12	1,53E+15	23,54	0,40
5	Propane	J	3,17E+07	4,800E+04	1,52E+12	0,02	<0,01
6	Oxygen	kg	8,45E+03	5,160E+07	4,36E+11	0,01	<0,01
7	Tinner	kg	2,57E+01	3,800E+11	9,77E+12	0,15	<0,01
8	Sunthetic Paint	kg	5,13E+01	1,500E+12	7,70E+13	1,18	0,02
9	Labor	J	6,10E+08	7,380E+06	4,50E+15	69,07	1,19
10	Eletric energy	m3	5,76E+07	1,850E+05	1,07E+13	0,15	<0,01
11	Water	J	2,51E+01	6,850E+11	1,72E+13	0,26	<0,01
Total Maintenance Phase					6,52E+15		
OPERATION PHASE							
<i>Customer with exchange</i>							
12	Eletric energy	J	3,94E+09	1,850E+05	7,29E+14	1,27	0,19
13	Labor	J	2,77E+09	7,380E+06	2,04E+16	35,65	5,39
14	Fuel	J	5,48E+11	6,600E+04	3,62E+16	63,08	9,53
15	Oxygen	kg	6,04E+03	5,160E+07	3,12E+11	<0,01	<0,01
16	Propane	J	1,59E+06	4,800E+04	7,63E+10	<0,01	<0,01
					5,73E+16		
<i>Customer without exchange</i>							
17	Eletric energy	J	6,43E+03	1,850E+05	1,19E+09	<0,01	<0,01
18	Labor	J	4,51E+09	7,380E+06	3,33E+16	49,09	9,18
19	Fuel	J	5,23E+11	6,600E+04	3,45E+16	50,91	9,52
20	Oxygen	kg	9,86E+06	5,160E+04	5,09E+11	<0,01	<0,01
21	Propane	J	2,62E+06	4,800E+04	1,26E+11	<0,01	<0,01
					6,78E+16		
Total Emeryg = Implantation (Tab. 3) + Maintenance + Operation				3,63E+17			

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

Tab. 5. Specifics emergies calculate for the distribution/collection systems.

Nota	Item	Iron (kg/year)	Specific emergy (seJ/kg)
1	Linear system distribution	2.40E+4	3.52E+12
2	Mixed system distribution	3.84E+5	9.42E+11
3	Collection of the system with exchange	3.79E+5	9.46E+11
4	Recuperation of scrap (mixed system)	3.79E+5	9.57E+11
1.	(implantation + operation)/iron for customer without exchange = $(1,68E+16 + 6,78E+16)/2.4E+4$		
2.	total emergy/total iron distributed		
3.	system emergy with exchange/recovered iron = $(\text{implantation} + \text{maintenance} + \text{operation}) / \text{recovered iron}$ = $(2,95E+17 + 6,52E+15 + 5,73E+16) / 3.79E+5 \text{kg}$		
4.	total emergy/recovered iron = $3,63E+17 \text{ seJ} / 3.79E+5 \text{kg}$		

References

- [1] Brown M T, Buranakarn V. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. Resources, Conservation and Recycling 2003;38:1-21.
- [2] Buenfil A. Emergy evaluation of water University of Florida 2001
- [3] Brown M T, Ulgiati S. Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. J Cleaner Production;2002,10:321-334
- [4] Giannetti B F, Barella F A, Almeida C M V B. Ferramenta para Tomada de Decisão Considerando a Interação dos Sistemas de Produção e o Meio Ambiente, submetido à revista Produção, 2004a.
- [5] Giannetti B F; Barella F A; Almeida C M V B. A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting, submetido à Produção, 2004b.
- [6] Odum H T. "Environmental Accounting – EMERGY and Environmental Decision Making". New York: John Wiley and Sons Inc., 1996.
- [7] Sarkis J. Manufacturing strategy and environmental conciousness, Technovation, 1995; 15(2): 79-97.
- [8] Shen, T T. Industrial Pollution Prevention, Berlin: Springer-Verlag, 1995.
- [9] Ulgiati S; Brown M T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. J Cleaner Prod; 2002; 10: 335-348.
- [10] Ulgiati S; Odum HT; Bastianoni S. Emergy use, environmental loading and sustainability: Na emergy analysis of Italy, 1994; 73: 215-268.

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-
ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

Trabalho Completo Publicado em Congresso.

Cecília M,V.B. Almeida, F. A. Barrella and Biagio F. Giannetti: "GRAPHICAL TOOL FOR EMERGY ANALYSIS: CONCEPTS AND AN EXAMPLE OF APPLICATION", *IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA*, Campinas (SP), Brasil , 2004, p. 235-248.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

GRAPHICAL TOOL FOR EMERGY ANALYSIS: CONCEPTS AND AN EXAMPLE OF APPLICATION

Cecília M.V.B. Almeida, Flávio A. Barrella and Biagio F. Giannetti()*

*Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Paulista
Rua Dr Bacelar 1212, Mirandópolis, 04026-002 - São Paulo, Brazil*

ABSTRACT:

Emergy analysis is commonly performed through a sequence that includes drawing energy flow diagrams and the construction of emergy tables. In view of the quantity and of the diversity of data in emergy tables, the interpretation of the results may be not always clear or easy.

This work presents a graphical tool that allows clear and uniform representation of emergy based indicators with the aid of ternary diagrams. Ternary diagrams make possible the immediate visualization of the results of emergy analysis and the comparison between different systems or different moments of the same system.

Besides exploring the intrinsic information of emergy accounting, the graphical tool allows the use of two additional approaches to assist and complement emergy analysis: (i) sensitivity and (ii) simergy (meaning synergy of emergy) denominated, in this work, tool's functionalities. It is also possible to define areas in the diagram that characterize any product or process in relation to the sustainability index: (i) region of long term sustainability, (ii) region of short term sustainability and (iii) region of non sustainability.

To illustrate the use of the graphical tool, a case study found in the literature (Brown, M.T.; Ulgiati, S. Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. *Journal of Cleaner Production*, v.10, p.321-334, 2002) is employed.

1. INTRODUCTION

The use of conventional economic analysis for decision-making including environmental issues, in spite of being usually accepted, doesn't contemplate benefits and

* e-mail: biafgian@unip.br

intangible costs. The evaluation of environmental aspects is quite complex and must consider a great number of factors, some of which cannot be appraised by traditional economic analysis, since it is very difficult to establish monetary values to intangible costs and benefits, such as the value of natural resources or the cost for the environment to absorb pollutants. Therefore, it is at least inconsistent to establish economic analysis as a tool to evaluate environmental issues.

The environmental evaluation based on energy analysis takes into account the exploration rate of natural resources, the efficient use of these resources and the capacity of support of the environment [1]. The indicators that result from energy analysis reflect the contribution of the economic system as well as the contributions of the environment [2-3]. These indicators can be used to assess the relationships between components of productive systems and the resources used for obtaining a given product, as they depend on the fraction of renewable and non-renewable inputs and consider the locally available inputs and those imported from outside the system. In this way, valuable information is obtained about the development and the operation of anthropogenic systems, taking into account the carrying capacity of the environment. Energy analysis can also evaluate the thermodynamic efficiency of the system, the quality of the input flows and yield of any production system and especially the interaction between the system and the surrounding environment.

Several complementary studies have, also, been accomplished [4-15] consolidating the importance of energy analysis and its indicators [16]. New indexes and approaches have been proposed for different processes [17, 10-14, 18-20] expanding the importance of energy analysis, but at the same time generating more analytic complexity.

In this work, the use of a graphic tool developed in visual basic for applications [21-22] is proposed to represent energy based indices obtained from the assessment of ecological and man made systems. The tool is based on phase diagrams or three components diagrams, widely used to describe equilibrium situations in which two or more phases of matter exist together in pure substances or in solutions [23], especially in the fields of metallurgy, materials science, geology, and physical chemistry. The clear and uniform representation of energy data with the aid of phase diagrams allows to visualize the results of energy analysis and to compare different systems or different moments of the

same system. Moreover, the use of ternary diagrams allows to explore their intrinsic properties [23] and to add two new approaches to emergy analysis: the sensitivity and the simergy. It is demonstrated that the interpretation of the results is facilitated with the use of the graphic tool, assisting decision-making.

2. METHOD

Ternary diagrams offer a very efficient graphical representation for the characterization of systems, which can be described with three variables [23]. This method, extensively used in physical sciences, is based on the geometric properties of equilateral triangles. Most commonly, three fractions or proportions add to 1 (corresponding to the height of the triangle), or three percents add to 100 as presented in the figure 1a. The constant sum constraint means that there are just two independent pieces of information. Hence, it is possible to plot observations in two dimensions within the diagram. The mainly properties of these diagrams are the **sum of the coordinates**; the **composition of mixtures** and the **proportionality, as shown** in figures 1b, 1c and 1d.

A graphical tool that allies the properties of the equilateral triangle and the emergy concepts was developed in Microsoft Excel 2002 (10.2614.3501) SP-1, using the graphic capacities of Visual Basic for Applications 6.3–version 9108–VBA: Retail 6.3.0863 Forms3: 2.01. The tool is composed by two modules: (i) Data Input and (ii) Configuration and Triangular Diagram. Both modules are presented in the figure 2.

The emergy values of renewable (R), non-renewable (N) and economic (F) resources were defined with their relative values in relation to the output of the system (Y), according to Eqs. 1.

$$(a) \bar{R} = \frac{R}{Y} \quad (b) \bar{N} = \frac{N}{Y} \quad (c) \bar{F} = \frac{F}{Y} \quad (d) \bar{Y} = \frac{Y}{Y} = 1 \quad (1)$$

The values of EYR, EIR, ELR and SI don't change with this procedure and can be calculated according to Eqs. 2.

$$(a) EYR = \frac{1}{\bar{F}} \quad (b) EIR = \frac{\bar{F}}{\bar{F}(1-\bar{F})} \quad (c) ELR = \frac{1-\bar{R}}{\bar{R}} \quad (d) SI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\bar{R}}{\bar{F}(1-\bar{R})} \quad (2)$$

Some functionalities of the tool are presented as follows: (i) **Lines of constant values of \bar{R} , \bar{N} and \bar{F}** , (ii) **lines of the sustainability**, (iii) **lines of sensitivity** and (iv)

simergy point (Fig. 3).

For each line \bar{R} , \bar{N} and \bar{F} there is a selection key to activate or to disable the line. The new functionalities, which were implemented in the analysis tool are the lines of sustainability, for each one of the three lines offered by the tool there is a selection key to activate or to disable the line. For the simergic point there is a selection key to activate or to disable each one of the inputs. This point represents a “composition / combination” of two or more products or processes. It uses the composition property, figure 3d and it summarizes the behavior of a system composed by different products or processes. Two calculation methods are possible: the sum of the inputs (Eqn. 3) or a weighted average (Eqn. 4).

$$(a) R_s = \sum_{i=1}^n R_i \quad (b) N_s = \sum_{i=1}^n N_i \quad (c) F_s = \sum_{i=1}^n F_i \quad (3)$$

where R, N and F are the input fluxes associated to point i

$$(a) R_s = \sum_{i=1}^n R_i \times k_i \quad (b) N_s = \sum_{i=1}^n N_i \times k_i \quad (c) F_s = \sum_{i=1}^n F_i \times k_i \quad (4)$$

where R, N and F are the input fluxes associated to point i and k is the weight factor

Figure 4 shows the screen for data input. For the graphic presentation, analysis and simulation, the tool operates with two screens. The options offered in the main screen are: visualization of the basic concepts, definitions and the navigation to the triangular diagram screen (Fig 5a). In this screen, dialogues boxes, menus and selective buttons make possible to choose points and lines to be presented in the triangular diagram, to load data, to print reports, to export data and graphic, to visualize information of specific points and to configure the general aspect of the diagram (Fig. 5b).

3. THE CASE STUDY

As first example to illustrate the use of ternary diagrams applied to energy accounting a case study, which evaluates six electricity production systems in Italy, was selected [1]. This case study was divided by the authors in two papers. The first compares six different production systems using renewable energy sources (geothermal, hydroelectric, and wind

plants) and nonrenewable energy sources (natural gas, oil, and coal thermal plants). The output/input energy ratio as well as the energy-based energy yield ratio (EYR) and environmental loading ratio (ELR) have been used to explore and compare system performances. Generation of CO₂ has also been accounted in order to evaluate a ratio of CO₂ released to CO₂ avoided, according to the fact that renewable power plants do not require a direct combustion and therefore release a lower amount of CO₂ than a thermal plant for the same electricity output. The second paper quantifies the environmental support for dilution and abatement of process emissions, accounting for the environmental services required to dilute emissions of each process [2]. In this paper the role of environmental services in disposing of chemicals that are released after electricity has been produced is explored and a method of quantitatively determining carrying capacity is presented. Under this approach, energy based yield indicators may decrease by 40–70% coupled to a parallel increase of a loading indicator, when the environmental services required for the dilution of pollutants are accounted for. As a consequence of including environmental services, a lower sustainability is calculated for each investigated process when compared to evaluations that do not include them. Accounting for environmental services also provides a way to evaluate the carrying capacity of the environment in relation to human dominated processes.

4. RESULTS

The figure 6 presents the triangular diagram for the six electric power plants [1]. In this diagram, the plants of electric power that use different sources of energy (Eolic, Geothermal, Hydroelectric, Methane, Coal and Oil) were identified. It is noticed that they form two different groups, being the first formed by the electric power plants using eolic, geothermal and hydroelectric resources, which use non-fossil energy. The second group is formed by the electric power plants that use methane, oil and coal, moved by fossil fuels.

The complementary article analyzed [2] accounts the environmental services to absorb and to dilute the by-products of the electric power plants. The mitigation strategies to suppress the by-products consider that as larger the investment in treatment processes or elimination of undesirable emissions, the minor will be the service of the environment to

dilute or to absorb these emissions. In this way, this service should be accounted together with the economic resources [2]. The indexes EYR, EIR, ELR and SI under this point of view are calculated by Eqs. 5, where the renewable resources are represented by R_1 and the necessary resources to absorb and to dilute the undesirable co-products are represented by R_2 .

$$(a) EYR = \frac{R_1 + R_2 + N + F}{F + R_2} \quad (b) EIR = \frac{F + R_2}{N + R_1} \quad (c) ELR = \frac{N + F + R_2}{R_1} \quad (d) SI = \frac{\frac{Y}{F + R_2}}{\frac{N + F + R_2}{R_1}} \quad (5)$$

The triangular diagram, considering the services of the environment is presented in the figure 7, where the shift of the points when the services of the environment are considered for absorption and dilution of the co-product can be observed.

Another possibility of analysis offered by triangular diagram is presented in the figure 8. Figure 8a represents the simergic point for the production of electric power of each plant per MW (column 2, table 1), that is, the emergetic density per unit of energy production.

As it can be observed with the aim of the ternary diagram, the resulting system, composed by the six energy production systems, presents an $SI = 1.5$, indicating that this set of systems is characterized with medium run sustainability, but has sustainable contribution to the economy [1]. In figure 8b, the Italian matrix for energy production [24] (column 3, table 1) was considered. As it can be observed, the resulting system, associated to the six energy production systems, presents an $SI = 0.5$, indicating that this set of systems is not sustainable in the long run [1].

5. DISCUSSION

Figure 9 presents the sustainability lines for the values 1 and 5, along with the representation of the energy production systems. The systems using nonrenewable resources are located below the line $S = 1$, while the systems using renewable resources are located above the line $SI = 5$. As pointed out by Brown and Ulgiati [1], SI indexes of less than 1 appear to be indicative of processes that are not sustainable in the long run, while processes with long range sustainability have SI indexes greater than 5. As the wind plant, located closer to the R apex, offers very high SI value ($SI = 48$), the diagram makes clear

that, even in comparison with the hydroelectric and geothermal plants, the wind plant has longer term sustainability.

The diagram shows also the use of the resource lines (Fig 10). It can be observed that systems 4, 5 and 6 (natural gas, coal and oil) are practically located on the line $R = 0,08$ which indicates the use of 8% of renewable resources. As ELR may be estimated by the quantity of renewable resources employed, it can be inferred that these three systems have similar characteristics concerning the environmental impact that they produce. The diagram shows also that all six systems are located close to the line $F = 0,16$. In this way, it is worthy noting that for both types of energy generation, using either renewable (geothermal, hydroelectric, and wind plants) or nonrenewable resources (natural gas, coal and oil plants), the economic investment is similar. In fact, the value of EYR is strongly tied to the quantity of purchased inputs, and all energy production systems have this indice between 4,21 and 7,47, indicative of secondary or primary energy sources [1, 2]. In the same way, it can also be readily observed that hydroelectric and geothermal plants have similar environmental loading, despite of the difference in their EYR values.

The requirement for environmental services to effectively recycle emissions translates into the need for a suitable support area for each process. The shift of the points that represent each system on the sensitivity lines is in agreement with the equations proposed by the authors [2]. Accordingly, the shift in direction to the bottom of the diagrams indicates clearly an increase in the environmental loading of all four systems.

The points of simergy, when the unit of electric power production (MW) is considered, is positioned in a point with sustainability index is equal to 1.5 (Fig. 9). It is worth to point out that the calculations of the sustainability index for the simergic point is only valid when the absolute values of the emergy of each resource are used. In the case were the current matrix of energy production of Italy was used, the simergic point has a sustainability index 0.5 in the non-sustainability area. This suggests that the Italian policy for energy should be altered in order to find a better balance between the need of electric power production and the sustainability.

6. CONCLUSIONS

Adopting energy based ternary diagrams provides a better understanding of the actual contribution of given inputs and the global sustainability of production processes and especially industrial sectors. Ternary diagrams allow one to rank and to assess significant differences that can be immediately evaluated. The use of the triangle based on energy accounting and energy indices to assess production processes and industrial sectors permits, not only to evaluate the actual situation of a given process, but also to identify critical parameters that may be changed to improve the environmental performance of the whole system.

The triangle properties; especially the sensitivity lines and the simergic point; complement the energy based analysis and permit monitoring the present state of a system by means of well-defined sustainability indicators and forecasting the system's behavior according to changes in its driving forces. With the use of sensitivity lines, one can assess a process; identify the main driving force to enhance its sustainability, to diminish the environmental loading and to evaluate the need of economic investment or change of inputs. It is possible to follow the effects of any economic or technological change and to determine the real consequences of these actions. For example, if energy is invested in removing emissions using technology, this energy can be accounted and the position of the point will change in the interior of the triangle. Analogously, if environmental services are needed to absorb and dispose the same emissions, performance of a production process becomes more time and location dependent. When the free services of the environment are accounted [2], a shift of the point in the diagram will be also noticed, showing the actual condition of the system under evaluation.

The introduction of the simergic point permits to go further. The calculation of the simergic point, taking into account the production capacity of each component of an industrial sector, permits to evaluate not only the sector as a whole, but principally to identify the processes with inferior environmental performance and the areas where investment is necessary. The best alternatives can be simulated and analyzed. In the decision making process regarding sustainability of economic development, governments and society will have a powerful tool to establish policies and to choose alternatives concerning the environment.

Emergy based ternary diagrams may well be seen as progress compared to methods that result in a list of interventions or an impact score profile. Such a tool for graphical analysis allows a transparent presentation of the results and may serve as an interface between emergy scientists and decision makers, provided the meaning of each line in the diagram is carefully explained.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the support from Vice Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa da Universidade Paulista. The presented tool, still in its initial phase of development, needs to be tested, revised and altered. The tool is available by request to the authors, who thank any collaboration, suggestions and criticisms that can arise, and may in some way help to improve it. Special thanks to Dr. Corrado Giannantoni for his valuable comments

References

- [1] Brown MT, Ulgiati S. Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. *Journal Cleaner Production* 2002;10:321-334.
- [2] Ulgiati S, Brown MT. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. *Journal Cleaner Production* 2002;10:335-348.
- [3] Odum HT. *Environmental Accounting – EMERGY and Environmental Decision Making*. Ed. John Wiley & Sons Ltd. 1996, 370p.
- [4] Fath BD, Patten BC, Choi JS. Complementarity of Ecological Goal Functions. *Journal Theory. Biological* 2001;208:493-506.
- [5] Bakshi BR. A thermodynamic framework for ecologically conscious process system engineering. *Computers and Chemical Engineering* 2000;24:1767-1783.
- [6] Bastianoni S, Marchettini N. Emergy/exergy ratio as measure of the level of organization of systems. *Ecological Modelling* 1997;99:33-40.
- [7] Bastianoni S, Marchettini N. Environmental cost and state: the problem of adiabaticity in the emergy value. *Ecological Modelling* 1996;90:33-37.
- [8] Patten BC. Network integration of ecological extremal principles: exergy, emergy, power, ascendancy, and indirect effects. *Ecological Modelling* 1995;79:75-84.
- [9] Jørgensen SE, Nielsen SN, Mejer H. Emergy, environ, exergy and ecological modeling. *Ecological Modelling* 1995;77:99-109.

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

- [10] Popp J, Hoag D, Hyatt DE. Sustainability indices with multiple objectives. *Ecological Indicators* 2001;1:37-47.
- [11] Manoliadis OG. Development of ecological indicators-a methodological framework using compromise programming. *Ecological Indicators* 2002;2:169-176.
- [12] Ronchi E, Federico A, Musmeci F. A system oriented integrated indicator for sustainable development in Italy. *Ecological Indicators* 2002;2:197-210.
- [13] Barrera-Roldán A, Saldívar-Valdés A. Proposal and application of a Sustainable Development Index. *Ecological Indicators* 2002;2:251-256.
- [14] Spangenberg JH. Environmental space and the prism of sustainability: frameworks for indicators measuring sustainable development. *Ecological Indicators* 2002;2:295-309.
- [15] Federici M, Ulgiati S, Verdesca D, Basosi R. Efficiency and sustainability indicators for passenger and commodities transportation systems. *Ecological Indicators* 2003;3:155-169.
- [16] Ortega E. Índices emergéticos. In Marques JF, Skorupa L, Gusman JM, Ferraz (Editores). *Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas*. Embrapa-CNPMA, Jaguariúna, SP, 2003. Capítulo de livro publicado.
- [17] Ulgiati S, Brown MT, Bastianoni S, Marchettini N. Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources. *Ecological Engineering* 1995;5:519-531.
- [18] Seager TP, Theis TL. A uniform definition and quantitative basis for industrial ecology. *Journal of Cleaner Production* 2002;10:225-235.
- [19] Hui Yang, Yourun Li, Jingzhu Shen, Shanuing Hu. Evaluating waste treatment, recycle and reuse in industrial system: an application of the eMerger approach. *Ecological Modeling* 2003;160:13-21.
- [20] Geber U, Björklund J. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study. *Ecological Engineering* 2002;19:97-107.
- [21] Jacoson R. *Microsoft Excel 2002 Visual Basic for Applications Passo a Passo*. Makron Books 2002, 326p.
- [22] Roos N. *Visual Basic for Windows Versão 3.0*. Ed. Makron Books, 1994, 390p.
- [23] Castellan GW. *Físico Química 1*. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A 1984; 465p. p.363-365: Diagrama de Fases.
- [24] Pubblicazione della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per l'Informazione e l'Editoria
Direttore: Mauro Mais - Coordinamento editoriale Augusta Busico - Stampa e diffusione Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. Relatório. Salário, Roma, 2003.

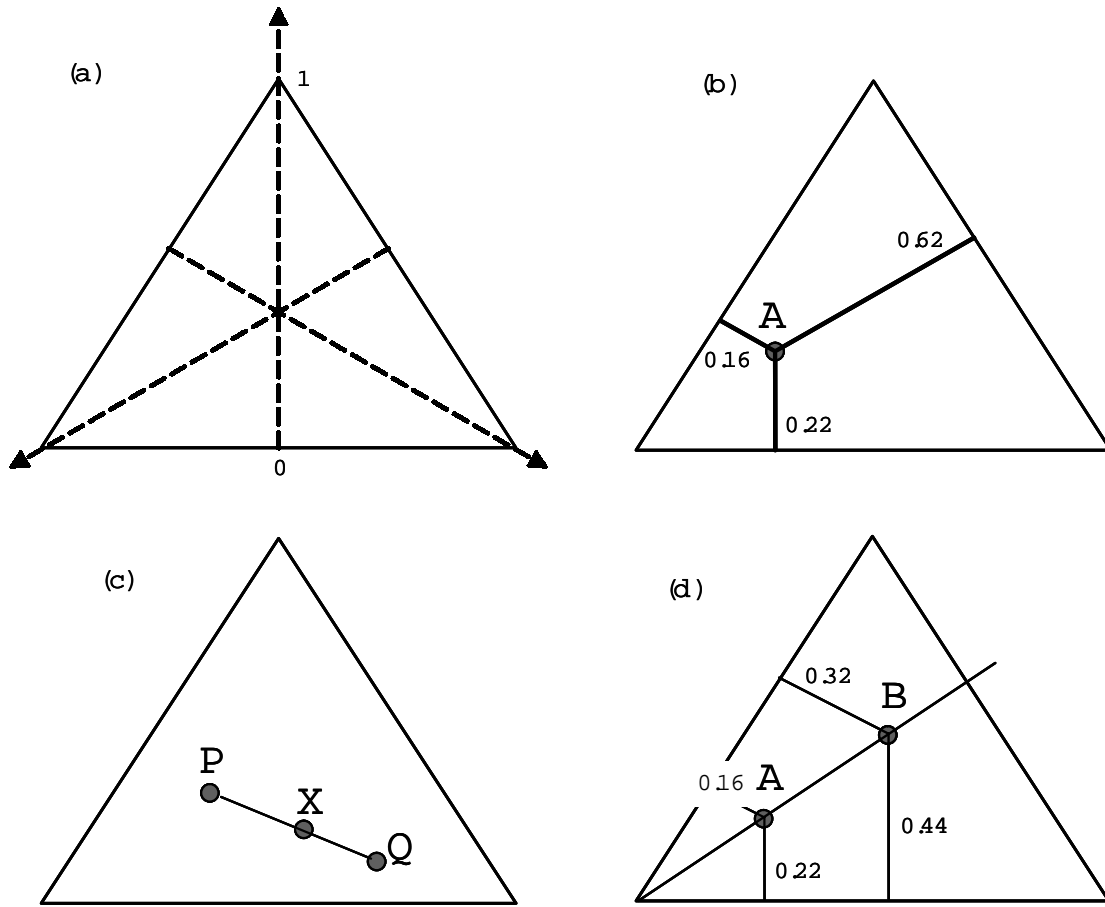


Figure 1 – Triangular diagram: (a) Definition and properties: (b) Sum of the coordinating. (c) Composition. (d) Proportionality.

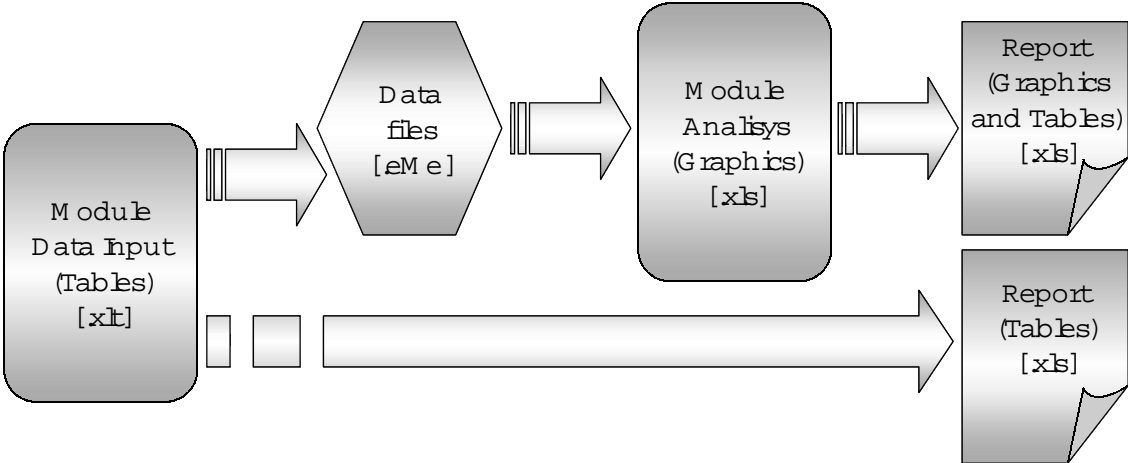


Figure 2 – Software modules.

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

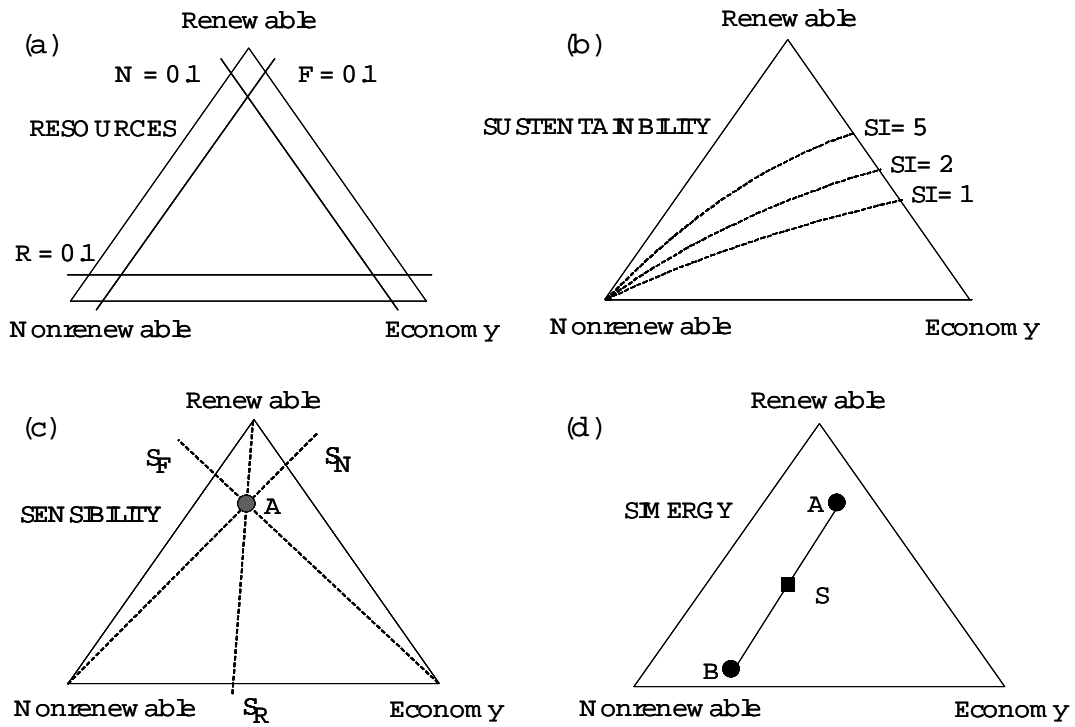


Figure 3 – Triangular diagram lines: (a) Resources. (b) Sustainability. (c) Sensitivity. (d) Simergy.

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		Ponto	Nome	Item	Descrição	Unidade	Classe	Valor	Transf.	Energia	
						R/N/F	[XX]	[XX/zeJ]	[zeJ]		
2	1	lupin/wheat	1	Renewable energy sources (R)					0,00E+00		
3	1	lupin/wheat	2	Sunlight		J		5,66E+13	1,00E+00	5,66E+13	
4	1	lupin/wheat	3	Wind, kinetic energy		J		2,72E+10	1,50E+03	4,08E+13	
5	1	lupin/wheat	4	Rain, chemical energy		J	R	1,58E+10	1,82E+04	2,88E+14	
6	1	lupin/wheat	5	Rain, geopotential energy		J		9,02E+08	1,05E+04	9,47E+12	
7	1	lupin/wheat	6							0,00E+00	
8	1	lupin/wheat	7	Non-renewable sources (internal) (N)						0,00E+00	
9	1	lupin/wheat	8	Net topsoil loss		J	N	1,58E+10	6,25E+04	9,88E+14	
10	1	lupin/wheat	9							0,00E+00	
11	1	lupin/wheat	10	Purchased fuels and goods (M)						0,00E+00	
12	1	lupin/wheat	11	Diesel, gasoline and lubricants		J	F	3,05E+08	5,61E+04	1,71E+13	
13	1	lupin/wheat	12	Electricity		J	F	3,60E+06	1,74E+05	6,25E+11	
14	1	lupin/wheat	13	Phosphate		Kg	F	1,29E+01	1,70E+13	2,19E+14	
15	1	lupin/wheat	14	Pesticides		Kg	F	2,72E+08	5,61E+04	1,53E+13	
16	1	lupin/wheat	15	Seed		J	F	1,10E+09	3,48E+04	3,83E+13	
17	1	lupin/wheat	16	Machinery and buildings		Kg	F	1,17E+00	3,00E+12	3,51E+12	
18	1	lupin/wheat	17							0,00E+00	
19	1	lupin/wheat	18	Labor and Services (S)						0,00E+00	
20	1	lupin/wheat	19	Labor		\$	F	1,34E+01	2,40E+12	3,22E+13	
21	1	lupin/wheat	20	Diesel, gasoline and lubricants		\$	F	2,98E+00	2,40E+12	7,15E+12	
22	1	lupin/wheat	21	Electricity		\$	F	5,00E-01	2,40E+12	1,20E+12	

Figure 4 – Screen of data input

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

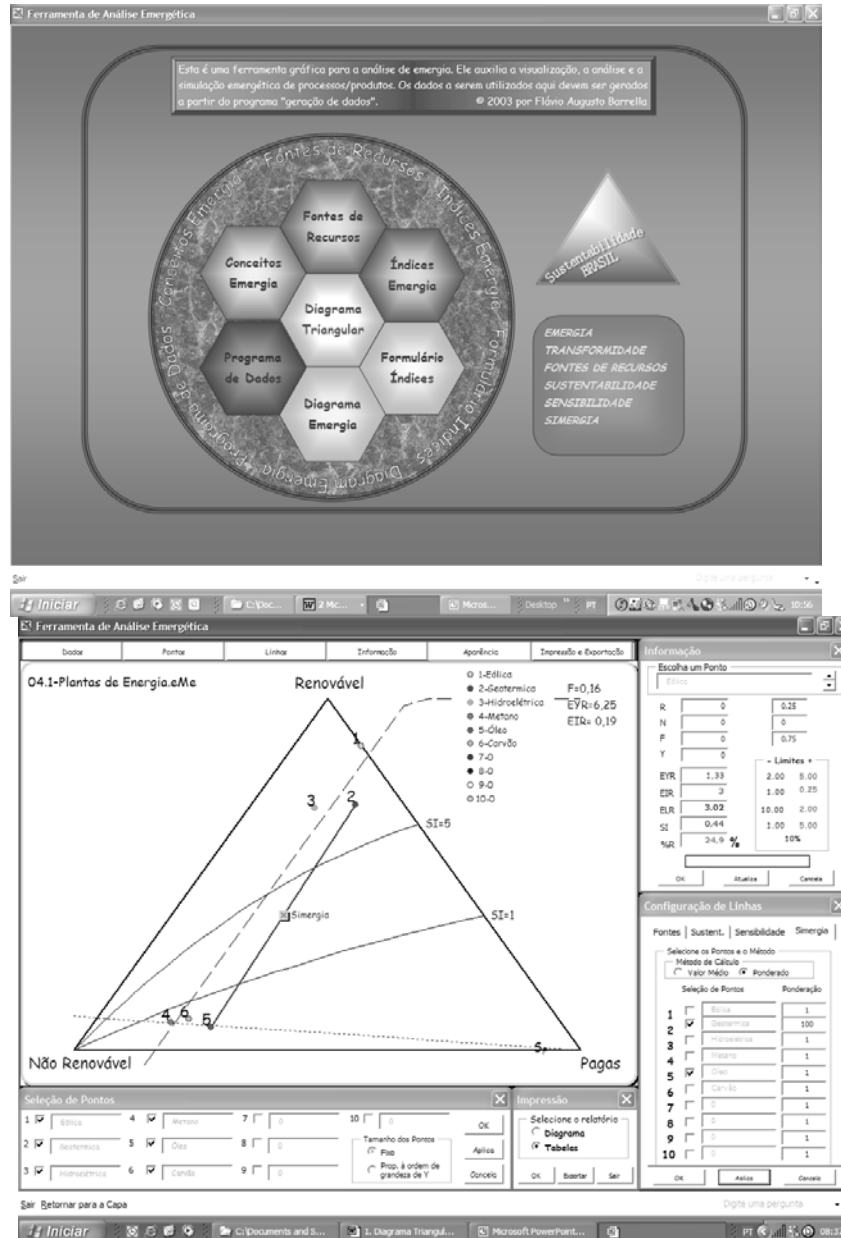


Figure 5 – Analysis module screens: (a) Main. (b) Diagram.

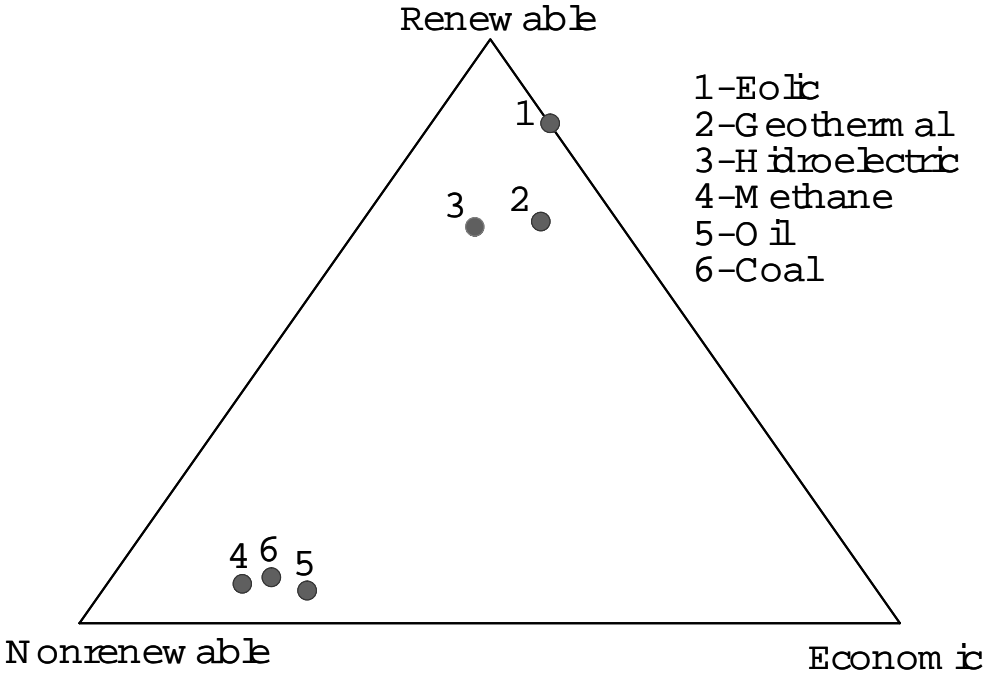


Figure 6 - Power plants on the triangular diagram.

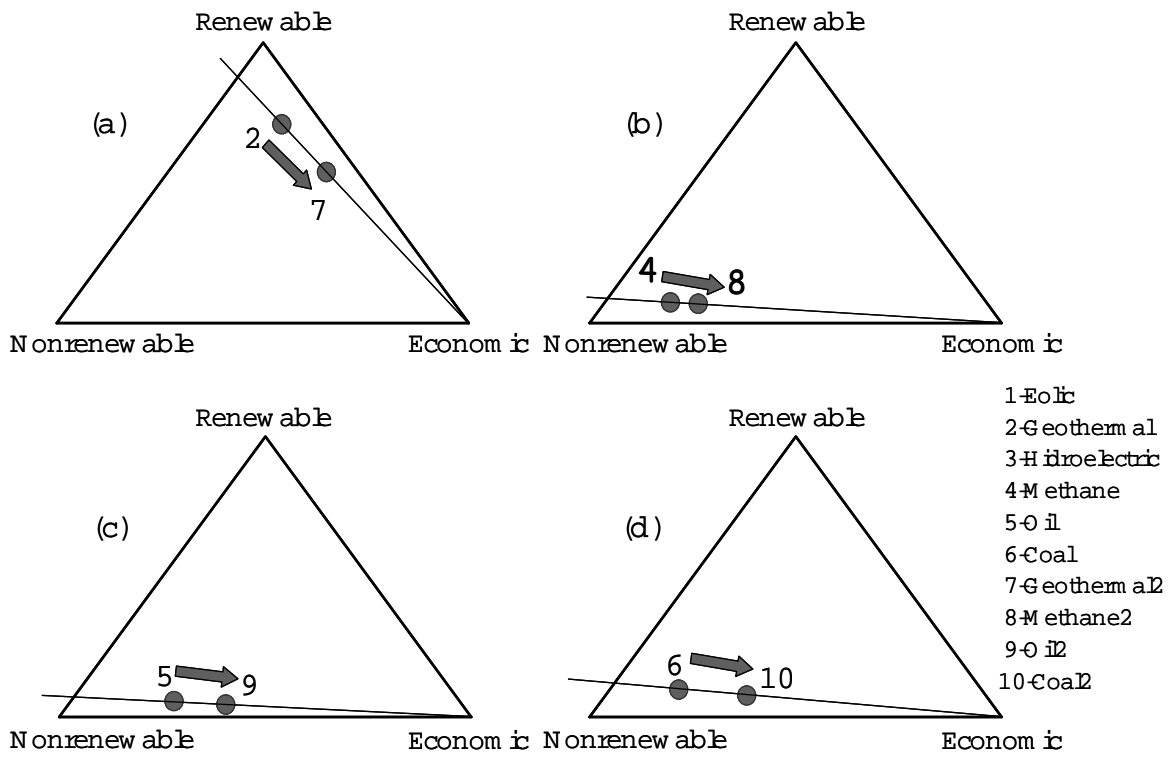


Figure 7 – Environmental services: (a) Geothermal, (b) Methane, (c) Oil and (d) Coal.

IV BIENNIAL INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN ENERGY STUDIES-ECOLOGY-
ENERGY ISSUES IN LATIN-AMERICA

Table 1 – Weight factors for electric production units.

Type of power plant	Production [MW]	Production [%]	Weight factor [MW -1]	Weight factor [Matrix]
Eólica	2.5	0.3	0.400000	0.120000
Geotérmica	20	0.8	0.050000	0.040000
Hidroeléctrica	85	27.7	0.011765	0.325882
Fósseis*		71.2		
Metano	171	4.5	0.005848	0.026071
Óleo	1.280	33.4	0.000781	0.026071
Carvão	1.280	33.4	0.000781	0.026071

* The amount of the energy production in fossil plants was split in the three power plants: methane, oil and coal.

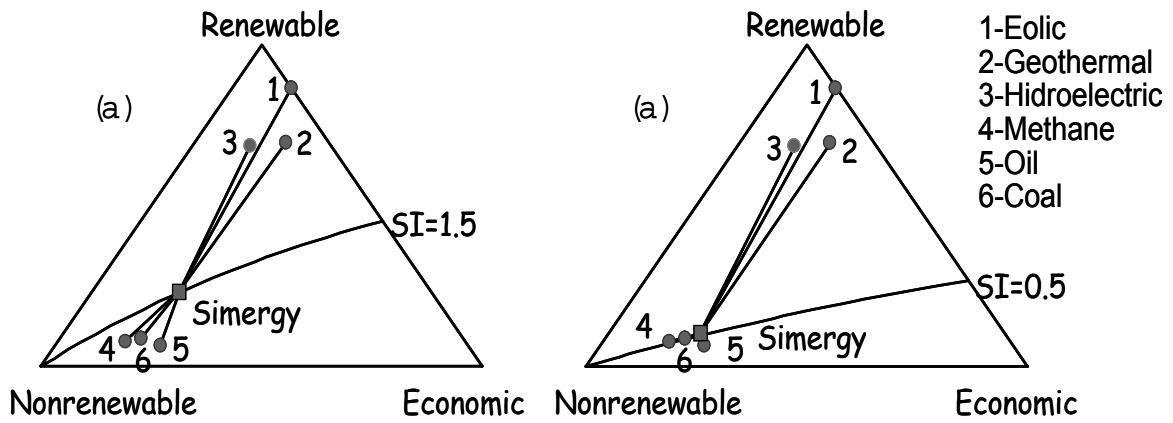


Figure 8 – Simergic point (a) Weight by MW. (b) Weight by Italian energetic matrix.

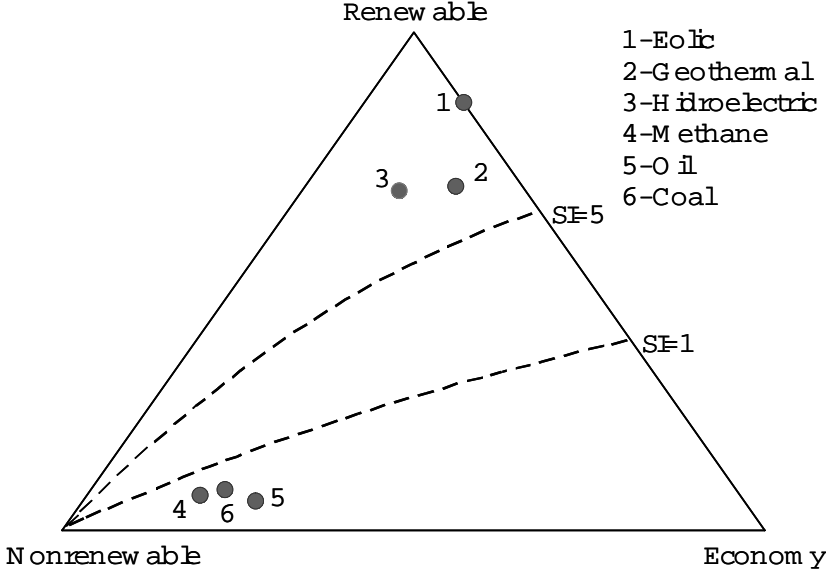


Figure 9 – Six power plants with the lines SI = 1 and SI = 5

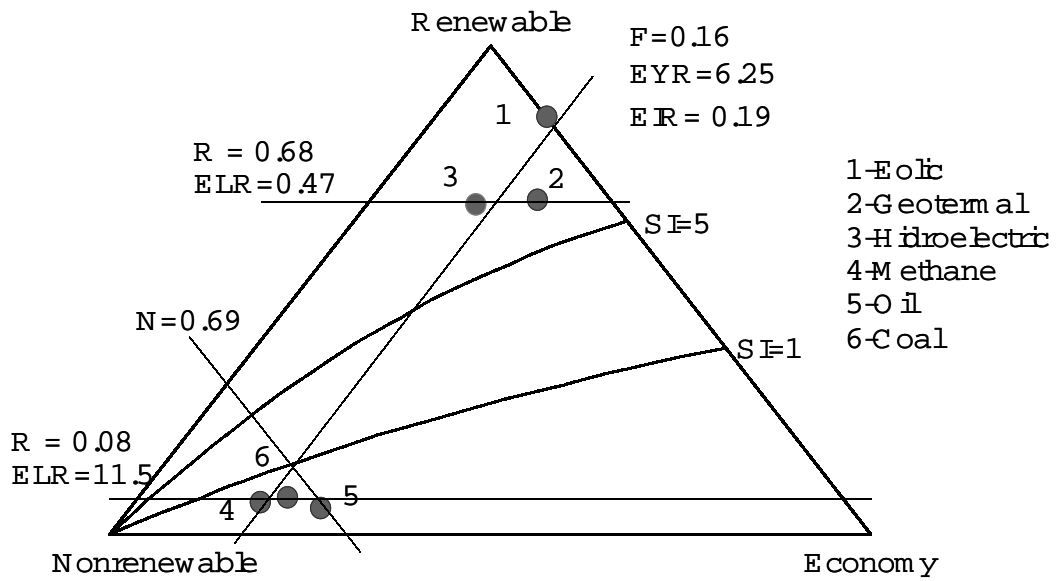


Figure 10 – Six power plants with lines R, N e F

Trabalho Completo Publicado em Congresso.

C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti: "Estudo fotoeletroquímico de misturas pirita e arsenopirita", *XVI SIBAE*, San José, Costa Rica, 2004, p. 48-59.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

Estudo fotoeletroquímico de misturas pirita e arsenopirita

C.M.V.B. Almeida* and B. F. Giannetti

LaFTA - Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista
R. Dr. Bacelar 1212, Cep 04026-002, São Paulo, Brazil.
E-mail: biafgian@unip.br, cmvbag@terra.com.br

Arsenopirita é um sulfeto de ferro freqüentemente encontrado em minérios associado a ouro, prata e cobre. A mineração e o processamento dos minérios sulfetados gera grandes quantidades de resíduos sólidos. Entre estes, a arsenopirita descartada pode causar grandes problemas ambientais devidos principalmente à contaminação da água por compostos de arsênio. Como outros sólidos condutores e semicondutores, a arsenopirita apresenta um mecanismo de dissolução eletroquímico e apesar de as reações de oxidação da pirita e da arsenopirita [1] serem conhecidas com certo detalhe, sabe-se que as misturas de minerais não respondem da mesma forma que os minerais isolados aos tratamentos hidrometalúrgicos. A drenagem ácida da mineração contribui para a poluição da água e do solo, mas apesar da importância do comportamento destes minerais sob a ação da intempérie, pouco se sabe sobre as características da produção de ácido das misturas de sulfetos.

Em trabalhos recentes foi demonstrado que misturas de pirita e pirrotita fornecem respostas eletroquímicas diferentes daquelas observadas para minerais isolados [2,3]. Neste trabalho, é feito um estudo eletroquímico para adquirir informações adicionais sobre a oxidação de misturas pirita/arsenopirita em condições similares àquelas encontradas nas pilhas de resíduos de mineração sob intempérie. Para complementar os resultados obtidos com a voltametria, foram efetuadas medidas de capacitância e a determinação do potencial de banda proibida em função da composição dos eletrodos. O comportamento fotoeletroquímico de eletrodos construídos com misturas pirita/arsenopirita foi investigado para examinar as

relações entre as propriedades semicondutoras dos minerais e seu comportamento eletroquímico.

O potencial de banda proibida e o potencial de bandas planas das misturas foram calculados em função da composição dos eletrodos. Diagramas de energia são apresentados para ilustrar as reações eletroquímicas que ocorrem na interface dos eletrodos construídos com misturas de dos dois minerais

Medidas de capacitância

Para interpretar o processo de dissolução dos das misturas de minerais em estudo foi necessário determinar as propriedades elétricas dos eletrodos de trabalho: potencial de bandas planas (E_{bp}) e concentração de portadores de carga (N_c).

A figura 1 mostra as curvas Mott-Schottky obtidas para os eletrodos pirita/arsenopirita. Observa-se que com o aumento da quantidade de arsenopirita ocorre um aumento no valor da capacitância para cada potencial aplicado.

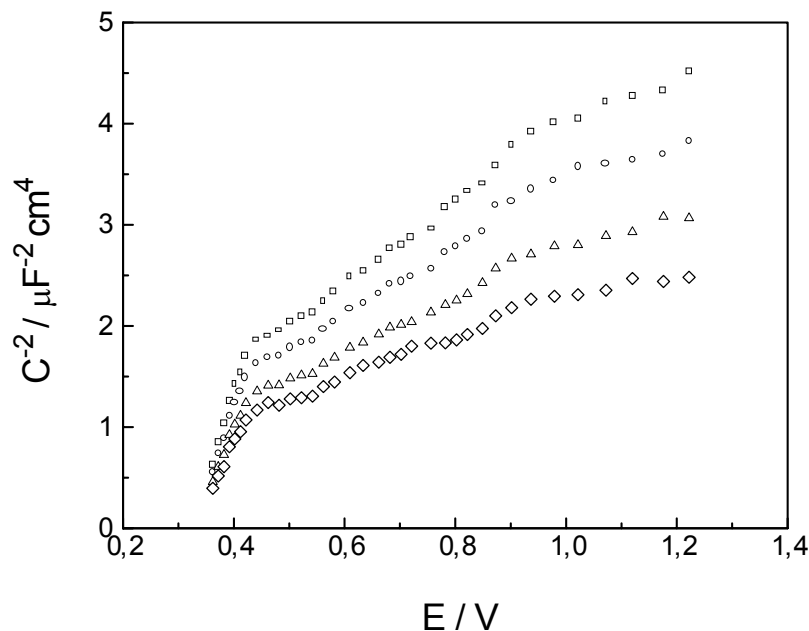


Fig. 1. Variação do recíproco do quadrado da capacitância com o potencial para os eletrodos pirita/arsenopirita, para quantidades de arsenopirita: (□) 20%, (○) 40%, (Δ) 60% e (◇)80%

O modelo de Mott-Schottky descreve a relação $C^{-2} = f(E)$ como [4]:

$$C^{-2} = (2 / e \varepsilon \varepsilon_0 N_c) (E_{bp} + kT / e) + (2 / e \varepsilon \varepsilon_0 N_c) E \quad (1)$$

onde e é a carga do elétron, k a constante de Boltzmann, T a temperatura termodinâmica, ε a constante dielétrica do mineral, ε_0 a permissividade no vácuo, N_c é a concentração de portadores do semiconductor e E_{bp} o potencial de bandas planas. A equação (1) considera constantes ε e N_c na região de carga espacial do semiconductor e que N_c é muito menor que a concentração de íons na camada externa do plano de Helmholtz. Esta condição é equivalente a considerar que a capacitância na região de carga espacial, C_s , praticamente coincide com a capacitância medida C já que $C_s \ll C_H$. A capacitância da camada de Helmholtz, C_H , é considerada constante.

Nas curvas da figura 1 pode-se observar que para $E_{ca} < E < 0,4 \text{ V}$ e para $0,4 \text{ V} < E < 0,85 \text{ V}$ há uma relação linear entre C^{-2} e o potencial que obedecem à equação de Mott-Schottky. Isto implica que, nos intervalos de potencial considerados, os elétrons estão em equilíbrio na região de carga espacial e a capacitância dos estados superficiais é muito menor que a capacitância da região de carga espacial. Para a pirita e a arsenopirita, com o aumento de potencial a região de carga espacial fica cheia de buracos que vão controlar a velocidade de oxidação.

Para potenciais maiores que $0,85 \text{ V}$ se observa o coeficiente angular das retas diminui. A literatura indica duas possibilidades para esta mudança no coeficiente linear: (i) a densidade de doadores varia na região espaço carga [4] e (ii) existem níveis de doadores mais profundos, no interior do semiconductor, que não estão ionizados [5,6]. De acordo com Pleskov [7], a ocupação destes níveis mais profundos pode mudar aumentando a deformação das bandas. Admitindo que há apenas um nível discreto de energia com uma densidade adicional de doadores N_c' , o autor sugere uma equação tipo Mott-Schottky que inclui dois segmentos. No

primeiro segmento, o coeficiente angular é determinado pela quantidade de doadores próximos à superfície e no segundo segmento o coeficiente angular é determinado pela soma de ambos os níveis. A mudança observada na figura 1 deve ser devida à contribuição de níveis de doadores no interior do semicondutor, já que uma variação da densidade de doadores não implica, necessariamente, em uma relação linear como a registrada.

A figura 2 mostra a variação do potencial de bandas planas em função da composição dos eletrodos. Observa-se que a presença da arsenopirita causa um deslocamento do E_{bp} dos eletrodos no sentido dos potenciais mais negativos.

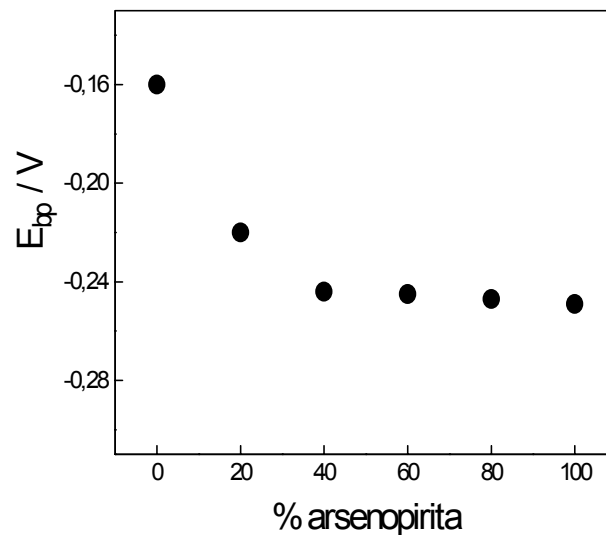


Fig. 2 Variação do potencial de bandas planas em função da composição dos eletrodos pirita/arsenopirita.

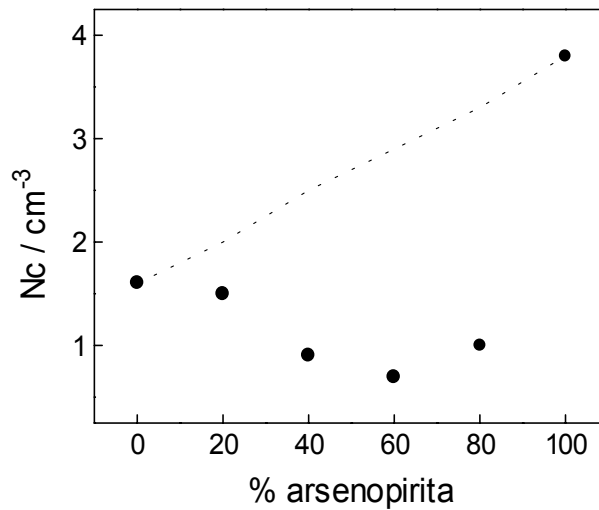


Fig. 3. Variação da concentração de portadores de carga em função da composição dos eletrodos: pirita/arsenopirita; (- - -) valor esperado e (●) valores experimentais.

Quando se trata do número de portadores de carga observa-se que as combinações pirita-arsenopirita causam um decréscimo no número de portadores de carga dos eletrodos (Fig. 3). Estes fatos sugerem que a junção pirita-arsenopirita faz com que o número de elétrons na superfície diminua, possivelmente devido a uma queda na condutividade causada pela diferença de potencial dos minerais na junção [174] ou ao aniquilamento de elétrons na superfície causado pelo contato dos dois minerais.

Medidas fotoeletroquímicas

Sob iluminação, todas as amostras apresentaram fotoefeitos facilmente observados, apesar do comportamento quase metálico dos eletrodos no escuro. Fotocorrentes anódicas indicam um comportamento tipo-n, que já havia sido identificado nas curvas Mott-Schottky.

O modelo de Gärtner foi utilizado para descrever o comportamento dos eletrodos sob incidência de luz [8]. Para aplicar o modelo, certas condições restritivas devem ser respeitadas. Se considera que todos os buracos fotogerados chegam à superfície do eletrodo e contribuem na fotocorrente obtida. Para que isto

ocorra é necessário que: (i) a reação de eletrodo seja suficientemente rápida e (ii) o tempo para que os buracos fotogerados atravessem a região de carga espacial seja menor que o tempo de recombinação elétron/buraco. Deve ficar claro que este método proporciona somente uma estimativa visto que fatores, como a recombinação e^-/h^+ , não podem ser controlados e que se admite que as etapas determinantes da reação são controladas pela fase sólida [9].

A equação (2) estabelecida por Gärtner [8] mostra uma dependência linear do potencial do eletrodo com o quadrado da intensidade da fotocorrente:

$$E - E_{bp} = (e N_c / 2 \epsilon \epsilon_0 e) (I_{ph} / \alpha J_0)^2 \quad (2)$$

onde I_{ph} é a fotocorrente definida pela diferença entre a corrente obtida sob iluminação e a corrente registrada na ausência de luz, E_{bp} é o potencial de bandas planas do semicondutor, N_c a concentração de portadores de carga, ϵ a constante dielétrica relativa do mineral, ϵ_0 a constante dielétrica do semicondutor no vácuo e α e J_0 representam o coeficiente de absorção e a intensidade da luz incidente na superfície do eletrodo, respectivamente.

A equação (2) permite estimar o valor do potencial de bandas planas, com base nas características das curvas $(I_{ph})^2$ em função do potencial, extrapolando-se para $(I_{ph})^2 = 0$.

A figura 4 mostra o fotovoltamograma (linha pontilhada) obtido para os eletrodos construídos com 60% arsenopirita/40% pirita, obtidos com a lâmpada de tungstênio e com a variação do comprimento de onda entre 200 nm e 800 nm, respectivamente. Se observa um aumento de aproximadamente 10% na ordem de grandeza dos fotoefeitos, em relação ao eletrodo de pirita. Desta forma, pode-se sugerir que a presença de arsenopirita causa um pequeno aumento na fotocorrente observada.

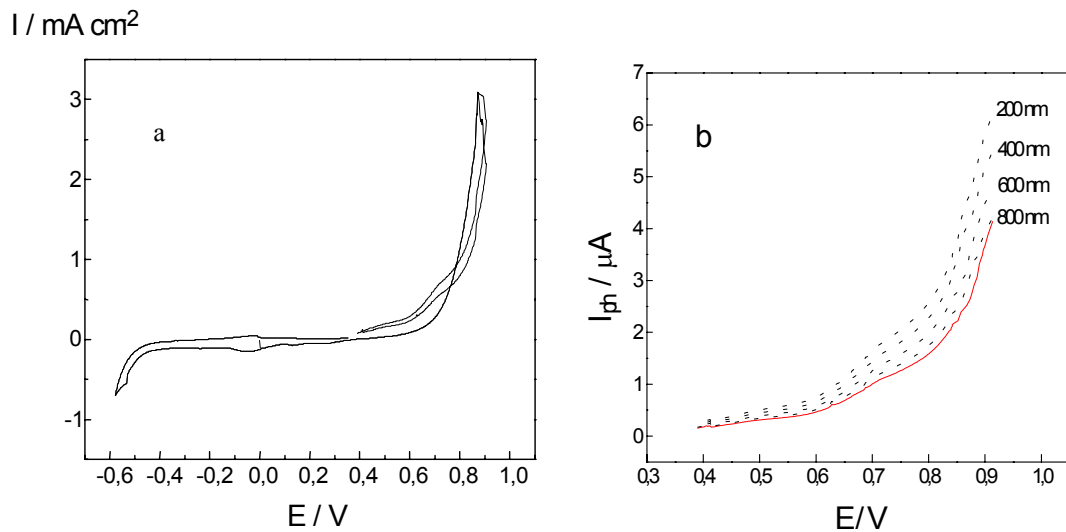


Fig.4. (a) Voltamograma (—) e fotovoltamograma (- - -) dos eletrodos 60% arsenopirita/40%pirita, $E_i = E_{ca}$, $E_{\lambda a} = 0,922$ V, $E_{\lambda c} = -0,5$ V, $E_f = E_{ca}$; $v = 20$ mV s⁻¹: 60%pirrotita/40%pirita e (b) Fotovoltamogramas (- - -) dos eletrodos com variação do comprimento de onda da luz incidente; $E_i = E_{ca}$, $E_{\lambda a} = 0,922$ V, $E_{\lambda c} = -0,5$ V, $E_f = E_{ca}$; $v = 20$ mV s⁻¹

Nos eletrodos pirita/arsenopirita o deslocamento do potencial de circuito aberto desloca-se para potenciais mais positivos; entretanto, observou-se que a iluminação aumenta a dissolução anódica da arsenopirita, portanto pode concluir que as propriedades semicondutoras influem nas interações galvânicas entre os minerais.

A figura 5 mostram a variação do quadrado da fotocorrente em função do potencial dos eletrodos mistos, para $0,4$ V < E < $0,85$ V. Observa-se que a adição de arsenopirita, provoca um aumento nos fotoefeitos observados. A variação da fotocorrente em função do potencial é linear e utilizando-se o modelo de Gärtner pode-se comparar os potenciais de bandas planas obtidos sob influência da luz com os estimados a partir das medidas de capacitância (1). A incidência de luz desloca os potenciais de bandas planas dos eletrodos para valores mais positivos, e observou-se que quanto menor o comprimento de onda mais os valores de E_{bp} obtidos se aproximam daqueles medidos no escuro.

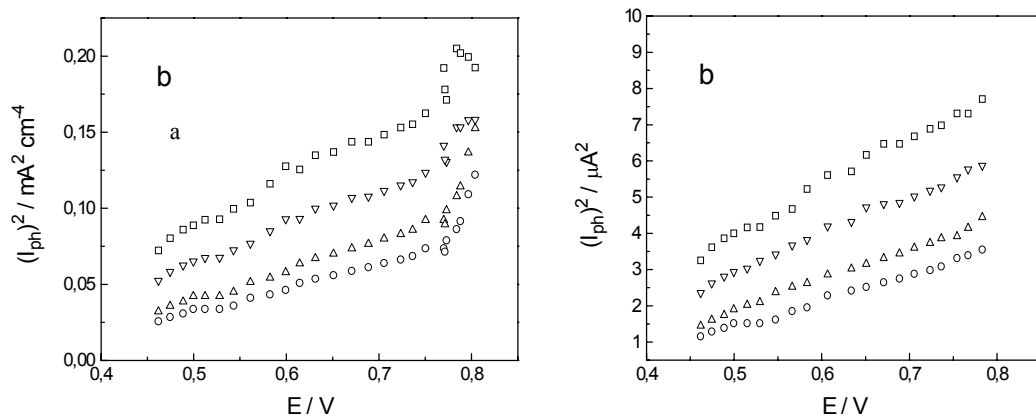


Fig. 5. (a) Curva $(I_{ph})^2$ em função do potencial do eletrodo de pirita moída contendo arsenopirita: (○) 20%, (△) 40%, (▽) 60% e (□) 80% e (b) curvas $(I_{ph})^2$ em função do potencial do eletrodo de pirita moída para $\lambda = 200$ nm.

A figura 6 mostra a variação do potencial de bandas planas em função da composição dos eletrodos na presença e na ausência de luz. A presença da arsenopirita causa um deslocamento do E_{bp} dos eletrodos no sentido dos potenciais mais negativos, tanto no escuro como sob iluminação e a incidência de luz desloca os potenciais de bandas planas para valores mais positivos. A literatura relata que o potencial de bandas planas varia com o pH e com a natureza do par redox presente na solução, devido à formação de óxidos e/ou espécies adsorvidas na superfície dos semicondutores [10,11]; desta forma é coerente supor que a exposição à luz também favoreça estes processos provocando o deslocamento do potencial. Entretanto deve-se lembrar que foram utilizadas técnicas diferentes para determinar o potencial de bandas planas dos minerais na ausência e na presença da luz e desta forma será necessário repetir as medidas de capacitância, sob iluminação, para confirmar se o deslocamento é devido à luz ou ao método utilizado.

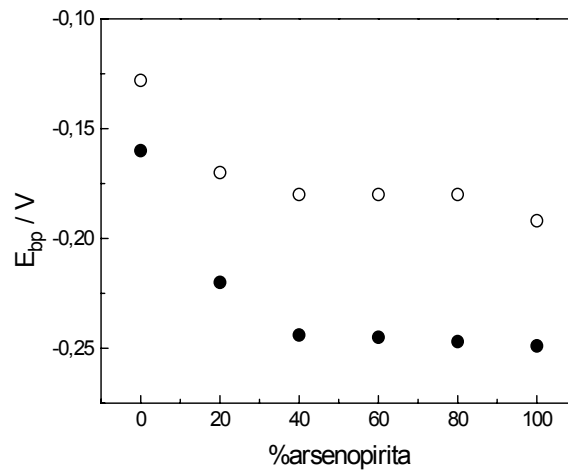


Fig. 6. Variação do potencial de bandas planas em função da composição dos eletrodos: (●) pirita/arsenopirita na ausência de luz e pirita/arsenopirita sob iluminação.

Determinação da energia de banda proibida dos minerais

Variando-se o comprimento de onda (λ) pode-se, também determinar o valor da energia de banda proibida dos minerais. Considera-se que, a luz com comprimento de onda menor que aquele que corresponde à energia de banda proibida (λ_{bg}) é absorvida pelo semiconductor gerando portadores de carga enquanto que a luz com comprimento de onda maior que λ_{bg} passa através do semiconductor. A energia de banda proibida determina, desta forma, as condições de absorção de fótons pelo semiconductor. O coeficiente de absorção é definido por [12] :

$$\alpha = A(h\nu - E_{bg})^{m/2} / h\nu \quad (3)$$

onde ν é a frequência da luz incidente, e o valor do expoente m diferencia o tipo de transição de elétrons que ocorre no semiconductor. Para $m = 1$, ocorre uma transição direta em que um fóton com energia igual à energia de banda proibida é absorvido resultando na criação de um par elétron/buraco. Para $m = 4$, o processo de

absorção ocorre de forma indireta, mediante a participação de uma terceira partícula que pode ser uma impureza ou defeito da rede cristalina.

Quando a luz é absorvida, com conseqüente geração de pares elétron/buraco, o semiconductor exhibe uma resposta à luz, ou seja, uma fotocorrente (I_{ph}). Desta forma, pode-se considerar a fotocorrente obtida como sendo proporcional ao coeficiente de absorção (α) do material [13,14]:

$$(I_{ph} h\nu) = A(h\nu - E_{bg})^{m/2} \quad (4)$$

A equação (4) estabelece uma relação linear entre $(I_{ph} h\nu)^{2/m}$ e $h\nu$, que extrapolada para $(I_{ph} h\nu)^{2/m} = 0$ permite estimar o valor da energia de banda proibida do semiconductor.

A energia de bandas proibidas dos eletrodos foi calculada a partir de curvas $(I_{ph} h\nu)^{1/2}$ em função de $h\nu$ e os resultados são mostrados na tabela 1.

Tab. 1. Variação de E_{bg} em função da composição dos eletrodos.

% FeAsS	0	20	40	60	80	100
E_{bg} / eV	0,97	0,95	0,92	0,88	0,85	0,82

Diagramas de energia

Em física do estado sólido, os níveis de energia são geralmente expressos na unidade elétron-volt (eV), o estado de referência é tido como a energia do elétron livre no vácuo, à qual é arbitrariamente atribuído o valor zero. A escala em eV de níveis de energia pode ser relacionada à escala convencional de potenciais eletroquímicos por [15]:

$$U(\text{eV}) = - E(\text{V}) - 4,7 \quad (5)$$

Usando a equação (5) pode-se expressar potenciais de óxido redução e potenciais de eletrodo em termos de níveis de energia. Esta abordagem, apesar de bastante simplificada, permite desenvolver uma previsão termodinâmica qualitativa das reações de óxido redução dos minerais em estudo. Cabe ressaltar que as reações eletroquímicas na solução são representadas por níveis discretos de energia; entretanto, os níveis de energia dos pares redox formados são fortemente influenciados pela interação entre as espécies e o solvente e, na verdade, estão distribuídos em um amplo intervalo de energias [15].

Quando se utiliza eletrodos pirita/arsenopirita obtêm-se o diagrama da figura 7. Em que se observa que a formação de As_2S_3 ocorre preferencialmente à formação de enxofre. Estes dados reforçam o comportamento observado nos estudos voltamétricos publicados em [1].

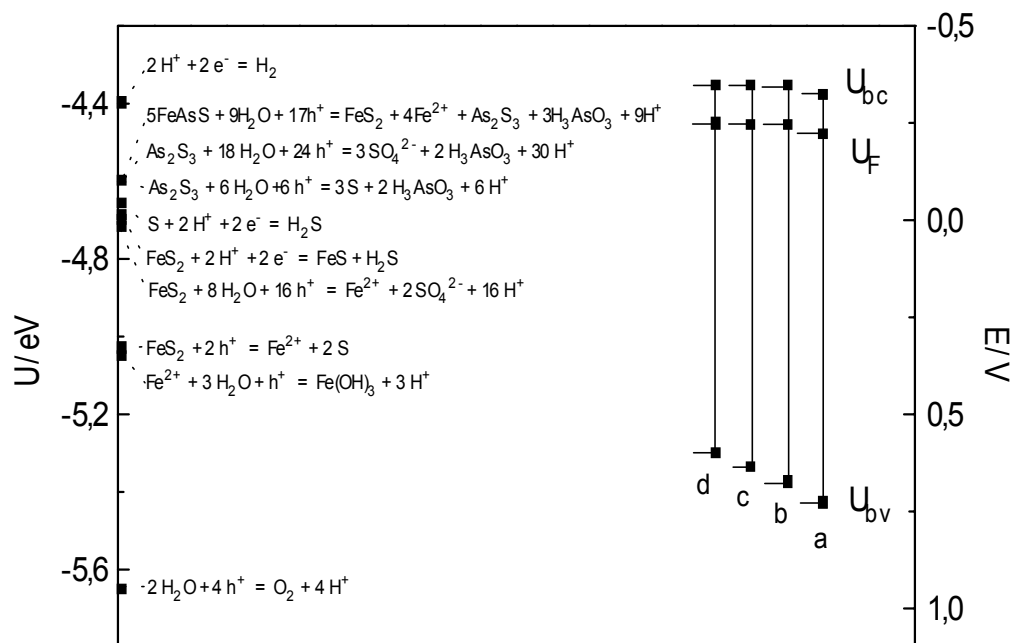


Fig. 7. Diagramas de energia dos eletrodos pirita/arsenopirita: (a) 20% de arsenopirita, (b) 40% de arsenopirita, (c) 60% de arsenopirita e (d) 80% de arsenopirita.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da FAPESP (9333-2).

Referências

- [1] C.M.V.B.Almeida and B.F.Giannetti, *Phys.Chem. Chem. Phys.* 5 (2003) 604.
- [2] C.M.V.B.Almeida and B.F.Giannetti, *J. Electroanal. Chem.*, 553 (2003) 27.
- [3] C.M.V.B.Almeida and B.F.Giannetti, 54th ISE Meeting, São Pedro, Brasil. 2003, p. 189.
- [4] Brunold, K. Büker, S. Kuballa, C. Pettenkofer e H. Tributsch, *Phys. Stat. Sol.*, 135 (1993) 231.
- [5] M. Meticos-Hukovic, *Electrochim. Acta*, 26 (1981) 969.
- [6] S. Roy. Morrison, "The Chemical Physics of Surfaces", Plenum Press, New York, 1990.
- [7] Gissler e R. Memming, *J. Electrochem. Soc.*, 124 (1977) 1710.
- [8] H. Tributsch e J. C. Bennet, *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 31 (1981) 627.
- [9] M. S. Antelman e F. J. Harris, "The Encyclopedis of Chemical Electrodes Potentials", Plenum Press, New York, 1982.
- [10] J. C. Biondi, "Depósitos de Minerais Metálicos de Filiação Magnética", Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, São Paulo, (1986).
- [11] Lemasson, A. Etcheberry e J. Gautron, *Electrochim. Acta*, 27 (1982) 607.
- [12] V. Antonucci, A.S. Aricó, I. Ielo, E. Modica, G. Candiano, G. Monforte, N. Giordano e P.L. Antonucci, *Electrochim. Acta*, 38 (1993) 123.
- [13] A.Ennaoui e H. Tributsch, *Solar Energy Materials*, 14 (1986) 461.
- [14] M. A. Butler, *J. Appl. Phys.*, 48 (1977) 1914.
- [15] H. O. Finklea, *J. Chem. Edu.*, 60 (1983) 325.

TRABALHOS PUBLICADOS EM REVISTAS DE CIRCULAÇÃO INTERNACIONAL COM ARBITRAGEM

Duas Vertentes: Significante e Objeto a

Luiz Carlos Nogueira ¹

Helena Bicalho ¹

Jair Minoro Abe ²

¹ Instituto de Psicologia - USP

² ICET – Universidade Paulista - UNIP

Rua Dr. Bacelar 1212

CEP 04026-002 – São Paulo – SP – Brazil

Resumo. Este trabalho trata da relação entre a Psicanálise e a Lógica, comentando a formalização do escrito psicanalítico por meio da lógica moderna, proposta por Lacan no Seminário XX, Mais Ainda.

Palavras chave: Psicanálise. Lógica. Discurso psicanalítico. Formalização

1 No princípio é a linguagem

A linguagem é a condição do inconsciente que trabalha os dados, as coisas e os escritos. O campo psicanalítico pretende ser o lugar dos escritos. “Eu, o escrito, gozo”, seria a paráfrase de “Eu, a verdade, falo”. O gozo vem dessa criação. A escrita da lógica moderna é o método com o qual Lacan reescreve o campo freudiano e mostra que o inconsciente só pode ser situado a partir da ciência moderna. “Distinguir a dimensão do significante só ganha relevo ao se colocar que o que vocês entendem, no sentido auditivo do termo, não tem nenhuma relação com o que isso significa (Lacan 1972-1973/1975, p. 31). Mas isto se afasta de Saussure, para quem o significante é puro arbitrário.” O significante como tal não se refere a nada se isto não for um discurso (...) Quer dizer, a um modo de funcionamento, a uma utilização da linguagem como laço” (p. 32), e seu funcionamento supõe o sujeito como lugar de emergência do discurso psicanalítico. É o suporte a partir do qual o Um se introduz no mundo: é o significante enquanto tal, separado dos efeitos de significado. Os matemáticos abordam o Um de uma maneira não intuitiva; calculam e demonstram o resultado final a partir dos dados iniciais. O inconsciente estruturado como um conjunto de letras permitirá pensar o discurso analítico.

2 Linguagens artificiais e formalização

A matemática pura caracteriza-se pelo estudo dos tipos de estrutura. Na álgebra, as estruturas algébricas reduzem-se às estruturas dos conjuntos, onde se definem certas operações determinadas pelas propriedades adequadas. A topologia trata dos espaços topológicos e de certas estruturas aparentadas e, na teoria das estruturas de ordem, a relação principal é a relação de ordem. Segundo Bourbaki, a matemática atual estuda as estruturas oriundas da álgebra, da ordem e da topologia combinadas. Bourbaki (1970), tratou as estruturas matemáticas de um ponto de vista sintático, incluindo aí a dimensão semântica.

Para trabalhar com as operações lógicas nas quais as estruturas matemáticas se realizam, é preciso construir uma linguagem artificial. Como toda linguagem tem necessidade de um vocabulário, ele está constituído da seguinte maneira: 1) Variáveis individuais: x, y, \dots ; 2) Conectivos lógicos; 3) Constantes individuais: 0, 1; 4) Símbolos funcionais; 5) Símbolos predicativos; 6) Quantificadores.

A construção dessa linguagem permite uma formalização que implica a explicitação de uma certa linguagem e de um domínio a estudar. Tal linguagem artificial pode se referir às estruturas externas que oferecem várias interpretações dos mundos possíveis: é a dimensão semântica.

3 A formalização do jogo do escrito psicanalítico

Um ponto no ensino de Lacan que pode ser considerado como um axioma da teoria psicanalítica - O inconsciente é estruturado como uma linguagem - retoma a descoberta freudiana. No *Le Séminaire, Livre XX, Encore*, Lacan (1972-1973/1975) propõe um avanço da formalização com as quatro letras que sustentam o discurso psicanalítico: S1, S2, S e a. Trata-se de reler este axioma à luz da contribuição da matemática. Para trabalhar essa formalização, Lacan, referindo-se a Bourbaki (1970), determina que é "... no jogo mesmo do escrito matemático que encontraremos o ponto de orientação em direção ao qual nos dirigir"; de outra parte, a mais importante contribuição desse grupo de matemáticos consiste em demonstrar que "... as letras são, e não designam, esses conjuntos"¹ (p. 47). É este princípio que permitirá a Lacan avançar seu próprio axioma.

Assim, qual é o jogo do escrito matemático que contribui `a formalização do jogo do escrito psicanalítico? Bourbaki (1970) apresenta o jogo do escrito matemático privilegiando a dimensão sintática, da qual faz depender a semântica. Na experiência psicanalítica, o campo do sujeito se origina da articulação ao campo do Outro; assim, a função do sujeito depende do significante, que opera independentemente da relação com o significado. Na relação do sujeito ao Outro, ou o significante representa o sujeito para um outro

¹ A edição brasileira do *Seminário 20, Mais, Ainda* (Lacan 1972-1973/1982), ao traduzir *assemblages* por *ajuntamento*, perdeu o conceito de *conjunto* – ponto central desse trabalho -, ao qual se referia o grupo de matemáticos denominado Bourbaki.

significante, ou o sujeito está em fading na fantasia, invólucro do objeto a. É a condição do sujeito na direção do tratamento que permite trabalhar as duas dimensões: sintática, pela combinatória significante e, semântica, pela axiomática da fantasia. A fantasia na análise permite a construção da axiomática do sujeito.

A passagem do sintoma-queixa ao sintoma analítico dá a garantia que o vocabulário sintático de uma análise está construído. Nesta transformação, o significante da transferência encontra a cadeia de significantes do sujeito, e torna-se garantia da estrutura formal do sintoma analítico. Para a formalização tanto do sintoma como da fantasia, temos à disposição a aparelhagem do gozo pela linguagem. Não é mais a linguagem da comunicação, mas a linguagem artificial da cadeia de significantes, que constrói a fantasia na análise e torna possível sua travessia.

Essa condição entra em jogo desde a simbolização primordial. A metáfora paterna instaura o campo do desejo na estrutura do sujeito e, ao fazê-lo, enquadra o gozo como gozo fálico. É sua realização que propicia a estruturação do sujeito, entre desejo e gozo. Ao aparelhar o gozo com a linguagem, pode-se operar sobre as condições de gozo e trabalhar o desejo no campo do Outro, fazendo surgir o desejo do analista. A formalização alcançada pelo escrito matemático nos autoriza a pensar o escrito psicanalítico ao redor de quatro letras - S1, S2, S, a- pois a articulação S1-S2 remete ao plano sintático, enquanto que S e a, remetem ao plano semântico da direção do tratamento, precipitando desde a entrada, os elementos que poderão conduzir ao fim da análise.

Referências Bibliográficas

1. Bourbaki, N. (1970). *Théorie des ensembles*. Paris: Hermann
2. Lacan, J. (1975). *Le Séminaire. Livre XX - Encore*. Paris: Seuil. (Trabalho original publicado em 1972-1973)
3. Lacan, J. (1982). *O Seminário. Livro 20 - Mais, ainda*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. (Trabalho original publicado em 1972-1973).
4. Nogueira, L. C., Bicalho, H., & Abe, J. (1994, mai). Deux versants: Le signifiant et l'objet a. In VIIIe Rencontre Internationale de L'Association de la Fondation du Champ Freudien: La conclusion de la cure. Variété clinique de la sortie d'analyse. Quelques préalables théoriques à la question de la fin de l'analyse (pp. 277-280). Paris: Éolia/ Seuil.

Identificação – Trabalho Completo em Revista

NOGUEIRA, L.C. H. BICALHO & J.M. ABE, As Duas Vertentes: Significante e Objeto *a*, *Psicologia USP*, Volume 15, no ½, ISSN 0103-6564, Luiz Carlos Nogueira, H. Bicalho Edts., 339-343, 2004.

Área de Concentração: Gestão da Informação

Linha de Pesquisa:

Uma Teoria de Tomada de Decisão Baseada na Lógica Paraconsistente Anotada

Fábio Romeu de Carvalho, Mestre e Doutorando em Engenharia de Produção
fabioromeu@unip.br, Universidade Paulista, UNIP

Israel Brunstein, Doutor em Engenharia de Produção, Professor Titular
brunstei@usp.br, Universidade de São Paulo, USP

Jair Minoro Abe, Bacharel em Matemática, Doutor em Filosofia
jairabe@uol.com.br, Universidade Paulista, UNIP

Resumo

Neste trabalho apresentamos uma aplicação em teoria de tomada de decisão do algoritmo para-analisador, baseada em uma nova classe de lógicas não-clássicas - as lógicas paraconsistentes anotadas. Tais lógicas conseguem manipular em seu interior dados incertos, contraditórios ou paracompletos, sem se tornar trivial. A lógica paraconsistente anotada (LPA) tem sido aplicada em Ciência da Computação, Robótica, Inteligência Artificial etc. (ABE, 1997).

Como exemplo de aplicação dessa teoria, mostramos como são as tomadas de decisão pelo dispositivo para-analisador na área de Engenharia de Produção. Mais especificamente, aplicamos para a avaliação do projeto de uma fábrica, utilizando-se do Método de Análise pelo Baricentro, MAB.

Palavras Chave: Tomada de decisão, lógica paraconsistente, algoritmo para-analisador, regra de decisão, análise de viabilidade.

A Theory of Decision-Making Based on Paraconsistent Annotated Logic

Abstract

In this work we present an application of the algorithm Para-analyser in decision making theory, based on a new class of non-classical logics – the paraconsistent annotated logics. Such logics allow to manipulate uncertain, contradictory or paracomplete data in their interior, without trivialization. The paraconsistent annotated logics (PAL) has been applied in Computer Science, Robotics, Artificial Intelligence etc. (ABE, 1997).

As an example of application of this theory, we show how it can be applied as decision making tool in Production Engineering. More specifically, we applied it to do the evaluation of the project of a factory, using the Baricenter Analysis Method, BAM.

Key Words: Decision-making, paraconsistent logics, para-analyser algorithm, decision rule, viability analysis.

1. Introdução

Uma teoria dedutiva é *consistente* se não possui teoremas contraditórios, um dos quais é a negação do outro (A e $\neg A$). Caso contrário, a teoria diz-se *inconsistente* (ou *contraditória*).

Uma teoria chama-se *trivial* se todas as fórmulas (ou sentenças) de sua linguagem forem nela demonstráveis; em hipótese contrária, diz-se *não-trivial*. Analogamente, a mesma definição aplica-se a sistemas de proposições, conjuntos de informações etc. (levando-se em conta, naturalmente, o conjunto de suas conseqüências).

Se a lógica subjacente a uma teoria T é a lógica clássica ou alguma de suas extensões, T é inconsistente se e somente se for trivial. Em conseqüência, se quisermos erigir teorias ou sistemas de informação inconsistentes, mas não-triviais, temos de usar um novo tipo de lógica, diferente da clássica.

Lógica paraconsistente é uma lógica que pode servir de base a teorias inconsistentes e não-triviais. Deste modo, a lógica paraconsistente é de importância fundamental para se edificar sistemas de informação ou teorias inconsistentes mas não-triviais.

2. A Lógica Paraconsistente Anotada

As lógicas paraconsistentes anotadas são uma família de lógicas não-clássicas, inicialmente, empregadas em programação lógica. Posteriormente, várias aplicações foram estendidas por Blair, Subrahmanian, Kifer e outros. Devido às aplicações obtidas, tornou-se conveniente um estudo dos fundamentos da lógica subjacente às linguagens de programação investigadas. Verificou-se que se tratava de uma lógica paraconsistente e que, em alguns casos, também continha características da lógica paracompleta e não-alética.

Os primeiros estudos sobre os fundamentos da LPA foram efetuados em (DA COSTA, VAGO & SUBRAHMANIAN 91), (DA COSTA, ABE & SUBRAHMANIAN 91) e (ABE 92). Em (ABE 92) estudou-se a lógica de predicados, teoria de modelos, teoria anotada de conjuntos e alguns sistemas modais, estabelecendo-se um estudo sistemático dos fundamentos das lógicas anotadas apontadas em trabalhos anteriores.

Outras aplicações dos sistemas anotados foram iniciadas por Abe, por volta de 1993, que, juntamente com discípulos, implementou a linguagem de programação paraconsistente Paralog (ÁVILA, ABE & PRADO 97), independentemente dos resultados de Subrahmanian. Tais idéias foram aplicadas na especificação de uma arquitetura, baseada na LPA, que integra vários sistemas

computacionais – planejadores, base de dados, sistemas de visão etc. –, na construção de uma célula de manufatura (PRADO 96) e na representação de conhecimento por Frames, permitindo representar inconsistências e exceções (ÁVILA 96).

Em (DA SILVA FILHO 99), (ABE, DA SILVA FILHO 98), (DA SILVA FILHO, ABE 01a) foram introduzidos circuitos digitais (portas lógicas Complement, And e Or), inspirados nas LPAs. Tais circuitos permitem sinais “conflitantes” implementados em sua estrutura de modo não-trivial. Acreditamos que a contribuição dos circuitos elétricos paraconsistentes seja pioneira na área dos circuitos elétricos, abrindo novas vias de investigações. Nas pesquisas referentes, ainda na parte de *hardware*, a grande contribuição foi a edificação do analisador lógico – para-analisador – que permite tratar conceitos de incerteza, inconsistência e paracompleteza (DA SILVA FILHO, ABE 99a). Também baseados nas lógicas anotadas, foram construídos controladores lógicos – paracontrol, simuladores lógicos – parasim, dispositivo para tratamento de sinais – parasônico (ABE, DA SILVA FILHO 03). Como materialização dos conceitos discutidos construiu-se o primeiro robô com *hardware* paraconsistente: protótipo I, que recebeu o nome de Emmy (DA SILVA FILHO, ABE 01), e está sendo construído o protótipo II.

Os sistemas anotados abarcam aspectos dos conceitos envolvidos em raciocínio não-monotônico, defesiable, default e deônico (NAKAMATSU, ABE, SUZUKI 00).

Versões de lógicas anotadas também envolvem muitos aspectos das lógicas fuzzy. Isto pode ser visto sob vários ângulos. A teoria anotada de conjuntos engloba *in totum* a teoria de conjuntos fuzzy (DA COSTA, ABE, SUBRAHMANIAN 91) e (ABE 92). Versões axiomatizadas da teoria fuzzy foram obtidas (AKAMA, ABE 99).

Foi erigido o controlador híbrido parafuzzy que une características das lógicas anotadas e da fuzzy (DA SILVA FILHO, ABE 99).

Finalmente, aspectos algébricos também foram investigados por Abe (ABE 98). Uma visão geral de alguns aspectos das aplicações dos sistemas anotados pode ser vista em (ABE 97).

Intuitivamente, na LPA bivalorada o que se faz é atribuir uma anotação $(\mu_1; \mu_2)$, com μ_1 e μ_2 pertencentes ao intervalo fechado $[0; 1]$, a cada proposição elementar (atômica) **p** de tal modo que μ_1 traduza o grau de crença (ou evidência favorável) que se tem em **p** e μ_2 , o grau de descrença (ou evidência contrária) (ABE, 1992).

O conjunto $[0; 1]^2$ ou $[0; 1] \times [0; 1]$ dotado de uma relação de ordem $*$ tal que $(\lambda_1; \lambda_2) * (\mu_1; \mu_2)$ se e somente se $\lambda_1 \leq \mu_1$ e $\lambda_2 \leq \mu_2$, onde \leq é a relação de ordem total habitual dos números reais, constitui um reticulado (reticulado das anotações), que denominamos também **Quadrado Unitário de Plano Cartesiano** (QUPC). Cada par $(\mu_1; \mu_2)$ constitui um estado lógico. Destacam-se os seguintes estados lógicos extremos:

(1; 0) representa, intuitivamente, crença total e nenhuma descrença (traduz um estado lógico que chamamos de **verdade**, que é representado por **V**);

(0; 1) representa, intuitivamente, nenhuma crença e descrença total (traduz um estado lógico que chamamos de **falsidade**, que é representado por **F**);

(1; 1) representa, intuitivamente, ao mesmo tempo crença e descrença totais (traduz um estado lógico que chamamos de **inconsistência**, que é representado por α), e

(0; 0) indica ausência total de crença e de descrença (traduz um estado lógico que chamamos de **paracompleteza** ou de **indeterminação**, que é representado por β).

3. Graus de contradição e de certeza

Sendo um trabalho de aplicação, vamos nos permitir alguns abusos de linguagem, tais como não distinguir linha **AB** de reta **AB** ou de segmento **AB**; o ponto A “cai” na região ABC etc.

O QUPC pode ser dividido de várias maneiras. Uma divisão conveniente é em doze regiões, como na Figura 1.

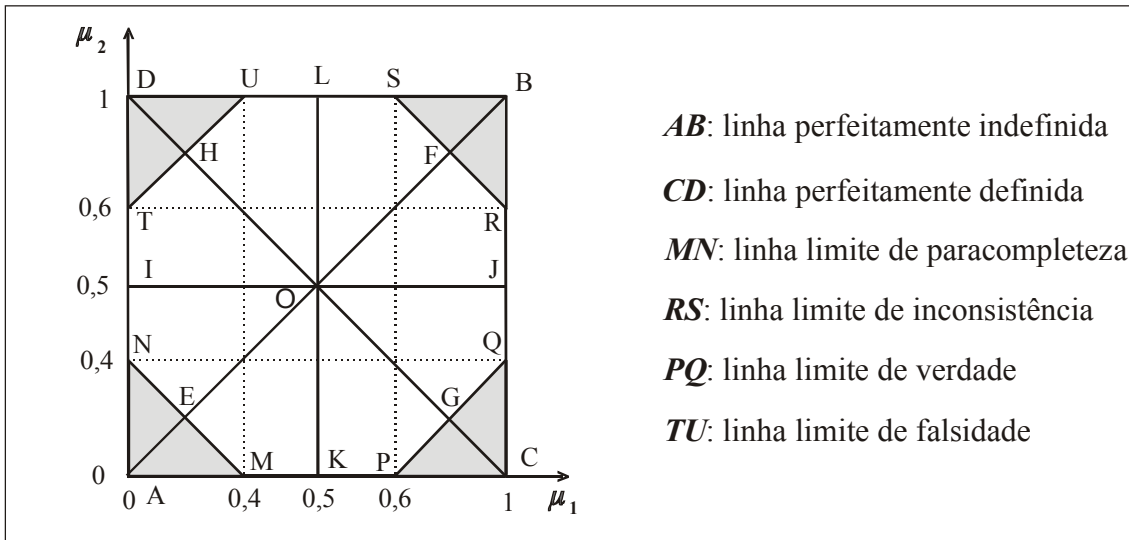


Figura 1: Divisão do QUPC em doze regiões, adotando-se como linhas limites $|G_{\text{contr}}| = 0,60$ e $|H_{\text{cert}}| = 0,60$.

Vejamos algumas definições:

Grau de contradição: $G_{\text{contr}} = \mu_1 + \mu_2 - 1$, donde se conclui que: $-1 \leq G_{\text{contr}} \leq 1$.

Grau de certeza: $H_{\text{cert}} = \mu_1 - \mu_2$, donde se conclui que: $-1 \leq H_{\text{cert}} \leq 1$.

Linha limite de paracompleteza: segmento MN, tal que $G_{\text{contr}} = -k_1$, para $0 < k_1 < 1$;

Linha limite de inconsistência: segmento RS, tal que $G_{\text{contr}} = +k_1$, para $0 < k_1 < 1$;

Linha limite de falsidade: segmento TU, tal que $H_{\text{cert}} = -k_2$, para $0 < k_2 < 1$;

Linha limite de verdade: segmento PQ, tal que $H_{\text{cert}} = +k_2$, para $0 < k_2 < 1$.

Habitualmente, adota-se $k_1 = k_2 = k$, dando simetria ao gráfico, como na Figura 1, onde $k_1 = k_2 = k = 0,60$. O valor de k_2 será chamado de **nível de exigência**.

Destaquemos, na Figura 1, quatro regiões extremas e uma região central.

Região **AMN**: $-1 \leq G_{\text{contr}} \leq -0,60 \Rightarrow$ região de paracompleteza.

Região **BRS**: $0,60 \leq G_{\text{contr}} \leq 1 \Rightarrow$ região de inconsistência.

Região **CPQ**: $0,60 \leq H_{\text{cert}} \leq 1 \Rightarrow$ região de verdade.

Região **DTU**: $-1 \leq H_{\text{cert}} \leq -0,60 \Rightarrow$ região de falsidade.

As regiões CPQ e DTU são chamadas de regiões de decisão. A primeira, de decisão favorável (viabilidade) e a segunda, de decisão desfavorável (inviabilidade).

Região **MNTUSRQP**:

$$|G_{\text{contr}}| < 0,60 \text{ ou } -0,60 < G_{\text{contr}} < 0,60 \text{ e } |H_{\text{cert}}| < 0,60 \text{ ou } -0,60 < H_{\text{cert}} < 0,60$$

Esta é a região que não permite tomadas de decisão, ou seja, quando o ponto que traduz o resultado da análise pertence a essa região, dizemos que a análise é **não conclusiva**.

Vejamos com detalhes uma de suas sub-regiões, a título de exemplo.

Sub-região *OFSL*: $0,5 \leq \mu_1 < 0,8$ e $0,5 \leq \mu_2 \leq 1$; $0 \leq G_{\text{contr}} < 0,60$ e $-0,5 \leq H_{\text{cert}} < 0$.

Nesta sub-região temos uma situação de inconsistência e falsidade relativamente pequenas, mas mais próxima da situação de inconsistência total (ponto *B*) do que da situação de falsidade total (ponto *D*). Por isso, dizemos que é uma sub-região de **quase inconsistência tendendo à falsidade**. A seguir, as doze regiões do QUPC destacadas nesta análise.

Região	μ_1	μ_2	G_{contr}	H_{cert}	Descrição	Representação
<i>MN</i>	[0; 0,4]	[0; 0,4]	[-1; -0,6]	[-0,4; 0,4]	Paracompleteza (ou Indeterminação)	\perp
<i>BRS</i>	[0,6; 1]	[0,6; 1]	[0,6; 1]	[-0,4; 0,4]	Inconsistência	\top
<i>CPQ</i>	[0,6; 1]	[0; 0,4]	[-0,4; 0,4]	[0,6; 1]	Verdade	\vee
<i>DTU</i>	[0; 0,4]	[0,6; 1]	[-0,4; 0,4]	[-1; -0,6]	Falsidade	F
<i>OFSL</i>	[0,5; 0,8 [	[0,5; 1]	[0; 0,6 [	[ -0,5; 0 [	Quase inconsistência tendendo à falsidade	$\top \rightarrow \text{QF}$
<i>OHUL</i>	] 0,2; 0,5 [	[0,5; 1]	[0; 0,5 [	] -0,6; 0 [	Quase falsidade tendendo à inconsistência	$\text{QF} \rightarrow \top$
<i>OHTI</i>	[0; 0,5 [	[0,5; 0,8 [	[ -0,5; 0 [	] -0,6; 0 [	Quase falsidade tendendo à paracompleteza	$\text{QF} \rightarrow \perp$
<i>OENI</i>	[0; 0,5 [	] 0,2; 0,5 [	] -0,6; 0 [	] -0,5; 0 [	Quase paracompleteza tendendo à falsidade	$\perp \rightarrow \text{QF}$
<i>OEMK</i>	] 0,2; 0,5 [	[0; 0,5 [	] -0,6; 0 [	[0; 0,5 [	Quase paracompleteza tendendo à verdade	$\perp \rightarrow \text{QV}$
<i>OGPK</i>	[0,5; 0,8 [	[0; 0,5 [	[ -0,5; 0 [	[0; 0,6 [	Quase verdade tendendo à paracompleteza	$\text{QV} \rightarrow \perp$
<i>OGQJ</i>	[0,5; 1 ]	] 0,2; 0,5 [	[0; 0,5 [	[0; 0,6 [	Quase verdade tendendo à inconsistência	$\text{QV} \rightarrow \top$
<i>OFRJ</i>	[0,5; 1]	[0,5; 0,8 [	[0; 0,6 [	[0; 0,5]	Quase inconsistência tendendo à verdade	$\top \rightarrow \text{QV}$

Tabela 1.: Resumo da análise das doze regiões do Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC).

O QUPC dividido em doze regiões permite análises para tomadas de decisão. Por isso, ele é chamado **dispositivo (ou algoritmo) para-analisador** (DA SILVA FILHO & ABE, 2001).

4. Regra de decisão

Vimos anteriormente que, se na análise da viabilidade de um empreendimento, o resultado nos leva a um ponto da região CPQ (de **verdade**), a decisão é favorável, ou seja, é pela **viabilidade** do empreendimento; se, a um ponto da região DTU (de **falsidade**), a decisão é pela **inviabilidade** do empreendimento; mas se o resultado nos leva a um ponto de qualquer outra região diferente dessas duas, dizemos que a análise é não conclusiva. Essas idéias determinam a regra de decisão (CARVALHO 2002), que assim se resume:

$$H_{\text{cert}} \geq 0,60 \Rightarrow \text{decisão favorável (viabilidade);}$$

$$H_{\text{cert}} \leq -0,60 \Rightarrow \text{decisão desfavorável (inviabilidade); e}$$

$$-0,60 < H_{\text{cert}} < 0,60 \Rightarrow \text{não conclusivo.}$$

Observemos que foi adotado $|H_{\text{cert}}| = 0,60$ como linhas limites de verdade e de falsidade. Isto significa que a análise só é conclusiva quando $|H_{\text{cert}}| \geq 0,60$. Por isso, o valor 0,60 (ou 60%) traduz o **nível de exigência** (N_{exig}) da análise. Portanto, o nível de exigência representa o mínimo valor de $|H_{\text{cert}}|$ para que se caia na região de verdade ou de falsidade, ou seja, para que tome uma decisão favorável ou desfavorável (CARVALHO 2002). Isto significa que as decisões serão tomadas com o mínimo de 60% de certeza.

De uma maneira mais genérica, a regra de decisão pode ser assim escrita:

$$\begin{aligned} H_{cert} \geq N_{exig} &\Rightarrow \text{decisão favorável (viabilidade);} \\ H_{cert} \leq -N_{exig} &\Rightarrow \text{decisão desfavorável (inviabilidade); e} \\ -N_{exig} < H_{cert} < N_{exig} &\Rightarrow \text{não conclusivo.} \end{aligned}$$

O nível de exigência depende da segurança que se quer ter na decisão, que, por sua vez, depende da responsabilidade que ela implica, do investimento que está em jogo, do envolvimento ou não de risco para vidas humanas etc.

Cumpramos destacar que, se o resultado cai na região BRS (região de inconsistência), a análise é não conclusiva quanto à viabilidade do empreendimento, mas acusa um alto grau de inconsistência dos dados ($G_{ict} \geq 0,60$). Analogamente, se cai na região AMN (de paracom- pleteza), significa que os dados apresentam um alto grau de indeterminação ($G_{pcz} \leq -0,60$).

5. Operadores NOT, OR e AND da LPA

NOT é definido por: $\text{NOT} (\mu_1; \mu_2) = (\mu_2; \mu_1)$. O operador **NOT** deve corresponder à **negação** da lógica anotada. Notemos que: $\text{NOT } T = \bar{T}$, $\text{NOT } \perp = \perp$, $\text{NOT } V = F$ e $\text{NOT } F = V$.

O operador **OR** é definido por: $(\mu_1; \mu_2) \text{ OR } (\lambda_1; \lambda_2) = (\max\{\mu_1, \lambda_1\}; \max\{\mu_2, \lambda_2\})$. Este operador tem o mesmo sentido da **disjunção** clássica, ou seja, o de fazer a **maximização**.

O **AND** é definido por: $(\mu_1; \mu_2) \text{ AND } (\lambda_1; \lambda_2) = (\min\{\mu_1, \lambda_1\}; \min\{\mu_2, \lambda_2\})$. Seu sentido é o mesmo da **conjunção** clássica, ou seja, o de fazer a **minimização**.

6. Uma aplicação: Avaliação do Projeto da Fábrica

Como aplicação do processo de tomadas de decisão com ferramentas da LPA, desenvolvemos um método de análise de viabilidade, que chamamos de Método de Análise pelo Baricentro, MAB. Como exemplo, vamos aplicá-lo na avaliação do projeto P de uma fábrica, problema com o qual, constantemente, se deparam engenheiros, consultores ou os próprios empresários. A idéia é analisar se o projeto de uma fábrica pode ser implantado (decisão favorável) ou não (decisão desfavorável). Vamos chamar de engenheiro do conhecimento, EC, a pessoa responsável por preparar, pesquisar e concluir a análise.

Apesar detalharmos o método nas próximas páginas, julgamos conveniente antecipar-lhe uma síntese. O MAB consiste, basicamente, em oito etapas, que são coordenadas pelo EC.

1ª) Seleção dos fatores. Como toda decisão é influenciada por uma série de fatores, devem ser selecionados os mais importantes e que nela têm maior influência.

2ª) Estabelecimento das seções. Para cada fator, devem ser estabelecidas três (ou quatro ou cinco ou mais seções, dependendo do caso e da precisão desejada) seções, que vão traduzir as diferentes características possíveis para o projeto.

3ª) Fixação do nível de exigência. Antes de qualquer análise do projeto, deve ser fixado o nível de exigência para a tomada de decisão. Com isso estarão determinados o dispositivo para-analisador e a regra de decisão. Essas fases iniciais são executadas pelo EC.

4ª) Atribuição de pesos aos fatores. Esses pesos vão refletir a maior ou menor importância de cada fator na decisão. Normalmente, eles são atribuídos por especialistas, escolhidos pelo EC e segundo um critério por ele fixado, tal como, os pesos têm que ser inteiros de 1 a 5.

5ª) Anotação dos graus de crença (μ_1) e de descrença (μ_2) aos fatores, em cada uma das seções. Essa fase, também, é feita pelos especialistas.

A atribuição dos pesos e a anotação dos graus de crença e de descrença aos fatores, normalmente, são feitas por meio de especialistas, mas poderiam ser feitas com base em dados estatísticos. Esses valores vão constituir a base de dados para as análises.

6ª) Realização da pesquisa. Uma pesquisa precisa ser feita para verificar, no caso em estudo, em que seção cada um dos fatores se encontra.

7ª) Obtenção dos graus de crença (μ_{1R}) e de descrença (μ_{2R}), resultantes, para cada fator, na seção detectada pela pesquisa. Isso é feito pela aplicação das técnicas de maximização (OR) e de minimização (AND) da LPA e permite, pela aplicação da regra de decisão ou do dispositivo para-analisador, verificar como é a influência de cada fator na decisão.

8ª) Obtenção dos graus de crença (μ_{1W}) e de descrença (μ_{2W}) do baricentro. Para a tomada de decisão final, não basta saber como cada fator influi, mas interessa a influência conjunta (combinada) de todos os fatores analisados. Isto pode ser determinado pelo centro de gravidade ou baricentro (**W**) dos pontos que representam os fatores.

O grau de crença de **W**, μ_{1W} , é a média ponderada dos graus de crença resultantes, μ_{1R} , e o seu grau de descrença, μ_{2W} , a média ponderada dos graus de descrença resultantes, μ_{2R} , para todos os fatores. Com esses valores, podemos chegar à decisão final, calculando o grau de certeza de **W**, $H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W}$, e aplicando a regra de decisão, ou aplicando o dispositivo para-analisador.

Neste trabalho, adotaremos com peso de cada fator a média aritmética dos pesos atribuídos pelos especialistas. Observemos que, se os pesos médios forem todos iguais, o baricentro **W** irá coincidir com o centro geométrico dos pontos que representam os fatores.

6.1. A escolha dos fatores, o estabelecimento das seções e a fixação do nível de exigência

Para exemplificar, vamos escolher oito fatores (F1 a F8) que influem na decisão de implantar ou não o projeto de uma fábrica, ou seja, que influem na viabilidade do projeto. Para cada um desses fatores estabelecemos três seções (S1 a S3), tais que S1 represente uma situação favorável, S2, uma situação indiferente, e S3, uma situação desfavorável.

Observemos que a escolha dos fatores e a caracterização das seções dependem do projeto a ser avaliado, de análises de mercado, de estudos econômicos e de outros elementos. Neste trabalho, essa caracterização é feita sem a utilização rigorosa desses elementos, pois se trata apenas de um exemplo para a apresentação do método.

Os fatores escolhidos (Fi) e as seções estabelecidas (Sj) são os apresentados a seguir.

F1: Capacidade de produção da fábrica – Medida pela comparação entre a produção projetada para a fábrica e a média M de produção das fábricas similares já existentes – S1: maior que 1,2M; S3: menor que 0,8M; uma situação diferente de S1 e S3.

F2: Seleção de equipamentos – Traduzida pelas características: flexibilidade, produtividade e qualidade dos equipamentos escolhidos – S1: pelo menos duas características são altas; S3: pelo menos duas são baixas; S2: uma situação diferente de S1 e S3.

F3: Lay out da fábrica – Traduzido pelas características: facilidade de entrada de material, adequada disposição dos equipamentos para o fluxo de produção e facilidade de saída de produto – S1: pelo menos duas dessas características são altas; S3: pelo menos duas são baixas; S2: uma situação diferente de S1 e S3.

F4: Localização – Traduzida pela proximidade dos seguintes elementos: centro fornecedor de material, centro consumidor, boas estradas e meios de transporte baratos (ferroviário ou hidroviário) - S1: pelo menos três desses elementos estão bem próximos; S3: pelo menos três não estão próximos; S2: uma situação diferente de S1 e S3.

F5: Organização - Traduzida pela adequação dos seguintes sistemas de apoio: controle de qualidade, manutenção, sistema de embalagens e logística de expedição de produtos – S1: pelo menos três desses sistemas são bem adequados; S3: no máximo um é bem adequado; S2: uma situação diferente de S1 e S3.

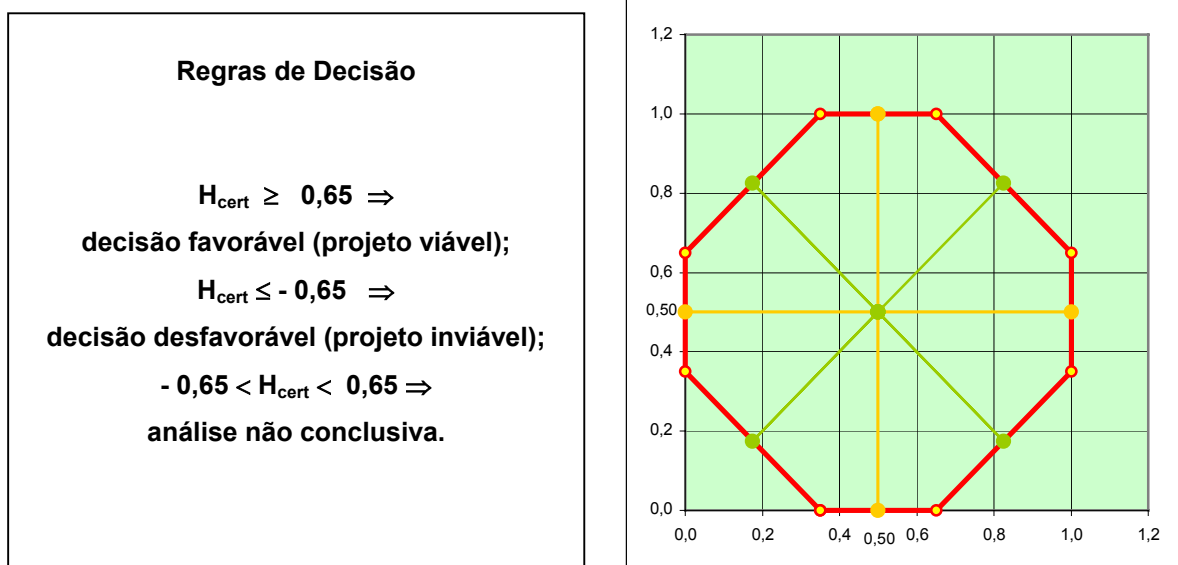
F6: Disponibilidade de área interna – Medida pela percentagem de área livre para eventuais estocagens ou para implantação de novos departamentos – S1: mais de 50%; S3: menos de 20%; S2: uma situação diferente de S1 e S3.

F7: Possibilidade de expansão – Medida pela razão entre a área total do imóvel e a área ocupada pelo projeto - S1: maior que 3; S3: menor que 2; S2: situação diferente de S1 e S3.

F8: Flexibilidade do processo – Traduzida pela capacidade de adaptação para a produção de diferentes produtos – S1: alta capacidade; S2: capacidade média; S3: baixa capacidade.

A seguir, deve ser fixado o nível de exigência da análise para a tomada de decisão. Nesta aplicação, vamos fixá-lo em 0,65 (ou 65%). Com isso, a regra de decisão e o dispositivo para-analisador já estão determinados:

Figura 2: Regra de decisão e dispositivo para-analisador para o nível de exigência igual a 65%.



6.2. A construção da base de dados

Escolhidos os fatores e estabelecidas as seções, por meio de especialistas (ou usando dados estatísticos), como já dissemos, são atribuídos grau de crença (μ_1) e grau de descrença (μ_2), para cada um dos fatores em cada uma das seções, e, também, os pesos para cada um dos fatores. Neste exemplo, vamos optar pelo uso de especialistas.

Vamos admitir que, segundo critérios estabelecidos ou por determinação do decisor, foi escolhido o seguinte quadro de especialistas: Especialista 1: engenheiro de produção; 2: administrador industrial; 3: engenheiro de processo (mecânico ou químico ou outro, dependendo da fábrica); e 4: engenheiro de produto.

Os pesos médios dos fatores, bem como os graus de crença e de descrença atribuídos pelos especialistas estão na tabela abaixo, que constitui a **base de dados**.

Fator	Peso	Seção	Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		Fator	Peso	Seção	Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4	
			μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}				μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}
F1	1	S1	1,0	0,0	0,9	0,1	1,0	0,2	0,8	0,3	F5	1	S1	0,9	0,9	1,0	0,8	1,0	0,1	0,2	0,9
		S2	0,7	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6			S2	0,4	0,5	0,6	0,3	0,7	0,3	0,5	0,6
		S3	0,3	1,0	0,3	1,0	0,2	0,8	0,2	1,0			S3	0,1	0,8	1,0	0,2	0,9	0,3	0,8	0,3
F2	1	S1	0,9	0,2	1,0	0,2	0,9	0,1	0,8	0,1	F6	1	S1	1,0	0,1	1,0	0,1	1,0	0,0	0,1	0,8
		S2	0,6	0,5	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4			S2	0,6	0,5	0,7	0,3	0,7	0,4	0,6	0,4
		S3	0,3	0,9	0,2	0,8	0,1	0,8	0,0	0,9			S3	0,3	1,0	0,2	0,9	0,3	0,9	0,0	0,9
F3	1	S1	0,9	0,2	0,8	0,2	0,8	0,0	0,7	0,2	F7	2	S1	1,0	0,2	1,0	0,0	0,9	0,2	1,0	0,2
		S2	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5			S2	0,6	0,5	0,3	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6
		S3	0,3	1,0	0,1	1,0	0,3	1,0	0,1	0,9			S3	0,1	1,0	0,3	0,9	0,3	0,7	0,0	0,9
F4	3	S1	1,0	0,2	0,8	0,0	1,0	0,2	0,9	0,4	F8	2	S1	1,0	0,2	0,9	0,2	0,9	0,1	0,8	0,2
		S2	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6			S2	0,7	0,3	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6
		S3	0,0	0,8	0,0	1,0	0,2	1,0	0,0	0,9			S3	0,0	0,9	0,3	0,7	0,3	0,8	0,2	0,9

Tabela 2: Base de dados (pesos médios dos fatores e seus graus de crença e de descrença, em cada seção).

6.3. A pesquisa e a obtenção dos resultados

Devemos fazer uma pesquisa em relação ao projeto P, para verificar em que seção cada um dos fatores se encontra. Ou seja, os pesquisadores devem verificar, para cada um dos fatores F_i ($1 \leq i \leq 8$), em que seção S_j ($1 \leq j \leq 3$) o projeto P se encontra. Com os S_j encontrados, preenchemos a coluna 3 da Tabela 3. De posse desses resultados extraímos da base de dados (Tabela 2.), além dos pesos médios dos fatores (coluna 2), as opiniões dos especialistas sobre as condições do projeto P, traduzidas pelas seções pesquisadas. Essas opiniões, traduzidas pelos graus de crença e de descrença, estão resumidas nas colunas de 4 a 11 da Tabela 3.

A seguir, aplicamos as técnicas de maximização (OR) e de minimização (AND) da lógica paraconsistente anotada. Nesta aplicação é conveniente que os grupos sejam constituídos, observando-se a formação dos especialistas. Quase sempre é uma escolha do EC ou decisor.

Vamos supor que, no quadro de especialistas utilizado, o EC (ou o decisor) considere que as opiniões dos especialistas 1 e 2 são indispensáveis, mas que, entre os especialistas 3 e 4, uma sendo favorável é suficiente. Assim, a formação dos grupos é: grupo A - engenheiro de produção (1); grupo B – administrador industrial (2);

e grupo C – engenheiro de processo (3) com engenheiro de produto (4). Dessa forma, para a aplicação das técnicas de maximização (OR) e de minimização (AND) às opiniões dos especialistas, faremos:

[(Especialista 1)] **AND** [(Especialista 2)] **AND** [(Especialista 3)] **OR** (Especialista 4)]

ou seja, aplicaremos, primeiro, o operador OR apenas dentro do grupo C (intragrupo) e, a seguir, o operador AND entre os grupos A, B e C (entregrupos).

			1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18	
Fator	Peso	Seção	Gr. A		Gr. B		Grupo C				Gr. C		A AND B AND C		Nível de Exig.		0,65																					
			Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		E3 OR E4				Conclusões																							
			μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}	μ_{1R}	μ_{2R}	μ_{1W}	μ_{2W}	Hcert	Gcont r	Decisão																					
F1	1	S3	0,3	1,0	0,3	1,0	0,2	0,8	0,2	1,0	0,2	1,0	0,2	1,0	-0,80	0,20	INVIÁVEL																					
F2	1	S1	0,9	0,2	1,0	0,2	0,9	0,1	0,8	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,80	0,00	VIÁVEL																					
F3	1	S2	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,00	-0,20	NÃO CONCLUSIVO																					
F4	3	S3	0,0	0,8	0,0	1,0	0,2	1,0	0,0	0,9	0,2	1,0	0,0	0,8	-0,80	-0,20	INVIÁVEL																					
F5	1	S1	0,9	0,9	1,0	0,8	1,0	0,1	0,2	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,10	0,70	NÃO CONCLUSIVO																					
F6	1	S2	0,6	0,5	0,7	0,3	0,7	0,4	0,6	0,4	0,7	0,4	0,6	0,3	0,30	-0,10	NÃO CONCLUSIVO																					
F7	2	S3	0,1	1,0	0,3	0,9	0,3	0,7	0,0	0,9	0,3	0,9	0,1	0,9	-0,80	0,00	INVIÁVEL																					
F8	2	S1	1,0	0,2	0,9	0,2	0,9	0,1	0,8	0,2	0,9	0,2	0,9	0,2	0,70	0,10	VIÁVEL																					
Centro ponderado W: médias dos graus resultantes												0,42	0,60	-0,18	0,02	NÃO CONCLUSIVO																						

Tabela 3: Fatores (1), pesos (2), faixas pesquisadas (3), graus de crença e de descrença (4 a 11), aplicação dos operadores OR (12 e 13) e AND (14 e 15), cálculos (16 e 17) e análise dos resultados (18).

Na Tabela 3, os resultados da aplicação do operador OR ao grupo C (intragrupo) estão nas colunas de 12 e 13. Os resultados da aplicação do operador AND entre os grupos A, B e C (entregrupos) aparecem nas colunas 14 e 15. Dessa forma, obtemos, para cada fator, nas condições da seção encontrada na pesquisa, os graus de crença (μ_{1R}) e de descrença (μ_{2R}), resultantes da combinação das opiniões dos especialistas.

6.4. Análise dos resultados

Vamos analisar estes resultados finais (colunas 14 e 15) pela aplicação do dispositivo para-analisador ou da regra de decisão da Figura 2. Para isso, vamos plotá-los, juntos com o QUPC, obtendo a Figura 3. Esta análise nos permite determinar qual é a influência de cada um dos fatores (F1 a F8) na decisão de viabilidade do projeto P e, também, a influência conjunta de todos os fatores por meio do baricentro **W**. A observação dos pontos obtidos nos mostra que dois fatores (F2 e F8) recomendam a execução do projeto P, ao nível de exigência de 65%, pois pertencem à região de verdade; três fatores (F1, F4 e F7) recomendam a não execução do projeto P, ao nível de exigência de 65%, pois pertencem à região de falsidade. Os demais fatores pertencem a outras regiões, sendo, portanto, não conclusivos. Destaquemos que F5 pertence à região de inconsistência, mostrando opiniões dos especialistas, com relação a este fator, são contraditórias (apresentam um alto grau de contradição, igual a 0,70).

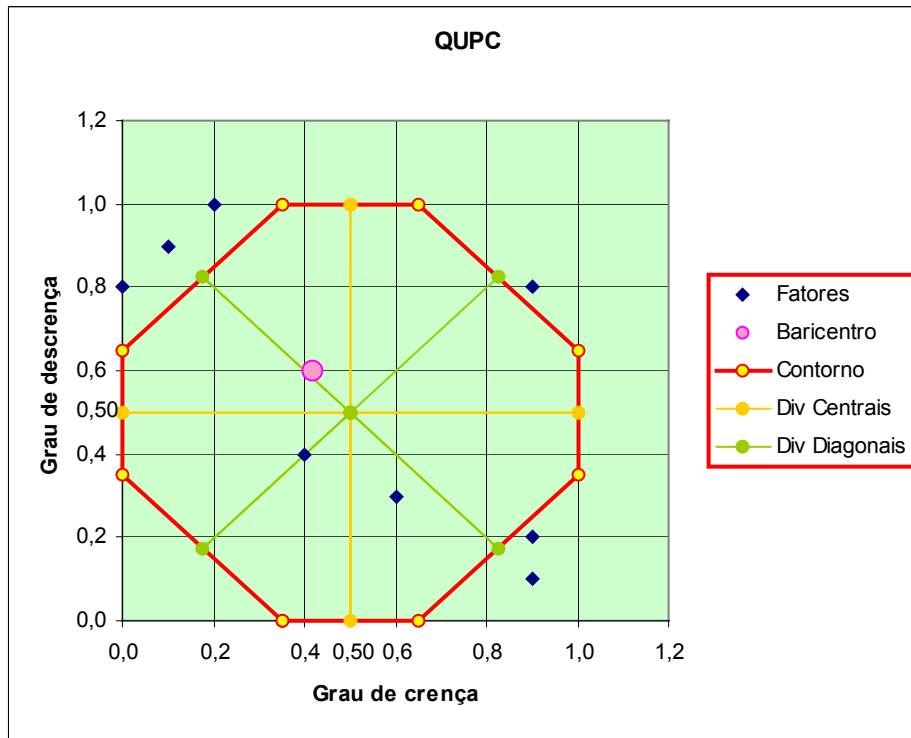


Figura 3: Análise do resultado pelo dispositivo para-analisador

Mas, a influência conjunta (combinada) de todos estes fatores pode ser resumida pelo baricentro \mathbf{W} . Como \mathbf{W} está na região de quase verdade tendendo à inconsistência, dizemos que o resultado total da análise é **não conclusiva**. Ou seja, a análise não recomenda o projeto P, mas, também, não exclui esta possibilidade. Apenas sugere que novas análises sejam feitas, numa tentativa de se aumentarem as evidências.

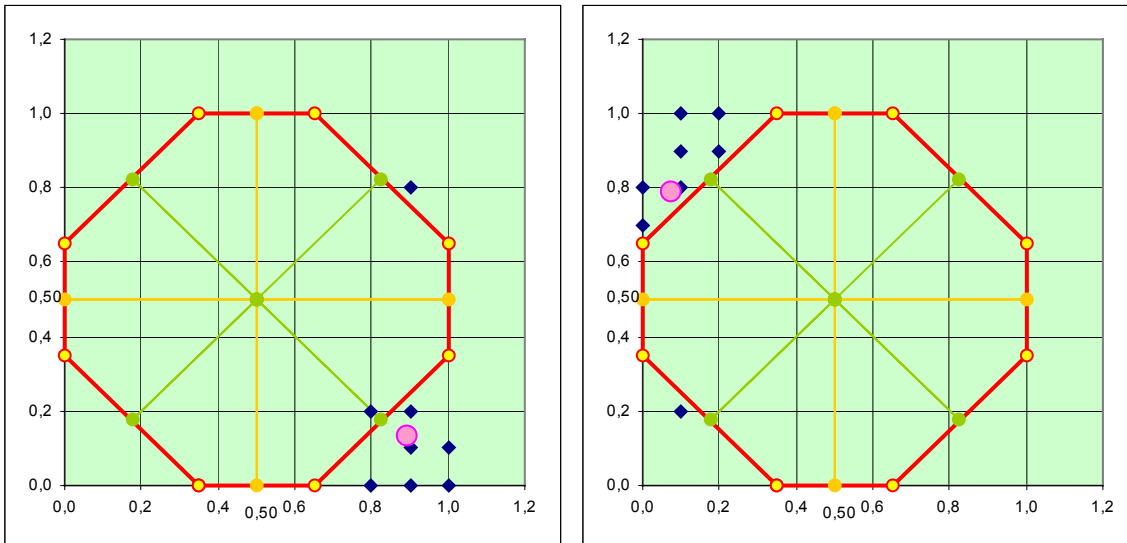
A mesma análise pode ser feita numericamente. Basta calcular o grau de certeza resultante, $H_{certR} = \mu_{1R} - \mu_{2R}$, para cada um dos fatores e aplicar a regra de decisão (colunas 16 e 18 da Tabela 3) ou o grau de certeza do baricentro \mathbf{W} , $H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W}$, e aplicar a regra de decisão (última linha das colunas 16 e 18 da Tabela 3.).

Julgamos importante observar que foi desenvolvido um software, em Excel, que, após o preenchimento da coluna 3 da Tabela 3, preenche automaticamente as colunas de 4 a 18 da mesma tabela e “desenha” o dispositivo para-analisador (Figura 3).

6.5. A fidedignidade do MAB

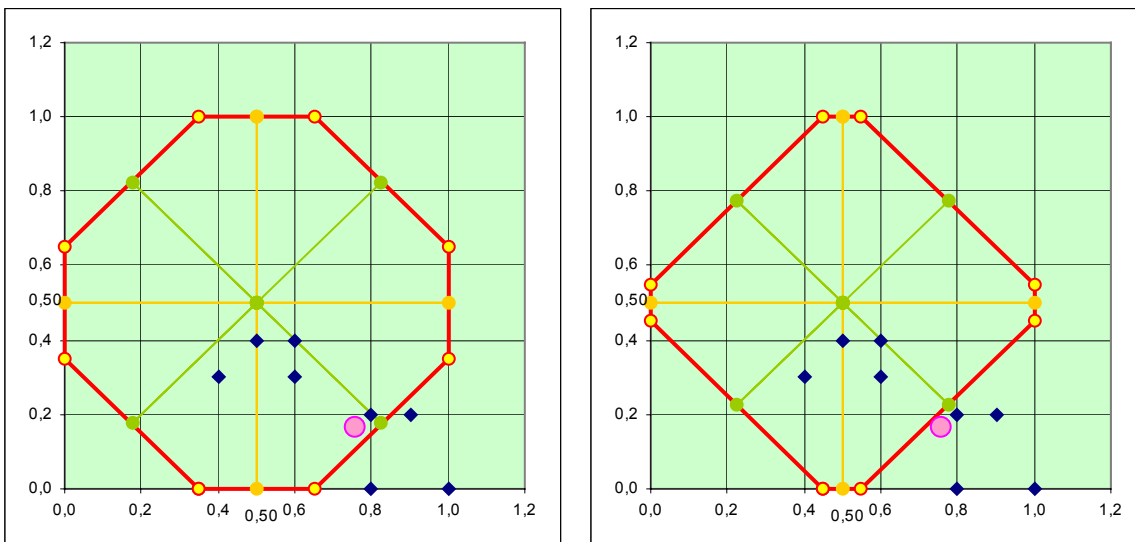
Para se fazer um teste da fidedignidade do MAB e um exercício de sua aplicação, sugerimos ao leitor que analise a viabilidade de um projeto P' de uma fábrica, admitindo que na pesquisa todos os fatores caíram na seção S1, ou seja, todos os fatores se mostraram favoráveis à viabilidade do projeto P'. Neste caso, evidentemente, é de se esperar que a aplicação do método nos leve a concluir pela viabilidade do projeto P'. De fato, aplicando-se o MAB a este caso (e este é o exercício), obtemos $\mu_{1W} = 0,89$ e $\mu_{2W} = 0,13$. Isto nos permite calcular $H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W} = 0,89 - 0,13 = 0,76$. Como $0,76 \geq 0,65$, a regra de decisão (Figura 2) nos permite inferir pela **viabilidade** do projeto P', ao nível de exigência de 65% (Figura 4).

Ao contrário, se para um outro projeto P'', todos os fatores caíssem na seção S3, isto é, se todos os fatores se mostrassem desfavoráveis ao projeto, teríamos $\mu_{1W} = 0,08$ e $\mu_{2W} = 0,79$ (confira os cálculos, como exercício). Isto nos permitiria calcular $H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W} = 0,08 - 0,79 = -0,71$. Como $-0,71 \leq -0,65$, aplicando a regra de decisão, poderíamos inferir pela **inviabilidade** do projeto P'' (Figura 5).



Figuras 4 e 5: Todos os fatores favoráveis (**viável** a 65%) e todos os fatores desfavoráveis (**inviável** a 65%)

Vamos analisar um caso em que quatro fatores (3, 4, 7 e 8) se mostram favoráveis ao projeto (seção S1) e outros quatro (1, 2, 5 e 6), indiferentes (seção S2). Nesse caso, a avaliação do projeto resulta **não conclusiva**, ao nível de exigência de 65% (Figura 6), mas atesta sua **viabilidade** ao nível de 55% de exigência (Figura 7).



Figuras 6 e 7: Quatro fatores favoráveis e quatro indiferentes (**não conclusivo**, a 65%, e **viável**, a 55%).

7. Referências

- ABE, J.M. (1992) - *Fundamentos da Lógica Anotada*, Tese de Doutorado, PhD, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ABE, J.M. (1997) - Some Aspects of Paraconsistent Systems and Applications, *Logique et Analyse*, 157, 83-96.
- ABE, J.M. (1998) - Curry algebras P_{τ} , *Logique et Analyse*, 161-162-163, 5-15.
- ABE, J.M.; AKAMA, S. (1999) - A Logical System for Reasoning with Fuzziness and Inconsistencies, *Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'99)*, August 9-12, Honolulu, Hawaii, USA, 221-225.
- ABE, J.M.; AKAMA, S. (2000) - Paraconsistent annotated temporal logics $\Delta^*\tau$, Springer-Verlag, Heidelberg, *Lecture Notes in Artificial Intelligence Series*, 217-226.
- ABE, J.M.; DA SILVA FILHO, J.I. (1998) - Inconsistency and Electronic Circuits, *Proceedings of The International ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems (EIS'98)*, Volume 3, Artificial Intelligence, Editor: E. Alpaydin, ICSC Academic Press International Computer Science Conventions Canada/Switzerland, ISBN 3-906454-12-6, 191-197.
- ABE, J.M.; DA SILVA FILHO, J.I. (2003) - Manipulating Conflicts and Uncertainties in Robotics, *Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, V.9, ISSN 1542-3980, 147-169.
- AKAMA, S.; ABE, J.M. (2000) - Fuzzy annotated logics, *Anais do 8th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge Based Systems*, IPMU'2000, Organized by Universidad Politécnica de Madrid (Spain), July 3-7, 2000, Madri, Espanha, Vol. 1, 504-508.
- ÁVILA, B.C. (1996) - *Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de Frames com Múltipla Herança*, tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ÁVILA, B.C.; ABE, J.M.; PRADO, J.P.A. (1997) - ParaLog-e: A Paraconsistent Evidential Logic Programming Language, XVII International Conference of the Chilean Computer Science Society, *IEEE Computer Society Press*, pp 2-8, Valparaíso, Chile, Novembro.
- CARVALHO, F.R. (2002) - *Lógica Paraconsistente Aplicada em Tomadas de Decisão: uma abordagem para a administração de universidades*, Editora Aleph, São Paulo, Brasil.
- DA COSTA, N.C.A.; VAGO, C.; SUBRAHMANIAN, V.S. (1991a) - The Paraconsistent Logics P_{τ} , in *Zeitschr. f. math. Logik und Grundlagen d. Math*, Bd. 37, pp. 139-148.
- DA COSTA, N.C.A., ABE, J.M. & SUBRAHMANIAN, V.S. (1991b) - Remarks on annotated logic, *Zeitschrift f. math. Logik und Grundlagen d. Math*. 37, pp 561-570.
- DA COSTA, N.C.A.; ABE, J.M.; DA SILVA FILHO, J.I.; MUROLO, A.C.; LEITE, C.F.S. (1999), *Lógica Paraconsistente Aplicada*, ISBN 85-224-2218-4, Editora Atlas, São Paulo.
- DA SILVA FILHO, J.I. (1999) - *Métodos de interpretação da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação com dois valores LPA2v com construção de Algoritmo e implementação de Circuitos Eletrônicos*, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- DA SILVA FILHO, J.I.; ABE, J.M. (1999) - Para-Analyser and Inconsistencies in Control Systems, *Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'99)*, August 9-12, Honolulu, Hawaii, USA, 78-85.
- DA SILVA FILHO, J.I.; ABE, J.M. (2001a) - Paraconsistent electronic circuits, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, 337-345.
- DA SILVA FILHO, J.I.; ABE, J.M. (2001b) - Paraconsistent analyser module, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, 346-352.
- GAITHER, M.; FRAZIER, G. (2001), *Administração da Produção e Operações*, Ed. Pioneira, São Paulo, SP.
- NAKAMATSU, K.; ABE, J.M.; SUZUKI, A. (2000) - Annotated Semantics for Defeasible Deontic Reasoning, Rough Sets and Current Trends in Computing, *Lecture Notes in Artificial Intelligence Series*, LNAI 2005, Springer-Verlag, 470-478.
- NAKAMATSU, K.; SUITO, H.; ABE, J.M.; SUZUKI, A. (2003) - Intelligent Real-time Traffic Signal Control Based on a Paraconsistent Logic Program EVALPSN, *Lecture Notes in Artificial Intelligence Series*, Springer-Verlag Heidelberg, ISBN 3-540-14040-9, ISSN: 0302-9743, Volume 2639, 719 – 723.
- PRADO, J.P.A. (1996) - Uma Arquitetura em IA Baseada em Lógica Paraconsistente, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- WOILER, S.; MATHIAS, W.F. (1985), *Projetos: Planejamento, Elaboração e Análise*, Editora Atlas, São Paulo, SP.

Identificação – Artigo Científico em Revista

CARVALHO, F.R., I. BRUNSTEIN & J.M. ABE, Tomadas de decisão com ferramentas da Lógica Paraconsistente Anotada: Avaliação do Projeto de uma Fábrica, Pesquisa & Desenvolvimento Engenharia de Produção, UNIFEI e UNESP, 2004.
Área de Concentração: Gestão da Informação
Linha de Pesquisa:

Structural Characterization of Diastereoisomeric Ethano Adducts Derived from the Reaction of 2'-Deoxyguanosine with *trans,trans*-2,4-Decadienal

Ana Paula M. Loureiro,^{†,‡} Ivan P. de Arruda Campos,[§] Osmar F. Gomes,[†] Paolo Di Mascio,[†] and Marisa H. G. Medeiros^{*,†}

Departamento de Bioquímica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes 748, CEP 05508-900, São Paulo, Brazil, and Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista, Rua Dr. Bacelar 1212, CEP 04026-002, São Paulo, Brazil

Received November 4, 2003

Background levels of exocyclic DNA adducts have been detected in rodent and human tissues. Several studies have focused on bifunctional electrophiles generated from lipid peroxidation as one of the endogenous sources of these lesions. We have previously shown that the reaction of 2'-deoxyguanosine (dGuo) with *trans,trans*-2,4-decadienal (DDE), a highly cytotoxic aldehyde generated as a product of lipid peroxidation in cell membranes, results in the formation of a number of different base derivatives. Three of these derivatives have been fully characterized as 1,*N*²-etheno-2'-deoxyguanosine adducts. In the present work, four additional adducts, designated A3–A6, were isolated from *in vitro* reactions by reversed-phase HPLC and fully characterized on the basis of spectroscopic measurements. Adducts A3–A6 are four diastereoisomeric 1,*N*²-hydroxyethano-2'-deoxyguanosine derivatives possessing a carbon side chain with a double bond and a hydroxyl group. The systematic name of these adducts is 6-hydroxy-3-(2'-deoxy- β -D-erythro-pentafuranosyl)-7-((*E*)-1-hydroxy-oct-2-enyl)-3,5,6,7-tetrahydro-imidazo[1,2-*a*]purin-9-one. The proposed reaction mechanism yielding adducts A3–A6 involves DDE epoxidation at C2, followed by nucleophilic addition of the exocyclic amino group of dGuo to the C1 of the aldehyde and cyclization, via nucleophilic attack, on the C2 epoxy group by N-1. The formation of adducts A1–A6 has been investigated in acidic, neutral, and basic pH in the presence of H₂O₂ or *tert*-butyl hydroperoxide. Neutral conditions, in the presence of H₂O₂, have favored the formation of adducts A1 and A2, with minor amounts of A3–A6, which were prevalent under basic conditions. These data indicate that DDE can modify DNA bases through different oxidative pathways involving its two double bonds. It is important to structurally characterize DNA base derivatives induced by α,β -unsaturated aldehydes so that the genotoxic risks associated with the lipid peroxidation process can be assessed.

Introduction

Exocyclic DNA adducts of endogenous origins are being hailed as potential new tools in the study of oxidative stress and cancer etiology and in the assessment of the efficacy of chemopreventive agents against DNA damage and cancer risk (1, 2). These lesions can arise from the reaction of DNA with lipid peroxidation products, such as MDA,¹ HNE, acrolein, and crotonaldehyde (3, 4). MDA reacts with dGuo, dAdo, and dCyd, yielding the cyclic pyrimidopurine M₁G and the acyclic M₁A and M₁C adducts (5–7). The direct addition of α,β -unsaturated aldehydes to DNA bases yields cyclic-substituted propano adducts, such as 1,*N*²-propano-2'-deoxyguanosine (8, 9). Alternatively, α,β -unsaturated aldehydes can be oxidized

to reactive epoxides, giving ethano or etheno derivatives upon reaction with DNA (2, 10) (Figure 1). Some of these DNA lesions have proved highly mutagenic (11–16) and are considered possible pathways to explain the carcinogenic effects involved in the lipid peroxidation process.

Background levels of the substituted 1,*N*²-propanodeoxyguanosine adducts resulting from acrolein, crotonaldehyde, and HNE reactions have been detected in DNA from different rodent and human tissues (17–19). The adducts derived from acrolein and crotonaldehyde were 2- and about 20-fold augmented, respectively, in the liver DNA of GSH-depleted rats (20), indicating that they are

¹ Abbreviations: MDA, malonaldehyde; DDE, *trans,trans*-2,4-decadienal; HNE, *trans*-4-hydroxy-2-nonenal; HEL, human erythroleukemia cell line; ESI/MS-MS, electrospray ionization mass spectrometry-mass spectrometry; MRM, multiple reaction monitoring; ϵ dAdo, 1,*N*²-etheno-2'-deoxyadenosine; ϵ dCyd, 3,*N*⁴-etheno-2'-deoxycytidine; 1,*N*²- ϵ dGuo, 1,*N*²-etheno-2'-deoxyguanosine; *N*²,3- ϵ dG, *N*²,3-etheno-2'-deoxyguanosine; *N*²,3- ϵ G, *N*²,3-ethenoguanine; ϵ A, 1,*N*⁶-ethenoadenine; ϵ C, 3,*N*⁴-ethenocytosine; dAdo, 2'-deoxyadenosine; dGuo, 2'-deoxyguanosine; dCyd, 2'-deoxycytidine; COSY, ¹H–¹H 2D correlation spectroscopy; HMQC, ¹H–¹³C 2D heteronuclear multiple quantum correlation; DEPT, distortionless enhancement by polarization transfer; adduct A1, 1,*N*²-etheno-2'-deoxyguanosine; adduct A2, diastereoisomers of 1- $\{[3-(2'-deoxy-\beta$ -D-erythro-pentafuranosyl)-5,9-dihydro-9H-imidazo[2,1-*i*]purin-9-hydroxy]-7-yl\}-2-one-3-octanol.

* To whom correspondence should be addressed. Departamento de Bioquímica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes 748, CEP 05508-900, São Paulo, Brazil. Tel: ++(55)11 30912153. Fax: ++(55)11 30912186. E-mail: mhgdmede@iq.usp.br.

[†] Universidade de São Paulo.

[‡] Current address: Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes 580, Bloco 13 B, CEP 05508-900, São Paulo, Brazil.

[§] Universidade Paulista.

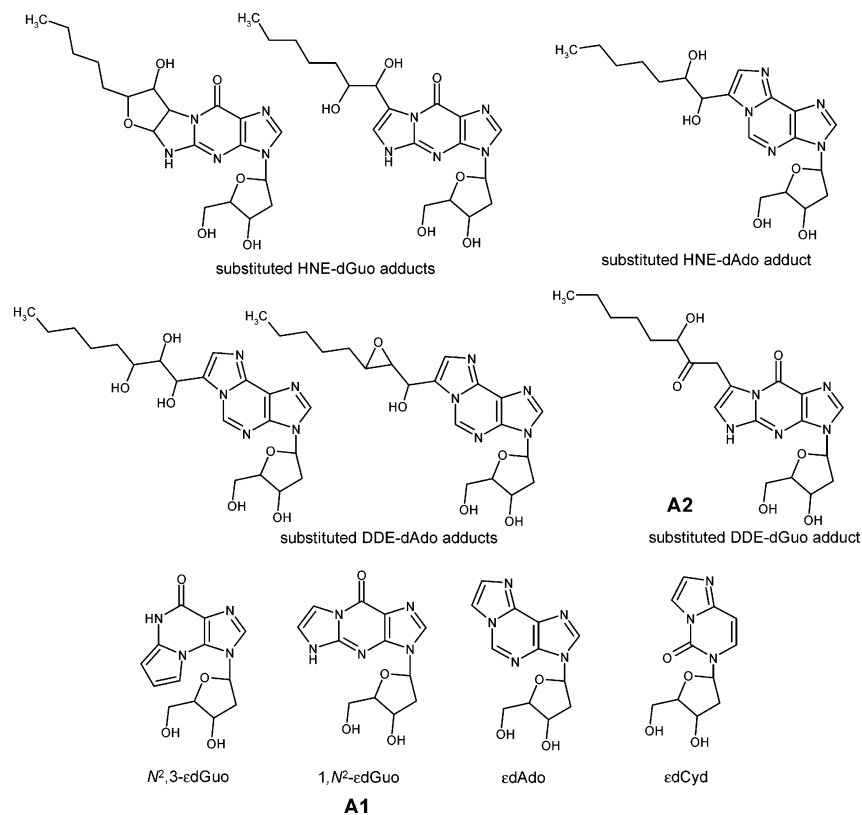


Figure 1. Structures of some ethano and etheno adducts formed upon reaction of oxidized α,β -unsaturated aldehydes with DNA bases.

persistently and extensively formed by endogenous pathways. Besides their endogenous formation, acrolein and crotonaldehyde also occur in the environment as components of tobacco smoke and automobile exhaust, in cooked fat-containing foods, fruits, vegetables, red wine, and in other alcoholic beverages (3, 21). On the other hand, the 1,N²-propanodeoxyguanosine adduct derived from the HNE reaction has been indicated as a specific marker of lipid peroxidation-associated DNA damage (18, 19).

Basal levels of the promutagenic pyrimidopurine adduct, M₁G, have been detected in different human tissues (22–26). A correlation between the intake of dietary polyunsaturated fatty acids and the formation of this adduct has been observed in female leucocytes (27). However, an alternative route to its formation is the reaction of dGuo with base propenals, the oxopropenyl derivatives generated during DNA degradation by oxidizing agents, such as the cancer chemotherapeutic agent bleomycin (28, 29). A recent study showed that these compounds are 30–150 times more potent than MDA in M₁G formation and 30–60 times more mutagenic than MDA (30).

Unsubstituted promutagenic etheno adducts, εdAdo, εdCyd, N²,3-εdGuo, and 1,N²-εdGuo, have been detected as background levels in rodent and human tissues (1, 31–36). Increased amounts of εdAdo and εdCyd have been found in clinical situations associated with oxidative stress, such as metal storage diseases (37, 38), chronic infections, and inflammation (39). The presence of these exocyclic DNA adducts in tissues from unexposed experimental animals and humans points to an endogenous source of reactive metabolites (2). However, exogenous agents, like the carcinogens mucochloric acid, vinyl chloride, and ethyl carbamate (urethane), can also lead to the same etheno structures (40). Therefore, the detec-

tion of these adducts in tissue DNA cannot be an unequivocal indication of an endogenous origin of the aldehyde source.

To more precisely associate some mutagenic and carcinogenic events with the lipid peroxidation process requires more specific markers of DNA damage. To this end, ethano- and etheno-substituted adducts of dGuo and dAdo generated by lipid peroxidation products have recently been characterized (41–44). In previous studies, we demonstrated that etheno bases can be generated after reaction of dAdo or dGuo with DDE epoxides (45–47). DDE is reportedly one of the most toxic lipid hydroperoxide breakdown products to cells (48). In addition to εdAdo and 1,N²-εdGuo, two highly mutagenic adducts to mammalian cells (12, 49), six different etheno derivative adducts have been characterized (45–47). The proposed reaction mechanisms were recently confirmed by Lee and co-workers (44), who showed that 4,5-epoxy-2(E)-decenal is a precursor to the formation of εdAdo and 1,N²-εdGuo. The study presented here provides additional information on the reaction of dGuo with DDE, describing the structural characterization of novel hydroxy-ethano-dGuo derivatives produced in this reaction. Information about the chemical pathways for adducts formation is also provided.

Experimental Procedures

Chemicals. All of the chemicals employed here were of the highest purity grade commercially available. DDE was supplied by Aldrich (Milwaukee, WI). dGuo, formic acid, and potassium phosphate were acquired from Merck (Darmstadt, Germany). Chromatography grade acetonitrile and methanol were obtained from EM Science (Gibbstown, NJ). Chloroform was supplied by Cinética Química (São Paulo, Brazil), and hydrogen peroxide was purchased from Fluka Chemika (Buchs, Switzerland). Solid

phase extraction (SPE) Supelclean LC-18 tubes (6 mL, 1 g) were acquired from Supelco (Bellefonte, PA). All of the other chemicals used came from Sigma (St. Louis, MO). Water was purified in a Milli-Q system (Millipore, Bedford, MA).

Spectroscopy. One-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) ^1H and ^{13}C NMR spectra were acquired at 27 °C, using a DPX-300 or a DRX-500 MHz NMR spectrometer (Bruker, Germany). The samples were dissolved in DMSO- d_6 , and the solvent peak was used as the reference. UV spectra were obtained with a Hitachi U3000 spectrophotometer (Tokyo, Japan). CD spectra were recorded in water at 25 °C on a JASCO J-720 spectropolarimeter (Tokyo, Japan).

HPLC Separations. HPLC analyses were made using a Shimadzu HPLC system (Shimadzu, Kyoto, Japan). This included two LC-10AD (or LC-10AD/VP) pumps, a Rheodyne injector (Cotati, CA), a SPD-10 AV absorbance device, and a SPD-M10AV (or SPD-M10A/VP) photodiode array detector, controlled by a CBM-10A (or SCL-10A/VP) communication bus module and CLASS LC-10AWS (or CLASS-VP) software. HPLC separations were conducted in a Luna 10 C18(2) (250 mm \times 10 mm i.d., 10 μm) semipreparative column (Phenomenex, Torrance, CA) eluted with system 1 or system 2 at a flow rate of 4.7 mL/min. In system 1, the gradient of water and acetonitrile used was as follows: from 0 to 5 min, 5% acetonitrile; from 5 to 30 min, 5–20% acetonitrile; from 30 to 50 min, 20–40% acetonitrile; from 50 to 55 min, 40–100% acetonitrile; and from 55 to 65 min, 100 to 5% acetonitrile. Other gradients of water and acetonitrile were used in system 2: from 0 to 5 min, 5–15% acetonitrile; from 5 to 10 min, 15–20% acetonitrile; from 10 to 40 min, 20–30% acetonitrile; from 40 to 50 min, 30–100% acetonitrile; and from 50 to 55 min, 100 to 5% acetonitrile.

ESI/MS Analyses. ESI/MS analyses were made in the positive mode on a Quattro II mass spectrometer (Micromass, Manchester, U.K.). A Shimadzu LC-10AD pump (Shimadzu) was used to pump the eluant, a mixture of water and acetonitrile (50:50), at a flow rate of 10 $\mu\text{L}/\text{min}$ directly to the spectrometer. For the acquisition of mass spectra, prepurified samples were dissolved in aqueous solutions containing 0.2% formic acid (v/v) and injected into the mobile phase through a Rheodyne injector with a 20 μL Rheodyne loop. Full scan data in MS_1 were acquired over a mass range of 100–700 Da with different cone voltages. The source temperature was kept at 100 °C, and flow rates of drying and nebulizing gas (nitrogen) were optimized at 350 and 10 L/h, respectively. The data were processed using MassLynx software (Micromass).

HPLC/ESI/MS Analyses. On-line HPLC/ESI/MS analyses in the positive mode were carried out using a Quattro II mass spectrometer (Micromass). Adducts A1, A2, and A3–A6 were monitored by selected ion recording. A Shimadzu HPLC system consisting of an autosampler (SIL-10AD/VP), an automated switching valve (FCV-12AH), two pumps (Class LC 10AD), an SPD-10AV/VP UV detector controlled by a communication bus module (SCL-10A/VP-CBM 10A), and Class-VP software was used for sample injection and cleanup of the analytical column [Luna C18(2) 150 mm \times 2 mm i.d., 3 μm , Phenomenex]. The adducts were eluted from this column with a gradient of formic acid (0.1% in water) and acetonitrile (from 0 to 5 min, 5% acetonitrile; from 5 to 30 min, 5–20% acetonitrile; from 30 to 50 min, 20–40% acetonitrile; from 50 to 55 min, 40–100% acetonitrile; from 55 to 60 min, 100 to 5% acetonitrile; and from 60 to 70 min, 5% acetonitrile) at a flow rate of 0.12 mL/min. A third HPLC pump (LC-10AD, Shimadzu) was used to simultaneously load the mass spectrometer with a constant flow of the mobile phase during the analysis. The position of the switching valve was changed twice: at 10 min, allowing the column's eluant to enter the mass spectrometer, and at 55 min, diverting the wash of the column to the waste disposal to prevent loss of sensitivity of the mass spectrometer.

The m/z 292 (adduct A1), 434 (adduct A2), and 436 (adducts A3–A6) $[\text{M} + \text{H}]^+$ ions were monitored with a dwell time of 1 s. The cone voltage was kept at 15 V. The source temperature was held at 100 °C, and the drying and nebulizing gas (nitrogen)

flow rates were optimized at 350 and 10 L/h, respectively. The data were processed using MassLynx software 3.2 (Micromass). Full scan data in MS_1 were collected over a mass range of 100–600 Da with a cone voltage of 30 V.

Reaction of DDE with dGuo in the Presence of Peroxides: Synthesis and Purification of the Adducts. Condition 1: DDE (28.6 mg, 0.20 mmol) was dissolved in 147 μL of acetonitrile and added to dGuo solutions (5 mg, 0.02 mmol) prepared in 280 μL of 0.05 M acetate buffer (pH 4.0), 0.05 M phosphate buffer (pH 7.4), or 0.05 M carbonate–bicarbonate buffer (pH 11.0). Hydrogen peroxide was then added to the resulting solutions to a final concentration of 40 mM ($\epsilon_{240\text{nm}} = 43.6 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Condition 2: DDE (28.6 mg, 0.20 mmol) was dissolved in 147 μL of acetonitrile and added to dGuo solutions (5 mg, 0.02 mmol) prepared in 280 μL of 0.05 M acetate buffer (pH 4.0), 0.05 M phosphate buffer (pH 7.4), or 0.05 M carbonate–bicarbonate buffer (pH 11.0). *tert*-Butyl hydroperoxide was then added to the resulting solutions to a final concentration of 40 mM. After 48 h of incubation at 50 °C under stirring, the reaction mixtures were extracted twice with 1 vol of chloroform. The aqueous phase was injected into the HPLC system 1 for initial DDE–dGuo adducts purification (Figure 1, Supporting Information). The fraction eluted from 42 to 45 min (adducts A3–A6) was collected and lyophilized. Each adduct was then purified by the HPLC system 2.

Prepurification of the Adducts through SPE. C-18 SPE Columns (1 g, 6 mL, Supelclean LC-18, Supelco) were used in the prepurification step to improve the isolation process. The columns were preconditioned with 12 mL of methanol followed by 12 mL of water. A volume of the reaction mixture's aqueous phase, containing 1 mg of dGuo, was then added to the column, and the products eluted with the following water/methanol gradient: 1 mL of water, 3 mL of 2% methanol, 3 mL of 5% methanol, 6 mL of 10% methanol, 6 mL of 20% methanol, 6 mL of 80% methanol, and 6 mL of 100% methanol. The methanol solutions were prepared in water. The fractions eluted with 10 and 20% methanol contained adduct A1, while the fraction eluted with 80% methanol contained adducts A3–A6. The latter fraction was concentrated under vacuum and adducts A3–A6 were purified by the HPLC system 2.

pH Stability of Adducts A3–A6. Each isolated isomer was incubated at pH 4.0 (0.05 M acetate buffer), pH 7.4 (0.05 M phosphate buffer), and pH 11.0 (0.05 M carbonate–bicarbonate buffer) in the presence or absence of 10 mM H_2O_2 for 15 min, 1, 5, and 24 h at 37 °C. After the incubation period, a fraction was analyzed by HPLC/ESI/MS, as described above.

Characterization of the Adducts. The adducts were characterized by UV, ESI/MS, ^1H NMR, and ^{13}C NMR spectra analyses. The UV spectra of adducts A3–A6 are illustrated in Figure 2, Supporting Information. The positive mode ESI/MS analyses of the adducts (Figure 3, Supporting Information) show four important signals at m/z 436 ($[\text{M} + \text{H}]^+$, 90% relative intensity), m/z 320 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose}$, 100% relative intensity), m/z 180 (98% relative intensity), and m/z 152 (40% relative intensity). The ^1H NMR and ^1H – ^1H COSY spectra of adduct A3 are shown in Figures 2 and 3, respectively. Table 1 summarizes the ^1H NMR data of the A3–A6 adducts, while Table 2 gives the ^{13}C NMR data.

Results

Reaction of dGuo with DDE. The reaction of dGuo with DDE in the presence of peroxides (H_2O_2 or *tert*-butyl hydroperoxide) at pH 4.0, 7.4, or 11.0 led to the formation of several products, which were separated by HPLC system 1 (Figure 1, Supporting Information). Products that elute at 15 and 42 min correspond, respectively, to the etheno adducts A1 and A2 previously characterized (45). The present work focused on elucidating the structure of adducts A3–A6, which exhibit retention times at 43–45 min and are formed in higher yields at basic

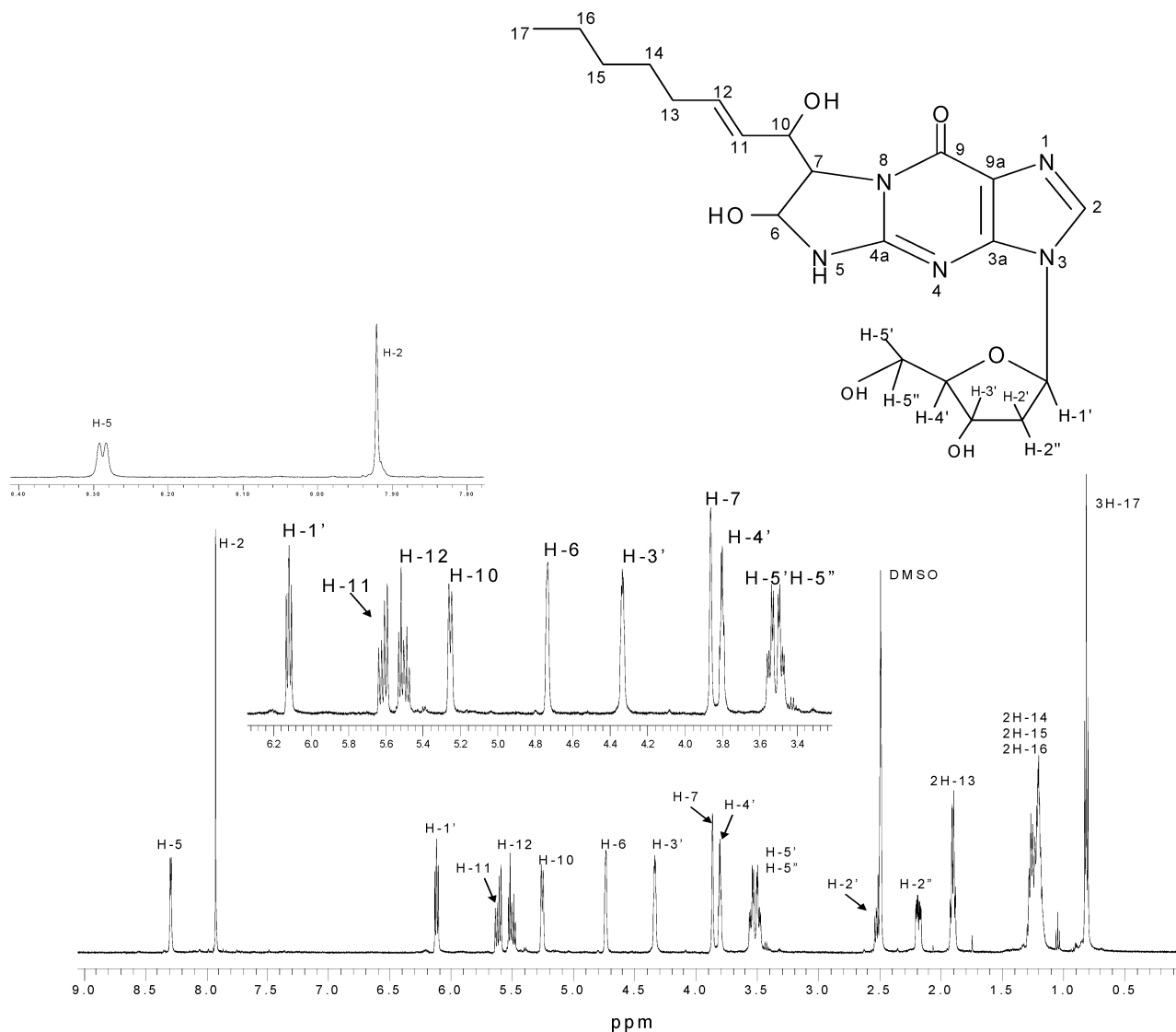


Figure 2. ^1H NMR spectrum (500.13 MHz) of adduct A3 in $\text{DMSO}-d_6$.

conditions (pH 11) (Figure 1C, Supporting Information) than under neutral conditions (Figure 1B, Supporting Information). At pH 4.0, adducts A3–A6 were not observed by UV detection (Figure 1A, Supporting Information).

Purification and Structural Characterization of the Adducts. Adducts A3–A6 were purified in two steps. Initially, the adducts were separated from the excess amount of dGuo by eluting the aqueous phase of the reaction mixture through a solid phase Supelclean LC-18 column, as described in the Experimental Procedures. The fraction containing the four adducts was concentrated under vacuum, and each product was then purified by HPLC system 2.

The four adducts exhibited similar UV spectra, with a λ_{max} at 258 nm (pH 7.4) (Figure 2, Supporting Information). This UV feature indicates an ethano-2'-deoxyguanosine structure, as described before (41).

The ESI/MS spectra of A3, A4, A5, and A6 in the positive mode (Figure 3, Supporting Information) were identical, displaying a protonated molecular ion $[\text{M} + \text{H}]^+$ at m/z 436, a predominant fragment ion at m/z 320 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose}$), and two other signals at m/z 180 and 152. The MS data indicated an increase in the molecular mass of the adduct by 168 Da with respect

to dGuo. These ascriptions are consistent with an adduct dGuo:DDE (1:1) with a gain of one oxygen atom. The similar UV and identical mass spectral features of adducts A3–A6 indicate that they are stereoisomeric products.

The molecular structure of these adducts was further confirmed by ^1H NMR 1D (Figure 2 and Table 1), ^1H NMR 2D (Figure 3), ^{13}C NMR (Table 2), DEPT (Figure 4), and HMQC (Figure 5) spectral analysis. The ^1H NMR spectrum of adduct A3 in $\text{DMSO}-d_6$ showed, in addition to sugar protons, a signal at 8.29 ppm (H-5) that was uncorrelated with any carbon atom in the HMQC spectrum (Figures 2 and 5). This signal was a broad doublet that correlated with both H-6 (4.73 ppm) and H-7 (3.86 ppm) in the 2D COSY spectrum (Figure 3). The signal at 4.73 ppm (H-6) lay in the characteristic range of a proton linked to a C–OH group and was correlated to H-7 (3.86 ppm), H-10 (5.25 ppm), and H-5 (8.29 ppm). The couplings and chemical shifts of H-5, H-6, H-7, and OH-6 were congruent with those described by Rindgen et al. (41) for the substituted hydroxy-ethano-dGuo adduct formed from the reaction of dGuo with 4-oxo-2-nonenal. The OH-10 (5.50 ppm) signal was visible in the ^1H NMR spectra of adducts A5 and A6 (Table 1B), and the chemical shift of C-10 (55.8 ppm, adduct A3) (Table 2) was in the typical range of a carbon atom attached to

Table 1. ^1H NMR Chemical Shifts of Adducts A3 and A4 in $\text{DMSO}-d_6^{a,b}$ and Adducts A5 and A6 in $\text{DMSO}-d_6^{a,b}$

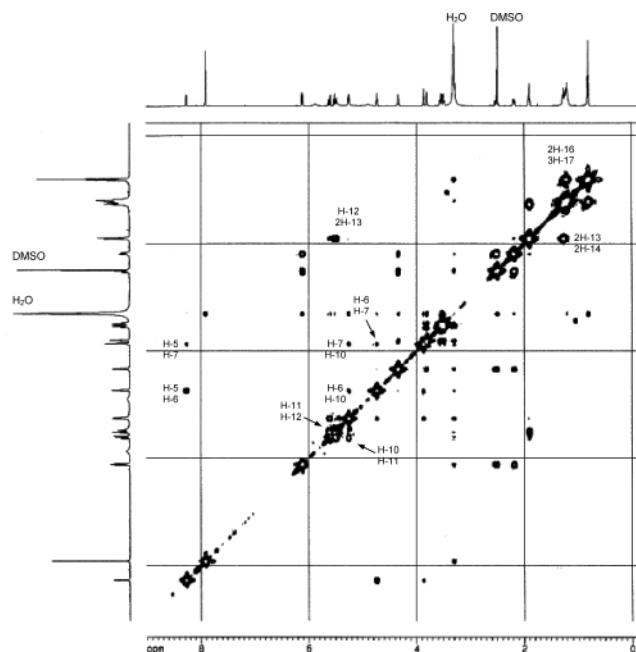
Adducts A3 and A4				
	δ (ppm)			
	adduct A3	adduct A4	type	J (Hz)
H-1'	6.10–6.13	6.10–6.13	t	$J_{11-12} = 15.36$ Hz
H-2'	2.51–2.54	2.51–2.57	m	$J_{10-11} = 7.7$ Hz
H-2''	2.16–2.20	2.16–2.21	m	$J_{5-6} = 3.92$ Hz
H-3'	4.33–4.34	4.33–4.34	m	
H-4'	3.79–3.81	3.78–3.81	m	
H-5'	3.53–3.56	3.53–3.56	m	
H-5''	3.47–3.50	3.46–3.50	m	
OH-5'	4.91	4.90	s (broad)	
H-2	7.92	7.91	s	
NH-5	8.29	8.29	d (broad)	
H-6	4.73	4.73–4.74	s (broad)	
OH-6	5.89	5.90	s (broad)	
H-7	3.86	3.86	s (broad)	
H-10	5.24–5.26	5.24–5.26	d (broad)	
H-11	5.59–5.64	5.59–5.63	dd	
H-12	5.47–5.53	5.48–5.54	m	
2H-13	1.88–1.92	1.88–1.92	m	
2H-14				
2H-15	1.17–1.28	1.16–1.29	m	
2H-16				
3H-17	0.79–0.82	0.79–0.83	t	

Adducts A5 and A6

Adducts A5 and A6				
	δ (ppm)			
	adduct A5	adduct A6	type	J (Hz)
H-1'	6.10–6.13	6.10–6.13	t	$J_{11-12} = 15.45$ Hz
H-2'	2.51–2.55	2.51–2.54	m	$J_{10-11} = 4.82$ Hz
H-2''	2.15–2.20	2.16–2.20	m	$J_{13-14} = 7.0$ Hz
H-3'	4.33	4.34	s (broad)	$J_{12-13'} = 6.98$ Hz
H-4'	3.79–3.81	3.78–3.81	m	$J_{12-13''} = 1.6$ Hz
H-5'	3.53	3.53–3.56	m	$J_{5-6} = 1$ Hz
H-5''	3.39–3.42	3.47–3.50	m	
OH-5'	4.92	4.90	s (broad)	
H-2	7.92	7.91	s	
NH-5	7.74–7.75	7.70	d (broad)	
H-6	4.80	4.80	s (broad)	
OH-6	5.81	5.81	s (broad)	
H-7	3.88	3.88	s (broad)	
H-10	5.24–5.26	5.26–5.27	m	
OH-10	5.50	5.50	s (broad)	
H-11	5.43–5.47	5.42–5.46	dd	
H-12	5.18–5.23	5.21–5.25	m	
2H-13	1.91–1.96	1.91–1.96	m	
2H-14				
2H-15	1.12–1.28	1.14–1.27	m	
2H-16				
3H-17	0.80–0.83	0.80–0.83	t	

^a m, multiplet; t, triplet; d, doublet; s, singlet. ^b Spectra acquired in a DRX 500 NMR spectrometer.

an –OH group. The 2D COSY spectrum also revealed a coupling between H-10 (5.25 ppm) and H-11 (5.61 ppm) and another between H-11 (5.61 ppm) and H-12 (5.50 ppm). The HMQC spectrum of adduct A3 (Figure 5) showed that H-11 and H-12 correlated to C-11 (125.31 ppm) and C-12 (132.44 ppm), respectively. These ^{13}C NMR chemical shifts are typical of alkene carbon atoms, and the coupling constant between H-11 and H-12 ($J = 15.4$ Hz) confirmed that H-11 and H-12 were trans vinyl protons. Additionally, the high field region of the A3–A6 ^1H NMR spectra (0.79 ppm < δ < 1.92 ppm) showed signals that upon integration, represented 11 protons (one methyl and four methylene groups). DEPT (Figure 4) confirmed that C-6, C-7, C-10, C-11, and C-12 were –CH groups, that C-13, C-14, C-15, and C-16 were –CH₂ groups, and that C-17 was a –CH₃ group. The ^{13}C NMR spectra of adducts A5 and A6 displayed 20 signals corresponding to the 20 different carbon atoms, while those of adducts A3 and A4 showed only 19 signals

**Figure 3.** COSY NMR spectrum of adduct A3 in $\text{DMSO}-d_6$.**Table 2.** ^{13}C NMR Chemical Shifts of Adducts A3–A6 in $\text{DMSO}-d_6^{a}$

	δ (ppm)				type
	A3	A4	A5	A6	
C-2	135.55	135.61	135.57	135.59	N=CH–N
C-3a	149.18	149.18	149.56	149.54	C=C–N
C-4a	149.18	149.18	150.26	150.23	N=C–N
C-6	76.45	76.46	73.70	73.73	N–CH–OH
C-7	67.98	67.98	64.64	64.66	N–C–C–OH
C-9	155.97	155.98	155.95	155.94	N–C=O
C-9a	116.32	116.35	115.97	115.95	C=C–N
C-10	55.82	55.83	54.97	54.99	HO–CH
C-11	125.31	125.30	124.78	124.77	C=C–C–OH
C-12	132.44	132.55	132.13	132.21	C=C–C–OH
C-13	31.50	31.51	31.39	31.39	CH ₂ –C=C
C-14	28.14	28.15	28.12	28.11	CH ₂ –CH ₂ –CH ₂
C-15	30.76	30.77	30.74	30.74	CH ₂ –CH ₂ –CH ₂
C-16	21.95	21.96	21.88	21.89	CH ₂ –CH ₂ –CH ₃
C-17	13.95	13.95	13.93	13.94	CH ₃ –CH ₂
C-1'	82.54	82.61	82.51	82.48	N–CH–O
C-2'	39.59	39.51	39.49	39.51	CH ₂
C-3'	70.90	70.91	70.94	70.92	H–C–OH
C-4'	87.69	87.71	87.72	87.70	H–C–O
C-5'	61.87	61.88	61.91	61.90	H ₂ C–OH

^a Spectra of A3, A4, and A6 were acquired in a DPX 300 NMR spectrometer. The spectrum of A5 was acquired in a DRX 500 spectrometer.

because of an accidental equivalence of C-4a and C-3a under our experimental conditions (Table 2). A comparison of the ^{13}C NMR chemical shifts (Table 2) of adducts A3–A6 indicated differences mainly in C-6, C-7, and C-10 (chiral centers), enabling us to group the adducts as pairs that have enantiomeric relationship in the stereochemistry of the bases (A3, A4 and A5, A6). This finding was complemented by the fact that the coupling constant between H-5 and H-6 differed between the two pairs of isomers ($J_{5-6} = 3.92$ Hz for adducts A3 and A4 and 1 Hz for adducts A5 and A6). The CD spectra (Figure 4, Supporting Information) of the four adducts support these assignments. Taken together, the above data can be rationalized as follows: adducts A3–A6 are four diastereomers of 1, *N*²-hydroxyethano-2'-deoxyguanosine derivatives possessing a carbon side chain that bears a double bond and a hydroxyl group (50).

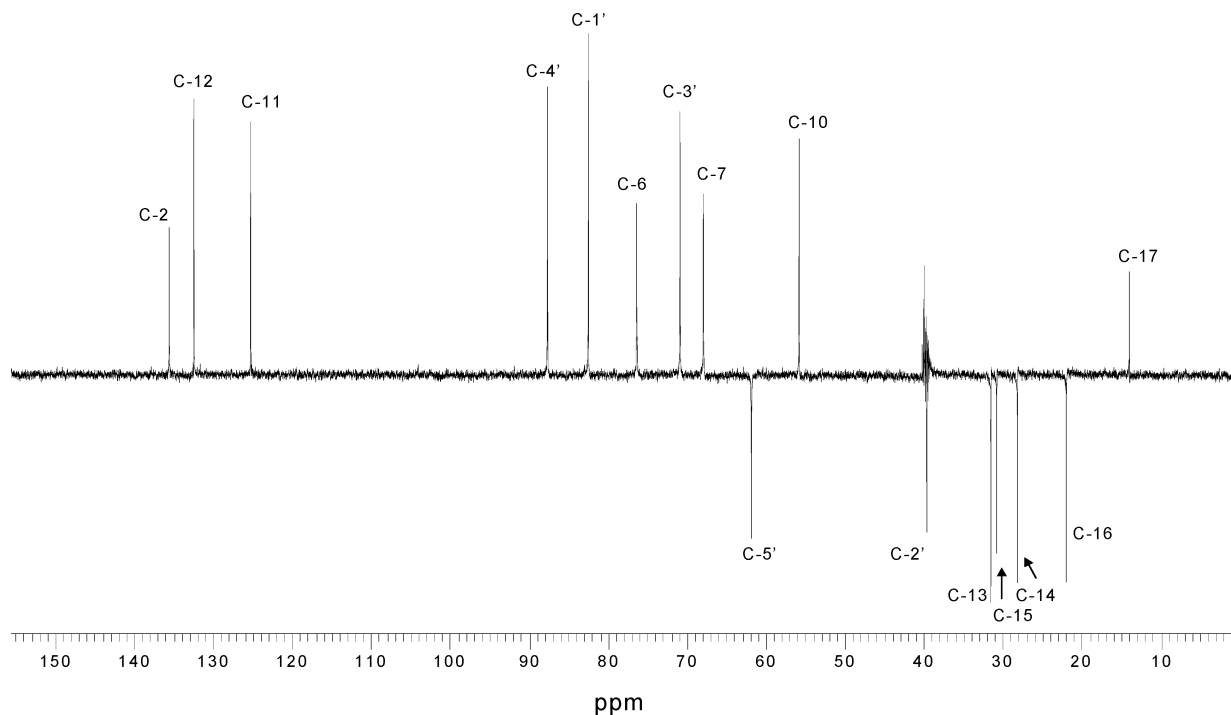


Figure 4. DEPT NMR spectrum of adduct A3 in DMSO- d_6 .

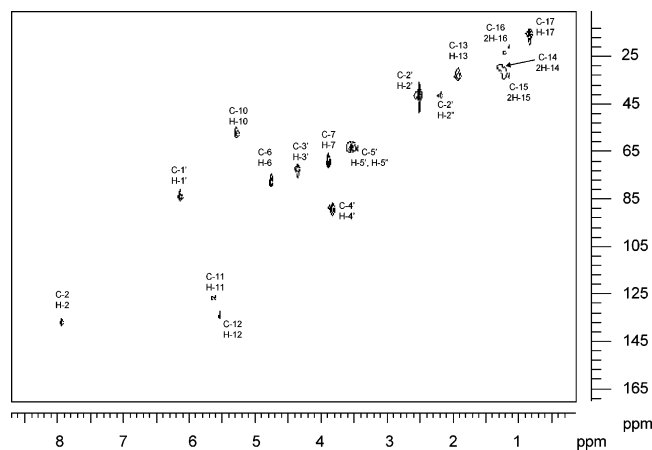


Figure 5. HMQC spectrum of adduct A3 in DMSO- d_6 .

The individual isolated adducts were incubated under pH 4.0, 7.4, and 11.0 at 37 °C, and their stability was analyzed by the magnitude of the signals in the HPLC/ESI/MS up to 24 h. All of the adducts were stable under these conditions (data not shown). A time-based evaluation of the reaction DDE/dGuo/H₂O₂ performed at pH 11 and 37 °C revealed the formation of all adducts (A1–A6) immediately after mixing and at 3, 5, 17, 24, and 48 h of incubation. After 3 h, the magnitude of the signals of A1–A6 remained constant, indicating that the low levels of adducts A1 and A2 observed at basic pH (Figure 1C, Supporting Information) are not related to the formation of adducts A3–A6. Preferential formation of the monoepoxide 2-epoxy-decenal at this pH condition, giving rise to adducts A3–A6, can better explain the magnitude of the observed signals.

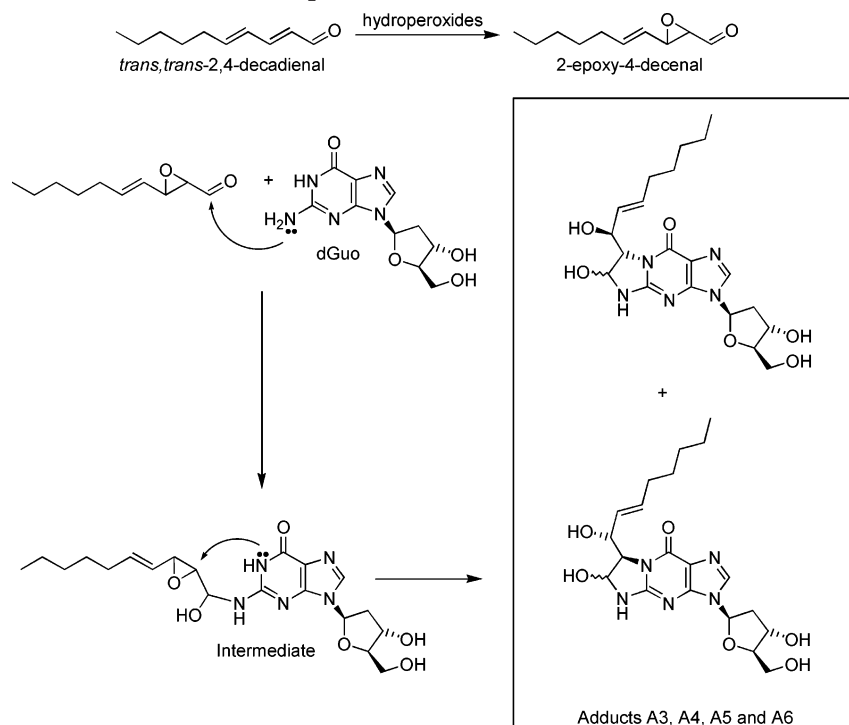
Discussion

Several lipid peroxidation products have been shown to modify DNA, giving rise to exocyclic adducts (2). 4-Oxo-2-nonenal has recently been identified as a novel product

of lipid peroxidation that covalently modifies dGuo, dAdo, dCyd, and DNA to form substituted etheno and ethano adducts (41, 44, 51). Other studies have demonstrated that 4,5-epoxy-2(*E*)-decenal, a primary product of lipid hydroperoxide decomposition (52), could also form ϵ dAdo and 1,*N*²- ϵ dGuo in vitro (44). In previous studies, we characterized etheno adducts generated through the reaction of DDE with dAdo, dGuo, and DNA in the presence of hydroperoxides. The reactions require a mixture of DDE oxidation products, such as diepoxides, epoxides, and hydroperoxides (45–47). In the work reported on herein, we expanded our ongoing investigation into the reaction of oxidized DDE with dGuo under basic and neutral pH, observing the presence of other novel adducts (A3, A4, A5, and A6). These adducts were isolated and characterized as four diastereomers of 1,*N*²-hydroxyethano-2'-deoxyguanosine derivatives possessing a carbon side chain with a double bond and a hydroxyl group, 6-hydroxy-3-(2'-deoxy- β -D-erythro-pentafuranosyl)-7-((*E*)-1-hydroxy-oct-2-enyl)-3,5,6,7-tetrahydro-imidazo-[1,2-*a*]purin-9-one. The products were fully characterized on the basis of extensive spectroscopic measurements.

On the basis of our product analyses, we propose that adducts can be formed by the mechanism already described for reactions of epoxy carbonyl compounds with nucleic acid bases (45–47, 53, 54). The mechanism involves initial epoxidation of the α,β -double bond, giving rise to 2-epoxy-4-decenal. Attack by the exocyclic amino group of the nucleoside on the carbonyl carbon of the epoxy aldehyde, followed by cyclization via nucleophilic attack on the internal carbon of the epoxy group by N-1, yields A3–A6 ethano adducts as two diastereoisomeric pairs (Scheme 1). In principle, the addition of a moiety bearing three chiral centers to (the already chiral) dGuo might result in the formation of eight new diastereomeric adducts. However, only the four diastereomers depicted in Scheme 1 can be formed, since ring opening of the epoxide proceeds by S_N2, as is to be expected for the attack of a strong nucleophile in alkaline solution (55).

Scheme 1. Structures and Proposed Mechanism for Formation of Adducts A3–A6



It should be noted that other mechanisms favoring the formation of these products can also be envisaged (56).

The preferential formation of adducts A3–A6 under basic conditions can be envisioned by taking into account that oxidations with hydrogen peroxide, on one hand, are usually slow in acid solution, becoming faster and faster as the solution is alkalinized (57). This also applies to water soluble organic hydroperoxides. On the other hand, organic hydroperoxides tend to rearrange into ketone (or aldehyde) and alcohol in the presence of acids (58), whereas in basic solutions, hydrogen peroxide undergoes rapid decomposition by self-oxidation (i.e., $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$) (57) and organic hydroperoxides tend to decompose analogously in alkaline medium. Hence, the combination of these two factors renders the average peroxide concentration maximal and epoxidation fast enough for incubations at pH 7.4 to result in the preferential formation of decadienal diepoxide (45), leading to the predominance of adduct A2. At pH 11.0, fast peroxide decomposition reduces its average concentration, but its enhanced reactivity at high pH values ensures the formation of 2-epoxy-decenal as the main epoxidation product of decadienal, resulting in the preferential formation of adducts A3–A6. At pH 4.0, slow epoxidation and peroxide rearrangement conspire to result in poor intermediate formation, leading to almost no formation of dGuo adduct at all.

Rindgen and co-workers (41) also described the formation of substituted ethano and etheno dGuo adducts from the reaction of dGuo with 13-hydroperoxylinolenic acid. These were the major products when dGuo was incubated with linoleic acid and lipoxygenase. They also argued that some endogenous DNA adducts (I compounds) detected in ^{32}P -postlabeling studies could arise from unidentified electrophilic lipid peroxidation breakdown products.

The results described herein demonstrate the complete characterization of two pairs of a novel substituted ethano adduct formed from the reaction of oxidized DDE

with dGuo. It is important to note that adducts A3–A6 are also formed *in vitro* at neutral pH (Figure 1B, Supporting Information). The formation of measurable amounts of these adducts *in vivo* will depend on cellular conditions that could favor aldehyde monoepoxidation against the diepoxidation. The biological relevance of these substituted ethano adducts has yet to be established, but they should provide further information on the role of reactive electrophiles produced during the lipid peroxidation process in biomolecular damage.

Acknowledgment. This work was supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP (Brazil), the Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq (Brazil), Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo (Brazil), and Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência, PRONEX/FINEP (Brazil). A.P.M.L. held a FAPESP fellowship, and O.F.G. holds a CNPq fellowship. We thank Dr. Jean Cadet for his helpful comments.

Supporting Information Available: HPLC elution profile of the reaction mixture of dGuo with DDE in the presence of H_2O_2 at different pH. UV absorption spectra of adducts A3 and A4. ESI/MS spectra of adduct A3. CD spectra of adducts A3–A6. This material is available free of charge via the Internet at <http://pubs.acs.org>.

References

- (1) Bartsch, H., and Nair, J. (2000) New DNA-based biomarkers for oxidative stress and cancer chemoprevention studies. *Eur. J. Cancer* 36, 1229–1234.
- (2) Marnett, L. J. (2000) Oxyradicals and DNA damage. *Carcinogenesis* 21, 361–370.
- (3) Esterbauer, H., Schaur, R. J., and Zollner, H. (1991) Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. *Free Radical Biol. Med.* 11, 81–128.
- (4) Benedetti, A., Comporti, M., Fulceri, R., and Esterbauer, H. (1984) Cytotoxic aldehydes originating from the peroxidation of liver microsomal lipids. *Biochim. Biophys. Acta.* 792, 172–181.

- (5) Stone, K., Uzieblo, A., and Marnett, L. J. (1990) Studies of the reaction of malondialdehyde with cytosine nucleosides. *Chem. Res. Toxicol.* **3**, 467–472.
- (6) Chaudhary, A. K., Reddy, G. R., Blair, I. A., and Marnett, L. J. (1996) Characterization of an N^6 -oxopropenyl-2'-deoxyadenosine adduct in malondialdehyde-modified DNA using liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Carcinogenesis* **17**, 1167–1170.
- (7) Chaudhary, A. K., Nokubo, M., Reddy, R. G., Yeola, S. N., Morrow, J. D., Blair, I. A., and Marnett, L. J. (1994) Detection of endogenous malondialdehyde-deoxyguanosine adducts in human liver. *Science* **265**, 1580–1582.
- (8) Winter, C. K., Segall, H. J., and Haddon, W. F. (1986) Formation of cyclic adducts of deoxyguanosine with the aldehydes *trans*-4-hydroxy-2-hexenal and *trans*-4-hydroxy-2-nonenal in vitro. *Cancer Res.* **46**, 5682–5686.
- (9) Yi, P., Zhan, D., Samokyszyn, V. M., Doerge, D. R., and Fu, P. P. (1997) Synthesis and ^{32}P -postlabeling/high-performance liquid chromatography separation of diastereomeric 1, N^2 -(1,3-propano)-2'-deoxyguanosine 3'-phosphate adducts formed from 4-hydroxy-2-nonenal. *Chem. Res. Toxicol.* **10**, 1259–1265.
- (10) Golding, B. T., Slaich, P. K., Kennedy, G., Bleasdale, C., and Watson, W. P. (1996) Mechanisms of formation of adducts from reactions of glycidaldehyde with 2'-deoxyguanosine and/or guanosine. *Chem. Res. Toxicol.* **9**, 147–157.
- (11) Basu, A. K., Wood, M. L., Niedernhofer, L. J., Ramos, L. A., and Essigmann, J. M. (1993) Mutagenic and genotoxic effects of three vinyl chloride-induced DNA lesions: 1, N^6 -ethenoadenine, 3, N^4 -ethenocytosine, and 4-amino-5-(imidazol-2-yl)imidazole. *Biochemistry* **32**, 12793–12801.
- (12) Pandya, G. A., and Moriya, M. (1996) 1, N^6 -ethenodeoxyadenosine, a DNA adduct highly mutagenic in mammalian cells. *Biochemistry* **35**, 11487–11492.
- (13) Palejwala, V. A., Rzepka, R. W., Simha, D., and Humayun, M. Z. (1993) Quantitative multiplex sequence analysis of mutational hot spots. Frequency and specificity of mutations induced by a site-specific ethenocytosine in M13 viral DNA. *Biochemistry* **32**, 4105–4111.
- (14) Moriya, M., Zhang, W., Johnson, F., and Grollman, A. P. (1994) Mutagenic potency of exocyclic DNA adducts: marked differences between *Escherichia coli* and simian kidney cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **91**, 11899–11903.
- (15) Cheng, K. C., Preston, B. D., Cahill, D. S., Dosanjh, M. K., Singer, B., and Loeb, L. A. (1991) The vinyl chloride DNA derivative $N^2,3$ -ethenoguanine produces G–A transitions in *Escherichia coli*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **88**, 9974–9978.
- (16) Shibutani, S., Suzuki, N., Matsumoto, Y., and Grollman, A. P. (1996) Miscoding properties of 3, N^6 -etheno-2'-deoxycytidine in reactions catalyzed by mammalian DNA polymerases. *Biochemistry* **35**, 14992–14998.
- (17) Nath, R. G., Ocando, J. E., and Chung, F.-L. (1996) Detection of 1, N^2 -propanodeoxyguanosine adducts as potential endogenous DNA lesions in rodent and human tissues. *Cancer Res.* **56**, 452–456.
- (18) Chung, F.-L., Nath, R. G., Ocando, J. E., Nishikawa, A., and Zhang, L. (2000) Deoxyguanosine adducts of *trans*-4-hydroxy-2-nonenal are endogenous DNA lesions in rodents and humans: detection and potential sources. *Cancer Res.* **60**, 1507–1511.
- (19) Wacker, M., Schuler, D., Wanek, P., and Eder, E. (2000) Development of a ^{32}P -postlabeling method for the detection of 1, N^2 -propanodeoxyguanosine adducts of *trans*-4-hydroxy-2-nonenal in vivo. *Chem. Res. Toxicol.* **13**, 1165–1173.
- (20) Nath, R. G., Ocando, J. E., Richie, J. P., Jr., and Chung, F. L. (1997) Effect of glutathione depletion on exocyclic adduct levels in the liver DNA of F344 rats. *Chem. Res. Toxicol.* **10**, 1250–1253.
- (21) Wynder, E. L., Goodman, D. A., and Hoffmann, D. (1965) Ciliotoxic compounds in cigarette smoke. II. Carboxylic acids and aldehydes. *Cancer* **18**, 505–509.
- (22) Rouzer, C. A., Chaudhary, A. K., Nokubo, M., Ferguson, D. M., Reddy, G. R., Blair, I. A., and Marnett, L. J. (1997) Analysis of the malondialdehyde-2'-deoxyguanosine adduct, pyrimidopurino-9, in human leukocyte DNA by gas chromatography/electron capture negative chemical ionization/mass spectrometry. *Chem. Res. Toxicol.* **10**, 181–188.
- (23) Vaca, C. E., Fang, J.-L., Mutanen, M., and Valsta, L. (1995) ^{32}P -Postlabeling determination of DNA adducts of malonaldehyde in humans: total white blood cells and breast tissue. *Carcinogenesis* **16**, 1847–1851.
- (24) Wang, M., Dhingra, K., Hittleman, W. N., Liehr, J. G., de Andrade, M., and Li, D. (1996) Lipid peroxidation-induced putative malondialdehyde-DNA adducts in human breast tissues. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* **5**, 705–710.
- (25) Kadlubar, F., Anderson, K., Lang, N., Thompson, P., MacLeod, S., Mikhailova, M., Chou, M., Plastaras, J., Marnett, L. J., Haussermann, S., and Bartsch, H. (1998) Comparison of endogenous DNA adduct levels in human pancreas. *Proc. Am. Assoc. Cancer Res.* **39**, 286.
- (26) Chaudhary, A. K., Nokubo, M., Oglesby, T. D., Marnett, L. J., and Blair, I. A. (1995) Characterization of endogenous DNA adducts by liquid chromatography/electrospray ionization/tandem mass spectrometry. *J. Mass Spectrom.* **30**, 1157–1166.
- (27) Fang, J. L., Vaca, C. E., Valsta, L. M., and Mutanen, M. (1996) Determination of DNA adducts of malonaldehyde in humans: effects of dietary fatty acid composition. *Carcinogenesis* **17**, 1035–1040.
- (28) Dedon, P. C., Plastaras, J. P., Rouzer, C. A., and Marnett, L. J. (1998) Indirect mutagenesis by oxidative DNA damage: formation of the pyrimidopurino-9 adduct of deoxyguanosine by base propanal. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **95**, 11113–11116.
- (29) Burger, R. M., Berkowitz, A. R., Peisach, A. J., and Horwitz, S. B. (1980) Origin of malondialdehyde from DNA degraded by Fe(II) bleomycin. *J. Biol. Chem.* **255**, 11832–11838.
- (30) Plastaras, J. P., Riggins, J. N., Otteneeder, M., and Marnett, L. J. (2000) Reactivity and mutagenicity of endogenous DNA oxopropenylating agents: base propanals, malondialdehyde, and N (ϵ -silyl)-oxopropenyllysine. *Chem. Res. Toxicol.* **13**, 1235–1242.
- (31) Morinello, E. J., Ham, A.-J. L., Ransinghe, A., Sangaiah, R., and Swenberg, J. A. (2001) Simultaneous quantitation of N^2 , 3-ethenoguanine and 1, N^2 -ethenoguanine with an immunoaffinity/gas chromatography/high-resolution mass spectrometry assay. *Chem. Res. Toxicol.* **14**, 327–334.
- (32) Loureiro, A. P. M., Marques, S. A., Garcia, C. C. M., Di Mascio, P., and Medeiros, M. H. G. (2002) Development of an on-line liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry assay to quantitatively determine 1, N^2 -etheno-2'-deoxyguanosine in DNA. *Chem. Res. Toxicol.* **15**, 1302–1308.
- (33) Doerge, D. R., Churchwell, M. I., Fang, J. L., and Beland, F. A. (2000) Quantification of etheno DNA adducts using liquid chromatography, on-line sample processing, and electrospray tandem mass spectrometry. *Chem. Res. Toxicol.* **13**, 1259–1264.
- (34) Chen, H.-J. C., Chiang, L.-C., Tseng, M.-C., Zhang, L. L., Ni, J., and Chung, F.-L. (1999) Detection and quantification of 1, N^6 -ethenoadenine in human placental DNA by mass spectrometry. *Chem. Res. Toxicol.* **12**, 1119–1126.
- (35) Nair, J., Barbin, A., Guichard, Y., and Bartsch, H. (1995) 1, N^6 -Ethenodeoxyadenosine and 3, N^4 -ethenodeoxycytidine in liver DNA from humans and untreated rodents detected by immunoaffinity/ ^{32}P -postlabeling. *Carcinogenesis* **16**, 613–617.
- (36) Roberts, D. W., Churchwell, M. I., Beland, F. A., Fang, J. L., and Doerge, D. R. (2001) Quantitative analysis of etheno-2'-deoxycytidine DNA adducts using on-line immunoaffinity chromatography coupled with LC/ES-MS/MS detection. *Anal. Chem.* **73**, 303–309.
- (37) Nair, J., Carmichael, P. L., Fernando, R. C., Phillips, D. H., Strain, A. J., and Bartsch, H. (1998) Lipid peroxidation-induced etheno-DNA adducts in liver of patients with the genetic metal storage disorders Wilson's disease and primary hemochromatosis. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* **7**, 435–440.
- (38) Nair, J., Sone, H., Nagao, M., Barbin, A., and Bartsch, H. (1996) Copper-dependent formation of miscoding etheno-DNA adducts in the liver of Long-Evans-Cinnamon (LEC) rats developing hereditary hepatitis and hepatocellular carcinoma. *Cancer Res.* **56**, 1267–1271.
- (39) Nair, J., Gal, A., Tamir, S., Tannenbaum, S., Wogan, G., and Bartsch, H. (1998) Etheno adducts in spleen DNA of SJL mice stimulated to overproduce nitric oxide. *Carcinogenesis* **19**, 2081–2084.
- (40) Bartsch, H., Barbin, A., Marion, M. J., Nair, J., and Guichard, Y. (1994) Formation, detection, and role in carcinogenesis of etheno-bases in DNA. *Drug Metab. Rev.* **26**, 349–371.
- (41) Rindgen, D., Nakajima, M., Wehrl, S., Xu, K., and Blair, I. A. (1999) Covalent modifications to 2'-deoxyguanosine by 4-oxo-2-nonenal, a novel product of lipid peroxidation. *Chem. Res. Toxicol.* **12**, 1195–1204.
- (42) Lee, S. H., Rindgen, D., Bible, R. H., Jr., Hajdu, E., and Blair, I. A. (2000) Characterization of 2'-deoxyadenosine adducts derived from 4-oxo-2-nonenal, a novel product of lipid peroxidation. *Chem. Res. Toxicol.* **13**, 565–574.
- (43) Rindgen, D., Lee, S. H., Nakajima, M., and Blair, I. A. (2000) Formation of a substituted 1, N^6 -etheno-2'-deoxyadenosine adduct by lipid hydroperoxide-mediated generation of 4-oxo-2-nonenal. *Chem. Res. Toxicol.* **13**, 846–852.
- (44) Lee, S. H., Oe, T., and Blair, I. A. (2002) 4,5-Epoxy-2(*E*)-decenal-induced formation of 1, N^6 -etheno-2'-deoxyadenosine and 1, N^2 -etheno-2'-deoxyguanosine adducts. *Chem. Res. Toxicol.* **15**, 300–304.

- (45) Loureiro, A. P. M., Di Mascio, P., Gomes, O. F., and Medeiros, M. H. G. (2000) *trans,trans*-2,4-Decadienal induced 1,*N*⁶-etheno-2'-deoxyguanosine adduct formation. *Chem. Res. Toxicol.* *13*, 601–609.
- (46) Carvalho, V. M., Di Mascio, P., Campos, I. P. d. A., Douki, T., Cadet, J., and Medeiros, M. H. G. (1998) Formation of 1,*N*⁶-etheno-2'-deoxyadenosine adducts by *trans,trans*-2,4-decadienal. *Chem. Res. Toxicol.* *11*, 1042–1047.
- (47) Carvalho, V. M., Asahara, F., Di Mascio, P., Campos, I. P. d. A., Cadet, J., and Medeiros, M. H. G. (2000). Novel 1, *N*⁶-etheno-2'-deoxyadenosine adducts from lipid peroxidation products. *Chem. Res. Toxicol.* *13*, 397–405.
- (48) Kaneko, T., Kaji, K., and Matsuo, M. (1988) Cytotoxicities of a linoleic acid hydroperoxide and its related aliphatic aldehydes toward cultured human umbilical vein endothelial cells. *Chem.-Biol. Interact.* *67*, 295–304.
- (49) Langouët, S., Mican, A. N., Müller, M., Fink, S. P., Marnett, L. J., Muhle, S. A., and Guengerich, F. P. (1998) Misincorporation of nucleotides opposite five-membered exocyclic ring guanine derivatives by *Escherichia coli* polymerases in vitro and in vivo: 1,*N*²-ethenoguanine, 5,6,7,9-tetrahydro-9-oxoimidazo[1,2-*a*]purine, and 5,6,7,9-tetrahydro-7-hydroxy-9-oxoimidazo[1,2-*a*]purine. *Biochemistry* *37*, 5184–5193.
- (50) Wang, H., Kozekov, I. D., Harris, T. M., and Rizzo C. J. (2003) Site-specific synthesis and reactivity of oligonucleotides containing stereochemically defined 1,*N*²-deoxyguanosine adducts of the lipid peroxidation product *trans*-4-hydroxynonenal. *J. Am. Chem. Soc.* *125*, 5687–5700.
- (51) Pollack, M., Oe, T., Lee, S. H., Elipe, M. V. S., Arison, B. H., and Blair, I. A. (2003) Characterization of 2'-deoxycytidine adducts derived from 4-oxo-2-nonenal, a novel lipid peroxidation product. *Chem. Res. Toxicol.* *16*, 893–900.
- (52) Lee, S. H., Oe, T., and Blair, I. A. (2001) Vitamin C-induced decomposition of lipid hydroperoxides to endogenous genotoxins. *Science* *292*, 2083–2086.
- (53) Nair, V., and Offerman, R. J. (1985) Ring-extended products from the reaction of epoxy carbonyl compounds and nucleic-acid bases. *J. Org. Chem.* *50*, 5627–5631.
- (54) Sodum, R. S., and Chung, F. L. (1988) 1,*N*²-ethanodeoxyguanosine as a potential marker for DNA adduct formation by *trans*-4-hydroxy-2-nonenal. *Cancer Res.* *48*, 320–323.
- (55) Sodum, R. S., and Chung, F. L. (1989) Structural characterization of adducts formed in the reaction of 2,3-epoxy-4-hydroxynonenal with deoxyguanosine. *Chem. Res. Toxicol.* *2*, 23–28.
- (56) Nechev, L. V., Kozekov, I., Harris, C. M., and Harris, T. M. (2001) Stereospecific synthesis of oligonucleotides containing crotonaldehyde adducts of deoxyguanosine. *Chem. Res. Toxicol.* *14*, 1506–1512.
- (57) Cotton, F. A., and Wilkinson, G. (1980) *Advanced Inorganic Chemistry*, 4th ed., p 496, Wiley, New York.
- (58) Smith, M. B., and March, J. (2002) *March's Advanced Organic Chemistry*, 5th ed., p 1418, Wiley, New York.

TX034225+

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Internacional, com Arbitragem.

A. P. Loureiro, I. P. de Arruda Campos, O. F. Gomes, P. Di Mascio, M. H. G. Medeiros: "Structural Characterization of Diastereoisomeric Ethano Adducts Derived from the Reaction of 2'-Deoxyguanosine with *trans,trans*-2,4-Decadienal", *Chemical Research in Toxicology*, v. 17, n. 5, p. 641-649 (2004). ISSN 0893-228X.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

Structural Characterization of an Etheno-2'-deoxyguanosine Adduct Modified by Tetrahydrofuran

Ana Paula M. Loureiro,[†] Ivan P. de Arruda Campos,[‡] Osmar F. Gomes,[§]
Ediliz P. M. Possari,[†] Paolo Di Mascio,[§] and Marisa H. G. Medeiros^{*,§}

Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas,
Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes 580, Bloco 13 B,
CEP 05508-900 São Paulo, Brazil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção,
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista, Rua Dr. Bacelar 1212,
CEP 04026-002 São Paulo, Brazil, and Departamento de Bioquímica, Instituto de Química,
Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes 748, CEP 05508-900 São Paulo, Brazil

Received September 8, 2004

The reaction of 2'-deoxyguanosine with the α,β -unsaturated aldehydes *trans*-2-octenal, *trans*-2-nonenal, *trans*-2-decenal, *trans,trans*-2,4-nonadienal, and *trans,trans*-2,4-decadienal in THF gives rise to three novel adducts: 3-(2'-deoxy- β -D-erythro-pentafuranosyl)-7-[3-hydroxy-1-(3-(2'-deoxy- β -D-erythro-pentafuranosyl)-3,5-dihydro-imidazo[1,2-*a*]purin-9-one-7-yl)-propyl]-3,5-dihydro-imidazo[1,2-*a*]purin-9-one (**A7**) and 3-(2'-deoxy- β -D-erythro-pentafuranosyl)-7-(tetrahydrofuran-2-yl)-3,5-dihydro-imidazo[1,2-*a*]purin-9-one (**A8** and **A9**), which are not observed in the absence of THF. These adducts were isolated from *in vitro* reactions by reversed-phase HPLC and fully characterized on the basis of spectroscopic measurements. Adduct **A7** consists of two 1,*N*²-etheno-2'-deoxyguanosine (1,*N*²- ϵ dGuo) residues linked to a hydroxy-carbon side chain; adducts **A8** and **A9** are interconvertible 1,*N*²- ϵ dGuo derivatives bearing a THF moiety. The proposed reaction mechanism involves the electrophilic attack on 1,*N*²- ϵ dGuo by the carbonyl of 4-hydroxy-butanal, generated via ring opening of α -hydroxy-THF (THF-OH), yielding adducts **A8** and **A9**. A further combination of these adducts with another 1,*N*²- ϵ dGuo produces the double adduct **A7**. These findings demonstrate that reactions of unsaturated aldehydes in the presence of THF produce novel condensation 1,*N*²- ϵ dGuo-THF adducts. Further studies would indicate the relevance of these adducts in THF toxicity.

Introduction

Tetrahydrofuran (THF)¹ is a solvent used widely in industry and research. It is also a component of glues, paints, varnishes, and inks. In 1993, THF production in the United States was about 94.3×10^3 tons (1, 2).

THF is a volatile solvent with a low boiling point. Therefore, high vapor concentrations may develop in the workplace with a strong potential for occupational exposure in humans. Ong and co-workers (1) investigated exposure to THF through vapor inhalation and dermal contact by analyzing the environmental air, blood, urine, and alveolar air of 58 male workers in a videotape manufacturing plant. For exposure at the time-weighted average (TWA) concentration of 200 ppm, the extrapo-

lated concentration of THF was 33 μ M in blood and 109 μ M in urine. The end of shift urinary THF concentration correlated well with THF concentration in the environmental air and was proposed as a biological indicator for analyzing occupational exposure to THF (1). The symptoms following exposure may include nausea, headache, blurred vision, dizziness, tiredness, chest pain, and coughing. THF is an upper respiratory tract irritant, and irritation of skin and mucous membranes may be observed (3). Once in contact with air, THF may form peroxides, which increase its irritating effect. It is also a strong narcotic. Acute toxicity may lead to narcosis, muscular hypotonia, and disappearance of corneal reflexes, followed by coma and death. The probable oral lethal dose in humans is 50–500 mg/kg (4).

There is an emergent concern about human exposure to THF, since clear evidence was found of carcinogenic activity in female mice, based on the increased incidence of hepatocellular neoplasm after 2 years of exposure to 1800 ppm THF by inhalation (6 h/day, 5 days/week) (4, 5). The nonobservable-adverse-effect level (NOAEL) for nonneoplastic lesions from THF is 600 ppm in mice after 14 weeks of exposure (6h/day, 5 days/week). However, in the 2-year study, even the incidence of hepatocellular neoplasm in female mice exposed to 200 ppm was elevated (48%) in relation to the controls (34%) (4, 5). Considering that the current threshold limit value-time-

* To whom correspondence should be addressed. Tel: ++(55)11 30912153. Fax: ++(55)11 30912186. E-mail: mhgdmede@iq.usp.br.

[†] Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.

[‡] Universidade Paulista.

[§] Instituto de Química, Universidade de São Paulo.

¹ Abbreviations: THF, tetrahydrofuran; TWA, time-weighted average; NOAEL, nonobservable-adverse-effect level; TLV-TWA, threshold limit value-time-weighted average; TLV-STEL, short-term exposure limit; dGuo, 2'-deoxyguanosine; DDE, *trans,trans*-2,4-decadienal; 1,*N*²- ϵ dGuo, 1,*N*²-etheno-2'-deoxyguanosine; HPLC, high-performance liquid chromatography; ESI/MS, electrospray ionization mass spectrometry; SIR, selected ion recording; COSY, ¹H-¹H two-dimensional correlation spectroscopy; HMQC, ¹H-¹³C two-dimensional heteronuclear multiple-quantum correlation; DEPT, distortionless enhancement by polarization transfer.

weighted average (TLV–TWA) for THF is 200 ppm (590 mg/m³) and the short-term exposure limit (TLV–STEL) is 250 ppm (737 mg/m³) (6), the results obtained in the National Toxicology Program study (4) may have some implications for the current occupational exposure limit.

Although carcinogenic activity is observed in rodents, there is a paucity of information about cellular toxicity, biomolecular damage, and genotoxicity induced by THF. The limited information available from in vitro and in vivo genotoxicity studies points to THF as a nonmutagenic (4). However, further investigation is necessary to evaluate more precisely the possible interaction of THF oxidation products with biological targets such as DNA.

Our previous studies on DNA adducts from reaction of 2'-deoxyguanosine (dGuo) with *trans,trans*-2,4-decadienal (DDE) revealed the formation of three adducts that could be observed only in the reactions occurring in the presence of oxidized THF (7, 8). The present data fully describe the structural characterization of these novel stable adducts produced by the reaction of THF oxidation products with 1,*N*²-etheno-2'-deoxyguanosine (1,*N*²-εdGuo). Information about the chemical pathways for adduct formation is also provided. The occurrence of an interaction leading to DNA–THF adducts may be a contributing factor to the observed toxicological effects associated with THF exposure.

Experimental Procedures

Chemicals. All the chemicals employed here were of the highest purity grade commercially available. *trans*-2-Octenal, *trans*-2-nonenal, *trans*-2-decenal, *trans,trans*-2,4-nonadienal, and DDE were supplied by Aldrich (Milwaukee, WI). dGuo, formic acid, and potassium phosphate were acquired from Merck (Darmstadt, Germany). Chromatography grade acetonitrile, methanol, and THF were obtained from EM Science (Gibbstown, NJ). Chloroform was supplied by Cinética Química (São Paulo, Brazil). Oxidized THF was obtained from THF solvent unprotected from light. The concentration of hydroperoxides in the THF batches was measured by the Fe²⁺/xylenol orange assay (9). 2-Hydroxy-THF was estimated by GC/flame ionization detector (FID) (HP5890). All the other chemicals used came from Sigma (St. Louis, MO). The water was purified in a Milli-Q system (Millipore, Bedford, MA).

Spectroscopy. One-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) ¹H and ¹³C NMR spectra were acquired at 27 °C using a DPX-300 or a DRX-500 MHz NMR spectrometer (Bruker, Rheinstatten, Germany). The samples were dissolved in DMSO-*d*₆, and the solvent peak was used as the reference. UV spectra were obtained with a Hitachi U3000 spectrophotometer (Tokyo, Japan).

HPLC Separations. HPLC analyses were made using a Shimadzu HPLC system (Shimadzu, Kyoto, Japan). This included two LC-10AD (or LC-10AD/VP) pumps, a Rheodyne injector (Cotati, CA), an SPD-10 AV absorbance device, and a SPD-M10AV (or SPD-M10A/VP) photodiode array detector, controlled by a CBM-10A (or SCL-10A/VP) communication bus module and CLASS LC-10AWS (or CLASS–VP) software. HPLC separations were conducted in a Luna 10 C18 (2) (250 mm × 10 mm i.d., 10 μm) semipreparative column (Phenomenex, Torrance, CA) eluted with the system 1 gradient of water and acetonitrile. System 1 consisted of the following: from 0 to 5 min, 5% acetonitrile; from 5 to 30 min, 5–20% acetonitrile; from 30 to 50 min, 20–40% acetonitrile; from 50 to 55 min, 40–100% acetonitrile; from 55 to 65 min, 100–5% acetonitrile.

HPLC/ESI/MS Analyses. On-line HPLC/ESI/MS analyses in the positive mode were carried out using a Quattro II mass spectrometer (Micromass, Manchester, U.K.). A Shimadzu

Table 1. ¹H NMR Chemical Shifts of Adducts in DMSO-*d*₆

Section A: Adduct A7 ^a			
	δ (ppm)		type
H-1'	6.18–6.21	t	N–CHO
H-2'	2.55–2.62	m	CH ₂ –C
H-2''	2.20–2.25	m	CH ₂ –C
H-3'	4.35–4.36	m	HO–CH
H-4'	3.81–3.84	m	O–CH
H-5'	3.55–3.59	m	HO–CH ₂
H-5''	3.49–3.53	m	HO–CH ₂
OH-5'	4.95–4.96	t	HO–CH ₂
OH-3'	5.27–5.28	d	HO–CH
H-2 (1)	8.035	s	N=CH–N
H-2 (2)	8.027	s	N=CH–N
NH-5	12.16	s (br)	HN–C=N
H-6 (1)	6.91	s	C=CH–N
H-6 (2)	6.89	s	C=CH–N
H-10	6.24–6.27	t	C=C–CH–C=C
2H-11	1.98–2.03	m	CH ₂ –CH ₂ –CH
2H-12	1.61–1.66	m	CH ₂ –CH ₂ –CH ₂
OH-13	4.37–4.39	t	HO–CH ₂
2H-13	3.44–3.47	m	HO–CH ₂
Section B: Adducts A8 + A9 ^a			
	δ (ppm)		type
H-1'	6.19–6.22	t	N–CH–O
H-2'	2.56–2.59	m	CH ₂ –C
H-2''	2.21–2.26	m	CH ₂ –C
H-3'	4.35	m	HO–CH
H-4'	3.82–3.83	m	O–CH
H-5'	3.55–3.59	m	HO–CH ₂
H-5''	3.48–3.53	m	HO–CH ₂
OH-5'	4.92–4.95	t	HO–CH ₂
OH-3'	5.25–5.27	d	HO–CH
H-2	8.06	s	N=CH–N
NH-5	12.24	s (br)	HN–C=N
H-6	7.12	s	C=CH–N
H-10	5.73–5.76	t	C=C–CH–O
H-11a	2.30–2.33	m	O–CH–CH ₂ –CH ₂
H-11b	1.91–1.94	m	O–CH–CH ₂ –CH ₂
2H-12	1.85–1.90	m	CH ₂ –CH ₂ –CH ₂
H-13a	3.95–3.98	m	CH ₂ –CH ₂ –O
H-13b	3.74–3.78	m	CH ₂ –CH ₂ –O

^a Spectra acquired in a DRX 500 NMR spectrometer: m, multiplet; t, triplet; d, doublet; s, singlet.

Table 2. ¹³C NMR Chemical Shifts of Adducts A7 and A8 + A9 in DMSO-*d*₆^a

	A7		A8 + A9	
	δ (ppm)	type	δ (ppm)	type
C-2 (1)	136.83	N=CH–N	136.91	N=CH–N
C-2 (2)	136.77	N=CH–N		
C-3a	149.56	C=C–N	149.77	C=C–N
C-4a	147.30	N=C–N	147.17	N=C–N
C-6	113.40	N–CH=C	112.49	N–CH=C
C-7 (1)	126.88	C=C–N	126.48	C=C–N
C-7 (2)	126.72	C=C–N		
C-9	153.94	N–C=O	153.37	N–C=O
C-9a (1)	116.42	C=C–N	116.14	C=C–N
C-9a (2)	116.38	C=C–N		
C-10	33.70	C=C–CH–C=C	73.39	C=C–CH–O
C-11 (1)	31.36	CH ₂	33.16	CH ₂
C-11 (2)			33.19	CH ₂
C-12	30.75	CH ₂	24.77	CH ₂
C-13	60.86	HO–CH ₂	68.00	CH ₂ –CH ₂ –O
C-1' (1)	83.14	N–CH–O	83.05	N–CH–O
C-1' (2)			83.08	N–CH–O
C-2'	39.62	CH ₂	39.58	CH ₂
C-3'	70.90	H–C–OH	70.88	H–C–OH
C-4'	87.80	H–C–O	87.80	H–C–O
C-5'	61.90	H ₂ C–OH	61.88	H ₂ C–OH

^a Spectra were acquired in a DRX 500 spectrometer.

HPLC system (Shimadzu, Kyoto, Japan), consisting of an auto sampler (SIL-10AD/VP), a Rheodyne injector (Cotati, CA), an automated switching valve (FCV-12AH), two pumps (Class LC 10AD), and an SPD-10AV/VP UV detector controlled by a

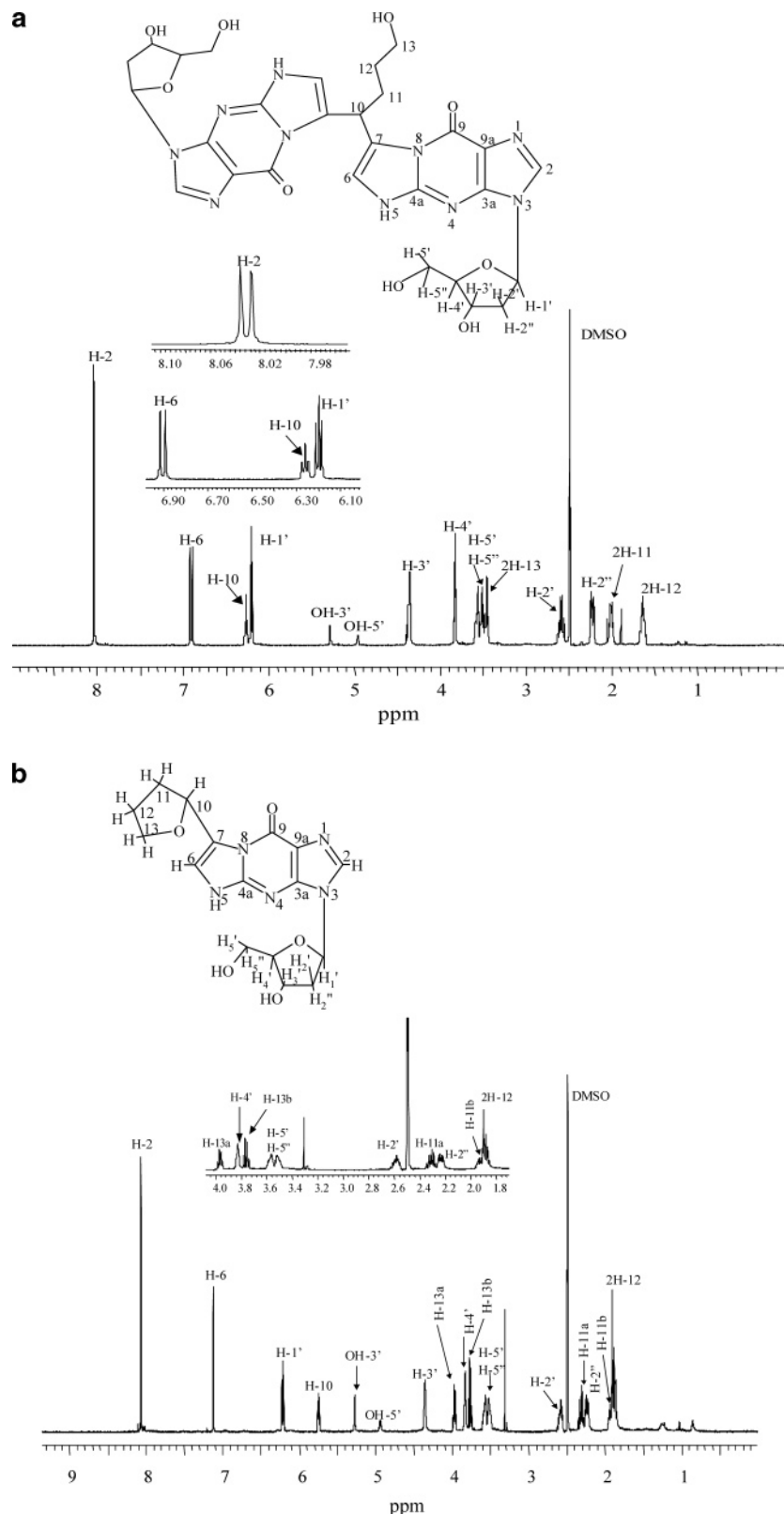


Figure 1. ^1H NMR spectra (500.13 MHz) of (a) adduct **A7** and (b) adducts **A8** + **A9** in $\text{DMSO-}d_6$.

communication bus module (SCL-10A/VP-CBM 10A) and Class-VP software, was used for sample injection and cleanup of the analytical column. The source temperature of the mass spectrometer was kept at 100 °C, and flow rates of drying and nebulizing gas (nitrogen) were optimized at 350 and 10 L/h, respectively. The data were processed using MassLynx software (Micromass). Two different HPLC conditions were used, as follows: For system 2, the adducts were eluted from a Luna C18(2) column (250 mm \times 4.6 mm i.d., 5 μm , Phenomenex,

Torrance, CA) with a gradient of water and acetonitrile (from 0 to 5 min, 10% acetonitrile; from 5 to 30 min, 10–17% acetonitrile; from 30 to 35 min, 17–20% acetonitrile; from 35 to 40 min, 20–30% acetonitrile; from 40 to 45 min, 30–10% acetonitrile) at a flow rate of 0.7 mL/min. After the column, a splitter was connected to allow the entrance of 0.15 mL of the mobile phase into the mass spectrometer. The other 0.55 mL passed through the UV detector ($\lambda = 282$ nm). The prepurified samples were dissolved in aqueous solutions containing 0.2% formic acid

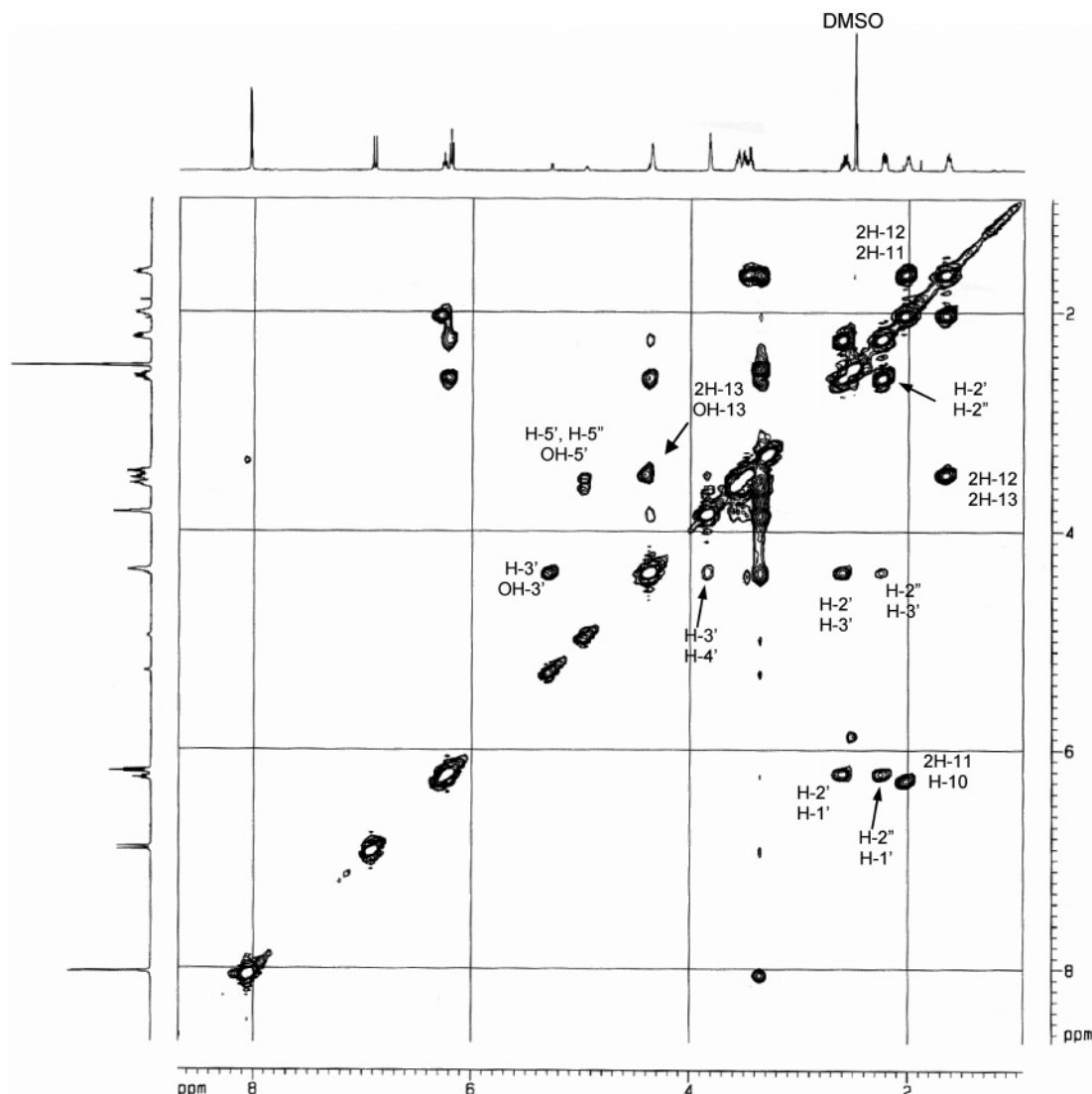


Figure 2. ^1H – ^1H two-dimensional COSY NMR spectrum of adduct **A7** in $\text{DMSO-}d_6$.

(v/v) and injected into the mobile phase through the Rheodyne injector with a $20\ \mu\text{L}$ Rheodyne loop. Full scan data in MS_1 were acquired over a mass range of 100–700 Da with different cone voltages. For system 3, the adducts were eluted from a Luna C18(2) ($150\ \text{mm} \times 2\ \text{mm}$ i.d., $3\ \mu\text{m}$, Phenomenex, Torrance, CA) with a gradient of formic acid (0.1% in water) and acetonitrile (from 0 to 5 min, 5% acetonitrile; from 5 to 30 min, 5–20% acetonitrile; from 30 to 50 min, 20–40% acetonitrile; from 50 to 55 min, 40–100% acetonitrile; from 55 to 60 min, 100–5% acetonitrile; from 60 to 70 min, 5% acetonitrile) at a flow rate of $0.12\ \text{mL}/\text{min}$. The m/z 292 ($1,N^2$ - ϵ dGuo), 653 (adduct **A7**), and 362 (adducts **A8** and **A9**) $[\text{M} + \text{H}]^+$ ions were monitored in the SIR mode with a dwell time of 1 s. The cone voltage was kept at 15 V. Full scan data in MS_1 were collected over a mass range of 100–700 Da with a cone voltage of 30 V.

Preparation and Purification of the Adducts. The α,β -unsaturated aldehyde DDE (28.6 mg, 0.20 mmol) was dissolved in $275\ \mu\text{L}$ of THF, containing $30\ \mu\text{mol}$ of THF–hydroperoxide and $85\ \mu\text{mol}$ of THF–OH, and added to dGuo solutions (5 mg, 0.02 mmol) prepared in $280\ \mu\text{L}$ of 0.2 M carbonate–bicarbonate buffer (pH 9.4). After 48 h of incubation at $50\ ^\circ\text{C}$ with stirring, the reaction mixtures were extracted twice with one volume of chloroform. The aqueous phase was injected into the HPLC, system 1, for initial $1,N^2$ - ϵ dGuo–THF adducts purification (Figure 1, Supporting Information). The fraction eluted from 21 to 27 min (adducts **A7**–**A9**) was collected and lyophilized.

Adducts **A7** and **A8** + **A9** were further purified by HPLC system 1.

Assessment of Adduct Formation from the Reaction of Different α,β -Unsaturated Aldehydes with dGuo in the Presence of Oxidized THF. The α,β -unsaturated aldehydes *trans*-2-octenal (37.8 mg, 0.30 mmol), *trans*-2-nonenal (28 mg, 0.20 mmol), *trans*-2-decenal (30.8 mg, 0.20 mmol), or *trans,trans*-2,4-nonadienal (27.6 mg, 0.20 mmol) were dissolved in $275\ \mu\text{L}$ of THF, containing $30\ \mu\text{mol}$ of THF–hydroperoxide and $85\ \mu\text{mol}$ of THF–OH, and added to dGuo solutions (5 mg, 0.02 mmol) prepared in $280\ \mu\text{L}$ of 0.2 M carbonate–bicarbonate buffer (pH 11). After 48 h of incubation at $50\ ^\circ\text{C}$ under stirring, the reaction mixtures were extracted twice with one volume of chloroform. The aqueous phase was injected into the HPLC/ESI/MS system 3 for analysis.

Assessment of Adduct Formation from the Reaction of Oxidized THF with $1,N^2$ - ϵ dGuo. The adduct $1,N^2$ - ϵ dGuo (0.007 mg, 25 nmol) was dissolved in $110\ \mu\text{L}$ of 0.2 M carbonate–bicarbonate buffer (pH 9.4) and incubated with THF containing $0.52\ \mu\text{mol}$ of THF–hydroperoxide and $1.47\ \mu\text{mol}$ of THF–OH for 24 h at $37\ ^\circ\text{C}$. The reaction mixture was then extracted with one volume of chloroform, and the aqueous phase was injected into the HPLC/ESI/MS system 3 for analysis.

pH Stability of Adducts **A7–**A9**.** The isolated adducts **A7** and **A8** + **A9** were incubated at pH 4.0 (0.05 M acetate buffer), pH 7.4 (0.05 M phosphate buffer), and pH 11.0 (0.05 M

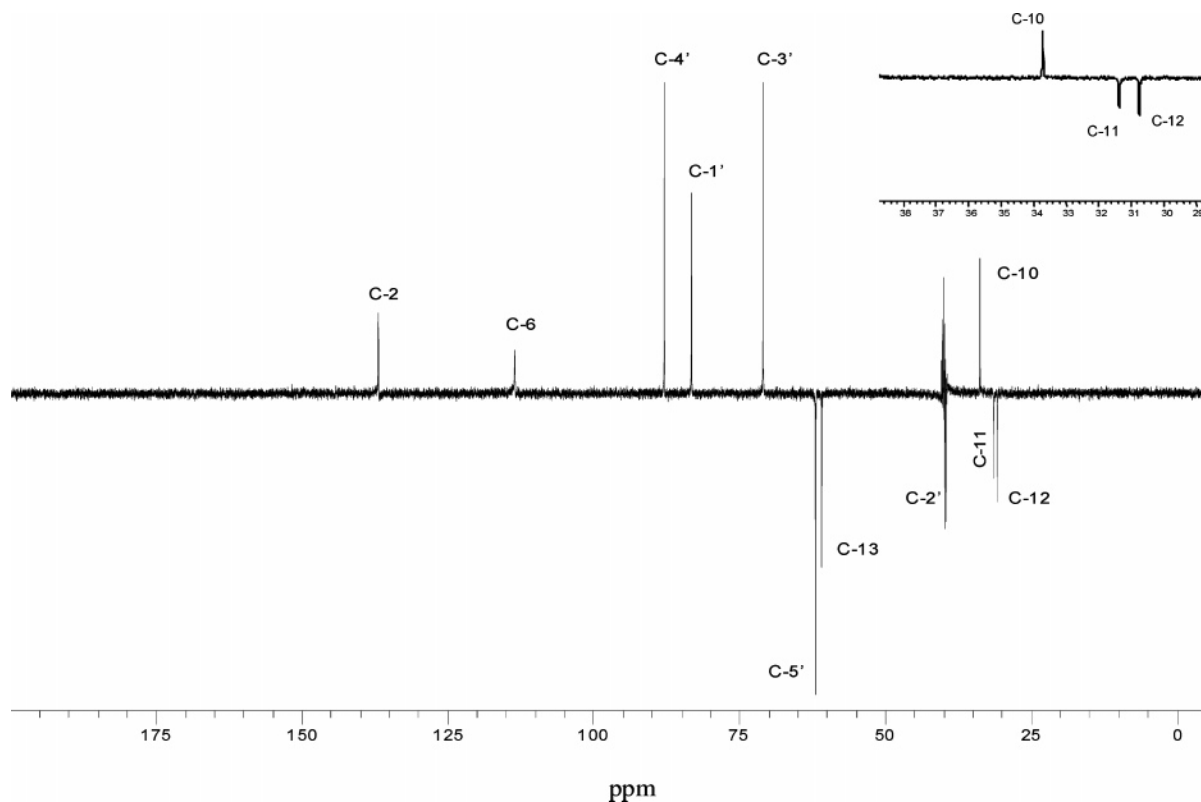


Figure 3. DEPT NMR spectrum of adduct **A7** in DMSO- d_6 .

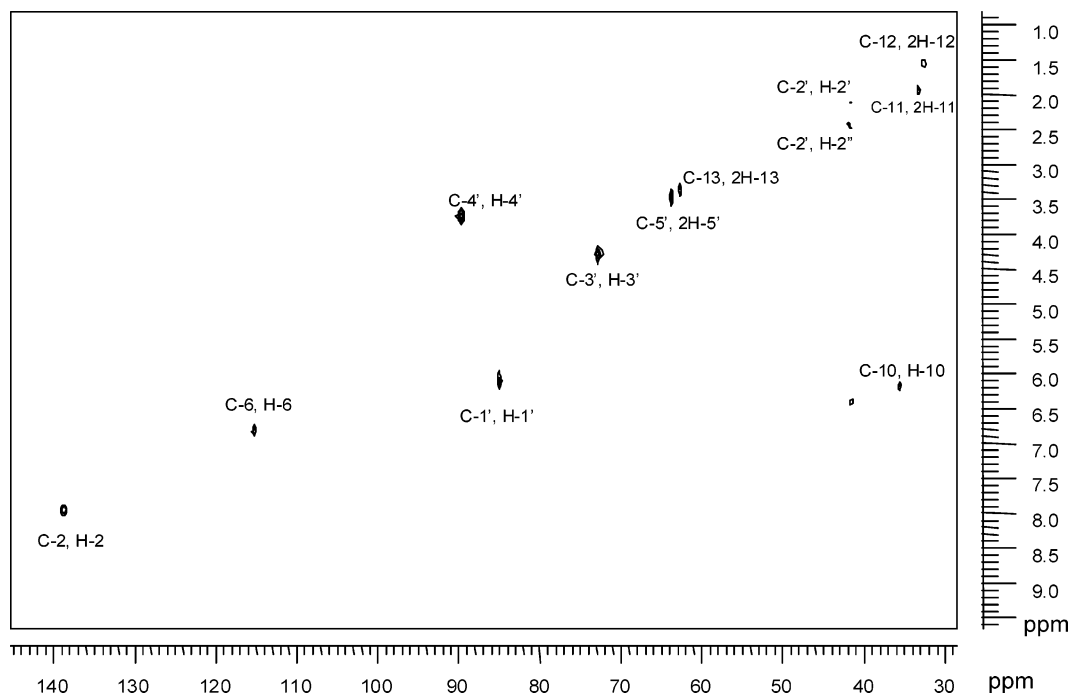


Figure 4. ^1H - ^{13}C two-dimensional HMQC spectrum of adduct **A7** in DMSO- d_6 .

carbonate–bicarbonate buffer) for 15 min, 1 h, 5 h, and 24 h at 37 °C. After the incubation period, a fraction was analyzed by HPLC/ESI/MS system 3, as described above.

Characterization of the Adducts. The adducts were characterized by UV, ESI/MS, ^1H NMR, and ^{13}C NMR spectra analyses. The UV spectra of adducts **A7** and **A8** + **A9** are illustrated in Figure 2, Supporting Information. The positive mode ESI/MS analysis of adduct **A7** (Figure 3A, Supporting Information) shows five important signals at m/z 653 ($[\text{M} + \text{H}]^+$, 10% relative intensity), m/z 537 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose}$, 30% relative intensity), m/z 421 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-}$

erythro-pentose - 2-D-erythro-pentose, 100% relative intensity), m/z 246 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose} - 1, \text{N}^2\text{-}\epsilon\text{-dGuo}$, 72% relative intensity), and m/z 176 ($[\text{1, N}^2\text{-}\epsilon\text{Gua} + \text{H}]^+$, 40% relative intensity). The positive mode ESI/MS spectra of adducts **A8** and **A9** (Figure 3B, Supporting Information) show two important signals at m/z 362 ($[\text{M} + \text{H}]^+$, 17% relative intensity) and m/z 246 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose}$, 100% relative intensity). Figure 1 shows the ^1H NMR spectra of adducts **A7** and **A8** + **A9**, while Figure 2 presents the ^1H - ^1H COSY spectrum of adduct **A7** and Figure 4, Supporting Information, presents the ^1H - ^{13}C HMQC spectrum of adducts **A8** + **A9**. Table 1, sections

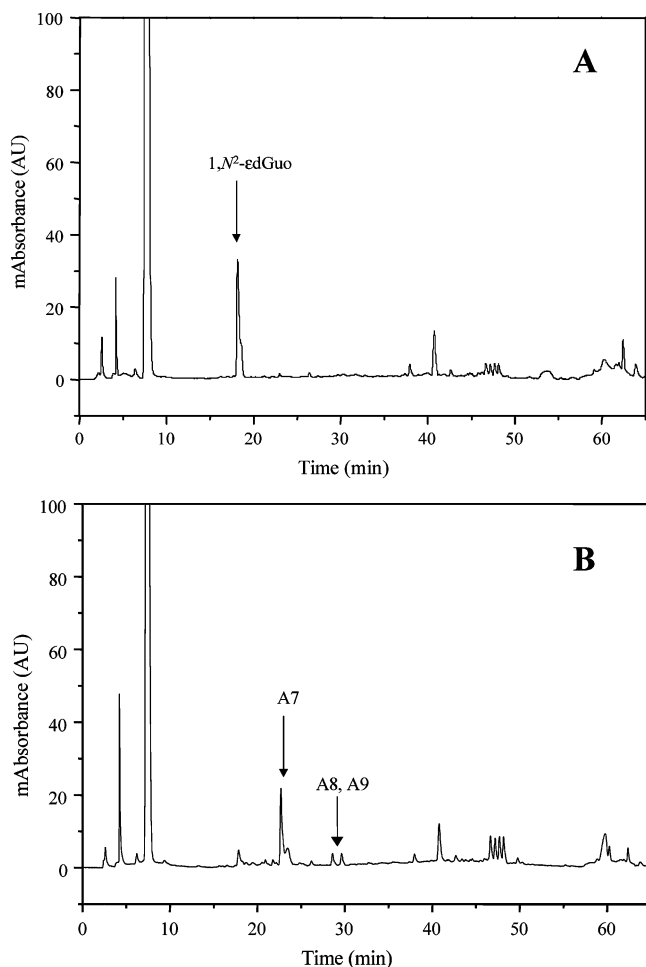


Figure 5. HPLC elution profile of the reaction mixture of dGuo with DDE in the presence of (a) distilled THF and (b) oxidized THF. The chromatograms were obtained with HPLC system 1 ($\lambda = 285$ nm). Conditions were as described in the Experimental Procedures section.

A and B, summarizes the ^1H NMR data of the adducts, while Table 2 gives the ^{13}C NMR data.

Results

Reaction of dGuo with *trans,trans*-2,4-Decadienal in the Presence of Oxidized THF. We have already shown that the reaction of dGuo with DDE at pH 9.4 in the presence of THF containing hydroperoxides leads to the formation of several products, which can be separated by HPLC system 1 (Figure 1, Supporting Information) (7). Adducts **A1**–**A6** were previously characterized as etheno and hydroxy-ethano adduct derivatives resulting from the reaction of the hydroperoxide-oxidized aldehyde with dGuo (7, 8). The present work focused on elucidating the structures of adducts **A7**–**A9**, which exhibit retention times at 21–27 min and, unlike the other products, are observed only when the reactions occur in the presence of oxidized THF.

Purification and Spectroscopic Characterization of the Adducts. Adducts **A7**–**A9** were purified by eluting the aqueous phase of the reaction mixture through the HPLC system 1. The collected fractions were concentrated under vacuum and repurified through the same HPLC system. We attempted, unsuccessfully, to separate adduct **A8** from adduct **A9**, because they interconvert after the isolation procedure.

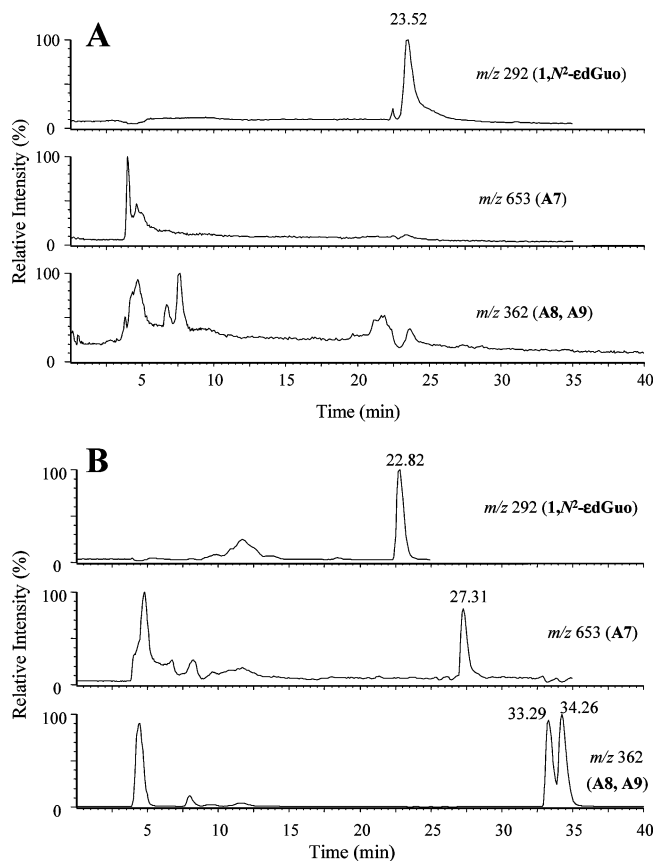


Figure 6. HPLC elution profile with ESI/MS (SIR) detection of the ions $[\text{M} + \text{H}]^+$ m/z 292 ($1,N^2\text{-}\epsilon\text{dGuo}$), 653 (**A7**), and 362 (**A8**, **A9**) of (a) purified $1,N^2\text{-}\epsilon\text{dGuo}$ and (b) $1,N^2\text{-}\epsilon\text{dGuo}$ reacted with oxidized THF. The chromatograms were obtained with HPLC system 3. Conditions were as described in the Experimental Procedures section.

The three adducts display similar UV spectra with λ_{max} at 229 and 287 nm (pH 7.4) for adduct **A7** and λ_{max} at 228 and 282 nm (pH 7.4) for adducts **A8** + **A9** (Figure 2, Supporting Information). The UV spectra obtained for adducts **A8** and **A9** through the photodiode array detector coupled to the HPLC system 1 are identical (data not shown). This UV feature indicates an etheno-2'-deoxyguanosine structure, as described previously (7).

The ESI/MS spectrum of adduct **A7** (Figure 3A, Supporting Information) shows a protonated molecular ion $[\text{M} + \text{H}]^+$ at m/z 653 ($[\text{M} + \text{H}]^+$, 10% relative intensity), a predominant fragment ion at m/z 421 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose} - 2\text{-D-erythro-pentose}$, 100% relative intensity), and three other signals at m/z 537 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose}$, 30% relative intensity), m/z 246 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose} - 1,N^2\text{-}\epsilon\text{dGuo}$, 72% relative intensity), and m/z 176 ($[1,N^2\text{-}\epsilon\text{Gua} + \text{H}]^+$, 40% relative intensity). These ascriptions are consistent with the formation of a dimer of $1,N^2\text{-}\epsilon\text{dGuo}$ linked to a THF molecule. The positive mode ESI/MS spectra of adducts **A8** and **A9** (Figure 3B, Supporting Information) are identical and show a protonated molecular ion $[\text{M} + \text{H}]^+$ at m/z 362 ($[\text{M} + \text{H}]^+$, 17% relative intensity) and a predominant fragment ion at m/z 246 ($[\text{M} + \text{H}]^+ - 2\text{-D-erythro-pentose}$, 100% relative intensity). The MS data indicate an increase in the molecular mass of the adducts by 70 Da with respect to $1,N^2\text{-}\epsilon\text{dGuo}$, being consistent with an adduct $1,N^2\text{-}\epsilon\text{dGuo}/\text{THF}$ (1:1) with the loss of two hydrogen atoms. The identical UV and mass spectral

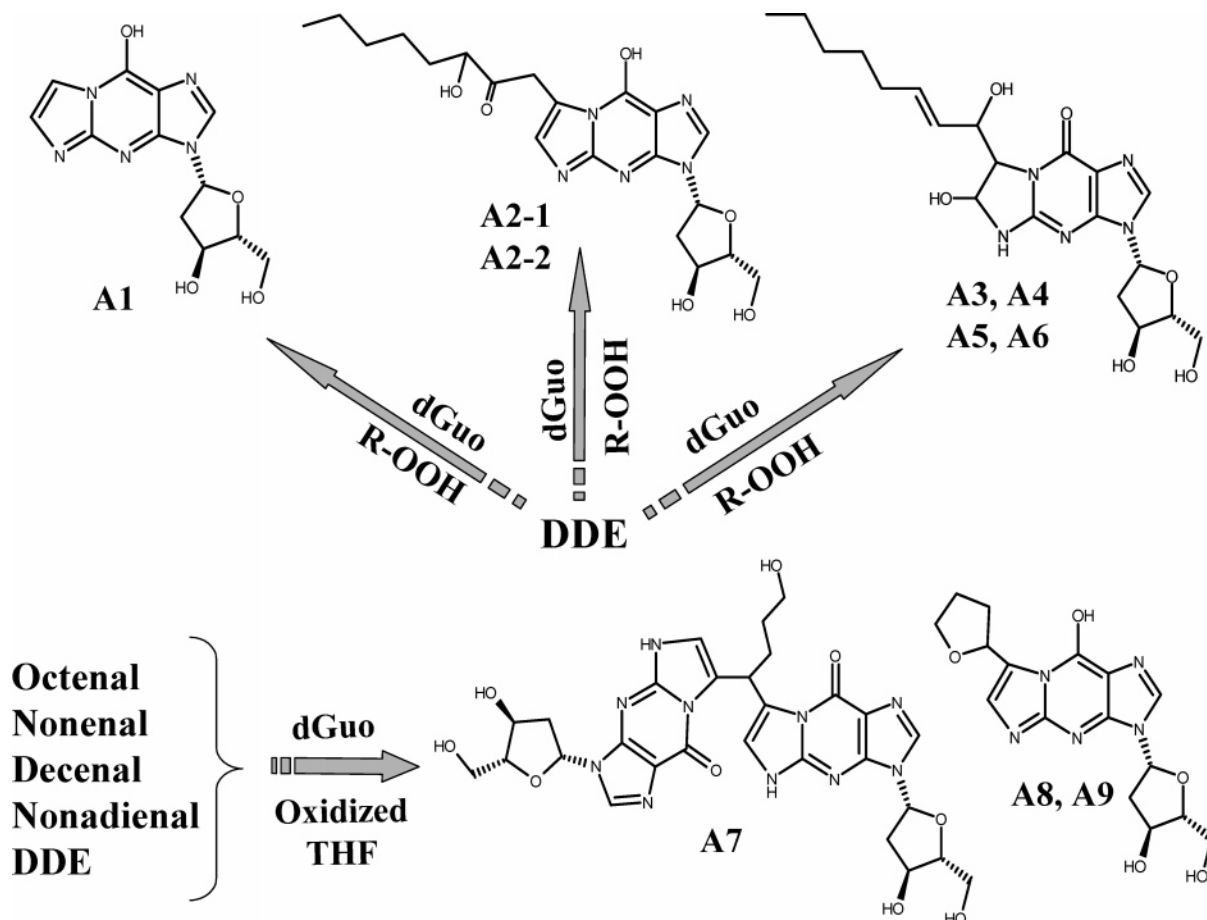


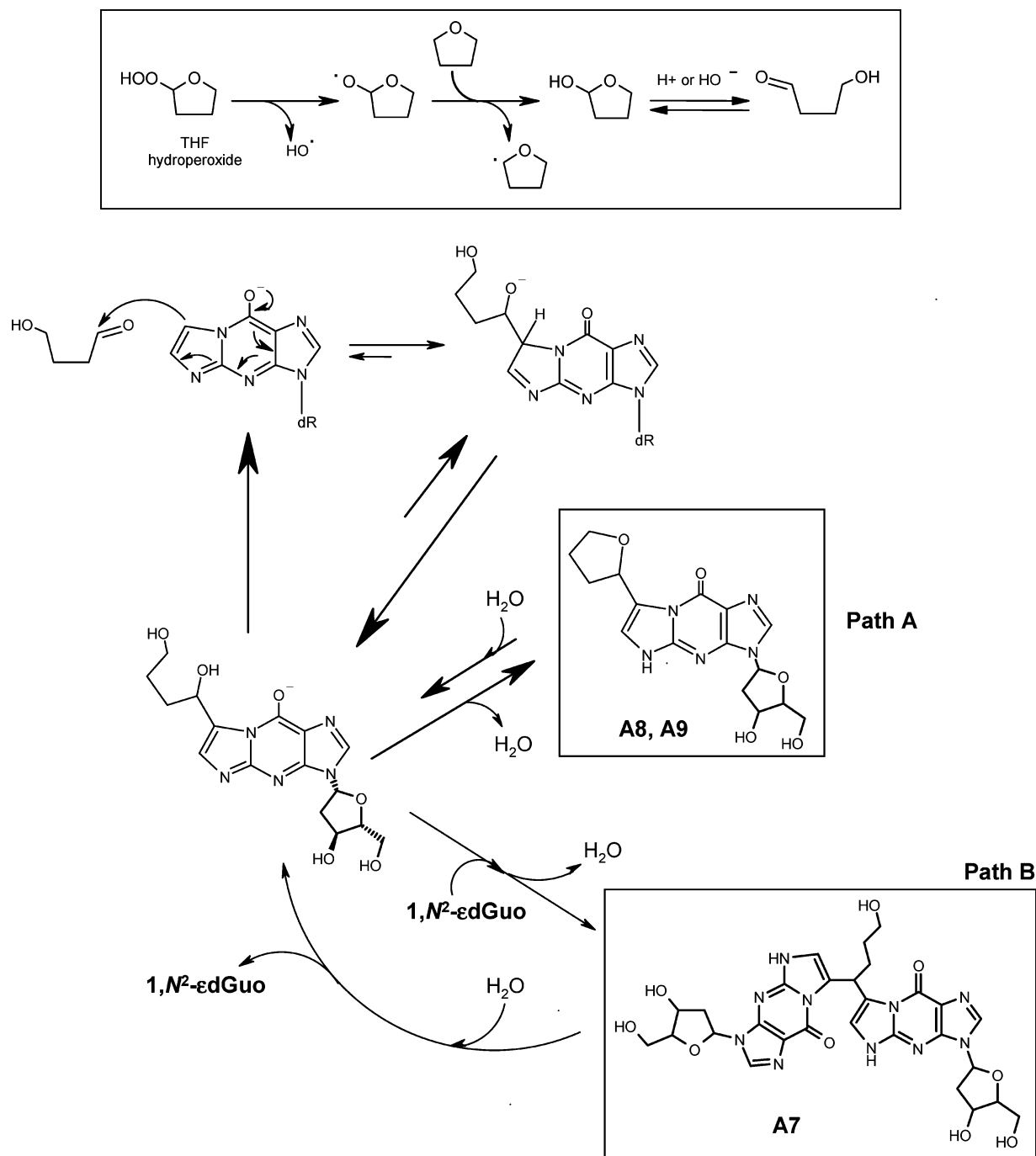
Figure 7. Structures and sources of adducts **A1**–**A9**.

features of adducts **A8** and **A9** indicate that they are isomeric products.

The molecular structures of these adducts were further confirmed by ^1H NMR 1D (Figure 1 and Table 1, sections A and B), 2D (Figure 2 and Figure 4, Supporting Information), ^{13}C NMR (Table 2), DEPT (Figure 3 and Figure 5, Supporting Information), and HMQC (Figure 4 and Figure 6, Supporting Information) spectral analysis. The ^1H NMR (Figure 1) and ^1H – ^1H COSY (Figure 2) spectra of adduct **A7** in $\text{DMSO}-d_6$ show, in addition to the sugar protons, a pair of singlets at 8.035 and 8.027 ppm (H-2) and another at 6.91 and 6.89 ppm (H-6). Peak integration revealed that nearly all the protons were present in duplicate, with the exception of those at 6.26 ppm (H-10) and 4.38 ppm (OH-13). The signals at 1.64 ppm (2H-12), 2.00 ppm (2H-11), 3.45 ppm (2H-13), 4.38 ppm (OH-13), and 6.26 ppm (H-10) indicate the presence of an alkyl side chain in the structure, probably being the link between two $1,N^2$ - ϵ -dGuo residues. The ^{13}C NMR spectrum displays 16 signals corresponding to 16 different carbon atoms. Some of these signals (C-2, C-7, C-9a) are duplicated, one of each coming from the respective carbon in each $1,N^2$ - ϵ -dGuo residue of the double adduct (Table 2). DEPT and HMQC (Figures 3 and 4) indicate that C-2, C-6, and C-10 are $-\text{CH}$ groups and that C-11, C-12, and C-13 are $-\text{CH}_2$ groups. The signals at 60.86 ppm (C-13) and 3.45 ppm (2H-13) lie within the characteristic range of carbon linked to an $-\text{OH}$ group and protons linked to a $-\text{COH}$ group, respectively. A correlation between the signals at 4.38 ppm (OH-13) and 3.45 ppm (2H-13) is observed in the two-dimensional COSY spectrum, besides the correlations between the signals

at 3.45 ppm (2H-13) and 1.64 ppm (2H-12), 1.64 ppm (2H-12) and 2.00 ppm (2H-11), and 2.00 ppm (2H-11) and 6.26 ppm (H-10) (Figure 2). The chemical shifts of H-10 (6.26 ppm) and C-10 (33.70 ppm) are in agreement with those described by Golding and co-workers (10), who characterized a similar structure (a dimer of $1,N^2$ - ϵ -dGuo) resulting from the reaction of dGuo with glycidaldehyde.

The ^{13}C NMR spectrum of adducts **A8** + **A9** also displays 16 signals corresponding to 16 different carbon atoms (Table 2). Comparing the ^{13}C NMR spectra of adducts **A7** and **A8** + **A9**, we can see that the signal at 33.70 ppm (C-10, **A7**) is not present in the spectrum of **A8** + **A9**. Additionally, there is a signal at 73.39 ppm that is absent from the spectrum of **A7** and lies within the characteristic range of carbon linked to an oxygen atom. Another signal appears at 67.99 ppm (C-13), also falling within the characteristic range of carbon linked to oxygen. DEPT and HMQC (Figures 5 and 6, Supporting Information) indicate that C-11 (33.16 ppm for one isomer and 33.19 ppm for the other), C-12 (24.77 ppm), and C-13 (67.99 ppm) are $-\text{CH}_2$ groups and that C-10 (73.39 ppm) is a $-\text{CH}$ group. The chemical shifts of these carbon atoms are congruent with those described to the THF molecule (NMR tables in the literature). The ^1H NMR (Figure 1B) and ^1H – ^1H COSY (Figure 4, Supporting Information) spectra of adducts **A8** + **A9** in $\text{DMSO}-d_6$ show, in addition to the sugar protons, the singlets at 8.06 ppm (H-2) and 7.12 ppm (H-6), pointing to a substituted $1,N^2$ - ϵ -dGuo structure. The correlations between the signals at 5.74 ppm (H-10), 2.31 ppm (H-11a), and 1.92 ppm (H-11b); at 2.31 ppm (H-11a), 1.92 ppm (H-11b), and 1.87 ppm (2H-12); and at 1.87 ppm (2H-

Scheme 1. Structures and Proposed Mechanism for Formation of Adducts A7–A9

12), 3.96 ppm (H-13a), and 3.76 ppm (H-13b) are observed in the two-dimensional COSY spectrum. The chemical shifts of H-12 and H-13 protons are also congruent with those described for the THF molecule (NMR tables in the literature).

Taken together, the above data can be rationalized as follows: adduct **A7** consists of two $1,N^2$ - ϵ dGuo residues linked to a hydroxy-carbon side chain; adducts **A8** and **A9** are interconvertible $1,N^2$ - ϵ dGuo derivatives bearing a THF moiety.

pH Stability of the Adducts. The isolated adducts **A7** and **A8 + A9** were incubated under pH 4.0, 7.4, and 11.0 at 37 °C, and their stability was analyzed by the magnitude of the signals in the HPLC/ESI/MS system 3 up to 24 h. The three adducts are stable at pH 4.0 (data not shown). We observed a decrease of **A7**, **A8**, and **A9**

stability with the increase of pH and time of incubation. Adduct **A7** gives rise to **A8**, **A9**, and $1,N^2$ - ϵ dGuo upon incubation at pH 7.4 and 11, as illustrated in Figure 7A, Supporting Information. Adducts **A8** and **A9** decompose to $1,N^2$ - ϵ dGuo at pH 7.4 and 11, as illustrated in Figure 7B, Supporting Information.

Adduct Formation from the Reaction of Other α,β -Unsaturated Aldehydes with dGuo in the Presence of Oxidized THF. We observed that not only DDE but other α,β -unsaturated aldehydes (2-octenal, 2-nonenal, 2-decenal, and 2,4-nonadienal) also lead to adducts **A7**, **A8**, and **A9** upon incubation with dGuo in the presence of oxidized THF (data not shown). As in the case of DDE, adducts were detected only in the reactions occurring in the presence of THF oxidation products. Incubations with distilled THF (initially without hydro-

peroxides) did not lead to **A7–A9** formation (Figure 5).

Adduct Formation from the Reaction of 1,N²- ϵ dGuo with Oxidized THF. The previous observations point to a reaction between 1,N²- ϵ dGuo and a THF oxidation product for the formation of adducts **A7–A9**. In fact, when the isolated adduct 1,N²- ϵ dGuo was incubated with oxidized THF, as described in the Experimental Procedures section, an analysis by the HPLC/ESI/MS system 3 revealed the formation of adducts **A7–A9** (Figure 6).

Discussion

We have recently shown that the reaction of dGuo with *trans,trans*-2,4-decadienal (DDE), a highly cytotoxic aldehyde generated as a product of lipid peroxidation in cell membranes, results in the formation of a number of different base derivatives. Seven adducts were fully characterized (7, 8): adduct **A1** is 1,N²- ϵ dGuo, a well-known reaction product of epoxy aldehydes with dGuo, adducts **A2–1** and **A2–2** are 1,N²- ϵ dGuo adducts possessing a carbon side chain with a carbonyl and a hydroxyl group, and adducts **A3–A6** are four diastereoisomeric 1,N²-hydroxyethano-dGuo derivatives possessing a carbon side chain with a double bond and a hydroxyl group (Figure 7).

In this study, an analysis of the reaction between DDE and dGuo performed in THF revealed the formation of three novel adducts designated **A7**, **A8**, and **A9**. Thus, 3-(2'-deoxy- β -D-erythro-pentafuranosyl)-7-[3-hydroxy-1-(3-(2'-deoxy- β -D-erythro-pentafuranosyl)-3,5-dihydro-imidazo[1,2-*a*]purin-9-one-7-yl)-propyl]-3,5-dihydro-imidazo[1,2-*a*]purin-9-one (adduct **A7**) and 3-(2'-deoxy- β -D-erythro-pentafuranosyl)-7-(tetrahydro-furan-2-yl)-3,5-dihydro-imidazo[1,2-*a*]purin-9-one (adducts **A8** and **A9**) were characterized on the basis of extensive spectroscopic measurements. Unlike adducts **A1–A6**, adducts **A7–A9** were only observed in the reactions carried out in the presence of THF. The three adducts are products of the combination of 1,N²- ϵ dGuo and oxidized THF. Adduct **A7** consists of two 1,N²- ϵ dGuo residues linked to a hydroxy-carbon side chain. Adducts **A8** and **A9** are interconvertible 1,N²- ϵ dGuo derivatives bearing a THF moiety. Reactions performed in the presence of other α,β -unsaturated aldehydes (2-octenal, 2-nonenal, 2-decenal, and 2,4-nonadienal) and THF also give rise to **A7–A9** adducts.

Adducts **A7–A9** undergo slow decomposition at pH 7.0 and 11.0. Adducts **A8** and **A9** go back to 1,N²- ϵ dGuo, while adduct **A7** leads to **A8** and **A9** with the concomitant release of 1,N²- ϵ dGuo.

The proposed reaction mechanism yielding adducts **A7–A9** is shown in Scheme 1. This mechanism involves the electrophilic attack on 1,N²- ϵ dGuo by the carbonyl of 4-hydroxy-butanal, generated via ring opening of α -hydroxy-THF (THF–OH), giving adducts **A8** and **A9** (path A). Hydroxyalkylation (11, 12) of another 1,N²- ϵ dGuo by either of these adducts, or by their diol precursor, produces the double adduct **A7** (path B).

Double structures involving the 1,N²- ϵ dGuo adduct have already been described by Golding and co-workers (10) in the reaction of glycidaldehyde, classified as an animal carcinogen, with dGuo. *N*-Nitrosopyrrolidine, a cyclic nitrosamine generated endogenously and present in the diet and in cigarette smoke, is metabolically activated to the α -hydroxyl derivative, which further

reacts with dGuo, yielding a THF–dGuo adduct as one of the main products in *in vitro* reactions (13). One of the major products of the solvolysis of the *in vitro* α -hydroxynitrosamine precursor, α -acetoxy-*N*-nitrosopyrrolidine, is the intermediate THF–OH, which is involved in one of the mechanisms for THF–dGuo formation (13).

Several reports have described the formation of adducts from nucleosides and aldehydes produced during the lipid peroxidation process (14, 15). Our results indicate the formation of condensation adducts between 1,N²- ϵ dGuo and THF oxidation products. This pathway can be relevant in studies on nucleoside adduct formation using THF as solvent. Moreover, considering the formation of THF–OH from α -acetoxy-*N*-nitrosopyrrolidine (13) and the detection of γ -hydroxybutyric acid in human biological fluids in a case of acute THF poisoning (3), one could expect the potential formation of the present adducts under conditions in which humans are exposed to oxidative stress and THF–OH sources. Further studies are required to verify the relevance of this mechanism *in vivo*.

Acknowledgment. This work was supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP (Brazil), the Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq (Brazil), Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo (Brazil), and Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência, PRONEX/FINEP (Brazil). A.P.M.L. held a FAPESP fellowship, E.P.M.P. holds a FAPESP fellowship, and O.F.G. holds a CNPq fellowship. P.D.M. is the recipient of a fellowship from the Guggenheim Foundation.

Supporting Information Available: Figure 1: HPLC elution profile of the reaction mixture of dGuo with DDE in the presence of oxidized THF. The chromatogram was obtained with HPLC system 1. Conditions as described in the Experimental Procedures section. Figure 2: UV absorption spectra of (a) adduct **A7** and (b) adducts **A8** + **A9** at different pH (pH 1, 50 mM HCl-KCl; pH 7, 50 mM phosphate buffer; pH 11, 50 mM carbonate–bicarbonate buffer). Conditions as described in the Experimental Procedures section. Figure 3: ESI/MS spectra of (a) adduct **A7** and (b) adducts **A8** and **A9**. Cone voltage was 50 V. Conditions as described in the Experimental Procedures section. Figure 4: ¹H–¹H two-dimensional COSY NMR spectrum of adducts **A8** + **A9** in DMSO-*d*₆. Figure 5: DEPT NMR spectrum of adducts **A8** + **A9** in DMSO-*d*₆. Figure 6: ¹H–¹³C two-dimensional HMQC spectrum of adducts **A8** + **A9** in DMSO-*d*₆. Figure 7: HPLC elution profile with ESI/MS (SIR) detection of the ions [M + H]⁺ *m/z* 292 (1,N²- ϵ dGuo), 653 (**A7**), and 362 (**A8**, **A9**) of (a) purified adduct **A7** incubated in 0.05 M phosphate buffer (pH 7.4) for 15 min, 5 h, and 24 h and (b) purified adducts **A8** + **A9** incubated in 0.05 M phosphate buffer (pH 7.4) for 15 min, 5 h, and 24 h. The chromatograms were obtained with HPLC system 3. Conditions as described in the Experimental Procedures section. This material is available free of charge via the Internet at <http://pubs.acs.org>.

References

- Ong, C. N., Chia, S. E., Phoon, W. H., and Tan, K. T. (1991) Biological monitoring of occupational exposure to tetrahydrofuran. *Br. J. Ind. Med.* 48, 616–621.
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB) (2003) Database maintained by the National Library of Medicine, available through the MEDLARS system. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health, Bethesda, MD.
- Cartigny, B., Azaroual, N., Imbenotte, M., Sadeg, N., Testart, F., Richecoeur, J., Vermeersch, G., and Lhermitte, M. (2001) ¹H NMR spectroscopic investigation of serum and urine in a case of acute tetrahydrofuran poisoning. *J. Anal. Toxicol.* 25, 270–274.

- (4) National Toxicology Program (NTP) (1998) Toxicology and carcinogenesis studies of tetrahydrofuran (CAS No. 109-99-9) in F344/N rats and B6C3F1 mice. Technical Report Series No. 475, NIH Publication No. 98-3965, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health, Research Triangle Park, NC.
- (5) Chhabra, R. S., Herbert, R. A., Roycroft, J. H., Chou, B., Miller, R. A., and Renne, R. A. (1998) Carcinogenesis studies of tetrahydrofuran vapors in rats and mice. *Toxicol. Sci.* *41*, 183–188.
- (6) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (2002) *TLVs and BEIs: Threshold limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices for 2002*, Cincinnati, OH.
- (7) Loureiro, A. P. M., Di Mascio, P., Gomes, O. F., and Medeiros, M. H. G. (2000) *trans,trans*-2,4-Decadienal-induced 1,*N*²-etheno-2'-deoxyguanosine adduct formation. *Chem. Res. Toxicol.* *13*, 601–609.
- (8) Loureiro, A. P. M., Campos, I. P. d. A., Gomes, O. F., Di Mascio, P., and Medeiros, M. H. G. (2004) Structural characterization of diastereoisomeric ethano adducts derived from the reaction of 2'-deoxyguanosine with *trans,trans*-2,4-decadienal. *Chem. Res. Toxicol.* *17*, 641–649.
- (9) Jiang, Z.-Y., Woollard, A. C. S., and Wolff, S. P. (1991) Lipid hydroperoxide measured by oxidation of Fe²⁺ in the presence of xylenol orange. Comparison with the TBA assay and an iodometric method. *Lipids* *26*, 853–856.
- (10) Golding, B. T., Slaich, P. K., Kennedy, G., Bleasdale, C., and Watson, W. P. (1996) Mechanisms of formation of adducts from reactions of glycidaldehyde with 2'-deoxyguanosine and/or guanosine. *Chem. Res. Toxicol.* *9*, 147–157.
- (11) Schnell, H., and Krimm, H. (1963) Formation and cleavage of dihydroxydiarylmethane derivatives. *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.* *2*, 373–379.
- (12) Casiraghi, G., Casnati, G., Pochini, A., Puglia, G., Ungaro, R., and Sartori, G. (1981) Uncatalyzed phenol-formaldehyde reactions. A convenient synthesis of substituted 2,2'-dihydroxydiphenylmethanes. *Synthesis* 143–146.
- (13) Young-Sciame, R., Wang, M., Chung, F. L., and Hecht, S. S. (1995) Reactions of alpha-acetoxy-*N*-nitrosopyrrolidine and alpha-acetoxy-*N*-nitrosopiperidine with deoxyguanosine: formation of *N*²-tetrahydrofuran-yl and *N*²-tetrahydropranyl adducts. *Chem. Res. Toxicol.* *8*, 607–616.
- (14) Marnett, L. J., Riggins, J. N., and West, J. D. (2003) Endogenous generation of reactive oxidants and electrophiles and their reactions with DNA and protein. *J. Clin. Invest.* *111*, 583–593.
- (15) Bartsch, H., Nair, J., and Owen, R. W. (2002) Exocyclic DNA adducts as oxidative stress markers in colon carcinogenesis: potential role of lipid peroxidation, dietary fat and antioxidants. *Biol. Chem.* *383*, 915–921.

TX0497494

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Internacional, com Arbitragem.

A. P. Loureiro, I. P. de Arruda Campos, O. F. Gomes, E. P. M. Possari, P. Di Mascio, M. H. G. Medeiros: "Structural Characterization of an Etheno-2'-Deoxyguanosine Adduct Modified by Tetrahydrofuran", *Chemical Research in Toxicology*, v. 18, n. 2, p. 290-299 (2005). ISSN 0893-228X.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*



A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting

B.F. Giannetti, F.A. Barrella, C.M.V.B. Almeida*

LaFTA – Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista, R. Dr. Bacelar 1212, Cep 04026-002 São Paulo, Brazil

Received 25 March 2004; accepted 2 September 2004

Abstract

Ternary diagrams are presented as graphic tools to assist environmental accounting and environmental decision-making based on emergy analysis [Odum HT. Environmental accounting – emergy environmental decision making. John Wiley & Sons; 1996. 370 pp. [1]]. Beyond the unquestionable advantages of graphic interpretation over table analysis, the use of ternary diagrams or phase diagrams, widely used for physical chemistry evaluation of three component systems, permits the use of phase diagram properties to assess the dependence of the system upon renewable and non-renewable inputs, the environmental support for dilution and abatement of process emissions and the system efficiency. The prompt visualization of the emergy accounting data makes possible to compare processes and systems with and without ecosystem services, to evaluate improvements and to follow the system performance over time. With the aim of ternary diagrams, aspects such as the interaction between systems and the interactions between systems and the environment can be readily recognized and evaluated.

© 2004 Published by Elsevier Ltd.

Keywords: Emergy analysis; Emergetic sensibility; Graphic tool; Sustainability; Environmental indicators and ternary diagram

1. Introduction

Environmental indicators based on emergy accounting can be calculated and used to evaluate the relationships among components of anthropogenic systems and the resources needed to produce goods and services, such as industrial products, of these systems [1]. These indices and ratios depend upon the fraction of renewable and non-renewable inputs and on purchased inputs locally available or imported from outside the system. Taking into account the carrying capacity of the environment, indices can provide valuable information about the development and operation of economic systems within this environment. Emergy based indices

provide practical information about the quality of inputs and outputs, the thermodynamic efficiency of the system, and especially about the interaction between the system and environment in which it is inserted.

Environmental assessment based on emergy takes into account the rate of natural resources use, their efficient exploitation, the carrying capacity of the environment and the production of wastes and pollutants, which determine the global sustainability of a system. The indices and ratios that arise from emergy analysis are able to account for both ecological and economic contribution and their use may enable international comparability. However, a lack for a clear and uniform representation of these indices can make the confrontation of different data troublesome and intricate.

Several models have been proposed to represent graphically environmental indicators. The ISSE index (Integrated Italian Sustainability Index) was introduced

* Corresponding author.

E-mail address: cmvbag@terra.com.br (C.M.V.B. Almeida).

by the Institute of Sustainable Development and is based on three pillars: welfare, environmental quality and resource use [2]. A multidimensional vector presentation is used to show the role of each index component being the ISSE index the average of three values. This representation uses a normalization approach that introduces the concept of distance to target. Values of welfare, environment and resource use indexes and can be followed through a time series represented in a circle. Jalal and Rogers [3] developed a graphical representation of the change of the environment using the concept of environmental elasticity, defined by the ratio between the aggregate environmental change and the aggregate economic change. The graphical representation shows four quadrants in which systems or countries are located in an economic–environmental space to illustrate the use of the diagrams. In the first quadrant, economic and environmental changes are both positive and this is the most preferred situation. The third quadrant represents the worst situation when economic and environmental changes are both negative. The principal merit of the environmental elasticity is its dynamism. It uses data from two points at a time to compute economic and environmental changes for both aggregates within a time period.

The environmental diamond is another graphical representation that focuses the state of the environment in a given lapse of time. In a simple version, the diamond shows how the environment depends on the four principal environmental components: air, water, land and ecosystem [3]. The environmental diamond, constructed with selected appropriate variables, namely, energy consumption, population with safe drinking water, fertilizer use and forest cover, is drawn on the Cartesian system of axes using relative values. The result is a square diamond where the overlay data values reflect the situation of individual systems, such as countries or regions.

A graphical representation of the indices obtained by emergy accounting was also reported [4,5]. Ulgiati and Brown have plotted the ratios $N/F = \nu$ (NI) and $R/F = \eta$ (ETA) to the economic investment F , being N the local non-renewable resource flow and R the renewable resource flow. Three-dimensional plots representing the indices environmental loading ratio (ELR), environmental yield ratio (EYR) and sustainability index (SI) against ν and η , called exploit functions, were used to evaluate the amount of investment required to exploit a local renewable or non-renewable resource. The resulting surfaces can provide additional information about the indices and it is possible to simulate conditions where the amount of inputs is changed.

Ternary diagrams have been used to represent Life Cycle Assessment results graphically [6]. The sides of the mixing triangle were associated to three weighting factors: W_{EQ} , the weighting factor for the damage to

ecosystem quality, W_{HH} , the weighting factor for the damage to human health and W_R , the weighting factor for the damage to energy resources, each one varying from 0 to 100%. The graphical representation can be used to assess two product alternatives based on their emissions to the environment and on the corresponding damages. Lines of indifference are calculated by determining points where the eco-index is equal for both products. A freeware tool that calculates and draws such triangles with indifference lines can be downloaded from <http://www.pre.nl/ecoindicator99>.

In this work, ternary diagrams are presented as graphic tools to assist environmental accounting and environmental decision-making based on emergy analysis. Ternary diagrams are here called tools instead of graphical representation because they offer not only possibilities for data interpretation, but also permit data treatment. The use of ternary diagrams, widely in areas such as chemistry, geology and metallurgy, permits the use of the inherent properties of triangular diagrams to assess the dependence of the system upon renewable and non-renewable inputs, the environmental support for dilution and abatement of process emissions and the system efficiency. The prompt visualization of the emergy accounting data makes it possible to compare processes and systems with and without ecosystem services, to evaluate improvements and to follow the system performance over time. With the aim of ternary diagrams, aspects such as the interaction between systems and the interactions between systems and the environment can be readily recognized and evaluated.

2. Emergy accounting

Odum claims in the introduction of his book that: “A science-based evaluation system is now available to represent both the environmental values and economic values with a common measure. EMERGY, spelled with an ‘m’, measures both the work of nature and that of humans in generating products and services” [1]. Emergy is the energy memory or the total energy embodied in any product or service. It is defined as the sum of all inputs of energy needed directly or indirectly to make any product or service [1]. The use of a common basis (solar equivalent Joules, seJ) permits to account all the energy contributions to obtain a certain product or service. The relationship between emergy and energy is given by the transformity (seJ/J), which is the emergy needed to obtain 1 J of a product or service, directly or indirectly. In some cases, it is convenient using emergy per unit, such as mass, to transform the accounted quantities in emergy.

The values of emergy and transformity are path dependent, that is, they are susceptible to the material and energy used at each step of the production process.

161 The transformities of ecological services and products
 162 have been estimated by Odum [1,7], but the trans-
 163 formities of industrial products and services depending
 164 on selected raw material must be evaluated case by case.
 165 A typical emergy flow diagram for an industrial process
 166 is shown in Fig. 1.

167 The emergy flows represent three categories of
 168 resources: R as renewable resources, N as non-renewable
 169 resources and the inputs from the economy, F . All three
 170 categories are fundamental for the emergy accounting
 171 and for the understanding of the system interactions
 172 with the environment. The R and N flows are provided
 173 by the environment and are economically free, but while
 174 the renewable resources can be replaced at least at the
 175 same rate as they are consumed, the non-renewable
 176 resources are depleted faster than their ability of re-
 177 recuperation. The economic inputs, F , are provided by the
 178 market and related to fluxes that are accounted by the
 179 economy. The outputs, Y , may include products,
 180 services and also emissions that are released to the
 181 environment.

182 The vast majority of studies employing emergy
 183 analysis include the three types of resources, but recently
 184 some researchers have quantified the environmental
 185 support for dilution and abatement of process emissions
 186 [8], evaluated the human work to treat industrial and
 187 urban wastes [9–11].

188 Most man made systems are based on the misuse
 189 of locally available resources, R and N , and on an
 190 imported emergy investment F . The emergy flows,
 191 shown in Fig. 1, permit to calculate different indices
 192 that can help to examine and supervise a production
 193 system. A complete inventory of the emergy based
 194 indicators cannot be provided here, but complete
 195 information can be found in [1,12–15]. In this paper
 196 four indicators will be defined to assist the discussion:
 197 the environmental loading ratio (ELR), the emergy yield

ratio (EYR), the emergy investment ratio (EIR) and the
 emergy index of sustainability (SI).

The ELR is an indicator of the stress of the local
 environment due to the production activity. It is the ratio
 of the economic inputs (F) and local non-renewable
 emergy (N) to free environmental emergy, R (Eq. (1)).

$$\text{ELR} = \frac{N+F}{R} \quad (1)$$

Eq. (1) shows that the lower the portion of renewable
 emergy used the higher the pressure on the environment.

The emergy yield ratio, EYR, is the ratio of the
 emergy of the output to the emergy of economics inputs,
 F , and represents the emergetic return on economic
 investment (Eq. (2)).

$$\text{EYR} = \frac{Y}{F} = \frac{R+N+F}{F} \quad (2)$$

This indicator computes the process ability to profit
 from local resources. The lower the portion of the
 economic input (F) the higher is this ability. However,
 this index does not differentiate local and imported
 resources.

The EIR shows the relation between the emergy
 of the economic inputs with those provided by the
 environment, renewable or not (Eq. (3)).

$$\text{EIR} = \frac{F}{N+R} \quad (3)$$

The SI arises from the ratio of EYR to ELR, which is
 a sustainability function for a given process or economy.
 The fact that it is preferable to have a higher emergy
 yield per unit of environmental loading defines this
 index, that evidences if a process offers a profitable
 contribution to the user with a low environmental
 pressure (Eq. (4)) [4].

$$\text{SI} = \frac{\text{EYR}}{\text{ELR}} = \frac{Y/F}{(N+F)/R} \quad (4)$$

3. Phase diagrams

Phase diagrams are used to describe equilibrium
 situations in which two or more phases of matter exist
 together in pure substances or in solutions. They are
 widely used in the physical sciences, especially in the
 fields of metallurgy, materials science, geology, and
 physical chemistry. The ternary diagrams were proposed
 by Gibbs and Roozeboom for the analysis of mixed
 components [16].

Most commonly, three fractions or proportions add
 to 1, or three percents add to 100. The constant sum
 constraint means that there are just two independent

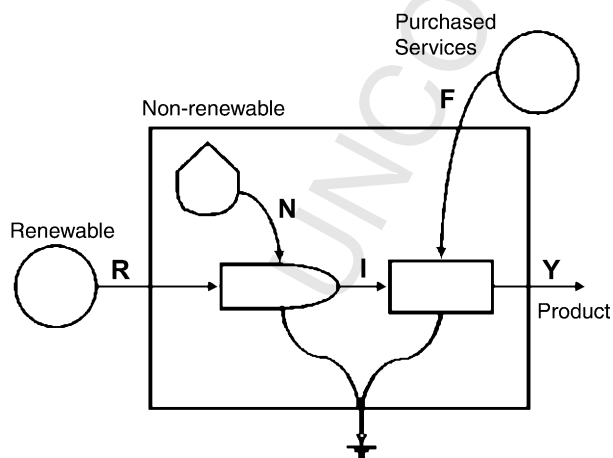


Fig. 1. Emergy flow chart for local renewable emergy inputs (R), local non-renewable inputs (N), purchased inputs from outside the system (F) and system yield ($Y = R + N + F$).

249 pieces of information. Hence, it is possible to plot
250 observations in two dimensions within a triangle. This
251 type of diagram is three-dimensional but is illustrated
252 in two dimensions for ease of drawing and reading.
253 Triangular plots appear under various names in the
254 literature, including trilinear, triaxial, three-element
255 maps, ternary, reference triangles, percentage triangles
256 and mixing triangles.

257 An emergetic ternary diagram has three components,
258 R , N and F (Fig. 2). These components can be
259 represented in an equilateral triangle; each corner
260 represents an element, and each side a binary system;
261 ternary combinations are represented by points within
262 the triangle, the relative proportions of the elements
263 being given by the lengths of the perpendiculars from
264 the given point to the side of the triangle opposite to the
265 appropriate element (Fig. 2a). Hence, the “composition”
266 of any point plotted on a ternary diagram can be
267 determined (or any point can be plotted) by reading
268 from zero along the basal line (axis) at the bottom of the
269 diagram to 100% at the vertex of the triangle. In Fig. 2b
270 the point A represents a system composed by three
271 inputs: 16% of F , 62% of N and 22% of R . This device
272 is possible because the sum of such perpendiculars is
273 independent of the position of the point.

274 Ternary diagrams show important properties. When
275 two different ternary compositions, represented by
276 points P and Q within the triangle, are mixed, the
277 resulting composition will be represented by a point X
278 called here “simergic” point (see Section 3.1), which lies
279 at some point on the segment PQ (Fig. 2c).

280 Another important property of triangular diagrams is
281 the significance of a straight line joining an apex to

282 a point on the opposite edge (Fig. 2d). Any point along
283 the indicated line represents a composition that is
284 progressively poorer in N , as it passes from A to B ,
285 but R and F remain present at the same initial
286 proportion. Therefore, if one wishes to represent the
287 changing composition of a system A as % N diminishes,
288 all that is necessary is to draw a line from the apex N
289 passing through point A . Any ternary system formed by
290 adding or subtracting N from the former composition
291 lies at some point of this line, called here “sensibility
292 line” (see Section 3.1).

293 3.1. Methodology

294 An application composed by two Excel archives was
295 developed with routines written using Visual Basic for
296 Applications. Each apex of the ternary diagram was
297 related to a resource flux: R (renewable), N (non-
298 renewable) and F (purchased). In order to exploit the
299 basic properties of the diagrams, relative values were
300 calculated and used instead of absolute ones, which do
301 not alter indexes values. In this way, a point on the
302 interior of the triangle can describe any product, process
303 or service.

304 One of the Excel archives is used for data entrances,
305 with capacity to present 10 products simultaneously,
306 and capable to compute 50 items for each product or
307 service (Fig. 3).

308 The second archive captures the data, performs the
309 needed calculations and plots the results in the ternary
310 diagram presenting a point for each product or process
311 (Fig. 4). Each point can be selected or unselected
312 according to the analysis to be performed and the size of
313 each point can be proportional to the total energy of the
314 product that it represents. The triangular coordinates
315 were chosen with R coincident with the y -axis of the
316 Cartesian system and at the bottom of the triangle.
317 N lies on the left apex and F on the right apex.

318 Auxiliary lines were defined and can be selected or
319 unselected to facilitate analysis: resource flow lines,
320 sustainability lines, sensibility lines and the synergy
321 point (Figs. 2 and 5).

322 3.1.1. Resource flow lines

323 These lines can be selected to indicate constant values
324 for each resource flow (R , N or F). These lines are
325 parallel to the triangle sides and are very useful to
326 compare the use of resources by products or processes
327 (Fig. 5a). As the sum of R , N and F equals 100%, the
328 indices EYR and EIR can be related to the component F
329 and the corresponding line F , parallel to the RN side, is
330 representative of the values of both indices as follows:

$$330 \text{ EYR} = \frac{100}{F} \quad (6)$$

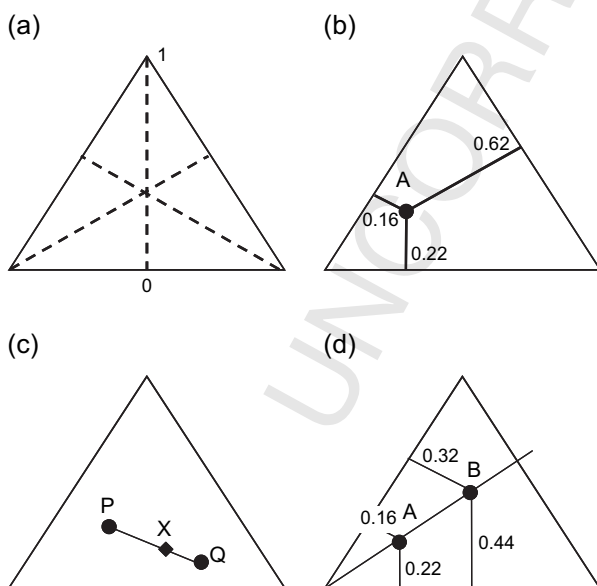


Fig. 2. Representation of (a) a ternary diagram, (b) a general A system, (c) an X system composed by the combination of P and Q systems and (d) the sensibility line.

Ponto	Nome	Item	Descrição	Unidade	Classe	Valor	Transf.	Emergia
1	Eólica	1	Renovável	R		7,28E+17	1,00E+00	7,28E+17
2	Eólica	2	Não Renovável	N			1,00E+00	
3	Eólica	3	Paga	F		1,13E+17	1,00E+00	1,13E+17
52				%R		86,6%	R	7,28E+17
53				%N			N	
54				%F		13,4%	F	1,13E+17
55				%Y		100,0%	Y	8,41E+17
56	Geotermica	1	Renovável	R		3,36E+19	1,00E+00	3,36E+19
57	Geotermica	2	Não Renovável	N		4,61E+18	1,00E+00	4,61E+18
58	Geotermica	3	Paga	F		1,00E+19	1,00E+00	1,00E+19
106				%R		69,7%	R	3,36E+19
107				%N		9,6%	N	4,61E+18
108				%F		20,7%	F	1,00E+19
109				%Y		100,0%	Y	4,82E+19
110	Hidroelétrica	1	Renovável	R		1,69E+19	1,00E+00	1,69E+19
111	Hidroelétrica	2	Não Renovável	N		4,45E+18	1,00E+00	4,45E+18
112	Hidroelétrica	3	Paga	F		3,21E+18	1,00E+00	3,21E+18
160				%R		68,8%	R	1,69E+19
161				%N		18,1%	N	4,45E+18
162				%F		13,1%	F	3,21E+18
163				%Y		100,0%	Y	2,46E+19
164	Metano	1	Renovável	R		2,72E+19	1,00E+00	2,72E+19
165	Metano	2	Não Renovável	N		2,68E+20	1,00E+00	2,68E+20
166	Metano	3	Paga	F		5,28E+19	1,00E+00	5,28E+19
214				%R		7,8%	R	2,72E+19
215				%N		77,0%	N	2,68E+20

Fig. 3. Excel archive for data entrances.

$$EIR = \frac{F}{100 - F} \quad (7)$$

In the same way, the environmental loading can be expressed by the fraction of renewable energy used by a process.

$$EIR = \frac{100 - R}{R} \quad (8)$$

According to Ulgiati and Brown [8], EYR values below 5 denote primary materials, such as cement and steel, and secondary energy resources. Primary energy resources usually have EYR > 5 and processes with environmental yield ratio less than 2 do not contribute as energy source and are associated to consumables or manufacturing processes. Similar analysis can be made using the *R* component associated to ELR. Low values of ELR (nearly 2) indicate low environmental impact or processes having a large area to dilute their total impact. When ELR > 10, there is a high environmental loading and when 3 < ELR < 10, the impact is considered moderate. For extremely high values of ELR, the non-renewable inputs and/or the purchased inputs predominate suggesting that the offer of local renewable inputs is not enough to supply the process demands. In

Fig. 5a it can be observed that the economic investments for products A and B are similar, but *R* and *N* quantities differ substantially.

3.1.2. Sustainability lines

The graphic tool permits to draw three lines shown in Fig. 5b indicating constant values of the sustainability index. These lines are presented independently and the value of SI may be fixed by the user ($SI > 0$). The sustainability lines depart from the *N* apex in direction of the *RF* side allowing the division of the triangle in sustainability areas, which are very useful to identify and compare the sustainability of products and processes. When $SI < 1$, point G, products and processes are not sustainable in a long term [8]. Systems presenting $1 < SI < 5$, point E, may have a sustainable contribution to the economy for medium periods and processes with $SI > 5$ can be considered sustainable in a long term, point D.

3.1.3. Sensibility lines

The graphic tool permits the presentation of three sensibility lines, shown in Fig. 2d, along which one can follow the variation of a given resource flux (*R*, *N* or *F*). Any point along the line represents a condition in which

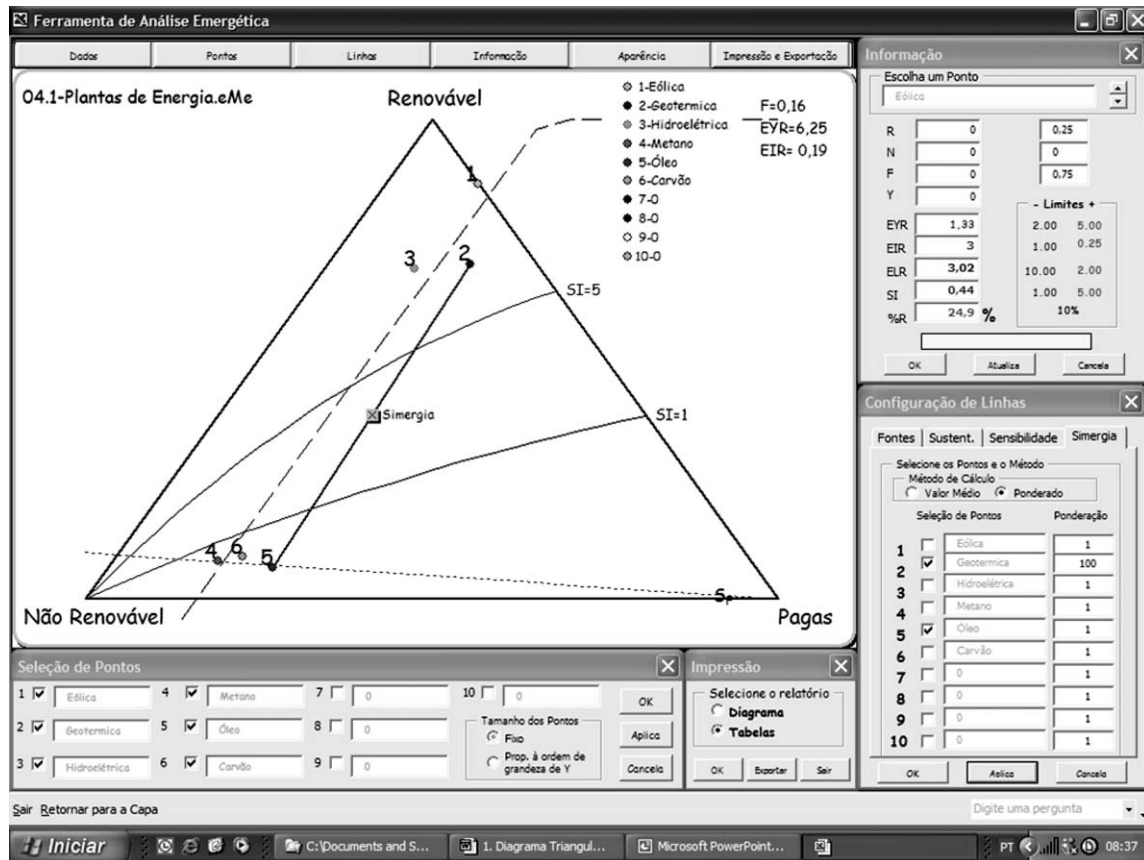


Fig. 4. Archive for data capture, calculations and plot presentation.

382 the other two fluxes remain present in the same initial
 383 proportion. This kind of analysis may be especially
 384 useful to simulate changes regarding the resource fluxes
 385 in an operating system.

386 3.1.4. Simergic point

387 There is still the possibility to present a point, called
 388 simergic point, which represents the resulting composition
 389 of a system composed by more than one product or

390 process (Fig. 2c). The simergic point can be used to
 391 determine the characteristics of a whole sector or a set of
 392 products. Its significance depends on the understanding
 393 that the resource fluxes are independent. The location of
 394 this point on the triangle provides a prompt recognition
 395 of the effects of a sector or an industrial park on the
 396 environment, which is only possible with the application
 397 of the diagram properties and the use of the graphic tool
 398 presented.

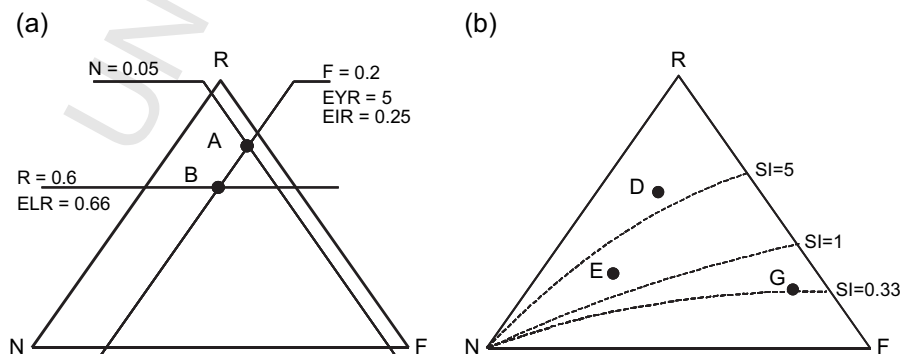


Fig. 5. Auxiliary lines: (a) resource flow lines and (b) sustainability lines.

399 **4. Example of application**

400 The graphic tool produces a triangular plot of three
 401 variables with constant sum. The following hypothetical
 402 example is shown to indicate some of the flexibility of
 403 the ternary diagram applied to emergy accounting. For
 404 this, suppose we have 10 systems, driven by a different
 405 share of emergy inputs as shown in Table 1. With the
 406 hypothetical values of emergy assigned to each point,
 407 the percentage of *R*, *N*, and *F* were calculated. Table 2
 408 shows the indices calculated from the values shown in
 409 Table 1.

410 Assuming that points 1–10 represent different pro-
 411 duction processes of a given industrial sector, the
 412 observations in Tables 1 and 2 give a series of infor-
 413 mation that can be used to compare each process with
 414 the others. For example, processes 2 and 3 use the same
 415 relative amount of renewable resources. The environ-
 416 mental yield of process 2 is better than that of process 3,
 417 the SI index of process 2 is higher than that of process 3
 418 and the environmental loading is the same for both
 419 processes. The economic investment of process 2 is 3.5
 420 times lower than the economic input of process 3, but
 421 process 2 uses six times more non-renewable resources
 422 than process 3. This kind of comparison becomes more
 423 and more intricate as the number of processes increases.

424 The representation of points 2 and 3 on the ternary
 425 diagram permits the prompt visualization of the results
 426 and facilitates the comparison between the processes
 427 (Fig. 6a).

428 In Fig. 6b points 1–4, 6 and 8 are represented with
 429 the resource flow lines $R = 60\%$, $N = 5\%$ and $F = 20\%$
 430 and the sustainability lines for $SI = 1$ and $SI = 5$. It is
 431 easy to note that processes 1, 3 and 8 use the same
 432 percentage of local non-renewable resources, but the
 433 sustainability of process 1 is higher. Process 3 may have
 434 a sustainable contribution for a medium period, but
 435 process 8 will not sustain its operation for a long term.
 436 In the same way, processes 6 and 8 use equal amount of
 437 renewable resources (20%), but process 6 is more
 438 sustainable, despite of their equivalent environmental

Table 2
 Emergy indices calculated from Table 1

	ELR	EYR	EIR	SI
1	0.25	6.67	0.18	26.67
2	0.67	10.00	0.11	15.00
3	0.67	2.86	0.54	4.29
4	1.50	5.00	0.25	3.33
5	1.50	2.00	1.00	1.33
6	4.00	5.00	0.25	1.25
7	4.00	1.67	1.50	0.42
8	4.00	1.33	3.00	0.33
9	9.00	10.00	0.11	1.11
10	9.00	1.25	4.00	0.14

loading. In this case, the economic investment and the
 use of little portion of non-renewable resources favour
 the sustainability of this process.

Processes 4 and 6 can also be compared in Fig. 6b.
 Both processes use the same percentage of economic
 investment for their operation, but the difference in the
 amount of renewable resources determines the higher
 sustainability of process 4.

Fig. 7 shows the use of the sensibility lines. The line
 joining the apex *N* to point 9 passes also on point 6. Any
 point along this line represents a process operating
 progressively with lower quantities of non-renewable
 resources, as it passes from 9 to 6, with *R* and *F*
 remaining present at the same initial proportion.
 Therefore, it is possible to improve the sustainability
 of process 9, changing the quantities of non-renewable
 resources and maintaining the proportion between the
 economic investment and the quantity of renewable
 resources. It is also easy to note that a decrease of
 purchased services of process 8 may enhance its
 sustainability to be equivalent or higher to that of
 process 5. In the same way, the line joining the *R* apex to
 point 7 indicates that especial attention should also be
 given to the use of renewable resources to improve its
 sustainability. Clearly, the sensibility lines show to
 decision makers the way to accomplish economic–envi-
 ronmental targets. Returning to processes 6 and 9, two
 points may be emphasized. First, if process 6 exists,

Table 1
 Hypothetical emergy values and percentage of resource flows

Point	Total emergy (seJ/year)	Annual emergy flow					
		<i>R</i> (seJ)	% <i>R</i>	<i>N</i> (seJ)	% <i>N</i>	<i>F</i> (seJ)	% <i>F</i>
1	6.4×10^{20}	5.1×10^{20}	80	3.2×10^{19}	5	9.6×10^{19}	15
2	8.0×10^{19}	6.4×10^{19}	60	0.4×10^{19}	30	1.2×10^{19}	10
3	7.5×10^{19}	4.5×10^{19}	60	3.7×10^{18}	5	2.7×10^{19}	35
4	6.0×10^{19}	2.4×10^{19}	40	2.4×10^{19}	40	1.2×10^{19}	20
5	5.0×10^{19}	2.0×10^{19}	40	5.0×10^{18}	10	2.5×10^{19}	50
6	5.5×10^{19}	1.1×10^{19}	20	3.3×10^{19}	60	1.1×10^{19}	20
7	2.4×10^{20}	4.8×10^{18}	20	4.8×10^{19}	20	1.4×10^{20}	60
8	7.2×10^{19}	7.2×10^{18}	20	3.6×10^{18}	5	5.4×10^{19}	75
9	7.8×10^{19}	7.8×10^{18}	10	6.2×10^{19}	80	7.8×10^{18}	10
10	6.5×10^{19}	6.5×10^{18}	10	6.5×10^{18}	10	5.2×10^{19}	80

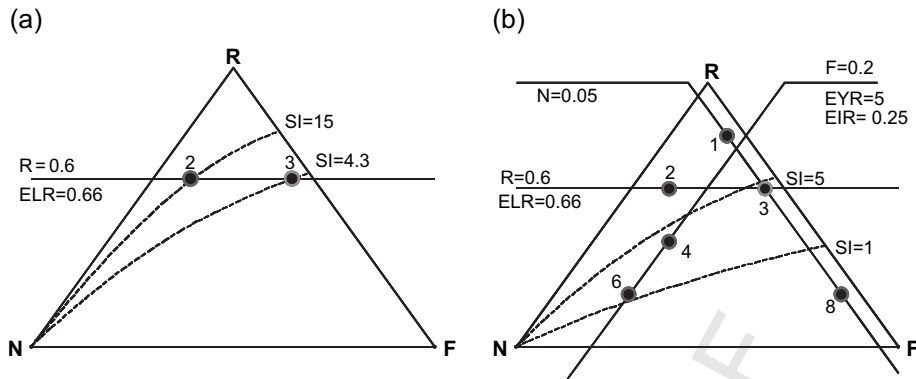


Fig. 6. Representation of hypothetical processes shown in Table 1.

467 there must be a way or technology to improve the
 468 performance of process 9 at least to equalize that of
 469 process 6. Second, the line indicates a hierarchy for
 470 action. Instead of randomly changing all variables to
 471 enhance system 9 functionality; the priority is clearly the
 472 reduction of the use of non-renewable resources.

473 Diagrams of Fig. 8 illustrate an application of the
 474 ternary diagram property, which leads to the simergic
 475 point. This point represents the resulting composition
 476 of a system composed by more than one product or
 477 process. The simergic point is used to determine the
 478 characteristics of a whole sector or a set of products, in
 479 this case formed by processes 1, 2, 6, 7 and 10. The
 480 location of this point on the triangle provides a prompt
 481 recognition of the effects of the set chosen. The SI index
 482 of the set is localised between 1 and 5 ($SI = 4.5$),
 483 indicating that this sector is sustainable for medium
 484 term (Fig. 8a). As the total quantity of products
 485 provided from each process can vary drastically, there
 486 is also the possibility of taking into account the weight
 487 of each process regarding their Y values, their outputs.
 488 For example, each one of these processes could

represent a power plant with different energy pro-
 duction. Fig. 8b shows the simergic point obtained
 considering that processes 2, 6 and 10 produce equal
 quantities of a generic product. The production of
 process 1 is eight times higher and process 7 has capacity
 to produce three times more than process 2. Even with
 the participation of process 7 in the sector, with a bad
 environmental performance ($SI = 0.42$), its association
 with the other three processes, especially process 1,
 guarantees the sustainability of the sector as a whole for
 long periods. The sustainability index for this combina-
 tion was calculated as being 7.2. It is also evident that
 the sector in question should invest in processes like 1 or
 2 for future expansions of the system.

5. Discussion and concluding remarks

Adopting energy based ternary diagrams provides
 a better understanding of the actual contribution of
 given inputs and the global sustainability of production
 processes and especially industrial sectors. Ternary
 diagrams allow one to rank and to assess significant
 differences that can be immediately evaluated. The use
 of the triangle based on energy accounting and energy
 indices to assess production processes and industrial
 sectors permits, not only to evaluate the actual situation
 of a given process, but also to identify critical param-
 eters that may be changed to improve the environmental
 performance of the whole system.

The triangle properties, especially the sensibility lines
 and the simergic point, complement the energy based
 analysis and permit monitoring the present state of a
 system by means of well-defined sustainability indicators
 and forecasting the system's behaviour according to
 changes in its driving forces. With the use of sensibility
 lines, one can assess a process; identify the main driving
 force to enhance its sustainability, to diminish the
 environmental loading and to evaluate the need of

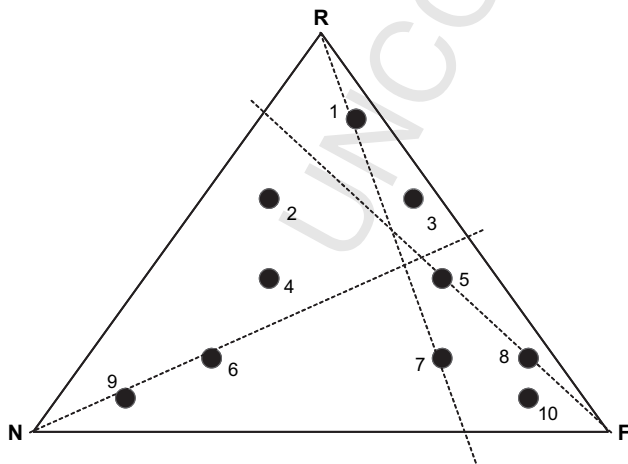


Fig. 7. Ternary diagrams illustrating the use of the sensibility lines.

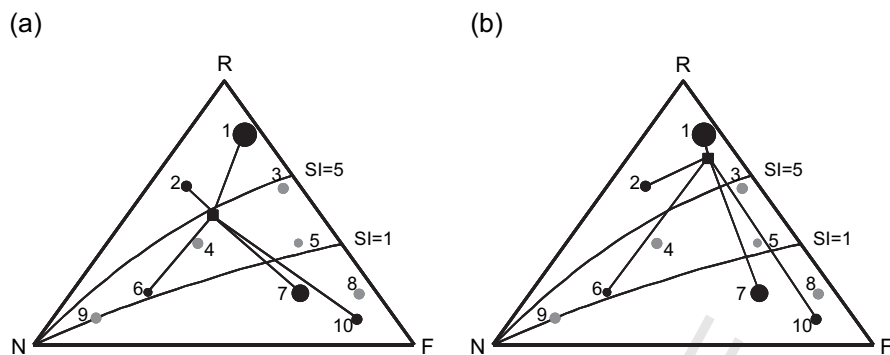


Fig. 8. Ternary diagrams illustrating: (a) the resulting combination of points 1, 2, 6, 7 and 10 and (b) the resulting combination of points 1, 2, 6, 7 and 10, taking into account the total yield of each process.

525 economic investment or change of inputs. It is possible
 526 to follow the effects of any economic or technological
 527 change and to determine the real consequences of these
 528 actions. For example, if emergy is invested in removing
 529 emissions using technology, this emergy can be ac-
 530 counted and the position of the point will change in the
 531 interior of the triangle. Analogously, if environmental
 532 services are needed to absorb and dispose the same
 533 emissions, performance of a production process be-
 534 comes more time and location dependent. When the free
 535 services of the environment are accounted [4], a shift of
 536 the point in the diagram will be also noticed, showing
 537 the actual condition of the system under evaluation. The
 538 introduction of the simergic point permits to go further.
 539 The calculation of the simergic point, taking into
 540 account the production capacity of each component of
 541 an industrial sector, permits to evaluate not only the
 542 sector as a whole, but principally to identify the
 543 processes with inferior environmental performance and
 544 the areas where investment is necessary. The best
 545 alternatives can be simulated and analysed. In the
 546 decision-making process regarding sustainability of
 547 economic development, governments and society will
 548 have a powerful tool to establish policies and to choose
 549 alternatives concerning the environment.

550 On the other hand, when emergy analysis is carried
 551 out concerning processes' emissions and considering the
 552 investment in the waste treatment, an approach such
 553 as that used by Tiezzi and Marchettini [17] could be
 554 an interesting alternative. The emergy analysis of the
 555 municipal solid waste collection was performed compar-
 556 ing the emergy of collection (fuel and labor, which
 557 represents 70–80% emergy of the collection system)
 558 with the total emergy of material production; in order to
 559 assess how much "utility" is extracted from manage-
 560 ment strategy. The representation of this approach,
 561 based on three parameters, on the ternary diagram
 562 should improve the discussion of the results and the
 563 conclusions by the use of sensibility lines and the
 564 simergic point.

The same reasoning could be applied to Life Cycle
 Assessment. In this case, emissions are accounted and
 allocated in three main categories (for example: ecosys-
 tem quality, human health and energy resources).
 Locating the categories at the triangle apexes may
 permit to assess processes and evaluate the total damage
 of a set of products or industrial sectors.

Emergy based ternary diagrams may well be seen as
 progress compared to methods that result in a list of
 interventions or an impact score profile. Such a tool for
 graphical analysis allows a transparent presentation of
 the results and may serve as an interface between emergy
 scientists and decision makers, provided the meaning of
 each line in the diagram is carefully explained.

References

- [1] Odum HT. Environmental accounting – emergy and environ-
mental decision making. John Wiley & Sons Ltd; 1996. 370 pp.
- [2] Ronchi E, Federico A, Musmeci F. A system oriented integrated
indicator for sustainable development in Italy. *Ecol Ind*
2002;2:197–210.
- [3] Jalal KF, Rogers PP. Measuring environmental performance in
Asia. *Ecol Ind* 2002;2:39–59.
- [4] Brown MT, Ulgiati S. Emergy-based indices and ratios to evaluate
sustainability: monitoring economies and technology toward
environmentally sound innovation. *Ecol Eng* 1997;9:51–69.
- [5] Ulgiati S, Brown MT. Monitoring patterns of sustainability in
natural and man-made ecosystems. *Ecol Modell* 1998;108:23–36.
- [6] Hofstertter P, Braunschweig A, Mettier T, Müller-Wenk R,
Tietje O. The mixing triangle: correlation and graphical decision sup-
port for LCA-based comparisons. *Indian J Ecol* 2000;3(4):97–115.
- [7] Odum HT. Self organization, transformity, and information.
Science 1988;242:1132–9.
- [8] Ulgiati S, Brown MT. Quantifying the environmental support for
dilution and abatement of process emissions – the case of
electricity production. *J Cleaner Prod* 2002;10:335–48.
- [9] Yang H, Li Y, Shen SH. Evaluating waste treatment, recycle and
reuse in industrial system: an application of the emergy approach.
Ecol Modell 2003;160:13–21.
- [10] Shu-Li H, Shu-Chi W, Wei-Bin C. Ecosystem, environmental
quality and ecotechnology in the Taipei metropolitan region. *Ecol*
Eng 1995;4:233–48.

- 607 [11] Björklund J, Geber U, Rydberg T. Emergy analysis of municipal
608 wastewater treatment and generation of electricity by digestion of
609 sewage sludge. *Res Cons Rec* 2001;31:293–316.
- 610 [12] Ulgiati S, Odum HT, Bastianoni S. Emergy use, environmental
611 loading and sustainability: an emergy analysis of Italy. *Ecol*
612 *Modell* 1994;73:168–215.
- 613 [13] Brown MT, McClanahan T. Emergy analysis perspectives of
614 Thailand and Mekong River dam proposals. *Ecol Modell*
615 1996;91:105–30.
- [14] Bakshi RB. A thermodynamic framework for ecologically conscious
616 process systems engineering. *Comp Chem Eng* 2000;24:1767–73. 617
- [15] Ulgiati S, Brown MT, Bastianoni S, Marchettini N. Emergy-
618 based indices and ratios to evaluate the sustainable use of
619 resources. *Ecol Eng* 1995;5:519–31. 620
- [16] Castellan GW. *Físico Química 1. Livros Técnicos e Científicos*
621 *Editora S.A.*; 1984. p. 363–5 [in Portuguese]. 622
- [17] Tiezzi E, Marchettini N. *Che cos'è lo sviluppo sostenibile. Roma:*
623 *Donzelli Editore*; 1999. 194 pp. [in Italian]. 624

UNCORRECTED PROOF

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Internacional, com Arbitragem.

B. F. Gianetti, F. A. Barrella, C. M. V. B. Almeida: "A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting", *Journal of Cleaner Production*, v. 22, n. 6, p. 258-271 (2005). ISSN 0959-6526.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

Ferramenta para Tomada de Decisão Considerando a Interação dos Sistemas de Produção e o Meio Ambiente

FLÁVIO A. BARRELLA

CECÍLIA M. VILLAS BOAS DE ALMEIDA

BIAGIO F. GIANNETTI

Universidade Paulista – UNIP

Resumo

Diagramas ternários são apresentados como ferramenta gráfica no auxílio da contabilidade ambiental e tomada de decisões ambientais baseadas na análise emergética. Além de inquestionáveis vantagens da interpretação gráfica sobre análise de tabelas, o uso dos diagramas ternários, largamente empregados para a avaliação da físico-química de diagrama de fases para sistemas de três componentes, permite o uso das propriedades do diagrama de fases para avaliação da dependência dos sistemas sobre entradas renováveis e não-renováveis e a avaliação do suporte ambiental para diluição e redução de emissões dos processos e da eficiência dos sistemas. A imediata visualização dos dados da contabilidade emergética permite a comparação de processos e sistemas com e sem serviços dos ecossistemas, para avaliar melhorias e acompanhamento do desempenho dos sistemas ao longo do tempo. Com a objetividade dos diagramas ternários, aspectos como a interação entre sistemas e a interação entre sistemas e meio ambiente podem ser prontamente reconhecidos e avaliados.

Palavras-chave

Sistemas de produção, ferramenta gráfica, diagrama ternário, sustentabilidade.

Decision-making tool considering the interaction of the production systems and the environment

Abstract

Ternary diagrams are presented as graphic tools to assist environmental accounting and environmental decision-making based on emergy analysis. Besides the unquestionable advantages of graphic interpretation over table analysis, the use of ternary diagrams, widely used for physical chemistry evaluation of three components systems, or three components phase diagrams, permits the use of phase diagrams properties to assess the dependence of the system upon renewable and non renewable inputs, the environmental support for dilution and abatement of process emissions and the system efficiency. The prompt visualization of the emergy accounting data makes possible to compare processes and systems with and without ecosystem services, to evaluate improvements and to follow the system performance over time. With the aim of ternary diagrams, aspects such as the interaction between systems and the interactions between systems and the environment can be readily recognized and evaluated.

Key words

Production systems, graphic tool, ternary diagram, sustainability.

INTRODUÇÃO

As empresas estão cada vez mais cômicas das consequências da deterioração ambiental e muitas delas têm incluído entre suas prioridades a proteção ao ambiente, aliada à qualidade e à segurança, como forma de assegurar a competitividade. A mudança de atitude das empresas em relação ao meio ambiente teve início nas áreas de produção e operação, onde há grandes oportunidades para reduzir o impacto de processos (SARKIS, 1995 e SHEN, 1995). Por um lado, o ambiente foi tomado como um desafio para a indústria (SHARMA e VREDENBURG, 1998; WALLEY & WHITEHEAD, 1994). Por outro lado, considerou-se que a relação ambiente-empresa, baseada em um gerenciamento ambiental efetivo, é capaz de trazer melhorias tanto para o ambiente como para a competitividade da empresa (SHEN, 1995; PORTER, 1995; HART, 1995). Os estudos realizados nos anos 90 pertencem ao segundo grupo e enfatizam os benefícios de um bom desempenho ambiental para operações e processos (GUPTA, 1995; SARKIS, 1995) e para as empresas como um todo (AZZONE & BERTELE, 1994; MAXWELL *et al.*, 1997).

Apesar do grande número de estudos publicados na década de 90, pouca atenção foi dada ao desenvolvimento de indicadores a serem utilizados nas tomadas de decisão que envolvem o aspecto ambiental, e a maioria dos indicadores está relacionada às áreas de produção, como indicadores para a escolha de equipamentos, métodos e práticas produtivas, rendimento de processos e desenvolvimento de produto (KLASSEN, 2000; SHRIVASTAVA, 1995; CONSTABLE *et al.*, 2002).

A exploração de novas alternativas de operação para novos sistemas de produção ou para modificar os existentes exige investimento de capital e, por este motivo, a tomada de decisão nos meios produtivos foi inicialmente baseada em análises de viabilidade econômica. Heizer e Render (1996) propuseram o uso da análise financeira tradicional para a adoção de estratégias no desenvolvimento de produtos e processos. O mesmo método é também utilizado por vários autores, que sustentam ser necessário identificar os custos e benefícios provenientes dos investimentos voltados à redução do impacto ambiental (ALBERTI *et al.*, 2000; SILVA, 2003).

Não obstante, o uso da análise financeira tradicional como critério para tomadas de decisão de caráter ambiental, apesar de ser geralmente aceito, não contempla benefícios e custos intangíveis. A avaliação do aspecto ambiental é bastante complexa e devem considerar um grande número de fatores, alguns dos quais não podem ser avaliados pela análise financeira tradicional, já que não há como estabelecer um valor monetário para custos e

benefícios intangíveis como o valor de uma reserva natural ou o custo para o ambiente absorver poluentes. É, portanto, incoerente estabelecer a análise financeira como ferramenta para avaliar ganhos ou perdas ambientais, especialmente se a empresa tiver incluído a proteção ao ambiente entre suas estratégias de competitividade.

A avaliação ambiental com base na análise emergética leva em conta a taxa de exploração de reservas naturais, o uso eficiente destas reservas e a capacidade de suporte do meio ambiente (ODUM, 1996). Da definição de energia como a *memória da energia* ou a energia total incorporada em um produto, processo ou serviço, os indicadores que resultam da análise emergética refletem tanto a contribuição do sistema econômico como a do meio ambiente (BROWN & ULGIATI, 2002). Estes indicadores são utilizados para avaliar as relações entre componentes do sistema produtivo e as reservas utilizadas para a obtenção do produto de interesse; dependem da fração de insumos renováveis e não renováveis e consideram os insumos disponíveis localmente e aqueles importados de fora do sistema. Obtém-se, desta forma, informações valiosas sobre o desenvolvimento e a operação dos sistemas produtivos, levando em conta a capacidade de carga do ambiente. Pode-se ainda avaliar a eficiência termodinâmica do sistema, a qualidade dos fluxos de entrada e saída do sistema de produção e especialmente a interação entre o sistema e o ambiente em que este está inserido.

Desde a sua introdução, a análise emergética nos processos produtivos (ODUM, 1996) tem-se tornado cada vez mais importante no cenário mundial, sendo hoje estudada nas mais variadas instituições de pesquisa, quer sejam acadêmicas, quer sejam dos setores industriais ou governos. Encontram-se aplicações em vários setores, como na produção de energia elétrica (BROWN & ULGIATI, 2002; ULGIATI & BROWN, 2002; ODUM & PETERSON, 1996; ODUM, 2000; BJÖRKLUND *et al.*, 2001), no tratamento de água (BROWN & McCLANAHAN, 1996; GEBER & BJÖRKUND, 2001; MARTIN, 2002), na fabricação de papel e celulose (LOPES *et al.*, 2003), na produção agrícola (LEFROY & RYDBERG, 2003; PANZIERI *et al.*, 2000; BASTIANONI & MARCHETTINI., 2000), no desenvolvimento urbano (SHU-LI & WAN-LIN, 2003; SHU-LI, 1998; HOWINGTON *et al.*, 1997), nas relações com a economia tradicional (HORNBERG, 1998; CLEVELAND *et al.*, 2000; TON *et al.*, 1998; BROWN & ULGIATI, 1997), entre outros.

Estudos comparativos sobre meios de transporte de passageiros e carga e a utilização de combustíveis alternativos (RYDBERG & JANSEN, 2002; FEDERICI *et al.*, 2003; BYRNE & POLONSKY, 2001) têm sido reali-

zados com a utilização da análise emergética, e seus resultados têm demonstrado quais são as alternativas menos agressivas ao meio ambiente e suas conseqüências econômicas e de produção.

Vários estudos complementares têm, também, sido realizados (FATH *et al.*, 2001; BAKSHI, 2000; BASTIANONI & MARCHETTINI, 1997; BASTIANONI & MARCHETTINI, 1996; PATTEN, 1995; JORGENSEN *et al.*, 1995; POPP *et al.*, 2001; MANOLIADIS, 2002; RONCHI *et al.*, 2002; BARRERA & SALDÍVAR, 2002; SPANGENBERG, 2002; FEDERICI *et al.*, 2003) consolidando a importância da análise e dos indicadores obtidos. Para diferentes setores e processos, novos índices e abordagens têm sido propostos (ULGIATI *et al.*, 1995; POPP *et al.*, 2001; MANOLIADIS, 2002; RONCHI *et al.*, 2002; BARRERA & SALDÍVAR, 2002; SPANGENBERG, 2002; SEAGER & THEIS, 2002) expandindo o alcance da análise emergética, mas ao mesmo tempo gerando uma maior complexidade analítica.

Neste artigo, propõe-se a utilização de uma ferramenta gráfica, desenvolvida em Visual Basic for Applications (ROMAN, 2000; JACOBSON, 2002; ROOS, 1994), para representação dos índices resultantes da análise emergética de processos e de produtos. A ferramenta baseia-se nos diagramas de fases ou diagramas de três componentes, utilizados para representar propriedades de substâncias ou misturas de substâncias (CASTELLAN, 1984). A representação clara e uniforme dos indicadores em diagramas de fases permite visualizar os resultados da análise emergética e comparar sistemas diferentes ou diferentes momentos do mesmo sistema. A utilização dos diagramas permite ainda explorar suas propriedades já conhecidas (CASTELLAN, 1984) e acrescentar duas novas abordagens à análise emergética: introdução da sensibilidade emergética e da simergia. Demonstra-se que a interpretação dos resultados é facilitada com a padronização da ferramenta gráfica, auxiliando a tomada de decisão.

REVISÃO TEÓRICA

Energia e Indicadores

Energia é definida como a quantidade de energia necessária, de forma direta ou indireta, para obter um produto (bem ou serviço) em um determinado processo, sendo sua unidade expressa em seJ (joule de energia solar). O uso de uma única unidade para a

qual são convertidos os diversos tipos de energia permite somar todas as contribuições de energia utilizadas para a obtenção de um determinado produto ou serviço. Define-se a transformidade como a quantidade de energia solar empregada, diretamente e/ou indiretamente, na obtenção de um joule de um determinado produto (bem ou serviço), sendo sua unidade expressa em seJ/J (joule de energia solar por Joule). A transformidade fornece uma medida da concentração de energia e pode ser considerada como um indicador de qualidade. Os valores de energia e transformidade dependem do material e da energia utilizados nas diversas etapas necessárias para a obtenção do produto ou serviço e, por este motivo, variam de acordo com a matéria-prima selecionada, com o tipo de energia empregado na produção e com a eficiência do sistema produtivo.

A tomada de decisão nos meios produtivos foi inicialmente baseada em análises de viabilidade econômica.

As fontes de recursos que compõem qualquer processo podem ser divididas em três classes: renováveis, não-renováveis e provenientes da economia. Esta divisão é fundamental para o estudo emergético e a inter-relação do setor ou processo com o meio ambiente. Na Figura 1 observa-se que fluxos de entrada em um sistema de produção são divididos em reservas não-renováveis (N), serviços e produtos do ambiente renováveis (R) e fluxos provenientes da economia (F). Os recursos renováveis (R) são retirados do ambiente e, como o próprio nome diz, têm a capacidade de renovação temporal e espacial mais rápida que o seu consumo. Encontram-se dentro dessa classe a energia solar, dos ventos, da chuva, etc. Os recursos não-renováveis (N) são armazenados na natureza, porém seu consumo é mais rápido do que a sua capacidade de renovação. Dentro dessa classe encontram-se fontes de recursos como carvão, petróleo, florestas, água potável, etc. Os recursos pagos (F) – vindos da economia – são associados a bens e serviços ou a recursos provenientes de outras regiões fora dos limites do sistema estudado. A Figura 1 mostra um diagrama simplificado em que são identificados os fluxos de entrada R, N e F e o fluxo de saída do produto Y.

Os fluxos de recursos identificados na figura 1 permitem calcular diferentes índices que, por sua vez, podem ser de grande utilidade para analisar ou monitorar um

sistema. Neste artigo serão definidos apenas os indicadores empregados: o rendimento emergético (EYR), o investimento emergético (EIR), o impacto ambiental ou índice de carga ambiental, o índice de sustentabilidade (SI ou EIS) e o percentual de energia renovável (%R).

Calcula-se o rendimento emergético pela relação entre a energia total do produto ($Y = R + N + F$) e a energia de entrada do setor econômico, que não é fornecida gratuitamente pelo meio ambiente (Equação 1). Este índice reflete a habilidade do processo de utilizar recursos locais (ULGIATI e BROWN, 2002), mas não diferencia recursos renováveis de não-renováveis.

$$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{R + N + F}{F} \quad (1)$$

O investimento emergético é a relação entre a energia fornecida pelo sistema econômico e a fornecida diretamente pelo meio ambiente ao sistema estudado, quer seja renovável ou não-renovável (Equação 2).

$$EIR = \frac{F}{N + R} \quad (2)$$

Define-se a carga ambiental como a relação entre a soma da energia de entrada proveniente do sistema econômico e do recurso local não-renovável e a energia do

recurso local renovável (Equação 3). Este índice fornece um balizamento dos serviços ambientais num sistema e mostra um balanço entre os investimentos locais renováveis e não-renováveis. Um valor alto de ELR pode indicar um estresse de utilização dos recursos renováveis locais.

$$ELR = \frac{N + F}{R} \quad (3)$$

O índice de sustentabilidade é obtido da relação entre o rendimento emergético e o índice de carga ambiental (Equação 4). O conceito de sustentabilidade está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (impacto), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos locais.

$$SI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{Y}{F}}{\frac{N+F}{R}} \quad (4)$$

Finalmente, o percentual de energia renovável é a parcela de energia total processada de um determinado sistema que provém de fontes de recursos renováveis (Equação 5).

$$\%R = \frac{R \times 100}{R + N + F} = \frac{R \times 100}{Y} \quad (5)$$

Figura 1: Diagrama de fluxos energéticos, onde aparecem os fluxos de entrada de recursos renováveis (R), não-renováveis (N) e provenientes da economia (F) e o fluxo de saída do produto (Y).

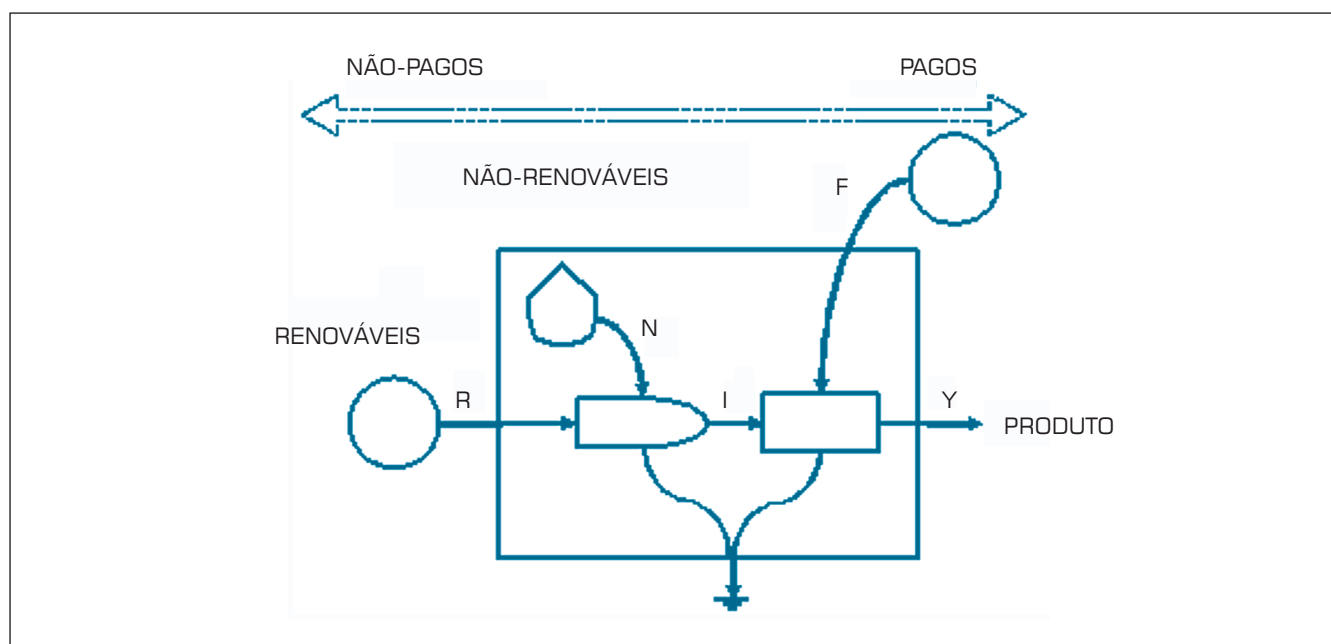


Diagrama de Fases

O método de análise para o estudo de fases em misturas de substâncias proposto por Gibbs e Roozeboom fornece um método gráfico muito eficiente quando temos três variáveis para a descrição de um processo ou de um sistema (CASTELLAN, 1984).

O diagrama triangular é definido como um sistema de coordenadas a partir de um triângulo equilátero cuja altura é igual à unidade. Cada uma das alturas é associada a uma das variáveis, conforme apresentado na Figura 2a. Assim, um ponto qualquer inscrito no triângulo pode ser definido a partir de um conjunto de três valores de coordenadas. Estes são relacionados com um sistema de coordenadas cartesianas com os valores positivos de abscissas coincidentes com a mediana do lado da base do triângulo e a ordenada sobreposta à altura e a origem na interseção da altura e a base do triângulo.

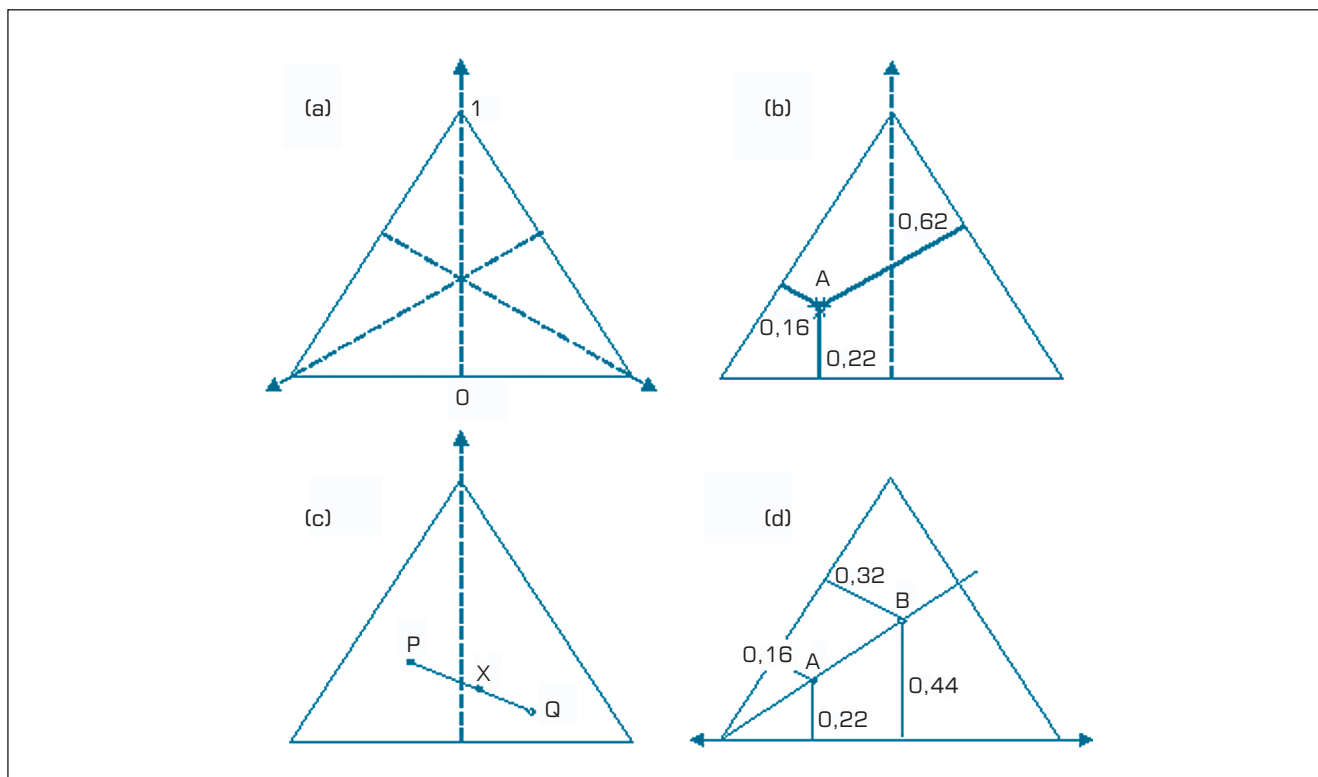
Uma importante propriedade dos diagramas é que a soma das coordenadas triangulares das variáveis é igual à altura do triângulo. Tomando-se a altura do triângulo igual à unidade, teremos que a soma das coordenadas é igual a um, conforme mostrado na Figura 2b. Uma segunda propriedade se refere à combinação de sistemas. Quando combinamos dois sistemas cujas composições

são representadas pelos pontos P e Q, na Figura 2c, a composição da mistura resultante será representada por um ponto X sobre o segmento PQ. Finalmente, outra propriedade importante é que todos os sistemas representados pelos pontos de uma linha que passa por um dos vértices do triângulo possuem dois de seus componentes na mesma razão, conforme apresentada na Figura 2d.

METODOLOGIA

Para este trabalho foi desenvolvido um aplicativo em dois arquivos Excel, com rotinas escritas em Visual Basic for Applications, onde foram correlacionadas a cada um dos eixos do diagrama triangular uma das fontes de recursos (renováveis, não-renováveis e pagas). Um dos arquivos da ferramenta é utilizado para preparação dos dados de entrada, tendo capacidade para a inclusão de até 10 processos com até 50 itens por processo (Figura 3a). Outro arquivo da ferramenta captura esses dados, faz os cálculos necessários e os aplica em um diagrama triangular, apresentando um ponto para cada processo, produto ou sistema. Ainda estão disponíveis linhas auxiliares que podem ser mostradas no diagrama para facilitar a análise.

Figura 2: Diagrama Triangular, representação de: (a) sistema de coordenadas triangulares; (b) propriedade da soma das coordenadas; (c) propriedade da combinação de sistemas; (d) propriedade da proporcionalidade.



A ferramenta permite a apresentação de até 10 processos ou produtos simultaneamente (Figura 3b). Cada ponto pode ser habilitado ou inibido para que não se apresente no diagrama. Ainda pode ser selecionada a apresentação dos pontos com tamanho fixo ou com tamanho proporcional à diferença da ordem de grandeza dos valores de energia total do produto de cada um, isto é, quanto maior o valor de energia do produto maior o tamanho do ponto apresentado. Isto fornece uma idéia das ordens de grandezas dos vários produtos ou processos representados.

Para explorar as propriedades dos diagramas triangulares, esta correlação foi feita com valores relativos de cada fonte de recurso e não com os seus valores absolutos, o que não altera os valores dos índices estudados.

Energia pode ser definida como a *memória da energia* ou a energia total incorporada em um produto, processo ou serviço

Escolheu-se para as coordenadas triangulares, como sendo o eixo das fontes de recursos renováveis (R) coincidente com as ordenadas do sistema cartesiano, o eixo das fontes de recursos não-renováveis (N) partindo da mediana do lado direito do triângulo e passando pelo vértice à esquerda da base do triângulo. O eixo de fontes de recursos pagos (F) parte da mediana do lado esquerdo do triângulo e passa pelo vértice à direita da base do triângulo. Dessa forma, verifica-se que qualquer processo ou sistema pode ser representado por um ponto no diagrama, dado que qualquer processo ou sistema conta com estas três fontes de recursos.

O programa permite, ainda, o traçado de linhas para estabelecer limites ou identificar aspectos com maior facilidade:

Linhas de Fontes de Recursos: A ferramenta permite a apresentação de 3 linhas (R, N e F) para indicação dos valores constantes de cada uma das fontes de recursos. Essas linhas podem ser apresentadas independentemente e os valores escolhidos pelo usuário, numa faixa entre 0 e 1. As linhas de fontes de recursos são segmentos de retas e paralelas aos três lados do triângulo. Com a sua utilização pode-se avaliar e comparar dois processos em relação ao uso de recursos (Figura 4a). Com o uso da ferramenta gráfica, em que se considera o valor de Y unitário (valor normalizado do produto final do processo), os índices EYR e EIR podem ser calculados a partir

da componente F. Dessa forma podemos associar à linha de F os valores dos índices EYR e EIR. Segundo Brown e Ulgiati (2002), valores de EYR abaixo de 5 devem ser considerados como indicativos de fontes de energia secundária e materiais primários como cimento e aço. Fontes de energia primária usualmente têm valores de EYR maiores que 5. Além disso, processos que tenham rendimento emergético (EYR) menor que 2 não fornecem nenhuma contribuição que possa ser considerada como fonte de energia e atuam como produtos de consumo ou etapas na transformação das fontes de energia reais. Análise semelhante é feita com a componente R em relação ao índice ELR. Ainda segundo Brown e Ulgiati (2002), valores baixos de ELR (cerca de 2) são indicativos de relativo baixo impacto ambiental (ou processos que usam uma grande área de ambiente local

para diluir o impacto). Valores de ELR maiores que 10 são indicativos de relativa concentração de impacto ambiental, e aqueles entre 3 e 10 podem ser considerados moderados. Valores extremamente altos de ELR podem ser o resultado de investimentos em um ambiente relati-

vamente pequeno com entradas derivadas de energias não-renováveis muito concentradas.

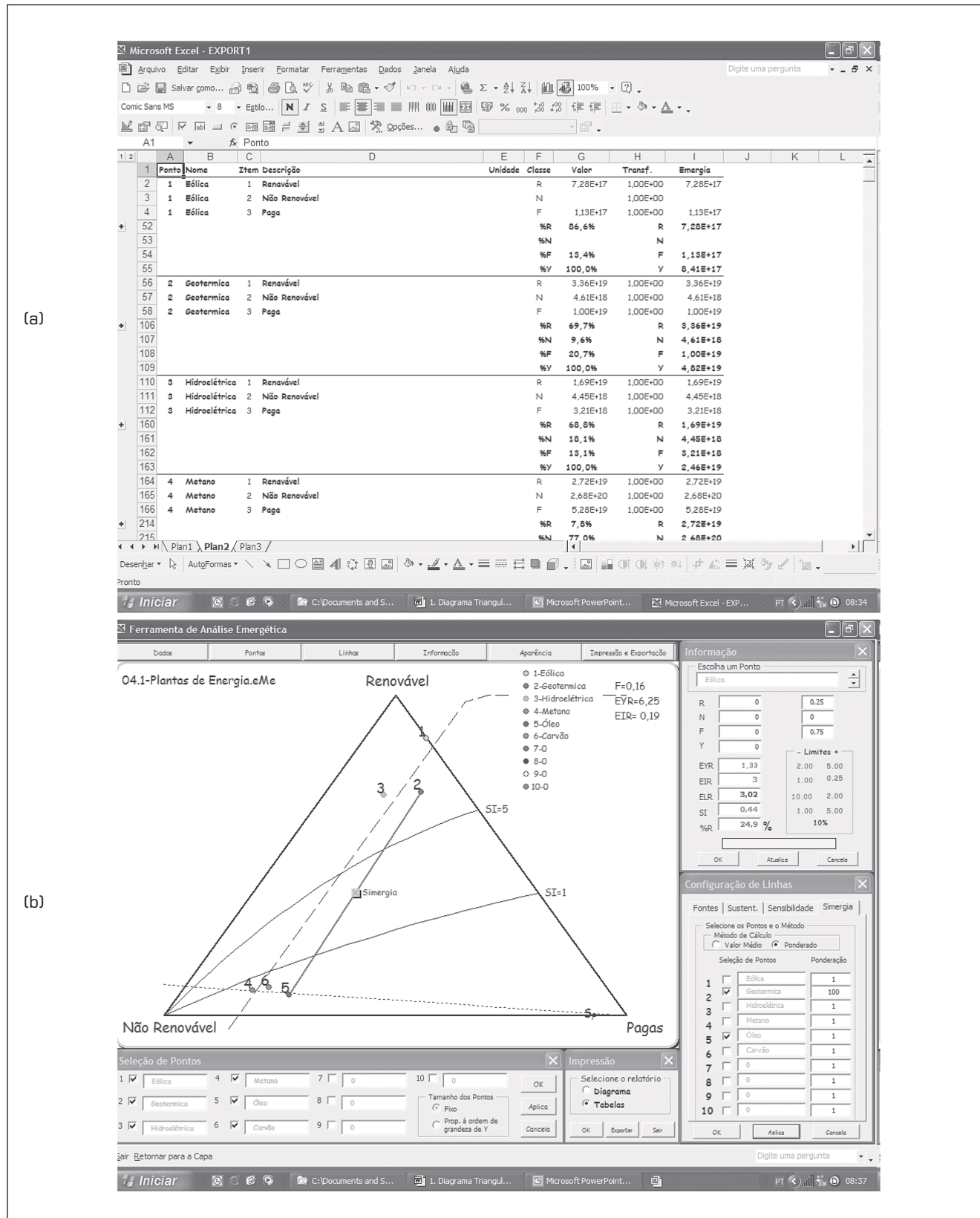
Na Figura 4a, pode-se observar que os sistemas A e B utilizam a mesma porcentagem de recursos pagos, apesar de utilizarem diferentes quantidades de recursos renováveis e não-renováveis.

Linhas de Sustentabilidade: A ferramenta permite a apresentação de 3 linhas (SI_i, SI_j e SI_k), conforme apresentadas na Figura 4b, para indicação dos valores constantes de sustentabilidade. Essas linhas podem ser apresentadas independentemente e os valores escolhidos pelo usuário numa faixa entre 0 e infinito. As linhas de sustentabilidade partem do vértice N e cruzam o lado oposto ao vértice, permitindo assim dividir o diagrama em áreas de sustentabilidade para comparar a sustentabilidade de processos.

Segundo Brown e Ulgiati (2002) valores de SI menores que 1 são indicativos de produtos ou processos que não são sustentáveis a longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um SI entre 1 e 5 enquanto produtos e processos com sustentabilidade a longo prazo têm SI maiores.

Linhas de Sensibilidade Emergética: Existe a possibilidade de apresentação de três linhas (S_R, S_N e S_F) conforme Figura 5, sobre as quais pode-se acompanhar a

Figura 3: Telas dos Aplicativos. (a) Entrada de dados. (b) Diagrama ternário e os menus de seleção.



variação da fonte de recurso considerada (R, N e F). Ao longo de cada linha as outras duas fontes de recursos mantêm a mesma proporção (propriedade da proporcionalidade). O usuário pode escolher o ponto desejado para que as linhas de sensibilidade emergética o contêm. O seu principal uso é para a análise da evolução de processos.

Ponto Simérgico: Ainda há a possibilidade de apresentação de um ponto, que é denominado de ponto simérgico ou simplesmente simergia, que é definido pela composição de dois ou mais pontos que estejam apresentados no diagrama (Figura 6). O ponto simérgico pode ser calculado pela associação direta (valor médio) das emergias de cada classe de fonte de recursos para cada ponto

Figura 4: Diagrama triangular com (a) as três linhas de recursos e (b) as três linhas de sustentabilidade $SI_i = 1$, $SI_j = 2$ e $SI_k = 5$.

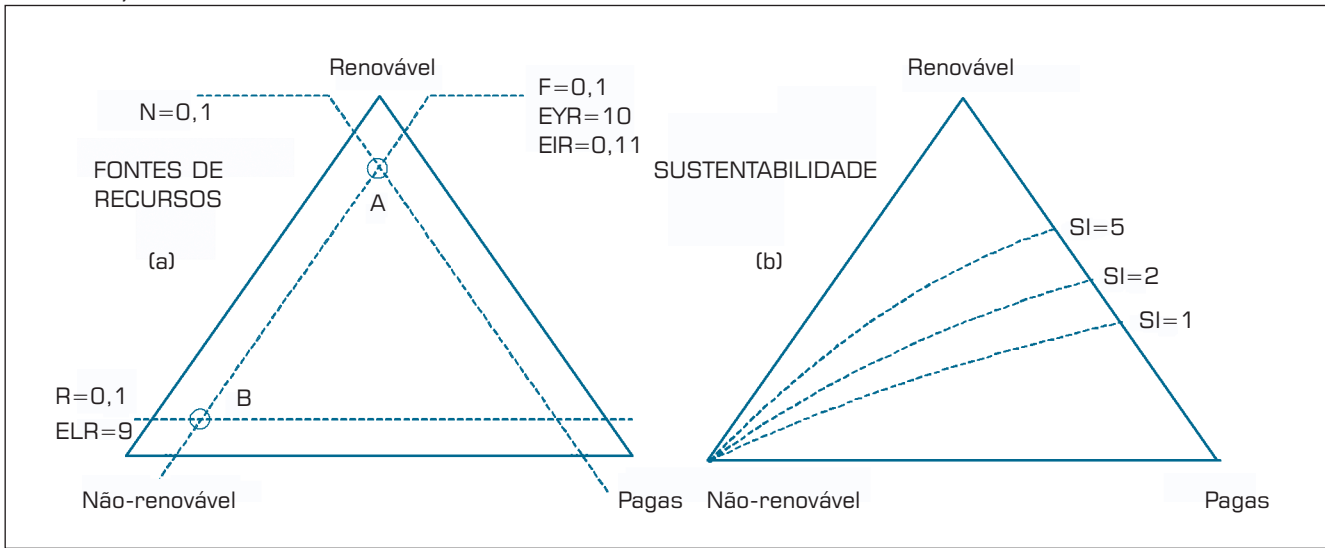
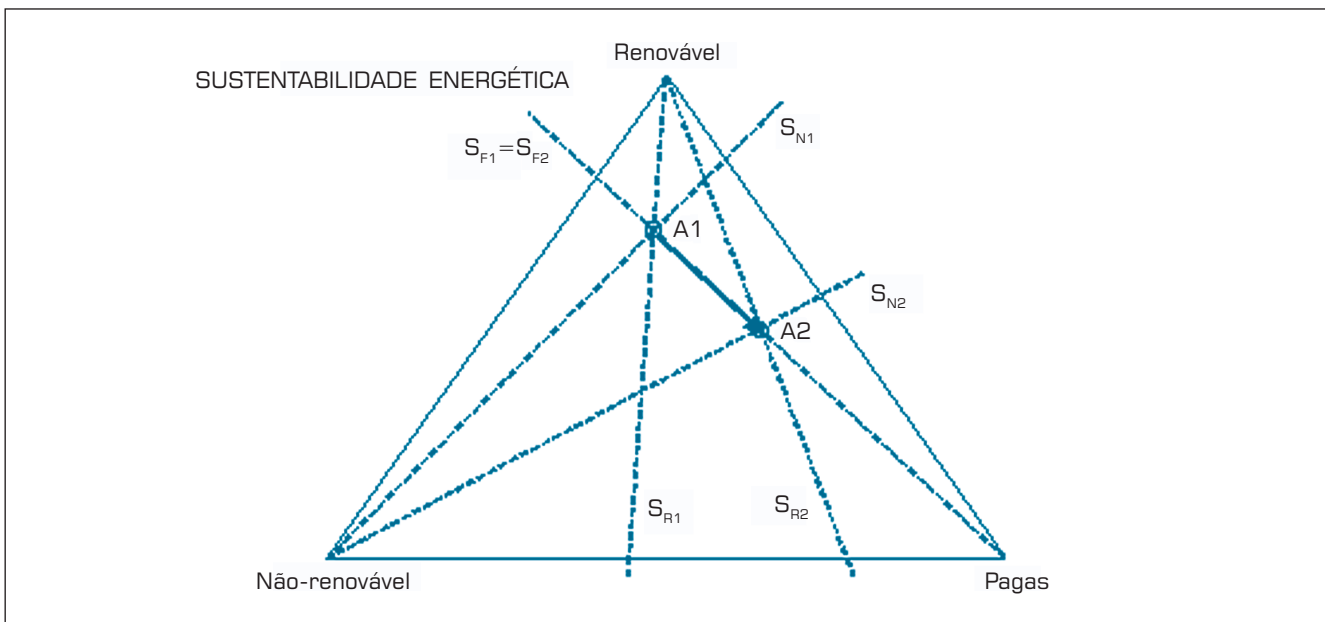


Figura 5: Diagrama triangular onde aparecem as três linhas de sensibilidade emergética do ponto A1 em relação às fontes de recursos renovável (S_R), não renovável (S_N) e pagas (S_F) e as três linhas de sensibilidade — emergética para o ponto A2 após um aumento na fonte de recursos pagas.



considerado, ou ainda, por um fator de ponderação aplicado aos termos do valor médio, escolhido pelo usuário e selecionado de uma tabela de ponderação. O ponto simérgico está associado à propriedade de composição de misturas do diagrama de fases e é utilizado para determinar as características da combinação de dois ou mais processos. A sua aplicação fica condicionada ao entendimento de que os fluxos de recursos dos vários componentes de um ponto simérgico são independentes. Se os fluxos não forem independentes deverá ser considerado somente o maior deles.

Esta última possibilidade de análise é útil quando se estuda o efeito de vários processos sobre o ambiente, por exemplo, o impacto de um parque industrial ou de um setor como o metalúrgico ou o de fornecimento de energia elétrica, como veremos a seguir. O cálculo e a visualização

imediate do impacto total de um setor só é possível com a utilização da ferramenta e da propriedade que possibilita a determinação do ponto simérgico.

APLICAÇÃO

Para efeito ilustrativo será abordado o caso de geração de energia elétrica em seis plantas com seis diferentes fontes de recursos (eólica, geotérmica, hidroelétrica, metano, óleo e carvão). Os valores de energia dos fluxos de recursos consumidos pelas plantas e a produção anual de energia elétrica de cada planta são mostrados na Tabela 1 e foram retirados da literatura (BROWN & ULGIATI, 2002; ULGIATI & BROWN, 2002). Os artigos foram escolhidos de forma a dar um cunho didático e elucidar as possibilidades de tratamento dos dados permitidas pela ferramenta.

Figura 6: Diagrama triangular onde aparecem o ponto simérgico X e as linhas que o ligam aos pontos que o compõem A e B.

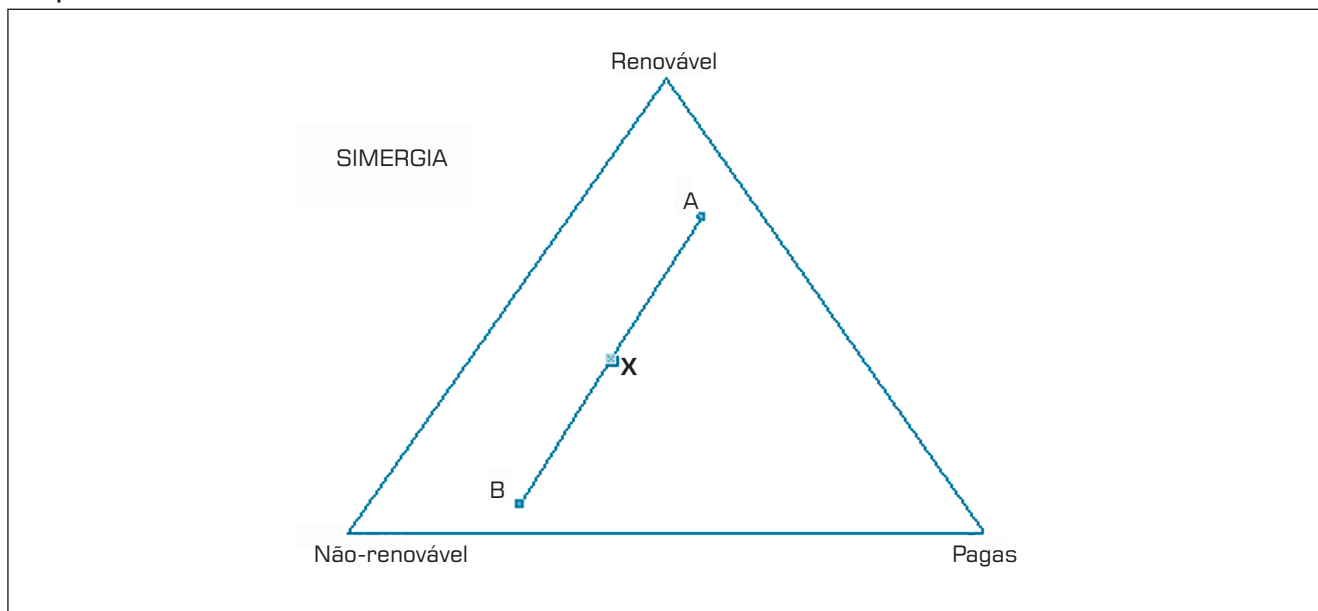


Tabela 1: Valores de energia para plantas de energia elétrica (BROWN e ULGIATI, 2002).

PLANTA DE ENERGIA	ENERGIA PRODUZIDA (W/ano)	RENOVÁVEL (seJ)	NÃO-RENOVÁVEL (seJ)	PAGA (seJ)
Eólica	2,5x10 ⁶	7,28x10 ¹⁷	0,00x10 ⁰⁰	1,13x10 ¹⁷
Geotérmica	20x10 ⁶	3,36x10 ¹⁹	4,61x10 ¹⁸	1,00x10 ¹⁹
Hidroelétrica	85x10 ⁶	1,69x10 ¹⁹	4,45x10 ¹⁸	3,21x10 ¹⁸
Metano	171x10 ⁶	2,72x10 ¹⁹	2,68x10 ²⁰	5,28x10 ¹⁹
Óleo	1280x10 ⁶	3,12x10 ²⁰	3,32x10 ²¹	1,13x10 ²¹
Carvão	1280x10 ⁶	3,68x10 ²⁰	3,05x10 ²¹	7,63x10 ²⁰

A partir da Tabela 1 foram calculados os índices EYR, EIR, ELR e SI para todas as plantas de energia, conforme apresentados na Tabela 2.

Observa-se na Tabela 1 que a produção de energia elétrica nas plantas de óleo e carvão é igual (1280MW) e o uso dos recursos renováveis e não-renováveis equivalente. Há uma pequena diferença nos recursos vindos da economia. Porém, a análise da tabela não permite uma escolha entre as duas plantas de energia, nem no que concerne ao investimento econômico e nem quanto ao uso de recursos naturais.

A metodologia e a ferramenta gráfica apresentadas vêm auxiliar e complementar os modelos hoje empregados para a tomada de decisões.

Os dados da Tabela 1 foram inseridos no aplicativo de entrada de dados. No diagrama da Figura 7a apresentamos os seis pontos obtidos, que representam as seis plantas de energia. Verifica-se que os pontos estão distribuídos no diagrama, localizando assim cada planta em uma área de sustentabilidade. Muitas vezes é útil, no estudo de um setor ou grupo de processos ou produtos, isolar um subconjunto para que a análise fique mais fácil e objetiva de ser realizada. Na Figura 7b apresenta-se outra possibilidade da ferramenta: Pode-se selecionar, por exemplo, o subgrupo das plantas eólica, geotérmica e hidroelétrica, com a opção de apresentação dos pontos com tamanho proporcional à relação da ordem de grandeza de Y. Caso a decisão recaia sobre implantação de plantas de energia que não utilizam combustíveis fósseis é possível compará-las isoladamente. É fácil visualizar que as plantas geotérmicas e hidroelétricas têm um valor de Y maior que a eólica.

O diagrama da Figura 7c mostra a utilização das linhas

de fontes de recursos. Observa-se que os pontos 4, 5 e 6 (metano, carvão e óleo) encontram-se sobre a linha de fonte de recursos $R = 0,08$, que indica a utilização de 8% de recursos renováveis. Considerando-se que o índice ELR (Tabela 2), que pode ser descrito pela quantidade de recursos renováveis utilizados, é a medida do impacto ambiental, pode-se considerar que as três plantas têm características de agressão semelhantes ao meio ambiente, o que pode ser prontamente observado no diagrama.

Observa-se também na Figura 7c que todas as plantas têm sua componente de recursos pagos em torno de 16% como indica a linha $F = 0,16$. É interessante notar que, tanto nas plantas que causam um grande impacto ambiental quanto naquelas cujo impacto é menor, o investimento econômico é muito semelhante. Considerando-se que o índice EYR (Tabela 2) está fortemente atrelado à quantidade de recursos pagos, tem-se uma medida do rendimento ambiental do investimento. Todas as plantas têm esse índice entre 4,21 e 7,47, indicando estarem na faixa de fontes de recursos primárias ou quase primárias.

No diagrama da Figura 7d estão apresentadas todas as plantas de energia e também as linhas de sustentabilidade com valores $SI = 1$ e $SI = 5$. Verifica-se que as três plantas de produção que não utilizam combustível à base de carbono estão em uma região acima da linha de $SI = 5$ e as três plantas de combustíveis à base de carbono em uma região abaixo da linha de $SI = 1$. Aqui a opção torna-se clara quando se deseja produzir energia elétrica de forma sustentável a longo prazo.

No diagrama da Figura 7e estão apresentadas as plantas metano e óleo e também a linha de sensibilidade emergética em relação à fonte de recurso paga (F). Verifica-se que as plantas estão sobre a mesma linha, significando que as proporções das fontes de recursos N e R para os dois pontos não variam, mas somente a proporção da componente da fonte de recurso de F. Isto nos indica que entre uma ou outra opção a diferença está no investimento econômico.

Tabela 2: Índices para as seis plantas de energia elétrica, calculados com auxílio da ferramenta gráfica.

PLANTA DE ENERGIA	EYR	EIR	ELR	SI
Eólica	7,47	0,16	0,16	47,9
Geotérmica	4,82	0,26	0,43	11,0
Hidroelétrica	7,65	0,15	0,45	16,8
Metano	6,59	0,18	11,79	0,56
Óleo	4,21	0,31	14,26	0,30
Carvão	5,48	0,22	10,36	0,53

No diagrama da figura 7f estão apresentadas as plantas eólica e hidroelétrica com as linhas de sustentabilidade que as contém ($SI_{eólica} \cong 48$ e $SI_{hidroelétrica} \cong 17$, Tabela 2). Além disso, é apresentado também o ponto simérgico considerando um fator de ponderação de 8:1 que é a relação de produção de energia elétrica em watts entre elas (20MW para a hidroelétrica e 2,5MW para a eólica). A linha de sustentabilidade que contém o ponto simérgico tem o valor $SI_{EoHi} = 21$. A partir do cálculo de SI das plantas eólica e hidroelétrica em conjunto, pode-se tomar decisões sobre o tipo de planta a investir, verificar qual o efeito da implantação de uma nova planta ou do aumento da capacidade de produção de uma delas sobre a sustentabilidade do sistema em longo prazo.

Considerando que as plantas estudadas por Ulgiati e Brown sejam representativas do setor de geração de energia da Itália, pode-se ponderar o cálculo do ponto simérgico pela matriz de produção de energia elétrica italiana para o ano de 2002 (PUBBLICAZIONE, 2003), conforme mostrado nas Figuras 7g e 7h. Observa-se na Figura 7g que a produção de energia elétrica italiana depende fortemente das usinas termoelétricas, o que se reflete na posição do ponto simérgico na Figura 7h.

DISCUSSÃO

A análise emergética é uma ferramenta poderosa com a qual se podem analisar produtos, processos e setores industriais e sua interação com o meio ambiente. Entretanto, a comparação baseada somente em valores e tabelas pode não deixar inteiramente clara a amplitude das diferenças entre os elementos comparados. Por exemplo, embora as plantas de energia metano, óleo e carvão (Tabela 2), tenham índices de impacto ambiental semelhantes (ELR, Tabela 2), a observação da Figura 7c mostra ainda que as três plantas utilizam a mesma porcentagem de recursos renováveis e que um aumento de investimento econômico não traria vantagens com relação à sustentabilidade do sistema. Da mesma forma ao se avaliar as plantas eólica e hidroelétrica com relação ao rendimento emergético ($EYR_{eólica} = 7,47$ e $EYR_{hidroelétrica} = 7,65$) e ao investimento emergético ($EIR_{eólica} = 0,16$ e $EIR_{hidroelétrica} = 0,15$), verifica-se que ambas têm valores semelhantes para os dois indicadores (Tabela 2). A observação destes dois sistemas na Figura 7c indica que estão sobre a reta de $F = 0,13$, o que mostra que o investimento econômico, nos dois casos, é

praticamente o mesmo. Pela posição no gráfico, pode-se ainda afirmar que a planta eólica tem características de sustentabilidade superiores à hidroelétrica.

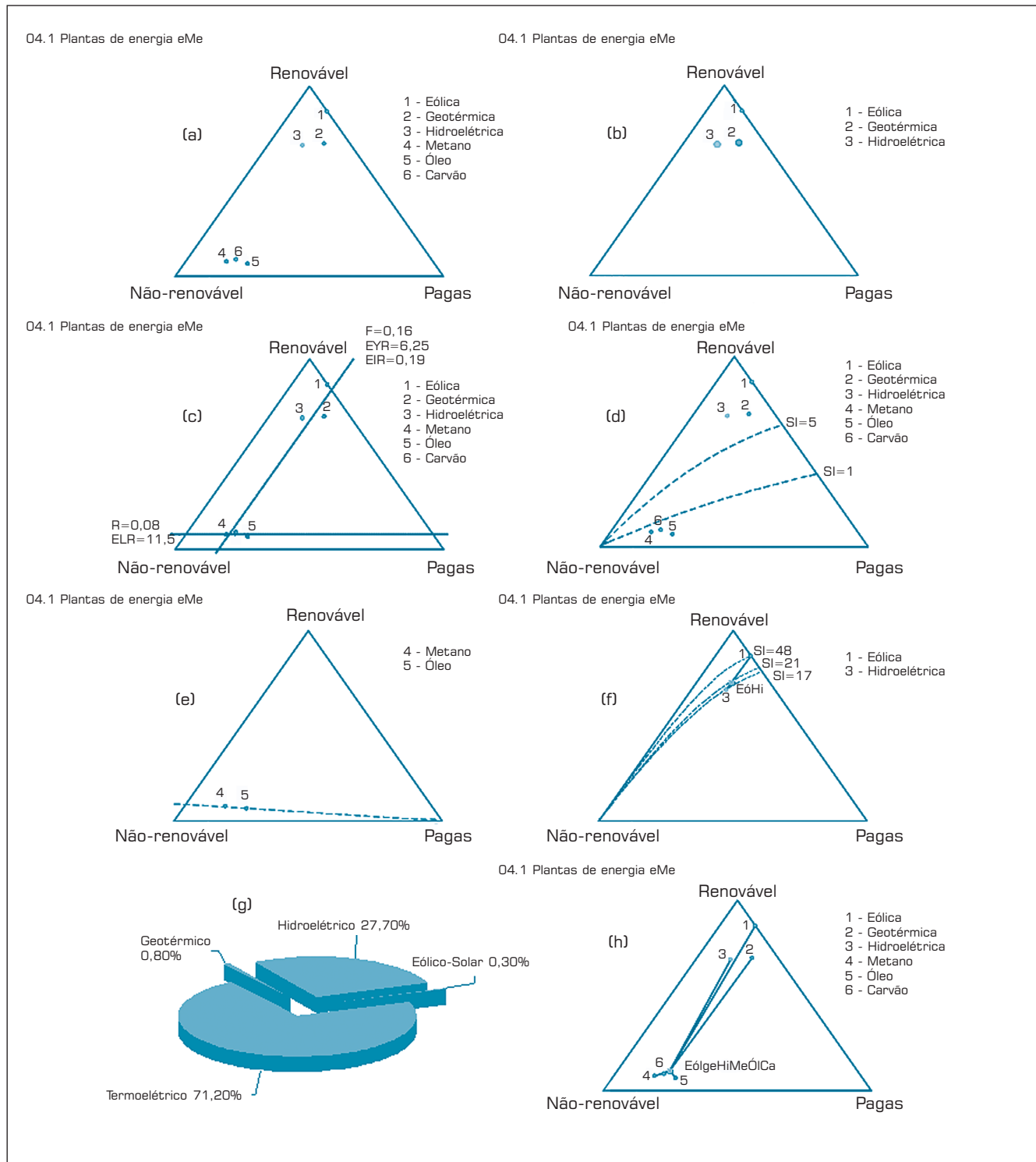
Um outro aspecto interessante que pode ser ressaltado é a característica da relação entre as fontes de recursos. Por exemplo, a Tabela 1 mostra os valores de R, N e F para as plantas de metano e óleo. Com o auxílio da linha de sensibilidade emergética, mostrada na Figura 7e, fica evidente que a relação entre as de fontes de recursos renovável e não-renovável mantêm-se de uma planta para outra, enquanto só há variação na relação da componente de fonte de recurso paga. Isto indica que, para uma mesma utilização dos recursos locais renováveis ou não, necessitamos de mais recursos pagos na planta de óleo do que na de metano.

A ferramenta combina o rigor científico da análise emergética com a praticidade da utilização dos diagramas ternários, já comprovada em várias áreas do conhecimento.

É comum encontrar situações em que processos, como os exemplificados, representam a evolução de um processo ao longo do tempo, indicando a tendência do processo e fornecendo base para ações quer sejam de reforço, quer sejam corretivas do mesmo.

A utilização do ponto simérgico é uma abordagem que só é possível com a utilização da ferramenta gráfica e que se torna bastante interessante ao permitir a obtenção das características de todo um conjunto. Pode-se aplicar esse conceito para, por exemplo, a análise setorial de uma determinada área da economia ou, ainda, um pólo industrial geograficamente confinado. Para ilustrar essa análise, considerando as plantas de energia na Figura 7h, como representativas do parque energético italiano, cada uma com o seu processo produtivo próprio, verificamos que os valores do índice de sustentabilidade de cada uma delas têm valores muito diferentes (Tabela 2). A análise do índice de sustentabilidade para o conjunto das seis plantas, calculada a partir da média ($SI_{Média} = 12,9$) ou da média ponderada considerando a produção de cada planta ($SI_{média\ ponderada} = 3,66$), não tem significado a não ser o matemático. Por outro lado, com a utilização do cálculo do ponto simérgico, que considera a produção de cada uma das unidades na utilização dos recursos R, N e F, pode-se calcular o valor do índice de sustentabilidade do sistema ($SI_{sistema} = 0,59$). A utilização deste conceito pode,

Figura 7: Diagrama Triangular: (a) plantas de energia elétrica; (b) subgrupo das plantas que não utilizam combustíveis fósseis; (c) linhas de R constante e F constante; (d) linhas de sustentabilidade; (e) linha de sensibilidade emergética em relação ao fluxo F; (f) ponto simérgico; (g) matriz energética da Itália; (h) ponto simérgico das plantas de energia elétrica ponderadas pela matriz de produção italiana.



Fonte: Relatório anual do governo italiano, 2003.

por exemplo, auxiliar o legislador a definir regras, normas e leis para regulamentações de setores.

CONCLUSÃO

A metodologia e a ferramenta gráfica apresentadas vêm auxiliar e complementar os modelos hoje empregados para a tomada de decisões. Pode-se verificar que as possibilidades de análise e simulação com base na contabilidade emergética utilizando o suporte do diagrama triangular são infundáveis. Por meio da análise de sustentabilidade pode-se simular ações, como o aumento de investimento ou a troca de matéria-prima, e prever os possíveis impactos ambientais gerados por estas ações. Evita-se, assim, que a tomada de decisões no âmbito da produção gere efeitos não desejados, tanto para o ambi-

ente como para a própria empresa.

A ferramenta combina o rigor científico da análise emergética com a praticidade da utilização dos diagramas ternários, já comprovada em várias áreas do conhecimento, como a físico-química, a mineralogia e a metalurgia. A representação gráfica facilita a interpretação dos dados para engenheiros e administradores, auxiliando e acelerando as tomadas de decisão, e é uma ferramenta útil para mostrar avanços e melhorias de produtos e processos para investidores, podendo ser, também, utilizada para facilitar a interpretação de relatórios públicos ambientais.

Administradores, do setor público e privado, e empresários poderão aplicar a ferramenta para gerenciar e monitorar recursos disponíveis de forma compatível com a vocação ecológica e com a capacidade real para sua sustentabilidade.

Artigo recebido em 00/00/0000

Aprovado para publicação em 00/00/0000

Referências Bibliográficas

- ALBERTI, M.; CAINI, L.; CALABRESE, A.; ROSSI, D. Evaluation of the costs and benefits of an environmental management system. *International Journal*, 4455-4466, 2000.
- AZZONE, G.; BERTELE, U. Exploiting green strategies for competitive advantages. *Long Range Planning*, v. 27, n. 6, p. 69-81, 1997.
- BAKSHI B.R. A thermodynamic framework for ecologically conscious process system engineering. *Computers and Chemical Engineering*, 24, p. 1767-1773, 2000.
- BARRERA-ROLDÁN A.; SALDÍVAR-VALDÉS A. Proposal and application of a Sustainable Development Index. *Ecological Indicators*, 2, p. 251-256, 2002.
- BASTIANONI S.; MARCHETTINI N. Energy/exergy ratio as measure of the level of organization of systems. *Ecological Modelling*, 99, p. 33-40, 1997.
- BASTIANONI S.; MARCHETTINI N. Environmental cost and state: the problem of adiabaticity in the energy value. *Ecological Modelling*, 90, p. 33-37, 1996.
- BASTIANONI S.; MARCHETTINI N. The problem of co-production in environmental accounting by energy analysis. *Ecological Modelling*, 129, p. 187-193, 2000.
- BJÖRKLUND J.; GEBER U.; RYDBERG T. Energy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge. *Resources, Conservation and Recycling*, 31, p. 293-316, 2001.
- BROWN M. T.; ULGIATI S. Energy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. *J Cleaner Prod*, 10, p. 321-334, 2002.
- BROWN M.T.; McCLANAHAN T.R. Energy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals. *Ecological Modelling*, 91, p. 105-130, 1996.
- BROWN M.T.; S. ULGIATI. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering*, 9, p. 51-69, 1997.
- BYRNE M. R.; POLONSKY M. J., Impediments to consumer adoption of sustainable transportation. *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (2001) 1521-1538.
- CASTELLAN G.W., "Físico Química 1", Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., (1984) 363-365
- CLEVELAND C.J.; KAUFMANN R.K.; STERN D.I., Aggregation and the role of energy in the economy, *Ecological Economics*, 32 (2000) 301-317.
- CONSTABLE, J. C. DAVID; CURZONS, ALAN D.; CUNNINGHAM, VIRGINIA L. Metrics to 'green' chemistry - which are the best?, *Green Chemistry*, 4 (2002) 521-527.
- FATH B.D.; PATTEN B.C.; CHOI J.S., Complementarity of Ecological Goal Functions. *Journal Theor. Biol.*, 208, p. 493-506, 2001.
- FEDERICI M.; ULGIATI S.; VERDESCA D.; BASOSI R. Efficiency and sustainability indicators for passenger and commodities transportation systems. *Ecological Indicators*, 3, p. 155-169, 2003.
- GEBER U.; BJÖRKLUND J. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems - a case study. *Ecological Engineering*, 18, p. 39-59, 2001.
- HORNBERG A. Commentary: Towards an ecological theory of unequal exchange: articulating world system theory and ecological economics. *Ecological Economics*, 25, p. 127-136, 1998.
- GUPTA, M. C. Environmental management and its impact on the operations functions. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 6, n. 4, p.6-16, 1995.

■ Referências Bibliográficas

- HART, S. A natural resource based view of the firm. *Academy of Management Review*, v. 20, n. 4, p. 986-1014, 1995.
- HEIZER, J.; RENDER B. Production and operation management: strategic and tactical decisions. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1996.
- HOWINGTON T.M.; BROWN M.T.; WIGGINGTON M. Effect of hydrologic subsidy on self-organization of a constructed wetland in Central Florida. *Ecological Engineering*, 9, p. 137-156, 1997.
- JACOBSON, REED; Microsoft Excel 2002 Visual Basic for Applications Passo a Passo, Makron Books, 326, 2002
- JORGENSEN S.E.; NIELSEN S.N.; MEJER H. Emergy, environ, exergy and ecological modelling. *Ecological Modelling*, 77, p. 99-109, 1995.
- KLASSEN, R. D. Exploring the linkage between investment in manufacturing and environmental technologies. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 20, n. 2, p. 127-147, 2000.
- LEFROY E.; RYDBERG T. Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia. *Ecological Modelling*, 161, p. 195-211, 2003.
- LOPES E. et al. Application of Life Cycle Assessment to the Portuguese Pulp and Paper Industry. *J. Cleaner Prod.*, 11, p. 51-59, 2003.
- MANOLIADIS, ODYSSEUS G. Development of ecological indicators-a methodological framework using compromise programming. *Ecological Indicators*, 2, p. 169-176, 2002.
- MARTIN J.F. Emergy valuation of diversions of river water to marshes in the Mississippi River Delta. *Ecological Engineering*, 18, p. 265-286, 2002.
- MAXWELL, J., ROTHENBERG, S., BRISCOE, F.; MARCUS, A. Green schemes: corporate environmental strategies and their implementation", *California Management Review*, v. 39, n. 3, p. 118-34, 1997.
- ODUM H.T. Environmental Accounting – EMERGY and Environmental Decision Making. Ed. John Wiley & Sons Ltd., 370, 1996.
- ODUM H.T. Emergy evaluation of an OTEC electrical power system, *Energy*, 25, p. 389-393, 2000.
- ODUM H.T.; PETERSON N. Simulation and evaluation with energy systems blocks. *Ecological Modelling*, 93, p. 155-173, 1996.
- PANZIERI M.; MARCHETTINI N.; HALLAM T.G. Importance of the Bradhyrizobium japonicum symbiosis for the sustainability of a soybean cultivation. *Ecological Modelling*, 135, p. 301-310, 2000.
- PATTEN B.C., Network integration of ecological extremal principles: exergy, energy, power, ascendancy, and indirect effects. *Ecological Modelling*, 79, p.75-84, 1995.
- POPP J.; HOAG D.; HYATT D. E. Sustainability indices with multiple objectives. *Ecological Indicators*, 1, p. 37-47, 2001.
- PORTER M.; LINDE VAN DER C. Green and Competitive, *Harvard Business Review*, p. 120-134, Set/Out, 1995.
- PORTER M.; LINDE VAN DER C. Toward a new conception of the environment competitiveness relationship. *J. Econ. Perspect.*, 9, p. 97-118, 1995.
- PUBBLICAZIONE della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per l'Informazione e l'Editoria Direttore: Mauro Mais – Coordinamento editoriale Augusta Busico - Stampa e diffusione Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. – Salário Roma, 2003
- ROMAN, STEVEN. "Desenvolvendo Macros no Excel". *Ciência Moderna*, 569, 2000
- RONCHI E.; FEDERICO A. e MUSMECI F. A system oriented integrated indicator for sustainable development in Italy. *Ecological Indicators*, 2, p. 197-210, 2002.
- ROOS, NELSON. "Visual Basic for Windows Versão 3.0", Makron Books, 390, 1994
- RYDBERG T.; JANSÉN J. Comparison of horse and tractor traction using emergy analysis, *Ecological Engineering*, 19, p. 13-28, 2002.
- SARKIS, J. "Manufacturing strategy and environmental consciousness", *Technovation*, v. 15, n. 2, p. 79-97, 1995.
- SHARMA, S. e VREDENBURG, H. "Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities". *Strategic Management Journal*, v. 19, n. 8, p. 729-753, 1998.
- SEAGER T. P.; THEIS T. L. A uniform definition and quantitative basis for industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, 10, p.225-235, 2002.
- SHEN, T. T. Industrial Pollution Prevention, Berlin: Springer-Verlag, 1995.
- SHRIVASTAVA, P. Environmental technologies and competitive advantages. *Strategic Management Journal*, v. 19, n. 3, p. 183-200, 1995.
- SHU-LI HUANG. Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis, *Journal of Environmental Management*, 52, p. 39-51, 1998.
- SHU-LI HUANG; WAN-LIN HSU. Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction. *Landscape and Urban Planning*, 63, p. 61-74, 2003.
- SILVA B.A. Contabilidade e Meio Ambiente: Considerações teóricas e práticas sobre o controle dos gastos ambientais. São Paulo: Annablume Editora, 2003.
- SPANGENBERG J.H.. Environmental space and the prism of sustainability: frameworks for indicators measuring sustainable development, *Ecological Indicators*, 2, p. 295-309, 2002.
- TON S.; ODUM H.T.; DELFINO J.J. Ecological-economic evaluation of wetland management alternatives, *Ecological Engineering*, 11, p. 291-302, 1998.
- ULGIATI S.; BROWN M. T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. *J Cleaner Prod*, 10, p. 335-348, 2002.
- ULGIATI S.; BROWN M.T., Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. *Ecological Modelling*, 108, p. 23-36, 1998.
- ULGIATI S.; BROWN M.T.; S. BASTIANONI; N. MARCHETTINI, Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources. *Ecological Engineering*, 5, p. 519-531, 1995.
- ULGIATI S.; ODUM H.T.; BASTIANONI S. Emergy use, environmental loading and sustainability: Na emergy analysis of Italy, 73, p. 215-268, 1994.
- WALLEY, N. e WHITEHEAD, B. "It's not easy being green". *Harvard Business Review*, vol 72, n. 3, p. 46-52, 1994.

■ **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Vice-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação pelo apoio a este trabalho e ao Dr. Ian Olsson (Oskarhamn, Suécia) pelas proveitosas discussões e valiosas sugestões. A ferramenta apresentada ainda está em fase inicial de desenvolvimento e, portanto, deverá ser testada o maior número de vezes possíveis, permitindo que as suas funcionalidades possam ser revisadas e alteradas, otimizando as tomadas de decisões que nela se apóiam. Os autores disponibilizam a ferramenta para os interessados e agradecem qualquer colaboração que possa surgir, com sugestões e críticas, que possa de alguma forma ajudar a aprimorá-la.

Flávio A. Barrella

Universidade Paulista – UNIP

Mestrando do curso de Engenharia de Produção – Produção e Gestão Ambiental – Produção e Meio Ambiente e Ciência e Produção mais Limpa.

End.: Rua Lenine Severino, 89 – São Paulo – SP – CEP 05353-230

Tel.: (11) 3714-6992

Cel.: (11) 9948-9885

E-mail: flavio.barrella@uol.com.br

Cecília M. Villas Boas de Almeida

Universidade Paulista – UNIP

Profa. Dra. do curso de mestrado de Engenharia de Produção – Produção e Gestão Ambiental – Produção e Meio Ambiente e Ciência e Produção mais Limpa.

End.: Rua Dr. Bacelar, 1212 – Saúde – São Paulo – SP – CEP 04028-002

Tel.: (11) 5586-4127

E-mail: cmvbag@unip.br

Biagio F. Giannetti

Universidade Paulista – UNIP

Prof. Dr. do curso de mestrado de Engenharia de Produção – Produção e Gestão Ambiental – Produção e Meio Ambiente e Ciência e Produção mais Limpa.

End.: Rua Dr. Bacelar, 1212 – Saúde – São Paulo – SP – CEP 04028-002

Tel.: (11) 5586-4127

E-mail: biafgian@unip.br

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Nacional, com Arbitragem.

B. F. Gianetti, C. M. V. B. Almeida e F. A. Barrella: "Ferramenta para Tomada de Decisão Considerando a Interação dos Sistemas de Produção e o Meio Ambiente ", *Revista Produção*, v. 15, n. 1, p. 87-101 (2005). ISSN 0103-6513.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

Ecologia industrial e o reúso da água

Biagio Fernando Giannetti ¹, Devanil Borges Júnior ² e Cecília M. Villas Boas de Almeida ³



A partir da esquerda: Biagio, Devanil e Cecília

As atividades humanas são as maiores responsáveis pela dispersão de substâncias tóxicas no meio ambiente, tornando-se urgente e necessário promover mudanças na forma de tratar os problemas ambientais. Remediar e controlar os poluentes tornou-se insuficiente, sendo necessário direcionar os esforços no sentido

de reduzir e, principalmente, prevenir o descarte de substâncias nocivas no ambiente. Nas últimas décadas, conceitos foram desenvolvidos como resposta a pressões exercidas tanto pelo próprio meio ambiente como pela sociedade. Produção Mais Limpa (P+L) e Ecoeficiência (EE) são conceitos fortemente ligados, no sentido de gerar benefícios tanto para a empresa, como para o ambiente. Na EE há uma ligação direta entre o desempenho ambiental e o desempenho financeiro, sendo o principal objetivo utilizar as reservas naturais de forma eficiente. Já a P+L tende a centralizar o foco na maior eficiência no uso de materiais, energia, processos e serviços. Dessa forma, o consumo de reservas naturais é minimizado, assim como a poluição e a quantidade de resíduos, trazendo, como consequência, benefícios econômicos e ambientais.

Esse enfoque preventivo mostrou que se pode obter benefício econômico e, ao mesmo tempo, minimizar a poluição. As práticas de P+L e EE já estão disseminadas em várias empresas e têm como principal característica a avaliação detalhada de todas as etapas de um processo, a fim de otimizá-lo. As ações para categorizar todas as operações de uma indústria e acompanhar todos os passos de fabricação de um produto acabam, inevitavelmente, levando

a um conhecimento profundo de cada sistema, permitindo, principalmente, a análise das interações do produtor com outras partes interessadas, sejam elas fornecedores, consumidores de subprodutos ou consumidores finais, ou seja, o Metabolismo Industrial. Nesse contexto, a analogia entre sistemas industriais e ecossistemas vem ganhando força e levando a considerações sobre as interações do sistema com o meio ambiente, por meio da Ecologia Industrial (EI) (Fig. 1).

A analogia com os ecossistemas permite um passo além: fechar os ciclos de materiais e energia com a formação de uma ecorrede (Fig. 2) que “imita” os ciclos biológicos fechados. A EI propõe, portanto, fechar os ciclos, considerando que o sistema industrial não apenas interage com o ambiente, mas que é parte dele e dele depende.

A EI é uma nova abordagem que, com menos de três décadas, já se encontra amplamente reconhecida pela forma sistêmica com que analisa a antroposfera, seus produtos, resíduos e a interação destes com o meio ambiente. Nesse sentido, o sistema industrial e o de serviços serão planejados e deverão operar como um sistema biológico dependente do sistema natural. O desenvolvimento da EI pretende oferecer um quadro conceitual para interpretar e adaptar a compreensão do sistema natural e aplicar essa compreensão aos sistemas antropogênicos. Busca assim alcançar um padrão de desenvolvimento que seja não só mais eficiente, mas também intrinsecamente ajustado às tolerâncias e características do sistema natural. Essa abordagem envolve (ALLENBY, 1999):

- A criação de ecossistemas industriais, com ênfase na ciclagem do material no sistema, na otimização do consumo de energia, na minimização do resíduo gerado e na reavaliação dos resíduos como matérias-primas,

¹ Professor titular do ICET e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP. Coordenador do LaFTA (Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada). E-mail: biafgian@unip.br. ² Pesquisador do LaFTA (Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada). E-mail: junior.devanil@click21.com.br. ³ Professora titular do ICET e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP. Pesquisadora do LaFTA. E-mail: cmvbag@unip.br.

que seriam utilizadas, se possível, dentro do próprio sistema.

- Controle dos materiais retirados da natureza e dos resíduos descartados no ambiente, preservando as reservas naturais e eliminando o despejo de substâncias tóxicas.
- Desmaterialização dos produtos e diminuição do consumo de energia.
- Simplificação dos processos industriais, se possível, imitando os processos naturais, altamente eficientes.
- Promoção do desenvolvimento de novas fontes de energia, amigáveis ao meio ambiente e provenientes de reservas renováveis.
- Promoção da integração entre empresas, regiões e países para desenvolver programas de caráter ambiental.

Na EI, o objeto de estudo é a inter-relação entre empresas, entre seus produtos e processos em escala local, regional e global (Fig. 2). Porém, mais importante, é o estudo das interações entre os sistemas industrial e ecológico e, conseqüentemente, os efeitos ambientais que estas empresas causam tanto nos componentes bióticos, como nos abióticos da ecossfera. Analisando as empresas individuais como subsistemas de uma ecorrede, observa-se que os limites de cada empresa aumentam, passam pelo ambiente e pelos serviços necessários para seu funcionamento. O objetivo da EI neste contexto é estabelecer o total uso/reúso de reservas para que o sistema não descarte nenhum resíduo, ou seja, emissão-zero.

Utilizando a análise sistêmica proposta pela EI, pode-se utilizar algumas ferramentas poderosas como o primeiro princípio da termodinâmica, que possibilita o balanço de materiais e energia dos sistemas. Outra implicação é que os materiais extraídos do ambiente natural para a produção de bens e serviços devem, certamente, retornar ao ambiente de forma degradada. Muitas das ferramentas desenvolvidas para avaliação de manufaturas e produtos podem ser adaptadas para qualquer tipo de sistema de produção ou serviços. Entre essas ferramentas, podemos citar a avaliação de ciclo de vida e o projeto para o meio ambiente (GRAEDEL e ALLENBY, 1995). Ferramentas desenvolvidas inicialmente para avaliar os sistemas naturais, como a análise emergética, também, podem ser adaptadas com grande sucesso (ODUM, 1996). Esta metodologia oferece grandes vantagens: (i) permite contabilizar recursos naturais (renováveis e não-renováveis) e

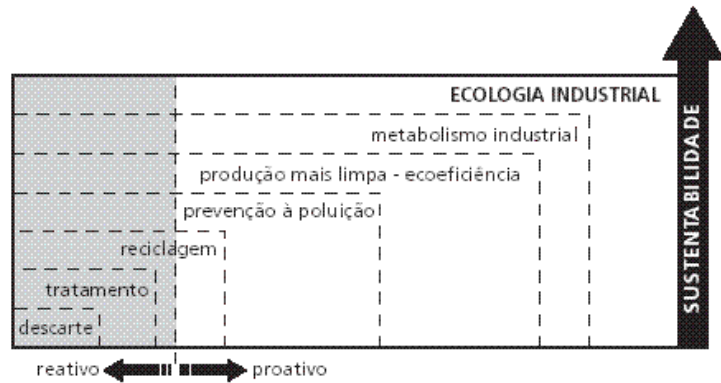


Figura 1
Estratégias para reduzir os impactos ambientais.

aqueles provenientes da economia com a mesma unidade (seJ, joules de energia solar) e (ii) a obtenção de indicadores quantitativos, que permitem a comparação entre os mais variados sistemas.

Avaliação do reúso de água sob a ótica da EI

Para ilustrar a relação entre a EI e a utilização da água, pode-se citar o exemplo da lavagem de veículos de transporte coletivo. Este serviço, apesar de simples, consome grandes quantidades de água, um recurso natural.

Nos processos convencionais de lavagem de ônibus, a água utilizada provém da rede pública ou de poços artesanais e é descartada após utilização em corpos d' água (Fig. 3a). Uma das empresas, porém, utiliza um sistema de captação de águas pluviais. A água captada é armazenada em um reservatório, sendo utilizada juntamente com a água retirada do poço artesiano na lavagem dos ônibus. Toda a água, depois de utilizada, é enviada para uma estação de tratamento de efluentes (ETE), para então ser novamente reutilizada na lavagem dos ôni-

Figura 2
Representação de uma ecorrede, mostrando a otimização dos fluxos de materiais/energia devido à formação da rede. Os fluxos de produto não estão representados, somente aqueles que caracterizam uma ecorrede.

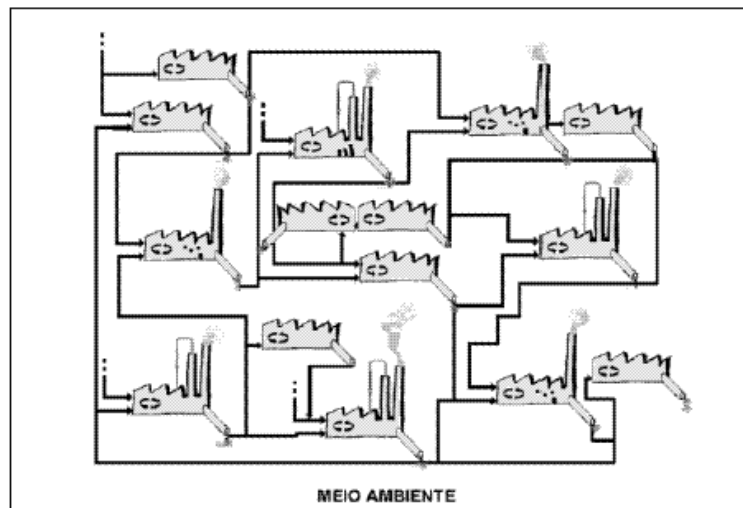
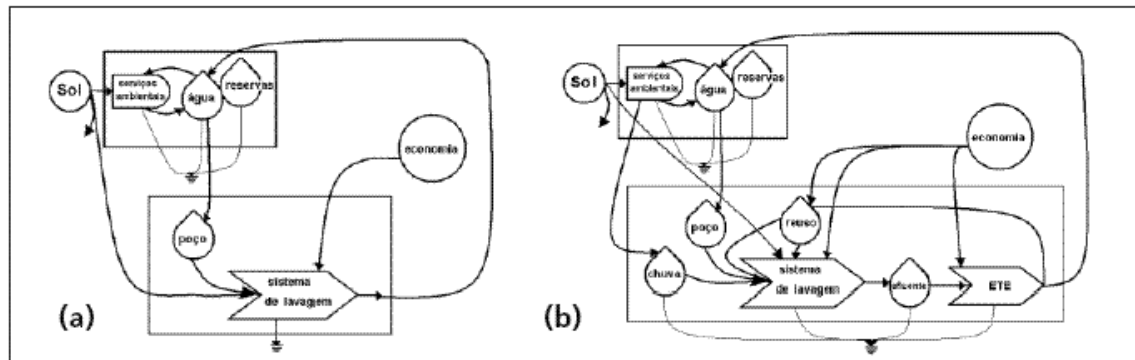


Figura 3
Diagramas de energia do processo de lavagem de veículos urbanos: (a) sistema convencional e (b) sistema com captação de água de chuva e reúso de água.



bus, fazendo com que o sistema se aproxime de um ciclo fechado (Fig. 3b).

A empresa que utiliza este processo de lavagem alternativo economiza no consumo de água e no pagamento da taxa de esgoto, tornando-se, assim, mais competitiva no mercado, apesar do investimento em obras civis, compra de equipamentos, monitoração da qualidade da água e manutenção do sistema.

A análise emergética permite verificar se a empresa faz captação de águas pluviais e o reúso da água, além de contribuir para a diminuição do desperdício da água doce, também contribui efetivamente para a sustentabilidade do meio ambiente.

O principal objetivo da EI é transformar o caráter linear do sistema industrial em um sistema cíclico, no qual matérias-primas, energia e resíduos sejam sempre reutilizados. A criação de ecossistemas industriais, com ênfase na ciclagem do material no sistema, pode ser associada às práticas de P+L e é essencial no caminho da EI. Entretanto, mais importante é a possibilidade de se avaliar quantitativamente os resultados obtidos.

Os índices emergéticos calculados para os processos de lavagem (a) e (b) são mostrados na tabela 1 e permitem avaliar quantitativa-

mente a relação entre os recursos empregados, direta ou indiretamente, para a implantação do processo e sua operação. Os índices calculados mostram que o processo (b) que capta água de chuva e reusa a água de lavagem apresenta rendimento emergético três vezes maior que do processo convencional, indicando que a exploração de recursos em relação ao investimento econômico é eficiente. A mesma observação pode ser feita com relação aos valores de investimento emergético. O índice de carga ambiental mostra que o impacto do processo (b) no ambiente é menor que o do processo (a), mostrando quantitativamente que o processo (b) é 500 vezes mais nocivo ao ambiente.

O índice de sustentabilidade (SI) faz uma relação entre a carga ambiental relativa ao processo e o rendimento emergético do processo. Quanto maior o rendimento e menor a carga ambiental, maior será sua sustentabilidade. Em geral, processos com SI maior que cinco são considerados sustentáveis em longo prazo e não-sustentáveis os processos com SI menor que um, (BROWN e ULGIATI, 1998). Na tabela 1, pode-se observar a situação dos dois processos estudados.

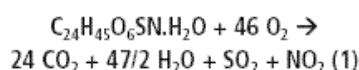
Se há intenção de se alcançar a sustentabilidade, devem ser incluídas as interações com o ambiente por períodos maiores de tempo e também

Índices emergéticos		Processo (a)	Processo (b)	Processo (a1)
Rendimento emergético	$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{R+N+F}{F}$	1,16	3,30	1,02
Investimento emergético	$EIR = \frac{F}{N+R}$	6,16	0,43	0,52
Carga ambiental	$ELR = \frac{N+F}{R}$	228,23	0,46	232,88
Sustentabilidade	$SI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{Y}{F}}{\frac{N+F}{R}}$	0,01	7,18	0,00

Tabela 1 - Índices emergéticos do processo de lavagem de veículos urbanos: (a) sistema convencional e (b) sistema com captação de água de chuva e reúso de água. R, recursos renováveis; N, recursos não-renováveis; F, recursos da economia.

considerar um espaço mais abrangente, para além das vizinhanças da empresa. Ou seja, deve-se levar em conta não só o processo em si, mas também sua interação com o ambiente. Na figura 3, pode-se observar um fluxo, que deixa os processos e retorna ao ambiente. No caso do processo convencional (a), o fluxo é o efluente do processo de lavagem, composto por água, poeira, xampu e óleos. No caso da empresa (b), considera-se o fluxo tratado livre de xampu e óleos.

Considerando apenas o xampu utilizado, pode-se calcular a demanda teórica de oxigênio (DT_oO), ou seja, a quantidade de oxigênio do ambiente necessária para oxidar o xampu presente no efluente, o dodecil benzeno sulfonato de trietanolamina. A equação da reação de oxidação neste caso é:



Conhecendo-se a massa molar dos reagentes, pode-se calcular que são necessários 46 mols (1472 g) de oxigênio para oxidar 1 mol de xampu (493 g). A DT_oO será portanto:

$$DT_{oO} = (1472/496) \cdot 1000 = 2.3 \text{ g. L}^{-1}$$

Como o volume anual de xampu é de 7,76 10³ L ano⁻¹, para a lavagem dos ônibus da empresa (a), serão necessários 1,80 10⁴ g de oxigênio do ambiente para oxidar o efluente. A variação dos índices emergéticos pode ser observada na tabela 1 (processo a1). Nota-se que, com a inclusão dos serviços do ambiente, o rendimento emergético e o SI caem, enquanto os índices de carga ambiental e investimento emergético aumentam.

A empresa (b) apresenta-se sustentável em longo prazo, com alto rendimento na exploração de recursos naturais e com baixa carga ambiental, pois segue preceitos da EI:

- A imitação de um ecossistema, enfatizando a ciclagem, a minimização do resíduo gerado e a reutilização dos resíduos como matéria-prima utilizada no próprio sistema (água).
- Controle dos materiais retirados da natureza e dos resíduos descartados no ambiente, preservando as reservas naturais e eliminando o despejo de substâncias que necessitam dos serviços do ambiente para sua absorção.

Comentários finais

A EI considera os sistemas industriais e de serviços como subsistemas da biosfera, isto é, uma organização particular de fluxos de matéria, energia e informação. Sua evolução deve ser compati-

vel com o funcionamento de outros ecossistemas. Parte-se do princípio de que é possível organizar todo o fluxo de matéria e de energia que circula no sistema, de maneira a torná-lo um circuito quase inteiramente fechado. Nesse contexto, uma abordagem sistêmica é necessária, a fim de visualizar as conexões entre o sistema antropológico, o biológico e o ambiente.

Práticas de P+L e prevenção à poluição devem melhorar o desempenho do processo. Entretanto, avaliações sistêmicas permitem conhecer profundamente todas as etapas de um processo e suas interações com o meio ambiente. A partir do detalhamento do processo, surge a oportunidade de utilizar as abordagens mais sofisticadas que estão sendo desenvolvidas nas últimas décadas, como a EI.

Sendo a EI uma abordagem relativamente nova, torna-se necessário o desenvolvimento de rigorosa fundamentação científica, que sustente as decisões dos projetos e a aplicação de tecnologias voltadas para o meio ambiente. Os avanços nessa área vão depender do desenvolvimento teórico, de modelos quantitativos, pesquisa empírica e experimentos de campo. O foco da ação pode ser dividido por várias esferas, como a ambiental, a econômica e a sócio-cultural para que se possa desenvolver uma cultura de cooperação. A complexidade dos problemas ambientais, aliada à necessidade de comunicação entre os vários setores envolvidos, requer a participação de especialistas em diversos campos (legislação, economia, saúde pública, ecologia e engenharia), que possam contribuir para o desenvolvimento da EI. Além dos projetos com aplicação de tecnologias apropriadas, serão necessárias mudanças nas leis e nas políticas públicas, no comportamento individual dos membros da sociedade para que se possa lidar com os problemas ambientais de forma adequada. Dessa forma, a abordagem sistêmica e a multidisciplinaridade poderão contribuir para o desenvolvimento do sistema produtivo em direção ao desenvolvimento sustentável.

Referências Bibliográficas

- ALLENBY, B. R. - *Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation*, Prentice Hall, New Jersey, 1999.
- ULGIATT S., BROWN M. T. - *Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems*. *Ecol. Modell.* 1998 (108): 23-36.
- GRAEDEL, T.E., ALLENBY, B. R. - *Industrial Ecology*, Prentice Hall, New Jersey, 1995.
- ODUM, H. T. - *Environmental Accounting – Emergy and Environmental Decision Making*. Ed. John Wiley & Sons Ltd. 1996; 370

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Nacional, com Arbitragem.

B. F. Gianetti, C. M. V. B. Almeida, D. Borges. Jr, "Ecologia Industrial e o Reuso da Água", *Revista Saneas Sabesp*, v. 2, n. 18, p. 10-13 (2004). ISSN 1806-4779.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

CARACTERIZAÇÃO CRONOAMPEROMÉTRICA DA REDUÇÃO DO FILME DE ESTANHO ELETROGERADO EM BICARBONATO DE SÓDIO

S. H. Bonilla, B. F. Giannetti*

Universidade Paulista, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, 04026 002, São Paulo, Brasil
E-mail: biafgian@unip.br

T. Rabóczkay

Universidade de São Paulo, Instituto de Química, 05508 900, São Paulo, Brasil

Resumo

Os estudos cronoamperométricos foram motivados pela observação de histerese de corrente nos perfis de redução dos voltamogramas realizados no sistema Sn/bicarbonato, já que a presença desta última é indicativa de ocorrência de processos de nucleação segundo a literatura. A evidência experimental oferecida pelos resultados da técnica cronoamperométrica, completa outros efeitos indicativos de nucleação recolhidos no decorrer do trabalho. Assim, os resultados da cronoamperometria apoiam também a interpretação em termos de nucleação do comportamento linear da corrente do principal pico catódico em função da velocidade de varredura elevada à 0,6 potência. Empregando rotinas de análise de mínimos quadrados não lineares, foi obtido o ajuste entre os resultados experimentais e os calculados usando modelos teóricos que descrevem a nucleação eletroquímica. A análise da variação dos parâmetros modelísticos com o tamanho do degrau de potencial permitiu estabelecer a influência dos valores das constantes de velocidade paralela e perpendicular à superfície para cada caso experimental.

Palavras chave: redução eletroquímica, cronoamperometria, estanho

Introdução

O filme potenciostaticamente formado no decorrer de uma varredura positiva no eletrodo de estanho em meio de bicarbonato de sódio (pH = 8.6), mostra histerese de corrente na região do principal pico de redução quando é revertida a direção da varredura. A histerese de corrente ocorre para determinadas condições experimentais que podem ser resumidas da seguinte

forma: a) valores de limites positivos de potencial ($E_{\lambda a}$) entre 0 e 1,1 V aproximadamente, e b) reversão no sentido negativo da varredura de potencial no início do principal pico de redução. O filme formado no decorrer da varredura positiva para valores de $E_{\lambda a}$ entre 0 e 1,1 V apresenta características de filme passivante, podendo ser observado um patamar de corrente no perfil voltamétrico. A histerese de corrente observada no ramo catódico do voltamograma, na região de potenciais do principal pico catódico, foi interpretada pela ocorrência de um processo de nucleação [1]. O processo de nucleação, seria atribuído à presença de núcleos de metal que aparecem na superfície do eletrodo durante a redução. Por outro lado, trabalhos apresentando dependência linear da corrente máxima de pico (I_p) com $v^{0,6}$ têm sido citados [2], e as características anteriormente mencionadas foram atribuídas a processos de nucleação. Nesses trabalhos, o estudo dos processos de nucleação foi estendido a técnicas potenciodinâmicas. A relação linear entre I_p e $v^{0,6}$ é observada no presente trabalho para o principal pico de redução, quando a varredura no sentido positivo atinge valores de $E_{\lambda a}$ localizados no intervalo 0-1,1 V. Embora não seja possível estabelecer uma correlação direta entre resultados obtidos mediante o emprego de técnicas diferentes, conclusões úteis podem ser obtidas da comparação criteriosa dos resultados. Desta forma, os estudos realizados com técnicas cronoamperométricas completam outras evidências experimentais recolhidas no decorrer do trabalho indicativas da presença de fenômenos de nucleação.

Empregando rotinas de análise de mínimos quadrados não lineares, foi obtida uma boa correlação entre os resultados experimentais e os calculados usando modelos teóricos.

Experimental

Para as medições eletroquímicas foi empregado Potenciostato/Galvanostato (Autolab, modelo PGSTAT20) interfaciado a um microcomputador. A célula eletroquímica utilizada era do tipo convencional com três eletrodos. Os eletrodos de trabalho consistiram em disco de estanho de diâmetro geométrico 0,25 cm (eletrodo A) ou de um fio do mesmo metal de diâmetro geométrico 0,1 cm (eletrodo B). Os eletrodos de trabalho eram sujeitos a um pré tratamento com duas etapas, uma mecânica (polimento com lixa d'água granulometria 600) e outra eletroquímica (polarização catódica em $-1,8$ V). O eletrodo de referência usado foi Ag/AgCl, e um espiral de Pt foi usado como contra eletrodo. A solução de trabalho, NaHCO_3 0,5 mol/L, era desaerada com N_2 , e empregou-se uma célula eletroquímica convencional. Os ensaios foram realizados à temperatura ambiente e todos os potenciais são referidos ao eletrodo de Ag/AgCl.

Resultados e Discussão

a) Resultados preliminares:

Nos perfis potenciodinâmicos do Sn em meio bicarbonato de sódio dois picos de corrente anódica (A1 e A2) são evidenciados. No perfil catódico só um pico C1 é observado na curva para as condições experimentais de $E_{\lambda c} = -1,8 \text{ V}$ e $E_{\lambda a} = 0 \text{ V}$.

A Figura 1 reúne os perfis voltamétricos registrados para $E_{\lambda a} = 0 \text{ V}$ quando eram variados os valores do limite negativo $E_{\lambda c}$ na região do pico de redução C1. Se o valor de $E_{\lambda c}$ localiza-se no primeiro trecho do pico C1, evidencia-se na varredura positiva seguinte, histerese de corrente (ver curva 4).

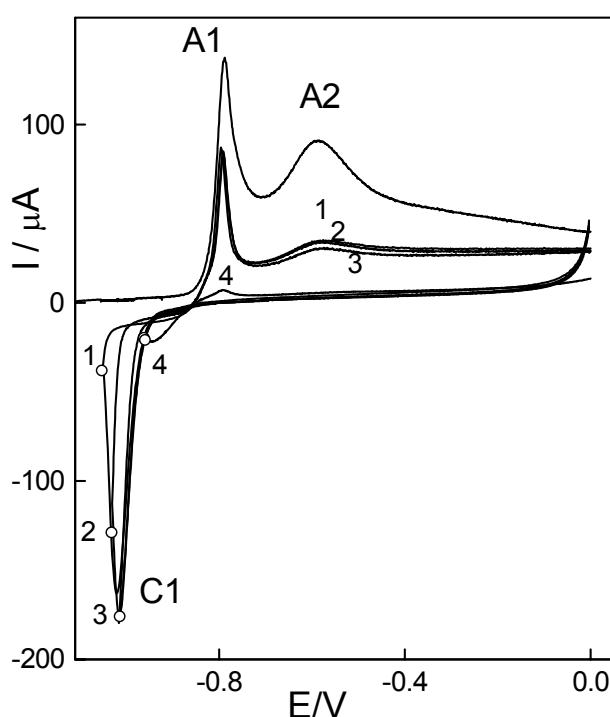


Figura 1. Detalhe dos perfis potenciodinâmicos registrados para $E_{\lambda a} = 0 \text{ V}$ e valores de $E_{\lambda c}$ entre $-1,05$ e $-0,93 \text{ V}$, $v = 0,2 \text{ V s}^{-1}$. Eletrodo A.

Por outro lado, quando a varredura positiva abrange uma janela de potencial maior, registra-se além dos picos A1 e A2, um patamar de corrente localizado a partir de 0 V . Um pequeno pico de corrente catódica C3 é observado em potenciais apenas menos negativos que o pico principal C1. A Figura 2 mostra os voltamogramas registrados para $E_{\lambda a} = 0,9 \text{ V}$ e valores de $E_{\lambda c}$ variando na região do pico de redução C1. A mudança de sentido da varredura no trecho descendente do pico C1 leva ao aparecimento de uma histerese de corrente, curva tracejada da Figura 2.

A histerese de corrente observada nos voltamogramas pode ser interpretada em termos de processos de nucleação [1], que ocorreria na região de potenciais do pico C1. Numa primeira

instância pode-se atribuir a histerese à presença de núcleos de metal que aparecem na superfície do eletrodo durante a redução.

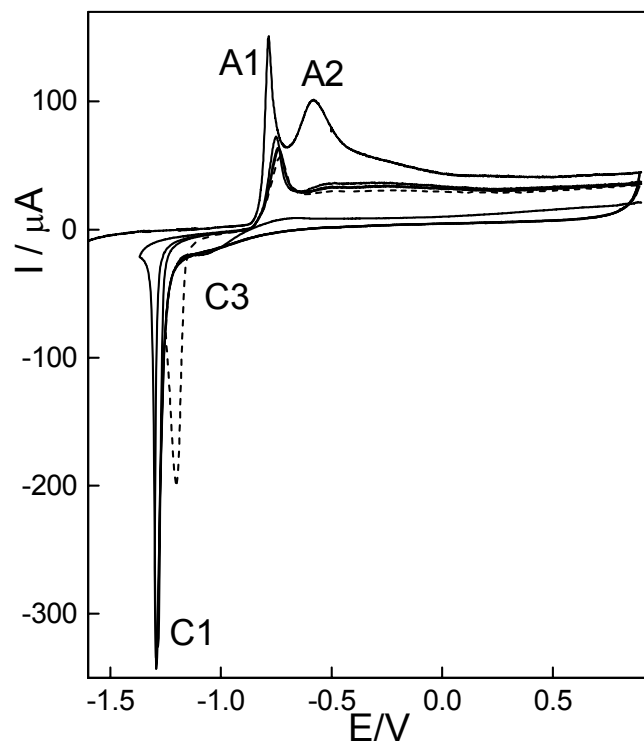


Figura. 2. Voltamogramas registrados para $E_{\lambda a} = 0,9$ V e $E_{\lambda c}$ variando entre -1,37 e -1,2, $v = 0,2$ V s⁻¹. Eletrodo A.

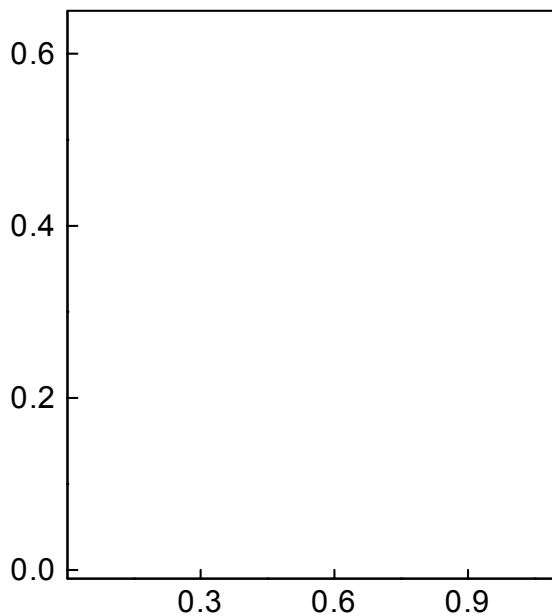


Figura 3. Curva $-I_p$ vs $v^{0,6}$ obtidos a partir de voltamogramas registrados no intervalo de velocidades compreendidas entre 0,02 e 0,8 V s⁻¹. $E_{\lambda a} = 0,4$ V e $E_{\lambda c} = -1,8$ V. Eletrodo B.

Por outro lado, uma relação linear entre a corrente do pico C_1 , I_p e $v^{0,6}$ foi observada em condições de valores de $E_{\lambda a}$ inclusos na região 0-1,1 V, Figura 3. Esse tipo de dependência de I_p com v , que não pode ser explicada segundo os modelos de formação e crescimento de filme desenvolvidos para condições potenciodinâmicas, tem sido estudada [2] e atribuída a processos de nucleação.

b) Resultados derivados de medidas cronoamperométricas:

A eletrorredução do filme potenciodinamicamente formado no decorrer de uma varredura positiva com as seguintes características: $E_{\lambda a} = 0$ V, $E_{\lambda c} = -1,8$ V e $v = 0,2$ V s^{-1} , pode ser explicada em termos de processos de nucleação. Assim, na Figura 4 são mostradas as curvas cronoamperométricas resultantes da aplicação de um degrau de potencial com valor inicial $E_i = 0$ V e final E_f variando no intervalo compreendido entre -1,0 e -1,6 V.

As curvas exibem formato atípico já que a parte inicial dos máximos de corrente é inacessível nas condições experimentais. Observa-se que a posição e a altura do máximo de corrente varia segundo o tamanho do degrau aplicado. Assim, evidencia-se que o processo de crescimento dos núcleos é mais rápido conforme aumenta o intervalo que abrange o degrau.

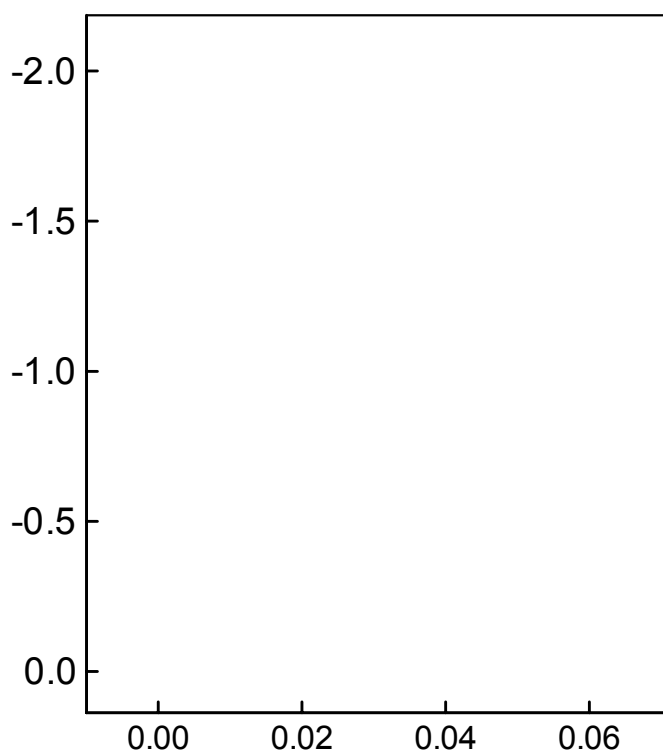


Figura 4. Cronoamperogramas registrados para E_f no intervalo de potenciais entre -1,0 e -1,6 V, após uma varredura até $E_{\lambda a} = 0$ V para $v = 200$ mV s^{-1} . O degrau teve seu início em $E_i = 0$ V. Eletrodo A.

Baseados em dados termodinâmicos os produtos superficiais formados no decorrer da varredura positiva até $E_{\lambda} = 0$ V podem envolver tanto compostos com Sn(II) e Sn(IV). Entretanto, o fato dos cronoamperogramas exibirem um único máximo, pode ser interpretado como a eletrorredução de uma camada homogênea. As curvas cronoamperométricas podem ser descritas empregando a seguinte expressão (Eq. 1):

$$(Eq. 1) \quad i = P_1[1 - \exp(-P_2 t^3)] \exp(-P_2 t^3) + P_3 t^{-1/2}$$

Os parâmetros correspondem a:

$$P_1 = z F k_1$$

$$P_2 = (\pi M^2 k_2^2 A) / (3 \rho^2)$$

$$P_3 = z F D^{1/2} \Delta c / \pi^{1/2}$$

As constantes de velocidade k_1 e k_2 descrevem o crescimento perpendicular e paralelo à superfície do eletrodo, respetivamente, M e ρ são a massa molar e a massa específica da fase que está crescendo, e A é a constante de velocidade de nucleação. D corresponde ao coeficiente de difusão e Δc é o gradiente de concentração

A expressão corresponde à soma de dois termos, o primeiro relativo à nucleação eletroquímica progressiva e crescimento 3-D controlado por transferência de carga [3], e o segundo relativo à difusão simples.

Empregando rotinas de análise de mínimos quadrados não lineares, foi obtida uma boa correlação entre os resultados experimentais e os calculados usando o modelo descrito pela Eq. 1. Empregando rotinas de análise de mínimos quadrados não lineares, foi obtida uma boa correlação entre os resultados experimentais e os calculados usando o modelo da (Eq. 1), Figura 4.

A correlação observada na Figura 4 é excelente e só são observadas pequenas diferenças no início da curva experimental, mas que podem ser atribuídas a limitações do registro. Entretanto à medida que faixas de valores maiores do degrau são impostas, a correlação embora aceitável sob o aspecto matemático-estatístico, dá origem a curvas teóricas mais afastadas dos valores experimentais. Assim, as curvas logarítmicas dos parâmetros P_1 e P_2 derivados da correlação com a (Eq. 1) determinaram que os valores estimados para $E_f = -1,6$ V, se afastam da linearidade observada para os outros. As curvas logarítmicas que correspondem aos valores de E_f de -1,0, -1,2 e -1,4 V são apresentadas na Figura 5.

Os valores de P_1 e P_2 estimados a partir da curva com $E_f = -1,6$ V não aumentam na proporção esperada, sendo que o primeiro permanece praticamente inalterado se comparado com o valor para $E_f = -1,4$ V. Este fato poderia indicar que a velocidade mais afetada é a perpendicular à

superfície. Entretanto, é citado na literatura [4] que k_2 apresenta uma dependência menor (ou até igual em alguns casos) que k_1 com o potencial, embora nunca maior. Se k_1 permanece quase inalterado já que P_1 não muda, provavelmente k_2 não tenha mudado significativamente ou até possa ter diminuído segundo a citação mencionada. O afastamento dos valores de P_1 e P_2 do comportamento esperado, podem ser atribuídos à limitações no crescimento tanto paralelo quanto normal à superfície.

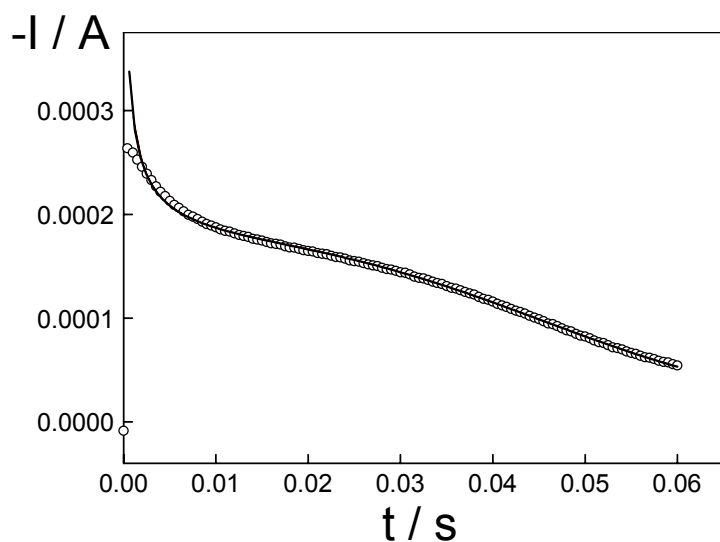


Figura 4. Cronoamperogramas (O) registrados para $E_f = -1,0$ V, após uma varredura até $E_{\lambda} = 0$ V para $v = 200$ mV s^{-1} . O degrau teve seu início em $E_i = 0$ V. Em linha grossa a curva teórica. Eletrodo A.

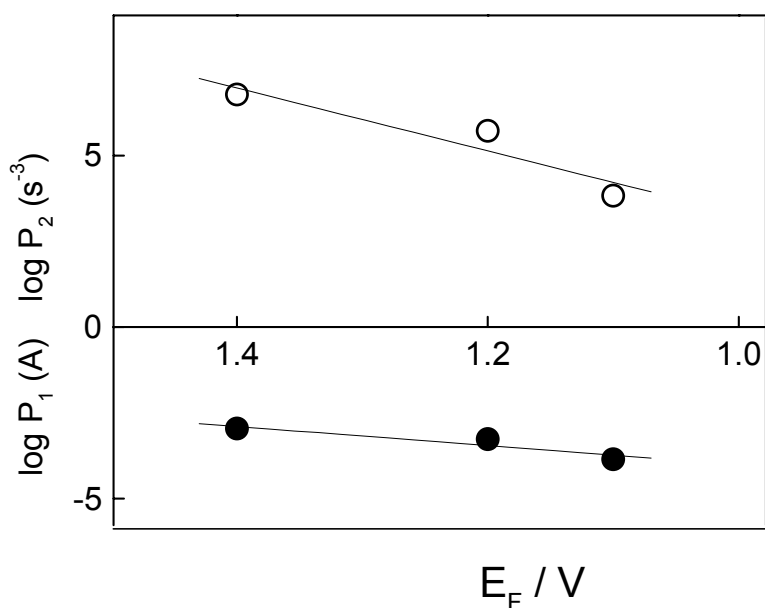


Figura 5. Dependência dos parâmetros P_1 e P_2 resultantes da correlação entre os dados experimentais e a (Eq. 1).

Se a varredura positiva de potencial atinge valores maiores de $E_{\lambda a}$, os picos relativos à nucleação aparecem completos e melhor definidos, Figura 6, linha pontilhada.

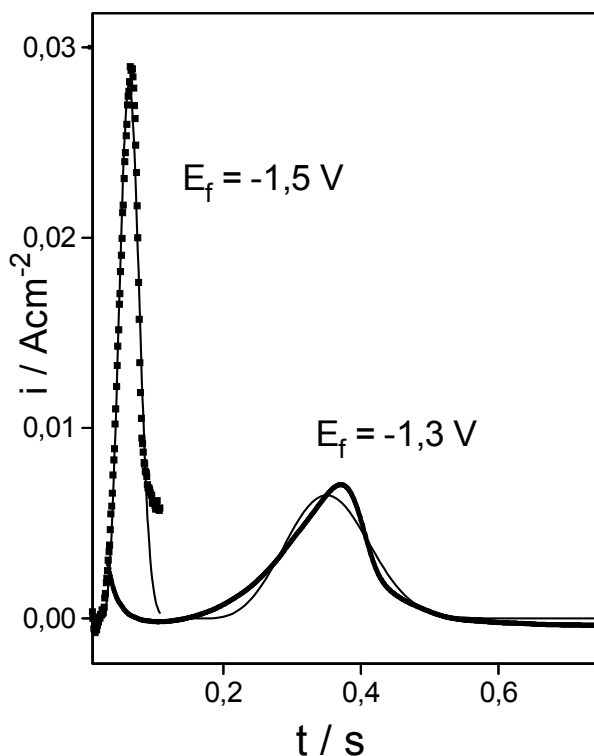


Figura. 6. Cronoamperogramas (pontilhados) registrados para valores de E_f de -1,3 e -1,5 V após varredura de potencial até $E_{\lambda a} = 1,1 \text{ V}$ com $v = 200 \text{ mV s}^{-1}$. O degrau teve seu início em $E_i = 1,1 \text{ V}$. Em linha contínua as curvas teóricas calculadas. Eletrodo A.

A localização e o máximo do pico de corrente são função do tamanho do degrau aplicado. A (Eq. 2) foi empregada para descrever as curvas experimentais.

$$(Eq. 2) \quad i = P_1 \{1 - \exp[-P_2(t - P_4)^3]\} \exp[-P_2(t - P_4)]$$

Os parâmetros P_1 e P_2 já foram definidos. P_4 corresponde a um tempo de indução. Os valores dos parâmetros resultantes do modelado das curvas experimentais aparecem na Tabela 1. Nela, são comparados os valores obtidos para as curvas relativas a valores de $E_f = -1,3$ e $E_f = -1,5 \text{ V}$.

Observa-se que o parâmetro P_2 foi mais afetado que o P_1 para o mesmo aumento de tamanho de degrau (o primeiro parâmetro aumenta 80 vezes comparado com 4 vezes do segundo parâmetro). Poderia atribuir-se esse crescimento ao aumento de k_2 mais acentuado que o aumento de k_1 . Entretanto, como foi citado na literatura [4] a dependência de k_2 com o potencial não é maior que a de k_1 . A partir da discussão anterior é possível afirmar que o aumento da velocidade na direção paralela à superfície não pode ser a única responsável do aumento significativo do parâmetro P_2 .

Assim, o fator A que reflete a velocidade de nucleação, deve crescer também e ser parte responsável do aumento de P_2 . Resumindo, com a aplicação de um degrau maior, a velocidade de nucleação cresce, assim como as velocidades de crescimento paralela e ortogonal à superfície. O tempo de indução é menor quanto maior for o degrau aplicado.

Tabela 1. Valor dos parâmetros P_1 , P_2 e P_3 resultantes do modelado teórico das curvas experimentais, empregando a (Eq. 7). Cronoamperogramas obtidos para valores de E_f de -1,3 e -1,5 V após varredura até $E_{\lambda a} = 1,1$ V para $v = 200$ mV s⁻¹. O degrau teve seu início em $E_i = 1,1$ V.

	$P_1 / A \text{ cm}^{-2}$	P_2 / s^{-3}	P_4 / s
$E_f = -1,3$ V	0,026	118	0,17
$E_f = -1,5$ V	0,112	9090	0,021

Comentários Finais

A eletrorredução do filme potenciostaticamente formado no decorrer de uma varredura positiva com as seguintes características: $E_{\lambda a} = 0$ V, $E_{\lambda c} = -1,8$ V e $v = 0,2$ V s⁻¹, pode ser explicada em termos de processos de nucleação. Assim, as curvas cronoamperométricas resultantes da aplicação de um degrau de potencial com valor inicial $E_i = 0$ V e final E_f variando no intervalo compreendido entre -1,0 e -1,6 V verificam apresentam boa correlação com a expressão que corresponde à soma de dois termos, nucleação eletroquímica progressiva e crescimento 3-D controlado por transferência de carga e o segundo relativo à difusão simples. Os parâmetros teóricos relativos ao valor de $E_f = -1,6$ V, não crescem conforme ao esperado. Tal comportamento é consequência da diminuição dos valores das constantes de velocidade que descrevem o crescimento paralelo e perpendicular à superfície do eletrodo.

Se a varredura positiva de potencial atinge o valor de $E_{\lambda a} = 1,8$ V, o processo de nucleação catódico pode ser interpretado em termos de nucleação progressiva e crescimento 3-D controlado por transferência de carga. A presença de um tempo de indução está relacionado à situação energética que deve atingir a superfície para começar a ocorrer a formação dos núcleos. O crescimento do fator A que reflete a velocidade de nucleação, é parte responsável do importante aumento de P_2 quando aumenta o degrau de potencial aplicado.

Agradecimentos

Os autores S. H. Bonilla e B. F. Giannetti são gratos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo apoio financeiro (projeto 95/9333-2).

Referencias

- [1] M. Noel e K. I. Vasu, "Cyclic Voltammetry and the Frontiers of Electrochemistry", cap. 8, Aspect Publications Ltd., London (1990).
- [2] M. Noel e K. I. Vasu, Cyclic Voltammetry and the Frontiers of Electrochemistry, pag. 385, Aspect Publications Ltd., Londres (1990).
- [3] R. D. Armostrong, M. Fleischmann e H. R. Thirsk, J. Electroanal. Chem., **11** (1966) 208.
- [4] C. A. Gervasi, J. R. Vilche e P. E. Alvarez, Electrochim. Acta, **41** (1996) 455.

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Internacional, com Arbitragem.

S. H. Bonilla e B. F. Giannetti: "CARACTERIZAÇÃO CRONOAMPEROMÉTRICA DA REDUÇÃO DO FILME DE ESTANHO ELETROGERADO EM BICARBONATO DE SÓDIO", *Portugaliae Electrochimica Acta*, v. 22, p. 193-203 (2004). ISSN 0872-1904.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

Early Stages of Film Formation and Surface Growth on Tin Electrodes at Bicarbonate Medium: a Modelistic Approach

By S. H. Bonilla and B. F. Giannetti*

Laboratório de Fisicoquímica Teórica e Aplicada, LaFTA, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista, Rua Dr. Bacelar 1212, CEP 04026 002, São Paulo, SP, Brazil

(Received November 28, 2003; accepted in revised form March 26, 2004)

Tin Oxides / Voltammetry / Modelistic Treatment

A modelistic approach of the early stages of film formation and surface growth on tin electrodes at bicarbonate medium under dynamic conditions is presented. The modelistic treatment was applied to both anodic and cathodic processes. In order to organise the paper, the potential interval of interest was divided into two potential windows, each one involving one of the anodic peaks and their corresponding cathodic counterparts. The Müller–Calandra model (also known as the layer-pore resistance model) was considered suitable to interpret the film growth processes occurring during the positive scan. A derivation of the former, developed by Devilliers *et al.*, which take into account the conductive electrical nature of the surface compound, was applied to explain the reduction of the film formed within the first potential window. On the other hand, it was verified that the use of a simple model to interpret the cathodic process occurring at the second potential window was not possible due to the complex nature of the process. In this case, a mixed control kinetics was proposed and the current was considered as the sum of two contributions. In order to complement the description and specially to determine the role of diffusion and mass transport in film formation, rotating disk measurements were also carried out.

1. Introduction

In the specific case of tin, numerous works with a modelistic approach include the Müller–Calandra model [1, 2] to describe some of the processes involving film formation that occur under potentiodynamic conditions.

Within the frame of Müller's theory [1], film formation under static conditions can be explained by the spreading of a layer of low conductivity over the

* Corresponding author. E-mail: biafgian@unip.br

electrode surface until only small pores in the layer remain; at this moment the resistance of the pores is assumed to become rate controlling of film formation. Derivation of Müller's theory for potentiodynamic conditions of film formation was established by Calandra *et al.* [2].

In this way, Müller–Calandra model has been used to interpret the two anodic peaks registered [3] in borate buffered solution (pH = 8.6). In the same work linear peak current–square of scan rate ($I_p - v^{1/2}$) and peak potential–square of scan rate ($E_p - v^{1/2}$) relationships were related for the main cathodic peak, and specified that the application of the model was suitable only within a potential interval towards the positive scan. In concentrated NaOH medium [4] the first anodic peak was also described by the Müller–Calandra model, also known as the pore resistance controlling model.

In acidic medium, 0.5 M citric acid (pH = 1.8) the process occurring at the single anodic peak observed for the high scan rate interval [5] was consistent with the model. The pore resistance mechanism was also considered suitable to describe film formation in citrate buffered solution, pH = 5 and 6 [6], in this case applied for the description of the second anodic peak. Only a comment was made concerning the similar mathematical dependence for the main cathodic peak.

In a later work, again in citrate buffered solution, pH = 6 [7] the cathodic peak parameters dependence on $v^{1/2}$ was explained by means of the pore resistance model. This reduction reaction was interpreted as a solid state process leading to metal nucleation limited by resistance in the pores between the metal sites. In the same direction, experiments performed in borate buffered solution at pH = 8.2 [8], enabled the description not only of the second anodic peak but also of the cathodic one by using the same model. Reduction was interpreted as the deposition of a metal layer controlled by the resistance of the pores between the metal sites.

The importance of the two latter works [7, 8] arises from the fact that a clear and logical physical interpretation of the cathodic process is supplied based on the verification of the Müller–Calandra [1, 2] model.

Even so, it is important to notice and it will be shown in the present work that the suitability of the Müller–Calandra [1, 2] model to describe the reduction processes (reflected in the main cathodic peak) must be limited by the oxidation extent of the forward scan. Since only one peak with significant charge is depicted in the cathodic profile, it is possible to infer that the diverse species formed during positive scan are reduced in the narrow potential interval of one peak. However, the degree of complexity of the main cathodic peak (defined as the number of involved processes or current contributions) depends on the maximum potential value attained in the positive scan of the voltammetric cycle. Accordingly, even in agreement with the use of Müller–Calandra model, the use of the model is not more viable when the degree of complexity of cathodic peak increases.

In order to determine the role of diffusion and mass transport in film formation, rotating disk voltammetry was used. Even being the simple comparison of results from different techniques a risky procedure, a careful correlation is useful and can provide complementary approaches for a same process [9]. Hence, the involvement of soluble species in film formation process was evidenced and evaluated.

2. Experimental

An AUTOLAB equipment, PGSTAT 20 model, was used to perform the electrochemical measurements. A EG&G model 636 rotating disk system was used to carry out the hydrodynamic measures. A standard electrochemical cell with an input for N₂ bubbling was used. The experiments were performed using a tin disc mounted in polyester resin with diameter of: 0.25 cm (electrode A) or 0.45 cm (electrode B, designed to be adapted in the shaft of the rotating disk electrode assembly). The current was normalised by area. The reference electrode was Ag/AgCl placed in a Luggin-Haber capillary and the counter electrode was a platinized platinum wire of large area. The electrolyte, 0.5 mol L⁻¹ sodium bicarbonate solution (pH = 8.6) was prepared from Aldrich p.a. grade reagent and Millipore-MilliQ water. Before each experiment, the surface of the tin electrode was wet-ground with abrasive grade 600-mesh paper, washed with Millipore-MilliQ water, immersed in the electrolyte and cathodically polarised at -1.8 V during 60 s. Potential values quoted in this text are referred to the Ag/AgCl reference electrode scale. All the experiments were carried out at 25 °C.

3. Results and discussion

3.1 General considerations

The typical voltammogram of tin in bicarbonate medium (shown in Fig. 1) is comparable to those found in literature for similar pH conditions [3, 10–14]. However, problems arise when results obtained upon different experimental conditions are correlated. In this way, Kapusta and Hackerman [3, 15] relate that the composition and thickness of the film formed onto tin strongly depend on experimental conditions.

In the potentiodynamic profile recorded for $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$, between the negative and positive potential limits, $E\lambda_c = -1.8 \text{ V}$ and $E\lambda_a = 1.0 \text{ V}$, five well-defined potential regions depicted, Fig. 1.

Region I comprises potential values lower than those involved in the main oxidation processes and they have not deserved special discussion in literature. However, it is a region highly dependent on the pre-treatment imposed to the electrode.

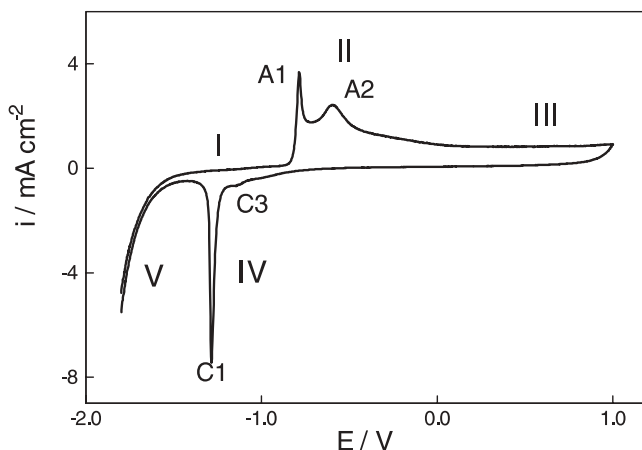


Fig. 1. Typical voltammogram of tin electrode in bicarbonate medium, 0.5 mol L^{-1} , recorded for $\nu = 0.2 \text{ V s}^{-1}$ between the limits $E\lambda_c = -1.8 \text{ V}$ and $E\lambda_a = 1.0 \text{ V}$. Electrode A. Initial steps of film formation: region of peak A1.

Region II evidenced two anodic peaks, namely A1 and A2. The presence of the two peaks indicates that film formation occurs at least in two steps. The peaks correspond to the overall oxidation process $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn(II)} \rightarrow \text{Sn(IV)}$. The formation of mixed oxides and hydroxides is possible due to the proximity of the standard equilibrium potential values for Sn/SnO and Sn/SnO_2 , and for Sn/SnO and $\text{Sn}/\text{Sn(OH)}_2$ [3].

Towards more positive values, in Region III, a constant current value corresponding to a passive state is observed. In Region IV the presence of two cathodic contributions suggests that the reduction of Sn(IV) species presents different electrochemical stability. A significant low cathodic to anodic charge relation is observed.

The presence of peaks others than hydrogen evolution in Region V, depends on the extent of positive scan.

3.2 Initial steps of film formation: region of peak A1

Anodic treatment

The first anodic process, A1, was analysed in an interval of scan rate values between 0.002 and 4 V s^{-1} (in Fig. 2 showing the 0.002 to 1 V s^{-1} interval). Peak potentials corresponding to A1 and C1, as well as their peak currents change with scan rate. The increase of scan rate values results in peak A1 shift towards positive direction, whereas peak C1 shifts towards the opposite direction.

The expressions for peak current and potential derived from the model are the following [2, 16]:

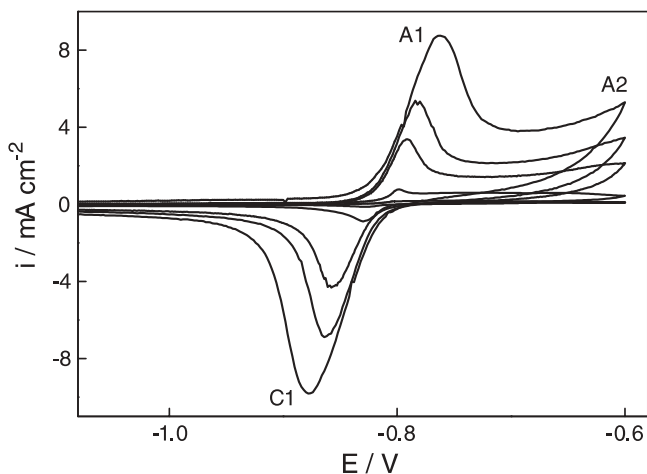


Fig. 2. Voltammograms performed for tin electrodes in 0.5 mol L⁻¹ sodium bicarbonate solution, recorded for the 0.002–1 V s⁻¹ interval of scan rates (0.002; 0.020; 0.2; 0.4; 1 V s⁻¹, at the picture), between the limits $E\lambda_c = -1.8$ V and $E\lambda_a = -0.6$ V. Electrode A.

$$I_p = \left(\frac{nF\rho\kappa}{M} \right)^{1/2} A (1 - \theta_p) v^{1/2} \quad (1)$$

$$E_p = E_o + \left(\frac{nF\rho\kappa}{M} \right)^{1/2} \left[\left(\frac{\delta}{\kappa} \right) + R_o A (1 - \theta_p) \right] v^{1/2} \quad (2)$$

where M is the molecular weight of the species formed by the passage of a charge of nF coulombs; ρ is the specific weight of the film; κ is the specific conductivity of the solution contained in the pores of the film; R_o the resistance of the external circuitry (or the bulk solution resistance); A the total area; δ the thickness of the film; E_o the spontaneous film formation potential and θ_p the coverage degree (coverage at the peak maximum).

The linear dependence of peak current and potential on $v^{1/2}$ for the experimental results was shown in Fig. 3. This kind of dependence is consistent with the mathematics for the pore resistance controlled mechanism [1, 2]. According to this model, the film-pore resistance is relatively small. The maximum value is attained when 99% of the total surface is covered, thus inhibiting subsequent film formation.

In order to evaluate the physical consistency of the model θ_p was determined using (Eq. (1)). Values of molecular weight of 135 g mol⁻¹ (corresponding to SnO), conductivity of 6 mS cm⁻¹, specific weight of 5.4 g cm⁻³ and $A = 0.0491$ cm² were assumed. The slope value obtained from Fig. 3 was $\partial i_p / \partial v^{1/2} = 8.56 \times 10^{-3}$ (CS)^{1/2} cm⁻². Substituting the value into (Eq. (1)) results in a $\theta_p = 0.9996$, thus enabling to accept the model [1, 2] to explain film

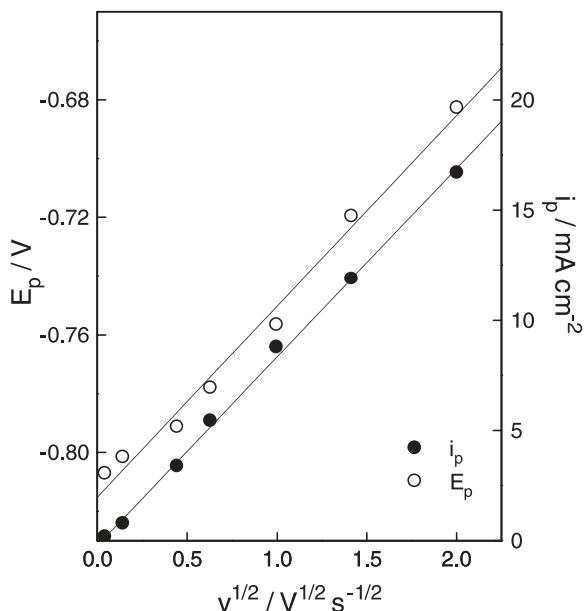


Fig. 3. i_p vs. $v^{1/2}$ and E_p vs. $v^{1/2}$ plots obtained from the voltammograms data. The voltammograms were performed in 0.5 mol L^{-1} sodium bicarbonate solution in the $0.002\text{--}4 \text{ V s}^{-1}$ scan rate interval, between the limits $E\lambda_c = -1.8 \text{ V}$ and $E\lambda_a = -0.6 \text{ V}$. Electrode A.

formation in peak A1. It was assumed that the layer-pore resistance is relatively small until the surface is covered beyond 99%. The spontaneous film formation potential, graphically evaluated by extrapolation from E_p vs. $v^{1/2}$ straight line (Eq. (2)), was -0.81 V . This parameter, free from polarisation effects is more suitable to be compared with thermodynamic data.

The interpretation of the A1 process offered by the previous model is focalised on the characteristics of the formed film and nothing infers about the dynamic of the process. In this way, a dynamic vision of the process can be supplied by the analysis of results obtained from rotating disk measurements. Even being the direct comparison of results obtained from different techniques a risky procedure, a careful correlation, whenever possible, is useful to cover a greater number of aspects of the overall process. Under rotation conditions, hydrodynamics properties of the interface change, thus evidencing diffusion processes.

The rotation of the electrode did not produce any significant change on voltammograms recorded at $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$.

In Fig. 4 a series of voltammetric curves recorded for rotation rates between 0 and 2000 rpm is depicted. The differences between the anodic and the cathodic peaks (in terms of shape and charge) developed as a consequence of

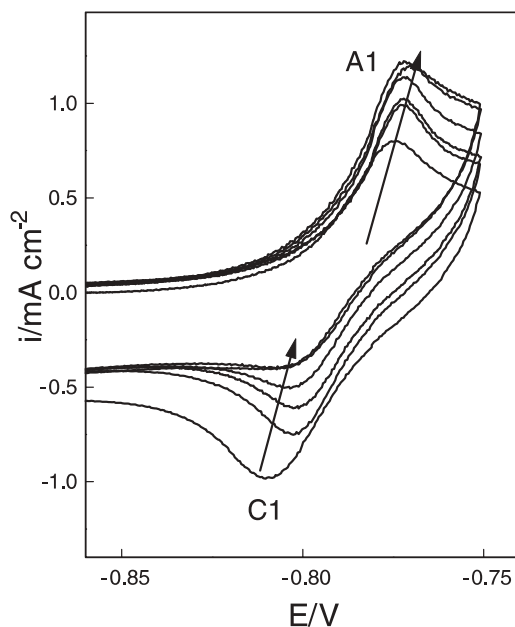


Fig. 4. Serie of voltammetric curves recorded in 0.5 mol L^{-1} sodium bicarbonate solution for $v = 0.02 \text{ V s}^{-1}$ with r between 0 and 2000 rpm, $E\lambda_c = -1.8 \text{ V}$ and $E\lambda_a = -0.76 \text{ V}$. Electrode B.

increasing rotation rates arises because soluble Sn(II) species are spun off into the solution and are not recovered in the conjugate cathodic sweep. The consequence is Q_a/Q_c values higher or equal than one. The Q_a/Q_c values also increase with rotation speed of the disk electrode (Fig. 5) which proves unambiguously that the oxidation process is accompanied by formation of soluble Sn(II) species.

High rotation rates dissipate soluble species, thus retarding film formation. This fact leads to a positive shift of peak potential when r increases.

The linear behaviour observed for the Q_a/Q_c is only maintained until $r = 1000 \text{ rpm}$. After that, the quotient practically attained a constant value, fact that evidences the complex nature of the process at peak C1 and that will be discussed later in this paper.

It is observed that A1 current peak clearly depends on rotation rate and the type of dependence is shown in Fig. 6.

The linear relationship between i_p and $r^{1/2}$ (Fig. 6) is consistent with the following mathematical equation, derived from Levich's equation [17] by considering non-limiting current conditions:

$$I = A 0.201 n F v^{-1/6} D^{2/3} (C_b - C_s) r^{1/2} \quad (3)$$

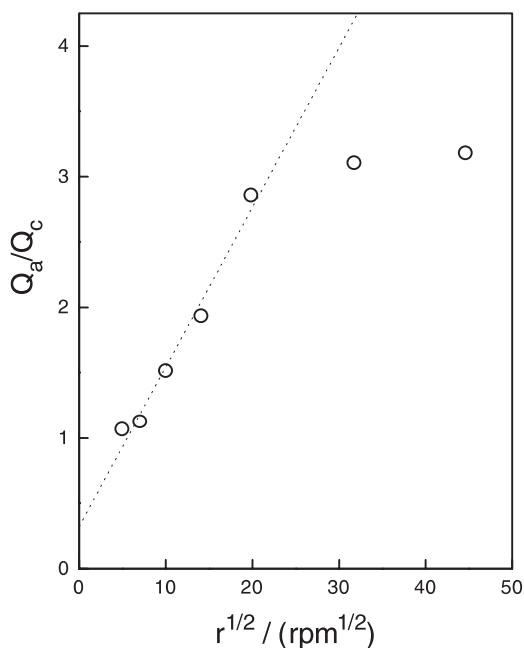


Fig. 5. Q_a/Q_c values from the voltammetric curves recorded at $v = 0.02 \text{ V s}^{-1}$ as a function of $r^{1/2}$. Series of voltammetric curves recorded in 0.5 mol L^{-1} sodium bicarbonate solution and r between 0 and 2000 rpm, $E\lambda_c = -1.8 \text{ V}$ and $E\lambda_a = -0.76 \text{ V}$. Electrode B.

where ν is the kinematic viscosity in $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$, D the diffusion coefficient of the diffusing species in $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$, C_b and C_s the concentration of the diffusing species in the bulk and in the electrode surface, respectively, in mol cm^{-3} , r the angular velocity of the electrode in rpm, and the others were already defined.

The positive value of i_p at $r = 0$ (Fig. 6) can be attributed to the contribution of current only related to film formation. The theoretical value at $r = 0$ is comparable to the experimental one resulted from voltammetric profile in quiescent conditions. Thus, it is concluded that without rotation, the current at peak A1 corresponds mainly to film formation.

It was concluded early in this work that peak A1 corresponds to film formation of a porous film. In this way and having into account that soluble species are involved in the anodic process, it is reasonably to understand film formation as the precipitation of a Sn(II) hydroxide from Sn(II) soluble species and OH^- . Thus, in the same way as rotation affects Sn(II) and species move away from the interface, rotation will affect OH^- diffusion. The previous discussion enables one to consider A1 process as a complex one, involving film formation as a consequence of precipitation. The electrogenerated species show a diffusion

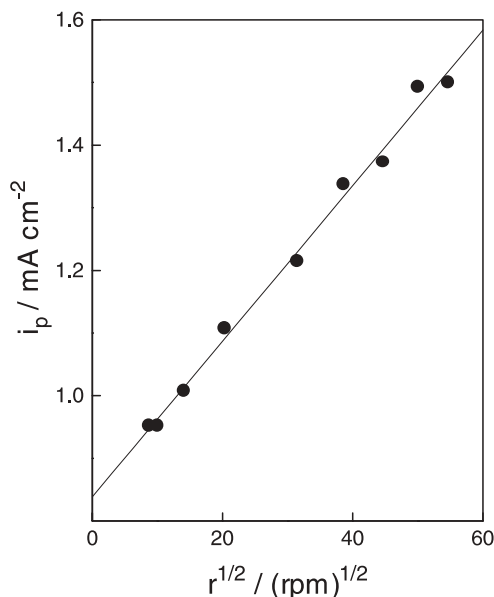


Fig. 6. Current peak plotted against $r^{1/2}$. Results obtained from voltammetric curves recorded at $v = 0.02 \text{ V s}^{-1}$.

controlled behaviour and a similar behaviour is expected for the OH^- . From the results obtained using the rotating electrode, it is clear that the reaction at peak A1 involves a diffusion controlled process but a component from film formation is always present and added to global current. The complex nature of the process is expected as it was shown in impedance studies [18]. The presence of two components in the global process was evidenced by impedance results. Although the direct correlation of the conclusion is not possible, the general behaviour can be scaled up from the comparison. Current can present a contribution from the OH^- diffusion. This could be because the dissolution of Sn and the consequent accumulation of Sn(II) ions or insoluble $\text{Sn}(\text{OH})_2$ near the electrode surface diminishes the local OH^- concentration and its mass-transport rate if a precipitated film is present at the electrode.

Cathodic treatment

Changes in the cathodic profile depending on $E\lambda_a$ value are observed. Hence, for $E\lambda_a$ values between -0.8 and -0.7 V (interval that comprises peak A1) a single behaviour pattern for C1 is observed. Maximum of peak C1 shifts towards negative direction coupled to $E\lambda_a$ increase, whereas the first portion of the peak profile coincides for all the voltammograms in the interval considered, Fig. 7.

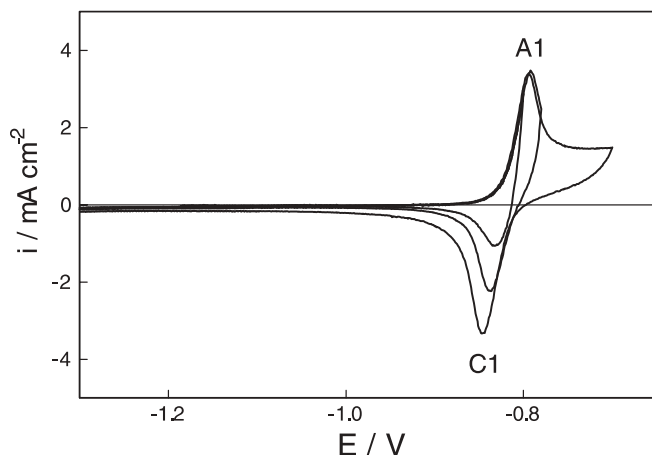


Fig. 7. Voltammograms for tin electrode recorded in 0.5 molL^{-1} sodium bicarbonate solution, at $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$, $E\lambda_c = -1.8 \text{ V}$, recorded for increasing $E\lambda_a$ values (-0.8 V ; -0.78 V ; -0.7 V). Electrode A.

Under the present experimental conditions, a linear mathematical relation between i_p (and E_p) and $v^{1/2}$ is observed, Fig. 8, according to the expressions (Eq. (1)) and (Eq. (2)). Two linear portions are evidenced in the E_p vs. $v^{1/2}$ plot, and the one from $v = 0.02 \text{ V s}^{-1}$ was considered for the modelistic treatment. Even so, the extrapolation of the first portion to a zero scan rate supply a cathodic nucleation potential of -0.82 , less negative than the one supplied by the second portion. This behaviour can be an indication of another mechanism occurring only in the first stages of reduction, a more reversible process since it begins at less negative potentials.

In accordance to Metikoš-Huković and Omanović [8], at borate buffered solution at $\text{pH} = 8.2$, the reduction process could be interpreted as the spread of a porous metal layer. The hypothesis of Müller–Calandra model [1, 2] consider the formation of an insulating film, so the direct use of the model in order to interpret the cathodic processes occurring in peak C1 is not suitable. Considering that the film formed at present conditions presents similar characteristic as the one in [8] (porous and metallic nature), it seems more suitable the assumption of the growth of a conducting layer of constant thickness. The latter case, as well as other particular cases are discussed and mathematically treated in the work of Devilliers *et al.* [19].

The expected linearity between i_p and $v^{1/2}$ and E_p and $v^{1/2}$ according to Müller–Calandra model is not invalidated by the modifications introduced into the layer-pore resistance model [19]. Obviously, different proportional coefficient are expected to occur depending on the electrical characteristics and the thickness changes of the forming film. Thus, the linear relationship between I_p , E_p and $v^{1/2}$, shown in Fig. 8, can be considered an indicative of the fulfil-

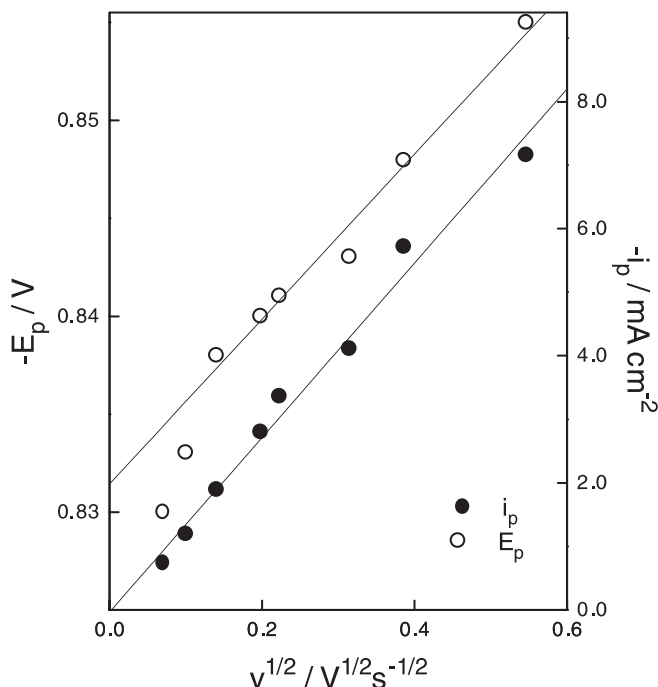


Fig. 8. i_p vs. $v^{1/2}$ and E_p vs. $v^{1/2}$ graphs obtained from voltammograms recorded between 0.005 and 0.3 $V s^{-1}$. Electrode A.

ment of the general case developed by Devilliers *et al.* [19]. The extrapolation of the $E_p(v^{1/2})$ straight line for a scan rate value of zero corresponds to a value of -0.83 V. This value is 11 mV more negative than the equilibrium potential value of the Sn/Sn(OH)₂ reaction. The value estimated for the spontaneous film formation potential corresponding to the process in peak A1 (-0.81) as well as the value estimated for spontaneous film reduction (-0.83) correspond to the Sn/Sn(OH)₂ reaction for the A1–C1 processes.

According to the development shown in the Appendix 1 of [19], the expression for $I = f(E)$ can be obtained by simulating directly if θ is eliminated between the equations, leading to the following equation (for a complete description the reference [19] is strongly recommended):

$$t^2 = \left[\frac{1}{v} \ln \frac{v - R_o y}{by} - \frac{1}{v - R_o y} + \frac{R_o + b}{vb} \right] 2 \frac{Q_o b}{c} \quad (4)$$

where Q_o is the charge required to cover the whole surface area; R_o ($R_o = P_o - b$) is the resistance of the external circuitry, already defined; P_o is the overall resistance of the system before electrochemical film formation, estimated from the reciprocal of the slope of the experimental curve at the origin;

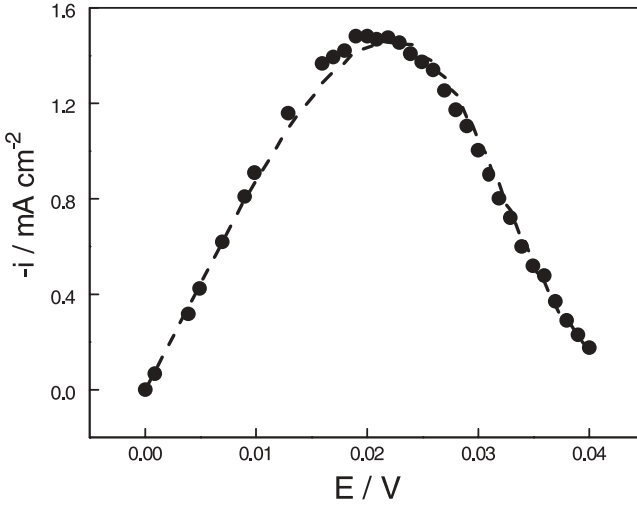


Fig. 9. Experimental (●) and simulated (---) voltammograms obtained from the parameters optimisation. The voltammogram was recorded for 0.2 V s^{-1} . Electrode A.

b ($b = \delta/\kappa A$) is the resistance of an electrolyte layer of thickness δ ; and $c = 1 - (\kappa/\kappa_f)$, where κ_f is the specific conductivity of the electrogenerated compound.

The latter equation was the one used to fit the experimental values and to generate the theoretical ones. The best fitting of experimental curves was determined by a non linear minimum square routine. Thus, the theoretical voltammetric curves were simulated by adjusting the parameters. With the parameters obtained from the simulation routine, the $I = f(E)$ theoretical curve was calculated and plotted together with the experimental data. The curves corresponding to peak C1 were simulated and present good agreement with the model in the 0.05 to 0.5 V s^{-1} interval. In Fig. 9 the simulated voltammogram corresponding to 0.2 V s^{-1} is depicted, showing both the theoretical and the experimental values.

To perform the fitting routine, the adjusting parameters named P_1 and P_2 were used. The first one was defined as $P_1 = b$, and the second $P_2 = Q_o/c$. Thus, the better fitting (depicted in the theoretical curve in Fig. 9) resulted in the following parameters values: $P_1 = 90 \Omega$ and $P_2 = 8.6 \times 10^{-6} \text{ C}$. From these adjusting parameters, the ones employed in the model were estimated. It was possible to estimate δ from the definition of b , by considering $\kappa = 6 \text{ mS cm}^{-1}$ and $A = 0.049 \text{ cm}^2$. However, the δ value estimated from the adjusting routine is too large, of an order of magnitude of 10^{-4} m . At Devilliers *et al.* [19] as well that at Sarasola *et al.* [20] articles, a similar kind of results are related. Thus, by calculating δ from the best fitting b value, thickness with no physical meaning because of its magnitude were estimated. Some explanations were supplied [19]: the existence of an initial layer chemically formed, het-

erogeneous current distribution and change in stoichiometry during the layer growth.

On the other hand, P_2 value enables one to estimate c . In this way, Q_o was determined from the charge below the cathodic peak, leading to a c value of practically 1. The value of 1 is considered when the film formed correspond to an insulator [19]. However, in the present case, even being the film metallic in nature and not an insulator, the quotient κ/κ_f is so small that a value of 1 is consistent with the experimental conditions. Furthermore, the fact to have considered Q_o as the total charge below the peak was not strictly correct. So, the real value of Q_o should be considered a little lower, resulting in a c value slightly lower than 1.

It is important to note that the current peak was corrected according to a base-line current contribution. The first portion of peak C1 seems to correspond to another contribution since a little hump is depicted in the voltammetric curve. It is reasonable to assume that an induction time is necessary to enter into the steady regime, for example, to attain a constant thickness of the metal layer which would then spreads laterally according the hypothesis of the model.

It was observed that for $E\lambda_a$ values more positive than -0.8 V, Q_a is always higher than Q_c . This could be explained by means of an incomplete reduction of the anodically formed film (inaccessibility of the species involved in the cathodic process), by dissolution of the film prior or simultaneously to reduction.

Returning to Fig. 4, peak C1 significantly decreases with r increase, attaining a stable although poorly defined profile. This fact indicates that peak C1 under hydrodynamic conditions evidences two contributions: one of them related to reduction of soluble species and the other, probably to solid state processes. Upon low rotation rates conditions, film formation prevails, while under higher rotation rates, contributions are comparable.

Soluble species involved in the controlling step, exert control by means of two situations: either by arriving or by leaving the electrode surface. Peak C1 behaviour reflects whatever occurs during oxidation. Soluble species that are spun off into solution during oxidation are not recovered for the subsequent reduction, showing the decrease of peak C1 current. Thus, Q_a/Q_c relation increases with rotation indicating that the oxidation process is accompanied by formation of soluble species Sn(II).

3.3 Region of peak A2

Anodic treatment

The corresponding i_p and E_p values also present a linear dependence on $v^{1/2}$, Fig. 10.

Considering SnO_2 the species mainly formed within the interval of peak A2, a molar mass of 150.7 g mol^{-1} , a density of 6 g cm^{-3} , and a conductivity of 6 mS cm^{-1} , θ_p was calculated. The value of 0.9997 was obtained for θ_p

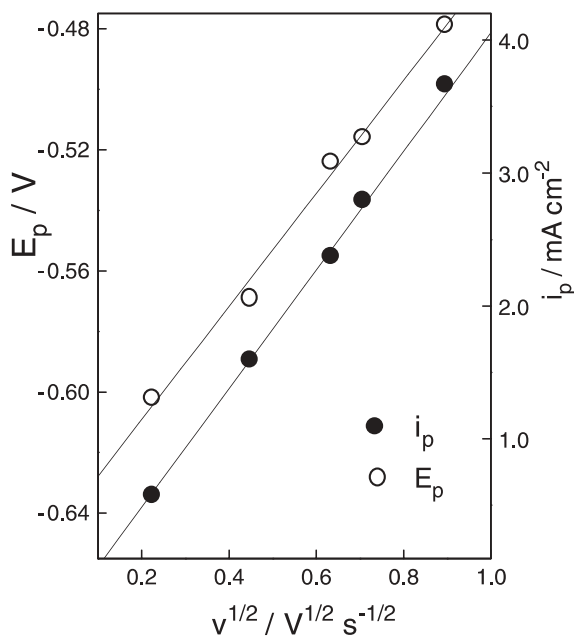


Fig. 10. i_p vs. $v^{1/2}$ and E_p vs. $v^{1/2}$ graphs, obtained from the voltammograms recorded for a v interval between 0.05 and 0.8 $V s^{-1}$. Electrode A.

when A corresponds to 0.049 cm^2 . It is possible to interpret the growing of the film, formed in this potential region according the model proposed by Müller-Calandra [1, 2].

On the other hand, changes in the current peak values as a consequence of increase in rotation rates for voltammograms recorded at $v = 0.02 V s^{-1}$ are observed, Fig. 11. It is worthy noticing a broad potential region near peak A2 which is dependent on rotation effects (beyond peak A1 towards practically passivation region, called region III in Fig. 1). This behaviour suggests that a residual current, dependent of mass transport is passing through the film formed at peak A1, indicating that the film is porous or little coherent, or even in a colloidal state.

Plots in Fig. 12 evidence practically the same behaviour of A1 and A2 peaks as a consequent of rotation. The slope values are practically equal, and providing the $(C_b - C_s)$ term (Eq. (3)) was the same, the same species probably exert the diffusional control of both the processes.

Cathodic treatment

When the potential is scanned towards more positive values, another anodic process is depicted in the voltammogram. Even so, only one cathodic peak ap-

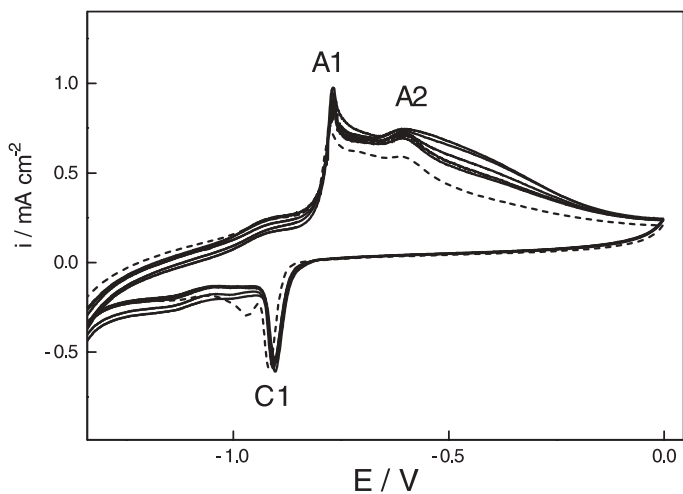


Fig. 11. Comparison of the voltammograms registered for quiescent (dashed line) and with rotation between the 200–1000 rpm interval, $E\lambda_c = -1.8 \text{ V}$, $E\lambda_a = 0 \text{ V}$, $v = 0.02 \text{ V s}^{-1}$. Electrode B.

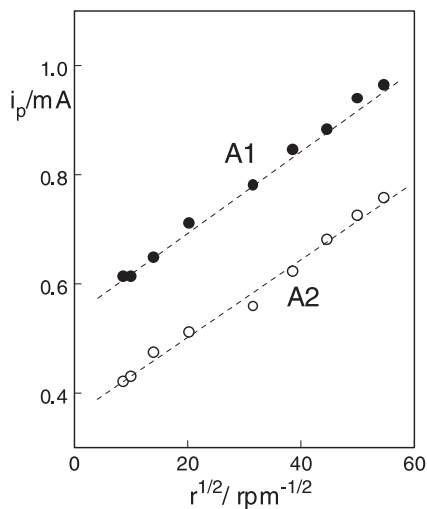


Fig. 12. Dependence of i_p on $r^{1/2}$ for peaks A1 and A2.

pears in the forward scan. Consequently it is reasonable to consider peak C1 as embracing more than one current contribution.

The voltammograms performed in Fig. 13 evidences the negative shift of the peak C1, which presents a different behaviour if compared with Fig. 7

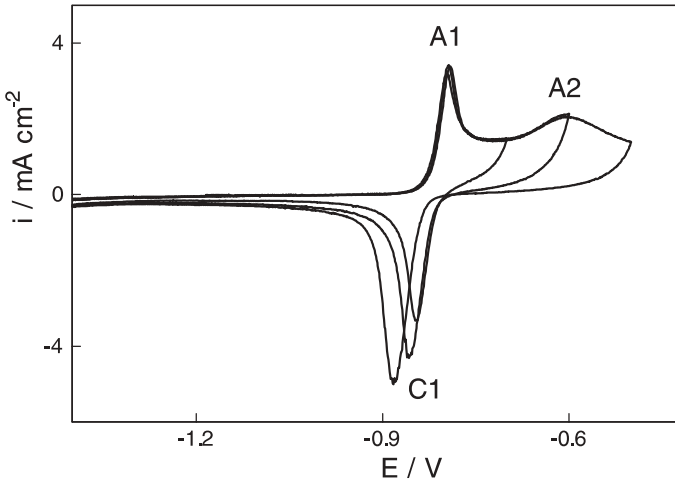


Fig. 13. Voltammograms for tin electrode, $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$, $E\lambda_c = -1.8 \text{ V}$, recorded for increasing $E\lambda_a$ values of the -0.75 to -0.5 V interval. Electrode A.

where the initial portion of the curves coincides. The significant shift towards negative potentials is related to an increase in irreversibility, possibly due to the higher stability attained by the film formed at increasing $E\lambda_a$ values.

When $E\lambda_a$ attains -0.6 V (maximum of peak A2), two linear regions are depicted in the graph $\ln(i_p)$ vs. $\ln(v)$, Fig. 14.

Instead of the classic $i_p - v$ (for an ideally surface process) [21] or the $i_p - v^{1/2}$ (for a diffusion-controlled process) [22] linear mathematical relationships, an unusual peak current dependence on sweep rate was observed for peak C1. Thus, the region corresponding to $v \leq 0.2 \text{ V s}^{-1}$ presents a slope value of 0.8. On the other hand, for $v > 0.2 \text{ V s}^{-1}$, the slope value was 0.5.

Similar results concerning the presence of at least two linear regions of the same nature, but in other electrochemical system, were interpreted by Conway and Kannangara [23] in terms of the occurrence of a process with mixed control kinetics (diffusional and in solid phase).

As the same way as considered by Conway and Kannangara [23], it is assumed that peak current can be considered as the sum of two current contributions, a surface and a diffusion controlled processes that occur in parallel:

$$i_p = c_{\text{surf}}v + c_{\text{dif}}v^{1/2}. \quad (5)$$

The first term of the sum correspond to the surface component whereas the second term is the diffusion component of the total current, c_{surf} and c_{dif} are adequate proportionality constants.

The results presented in the graph suggest that two kinds of behaviour can be considered depending on the sweep rate interval. In this way, for low sweep

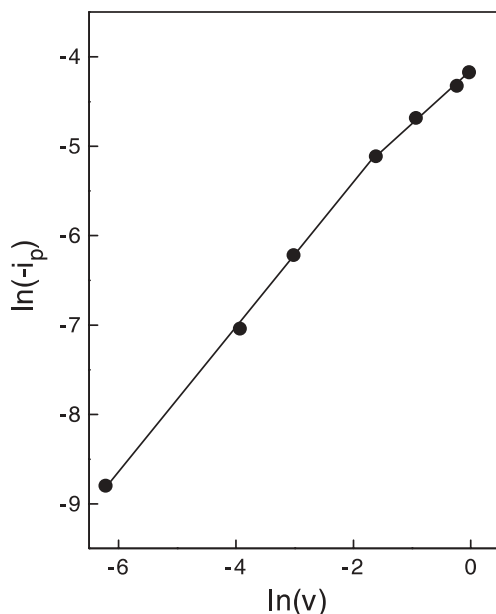


Fig. 14. $\ln(-i_p)$ vs. $\ln(v)$ graph. Data obtained from voltammograms recorded between 0.02 and 1 V s^{-1} . Electrode A.

rates, the slope value of almost 0.8 enables one to consider that the surface as well as the diffusion contribution have practically the same weight. On the other way, the interval corresponding to higher sweep rates with a slope value of 0.5 can be considered as a purely diffusion-controlled process.

Rearranging (Eq. (5)) results in:

$$iv^{-1/2} = c_{\text{surf}}v^{1/2} + c_{\text{dif}}. \quad (6)$$

In Fig. 15 is shown the behaviour of the plot for peak C1. The plot consists of two straight lines. For the low sweep rates, c_{dif} is approximately four times lower than the c_{dif} value determined from the high rates interval.

On the other hand c_{surf} determined from the first interval data is 20 times higher than that associated with the second interval. Even with a $v^{1/2}$ relation of 10 times between the two intervals, the term $c_{\text{surf}}v^{1/2}$ is practically negligible compared to c_{dif} in the high speed rate interval. In conclusion, two pairs of c_{surf} and c_{dif} values are required to represent the $i_p = f(v)$ behaviour. This complex behaviour arises probably because of the complex nature of peak C1, composed by two components peaks, as it is evidencing under rotating conditions.

Thus, it is interesting to show how rotation (in voltammetric measurements performed at $v = 0.02 \text{ V s}^{-1}$) affects the cathodic peak C1. Fig. 16 illustrates

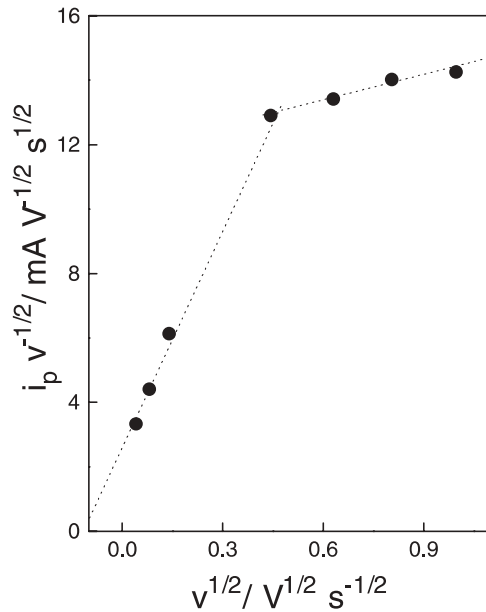


Fig. 15. Dependence of $i_p v^{-1/2}$ on $v^{1/2}$ for peak C1. Data obtained from voltammograms recorded between 0.02 and 1 V s^{-1} . Electrode A.

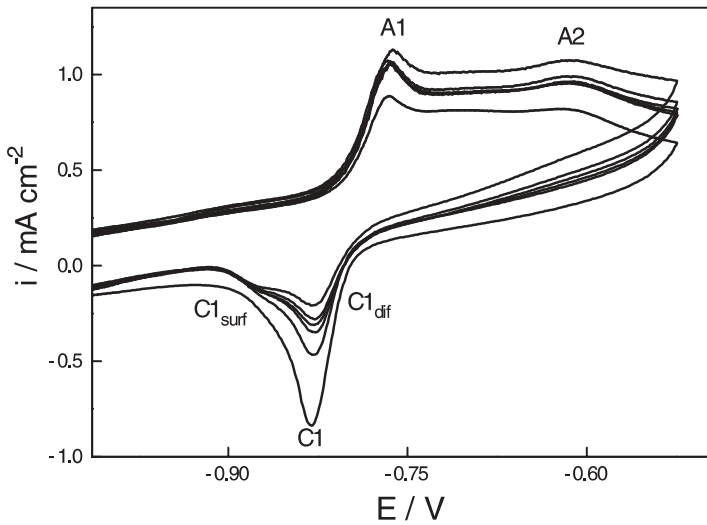


Fig. 16. Effect of rotation on the cathodic peak C1. Voltammograms recorded at $v = 0.02 \text{ V s}^{-1}$ for the 50–1000 rpm interval. Electrode B.

the effects of rotation and evidences the presence of two peaks. The peak located at less negative potentials, $C1_{\text{dif}}$, depends on rotation and corresponds to a more reversible process, probably as a consequence of its occurrence at more active sites. On the other hand, $C1_{\text{surf}}$, at more negative potentials and independent on rotation, reflects a more irreversible reduction process occurring at less active sites. The separation of the two contributions was possible due to the different response against rotation. Whereas one contribution does not change, the other shows dependence on rotation. So, two reactions take place within the potential range of peak C1 and can be considered as parallel processes, which probably occur in sites with different energetic properties.

4. Conclusions

The linear dependence of peak current and potential on $v^{1/2}$ for both the anodic peaks was consistent with the Müller–Calandra model [1, 2]. The interpretation of the anodic processes offered by the previous model is focalised on the characteristics of the formed film and nothing infers about the dynamic of the process. In this way, a dynamic vision of the process, thus evidencing diffusion and mass-transport, was supplied by the analysis of results obtained from rotating disk measurements. Voltammetric behaviour under rotating conditions, indicated that the oxidation process in the first peak is accompanied by formation of soluble Sn(II) species. The combination of the information supplied by the analysis of both the modelistic as well as the rotating results enabled one to understand the porous film formation at the first anodic peak as the precipitation of a Sn(II) hydroxide from Sn(II) soluble species and OH^- . On the other side for the corresponding cathodic peak, the direct use of the same model in order to interpret the processes is not suitable due to the conductive electrical nature of the surface compound. The growth of a metal layer of constant thickness during reduction was discussed in term of the model of Devilliers *et al.* [18], which considered the Müller–Calandra's one as a particular case.

The behaviour of the second anodic peak was dependent on rotation effects and suggested a porous, little coherent or colloidal nature of the formed film.

It was verified that the use of a simple model to interpret the cathodic process occurring at the second potential window was not possible due to the complex nature of the process. In this case, a mixed control kinetics was proposed and the current was considered as the sum of two contributions.

Acknowledgement

FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Brasil) 93333-2 is gratefully acknowledged.

References

1. W. J. Müller, *Trans. Faraday Soc.* **27** (1931) 737.
2. A. J. Calandra, N. R. Tacconi, R. Pereiro, and A. J. Arvia, *Electrochim. Acta* **19** (1974) 901.
3. S. D. Kapusta and N. Hackerman, *Electrochim. Acta* **25** (1980) 1625.
4. V. S. Muralidharan, K. Thangavel, and K. S. Rajagopalan, *Electrochim. Acta* **28** (1983) 1611.
5. B. F. Giannetti, P. T. A. Sumodjo, and T. Rabockai, *J. Appl. Electrochem.* **20** (1990) 672.
6. M. Šeruga and M. Metikoš-Huković, *J. Electroanal. Chem.* **334** (1992) 223.
7. M. Šeruga, M. Metikoš-Huković, T. Valla, H. Milun, H. Hoffschultz, and K. Wandelt, *J. Electroanal. Chem.* **407** (1996) 83.
8. M. Metikoš-Huković and S. Omanović, *Mat. Chem. Phys.* **38** (1994) 55.
9. B. F. Giannetti, C. M. V. B. Almeida, S. H. Bonilla, and T. Rabóczkay, *Chem. Educator* **8** (2003) 1.
10. A. Vértes, H. Leidheiser, M. L. Varsányi, G. W. Simmons, and L. Kiss, *J. Electrochem. Soc.* **125** (1978) 1946.
11. M. L. Varsányi, J. Jaén, A. Vértes, and L. Kiss, *Electrochim. Acta* **30** (1985) 529.
12. M. Metikoš-Huković, M. Šeruga, and S. Ferina, *Ber. Bunsenges. Phys.* **96** (1992) 799.
13. M. Drogowska, H. Ménard, and L. Brossard, *J. Appl. Electrochem.* **21** (1991) 84.
14. C. A. Gervasi, F. E. Varela, J. R. Viche, and P. E. Alvarez, *Electrochim. Acta* **42** (1997) 537.
15. S. Kapusta and N. Hackerman, *Electrochim. Acta* **25** (1980) 1001.
16. D. D. Macdonald, *Transients Techniques in Electrochemistry*, Plenum Press, New York (1977) Chap. 8.
17. V. G. Levich, *Physicochemical Hydrodynamics*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ (1962).
18. S. H. Bonilla, J. Rodriguez, C. F. Zinola, C. Bello, and B. F. Giannetti, *Initial Steps of Film Formation and Surface growth on Tin Electrodes in Bicarbonate Solutions: an Impedance Spectroscopy Study*, *Corrosion Science*, accepted for publication.
19. D. Devilliers, F. Lantelme, and M. Chemla, *Electrochim. Acta* **31** (1986) 1235.
20. C. Sarasola, T. Fernández, and Y. Jiménez, *Electrochim. Acta* **33** (1988) 1295.
21. S. Srinivasan and E. Gileadi, *Electrochim. Acta* **11** (1966) 321.
22. R. S. Nicholson and I. Shain, *Anal. Chem.* **36** (1964) 706.
23. B. E. Conway and D. C. W. Kannangara, *J. Electrochem. Soc.* **134** (1987) 906.

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Internacional, com Arbitragem.

S. H. Bonilla e B. F. Giannetti: "Early Stages of Film Formation and Surface Growth on Tin Electrodes at Bicarbonate Medium: a Modelistic Approach ", *Z. Phys. Chem.*, v. 218, p. 837-856 (2004). ISSN 0894-3230.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*



Film formation and surface growth on tin electrodes in bicarbonate solutions: an impedance spectroscopy study

S.H. Bonilla ^a, J. Rodriguez ^b, C.F. Zinola ^b,
C. Bello ^c, B.F. Giannetti ^{a,*}

^a *Laboratório de Físicoquímica Teórica e Aplicada, LaFTA, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista, Dr. Bacelar 1212, CEP 04026 002 São Paulo, SP, Brazil*

^b *Laboratorio de Electroquímica Fundamental, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Iguá 4225, CP 11400 Montevideo, Uruguay*

^c *Unidad Central de Instrumentación Científica (UCIC), Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Iguá 4225, CP 11400 Montevideo, Uruguay*

Available online 20 August 2004

Abstract

The electrochemical behaviour of potentiodynamically formed thin anodic films of polycrystalline tin in aqueous sodium bicarbonate solutions (pH \approx 8.3) were studied using cyclic voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. Different equivalent circuits corresponding to various potential regions were employed to account for the electrochemical processes taking place under each condition.

© 2004 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: A. Tin; B. EIS; B. Cyclic voltammetry; C. Anodic film

* Corresponding author.

E-mail address: biafgian@unip.br (B.F. Giannetti).

1. Introduction

The aim of this work was the study of initial stages and growth of thin films on tin as well as their reductive processes in slightly alkaline solution at pH 8.3. This pH value was chosen since solubility of various tin oxides and hydroxides present a minimum (remember the amphoteric nature of the metal), leading to a more stable situation. The main emphasis of the paper is to interpret the electrochemical impedance spectroscopic results, using the electrical equivalent circuit (EC) approach. Motivation arises from two necessities. First of all, the need of completing the information related to tin electrochemical behaviour in bicarbonate medium already obtained mainly from voltammetric studies both in quiescent solution and with rotating disk electrodes [1]. Secondly, the very promissory properties of tin electrodes showed in the environmental perchlorate remediation where the metal acts as an electrocatalyst for perchlorate reduction [2]. Perchlorate concentration in drinking water has surpassed safety levels in the proximity of weapon and aerospace material industries at the USA [3]. In this way, the use of tin electrodes offers a clean technology to deal with the problem. Electrochemical results showed that the extent of the reduction process of interest is highly dependent on the surface state [2]. It was cited that previous oxidation of the electrode surface resulted in the increase of the reduction of perchlorate current [2]. Thus, the improving of our knowledge about the electrical properties of the films formed on tin during oxidation will be of great importance.

2. Experimental details

An AUTOLAB equipment, PGSTAT 20 model (with the FRA module), was used to perform the electrochemical measurements. A standard electrochemical cell with an input for N₂ bubbling was used. The experiments were performed using a tin disk of 0.25 cm (electrode A) or 0.1 cm diameter (electrode B) mounted in polyester resin. The reference electrode was Ag/AgCl placed in a Luggin–Haber capillary and the counter electrode was a cylindrical platinum grid placed around the working electrode. The auxiliary electrode was a large area one since its impedance must be neglected in comparison with the impedance of a working electrode. The electrolyte, 0.5 mole l⁻¹ sodium bicarbonate solution, pH ≈ 8.3, was prepared from Aldrich p.a. grade reagent and Millipore-MilliQ water. Before each experiment, the tin electrode surface was wet-ground with abrasive grade 600-mesh paper, washed with Millipore-MilliQ water, immersed in the electrolyte and cathodically polarised at -1.8 V during 60 s. Potential values quoted in this text are referred to the Ag/AgCl reference electrode scale. All the experiments were carried out at 25 °C.

The films were potentiodynamically grown and the scan was performed at a scan rate of $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$ up to the selected potential value, stated in the text for each case. At this potential the impedance measurements were initiated after 30 s of equilibration time in order to attain current stabilization. Current values are also accompanied during the experiments. The acquisition of electrochemical impedance data

was carried out in the $10 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ mHz}$ (sometimes the interval was extended until 1 mHz) and the amplitude of the signal was 10 mV . Impedance measurements were also performed in order to characterise the reduction processes. The procedure was as follows: (i) potentiodynamically formation of the film as a result of a positive scan at $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$ until the pre-set positive limit; (ii) reversal of the sweep and voltammetric profile until the attainment of the maximum of the cathodic peak. After then, the spectrum was performed at the maximum of the cathodic peak, after 30 s of equilibration time. All the voltammetric curves were recorded at 0.2 V s^{-1} . The lower ($E_{\lambda c}$) and the upper scan limits ($E_{\lambda a}$) are stated in each case. To perform impedance measurements it is necessary to be certain that the system is under steady-state conditions. The examination of chronoamperometric measurements enables us to affirm that the constraint was satisfied.

Also impedance measurements were carried out in order to characterise the interface obtained after the application of potentiostatic ageing procedures. The potentiostatic ageing methodology described by Arvia [4], consisted of the implementation of a potential scan until the attainment of an ageing potential, $E\tau$, where the scan was stopped and the potential hold during a time lapses (τ). The scan is then re-initiated and the recorded profile compared with the typical voltammogram.

The Boukamp software [5] (included in the AUTOLAB software) was used to determine the equivalent circuits. For some cases a self-made programme in MATLAB was employed to fit data. The methodology employed to select the equivalent circuit was initiated with the establishment of a simple model that represents the interface. The latter was selected based on the information about the possible physical phenomena (gained in previous studies). At a next step, and if the results were not satisfactory, additional circuit elements were added to the account for other factors. The nomenclature adopted to describe the electrical circuits was the one proposed by Boukamp.

3. Results and discussion

3.1. General considerations

The typical cyclic voltammogram of tin in bicarbonate medium (shown in Fig. 1) is similar to those found in the literature for the same condition of pH interval [6–11]. However, problems can arise when results obtained upon different experimental conditions are correlated. In this way, Kapusta and Hackerman [6,12] relate that the composition and thickness of the film formed onto tin strongly depend on experimental conditions.

In the potentiodynamic profile recorded for a scan rate of $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$, between the lower and upper scan limits $E_{\lambda c} = -1.8 \text{ V}$ and $E_{\lambda a} = 1.0 \text{ V}$ the well-defined potential regions depicted are signed as I, II, III, IV and V in Fig. 1.

Region I comprises potential values lower than those involved in the main oxidation processes and they have not deserved special discussion in literature. However, it is a region highly dependent on the pre-treatment imposed to the electrode.

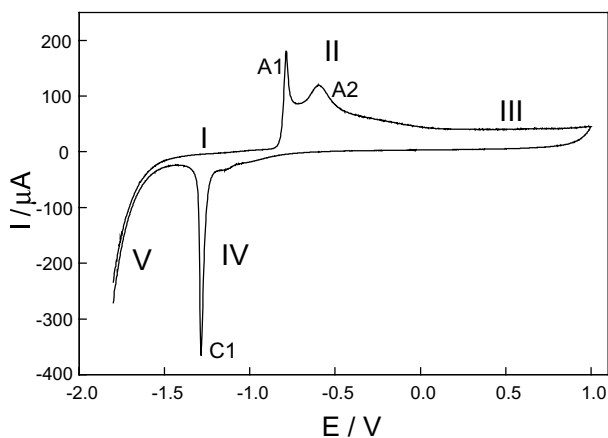


Fig. 1. Typical voltammogram of tin electrode in bicarbonate medium, 0.5 mol l^{-1} , recorded at $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$ between the limits $E_{\lambda c} = -1.8 \text{ V}$ and $E_{\lambda a} = 1.0 \text{ V}$. Electrode A.

Region II evidenced two anodic peaks, namely A1 and A2. The presence of two peaks indicates that film formation occurs at least in two steps. The peaks correspond to the overall oxidation process $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn(II)} \rightarrow \text{Sn(IV)}$. The formation of mixed oxides and hydroxides is possible due to the proximity of the standard equilibrium potential values for Sn/SnO and Sn/SnO_2 , and for Sn/SnO and $\text{Sn}/\text{Sn(OH)}_2$.

Towards more positive potentials, in Region III, a constant current value is observed, corresponding to a passive state.

In Region IV the presence of two cathodic peaks suggests the reduction of Sn(IV) species with different electrochemical stability. A significant low cathodic charge/anodic charge relation is observed.

The presence of a current peak in Region V depends on the extent of the positive scan. In this way, a hump superimposed to hydrogen evolution current appears for a determined interval of $E_{\lambda a}$ values.

In this paper attention is focused on the Regions II and IV.

3.2. Potential domain in the proximity of peak A1

In the voltammetric curve of Fig. 2, a well-defined anodic peak at around -0.85 V , peak A1, and its cathodic counterpart peak C1, are depicted. This anodic peak was characterised by the Müller–Calandra model (also known as the layer-pore resistance model) [1] as a film growth process. Even so, a hydrodynamic contribution was manifested under rotating conditions, but it was concluded that without rotation, current at peak A1 corresponds mainly to film formation [1]. The negative going sweep resulted in the cathodic peak C1, whose maximum potential shifts towards the negative direction when $E_{\lambda a}$ increases. However, the first region of the peak profile coincides for all the voltammograms in the considered potential domain.

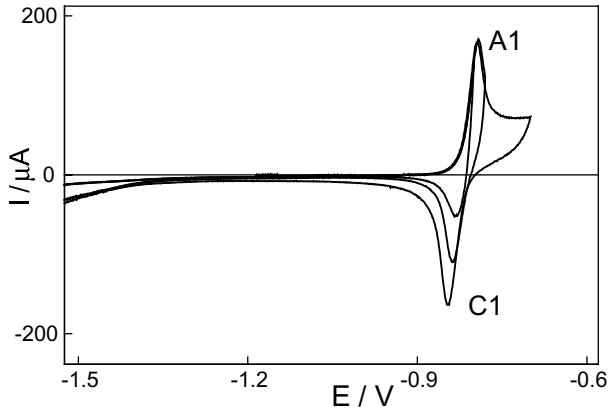


Fig. 2. Voltammograms of tin electrode, $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$, $E_{\lambda c} = -1.8 \text{ V}$, recorded for increasing $E_{\lambda a}$ values within the $-0.8/-0.7 \text{ V}$ interval. Electrode A.

The Nyquist plot performed at the maximum of peak A1 (Fig. 3) presents at lower frequencies an almost straight line with a $\pi/8$ slope. This behaviour can account for a heterogeneous processes diffusion limited in the pore, as it is cited in [13].

The proposed equivalent circuit is represented according the adopted nomenclature (elements that are placed in series were noted within [] and parallel elements were noted between ()). Thus, the $R(RCQ)W$ circuit is composed by a resistance-infinite length Warburg (noted as W) series combination, placed in series with three parallel branches: one corresponding to a capacitor element (noted as C), the other

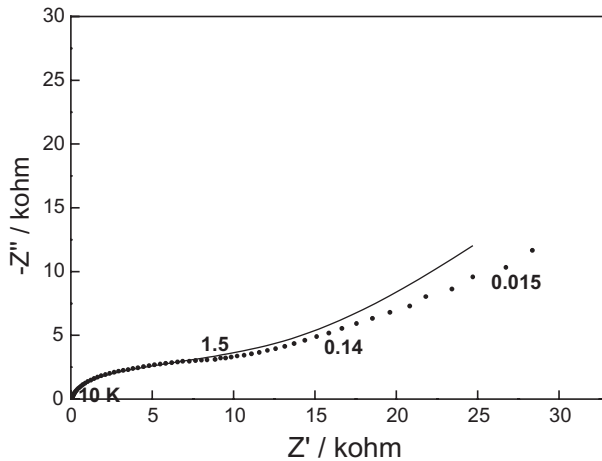


Fig. 3. Nyquist plot of the obtained data (●) for a d.c. applied potential of -0.76 V (corresponding to the maximum of peak A1). Continuous curve represents fitted results. Electrode B.

containing a resistance (noted as R), and the last with a constant phase element CPE (noted as Q according to the adopted nomenclature).

The impedance of the constant phase element Z_{CPE} , is described by the expression:

$$Z_{CPE} = [Q(j\omega)^n]^{-1}$$

where Q is a constant, combination of properties related to both the surface and the electroactive species. The parameter n is also a constant that can assume different values in the range from -1 to 1 . The CPE arises from the presence of heterogeneities at the electrode–electrolyte interface, from the effect of the surface coverage on the electrode capacity or from no uniform diffusion. When $n = 0.5$, it describes an infinite length Warburg component.

Two situations were selected to be compared: the peak maximum (at -0.77 V) and a value in the descendent side of the voltammetric peak (at -0.75 V). The comparison was considered useful in order to obtain information about the nature of the anodic dynamic process and the progress of film formation. The parameters values, evaluated from the fitting procedure, are listed in Table 1.

The values of C , determined from the best fitting routine and listed in Table 1, account for metal/film/electrolyte system, giving a value of the order of $30 \mu\text{F cm}^{-2}$.

The Warburg impedance accounts for the semi-infinite diffusion of the charging species. Thus, considering OH^- as the exclusive electroactive species, and the value of W from Table 1, the diffusion coefficient is extracted from the following expression [14]:

$$[W\sqrt{2}]^{-1} = \frac{RT}{n^2 F^2 c \sqrt{2D}}$$

The D value of the order of $10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ obtained clearly indicates that this branch of the circuit corresponds to a diffusion process in the liquid phase.

This observation is in agreement with measurements carried out with rotating disk electrodes in the same electrochemical system [1]. In that work, it was observed a Levich's dependence between A1 current and the rotation rate, ω . Even so, the positive value of peak current at $\omega = 0$ was attributed to the contribution of current only related to the porous film formation (and modelled according to Müller–Calandra model [15,16]), leading to a control that could not be considered as only diffusional.

Table 1
Results of the impedance spectra of tin obtained from fitting as a function of the applied potential (peak A1 potential window), electrode B

E (V)	EC*	R_{Ω} (Ω)	$C \times 10^9$ (F)	$Q \times 10^{12}$ ($\Omega^{-1} \text{ s}^n$)	n	R (k Ω)	$W \times 10^4$ ($\Omega^{-1} \text{ s}^{0.5}$)
-0.77 (A1)	$R_{\Omega}(CQR)W$	127	243	0.09	0.35	16.3	2.37
-0.75 (A1)	$R_{\Omega}(CQR)W$	163	266	0.40	0.41	15.9	1.27
-0.79 (C1)	$R_{\Omega}(CQR)W$	187	482	131.5	0.47	73.2	0.63

* Corresponds to equivalent circuit.

For impedance measurements, the presence of various parallel branches in the equivalent circuit and the lack of a clear predominance of one of them at the intermediate frequencies domain resembles the same mixed controlled situation found at voltammetric conditions.

It is important to note that both techniques are carried out under different conditions. Thus, whereas the impedance is a potentiostatic technique, voltammetry is a potentiodynamic one. Even so, some conclusions can be scaled from the careful comparison between the results.

The resistance presented at one of the parallel branches of the equivalent circuit was considered as the charge transfer resistance. Practically the same R value observed for the two presented situations, enabling to conclude that the kinetic step is not the limiting step rate in the process.

The constant phase element presents low n values, fact that provides resistive or dissipative characteristics to the element. Values of n around 0.3 were cited in the literature in the case of porous electrodes [17]. The CPE was attributed to a distributed diffusion element, related to the energy dissipation among the porous of various sizes [17].

The increase of R_{Ω} value for the impedance spectrum carried out at -0.75 V can account for inclusion of the contribution of the electronic resistance of the film and/or the resistance of electrolyte in the pores of the film.

Thus, important information about the characteristics of the formed film and about the complex processes occurring were concluded. The resistive characteristic of the film was emphasised as well as the inhomogeneity, probably due to pores presence. Impedance results indicate that two main diffusion processes can be combined to account for the A1 process: ionic diffusion in liquid phase and diffusion inside the porous film.

The study of the reduction profile not only enables the characterisation of the cathodic processes but also complements the information about the anodic behaviour since everything that occurs in the positive profile is reflected in the negative scan.

The Nyquist plot obtained from impedance results at peak C1 maximum and the fitted results according to the use of the equivalent circuit: $R(CQR)W$ are shown in Fig. 4.

The best data fitting results from the equivalent circuit are listed in Table 1. Also three branches are presented. C is attributed to the metal/film/electrolyte capacitance. The lower C value compared to anodic process accounts for the thickness of the not completely reduced, remanent film. R , corresponding to transfer charge resistance shows a value almost six times higher than that for the corresponding anodic process. The existence of the remanent oxide film can also contribute to the increase of R , when compared again with the fitted parameters for the anodic process.

Two diffusion contributions are involved in the cathodic processes. At the lower frequency domain, the $\pi/4$ slope is associated to a Warburg impedance. The value of W is indicative of a diffusion process occurring in liquid phase. On the other side, the exponent of the CPE component indicates another diffusion contribution, but more pronounced at intermediate frequencies and occurring in or on solid phase. The

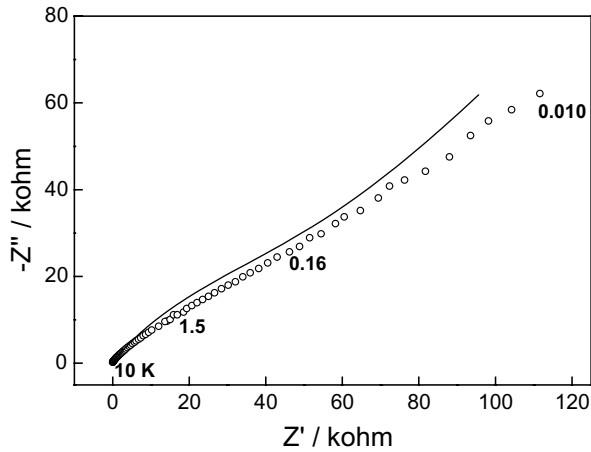


Fig. 4. Nyquist plot of the obtained data (O) for a d.c. applied potential of -0.79 V (corresponding to the maximum of peak C1). Continuous curve represents fitted results. Electrode B.

latter can be related to diffusion process along the surface producing bulk metal from the nuclei. These results sustained by those obtained from voltammetric measurements drive the interpretation towards the following conclusion: film reduction occurs through electronic transport from the underlying metal to the film/solution interface [18]. The influence of the variation of the lower scan potential limit on the subsequent anodic current profile is shown in Fig. 5. The cathodic sweep was reversed at various degrees of the oxide reduction; the current that flow upon re-oxidation of the partially reduced film depends on the area of the removed film (Fig. 5).

3.3. Potential domain in the proximity of peak A2

In the voltammetric curve of Fig. 6 the anodic peak A2 and its counterpart, the cathodic peak C1 are observed. At this peak the growing of the film, was interpreted [1] according to the model proposed by Müller–Calandra. It was evidenced the same mathematical relationship of A1 peak as a consequent of rotation. Probably the same species exert the diffusional control of both the processes, A1 and A2 [1]. The negative going sweep resulted in one cathodic peak accounting for the reduction of A1 and A2, which shifts towards negative direction when $E_{\lambda a}$ increases.

The impedance spectrum, determined at the maximum of peak A2, is quite complex (Fig. 7), suggesting that multiple parallel reactions occur on the electrode. A higher frequency loop is followed by a linear portion, which passes into a negative resistance region. The most common source of negative resistance results from an interplay between adsorption and electrodisolution, giving rise to a current that decreases with increasing voltage for frequencies $\rightarrow 0$.

The presence of dissolution processes was evidenced in voltammetric measurements involving peak A2 region [19]. At low scan rates, the negative sweep showed

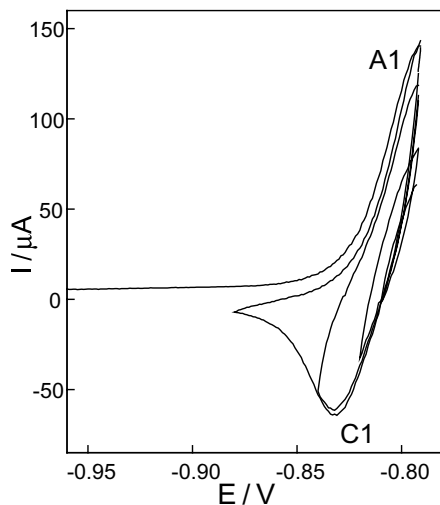


Fig. 5. Voltammetric profiles in the potential window of A1 and C1, $E_{\lambda a} = -0.79$ V and with decreasing values of $E_{\lambda c}$ between -0.88 and -0.82 V, $v = 0.2$ V s $^{-1}$. Electrode A.

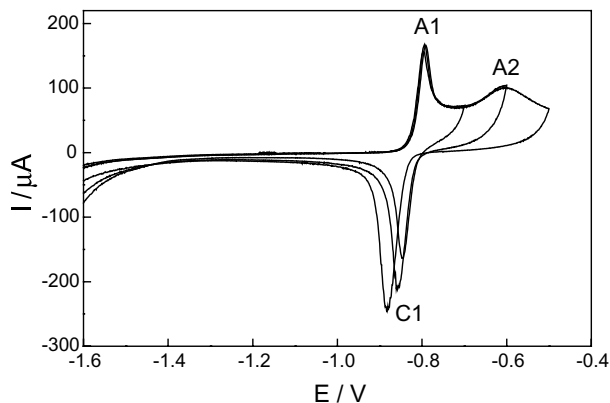


Fig. 6. Voltammograms for tin electrode, $v = 0.2$ V s $^{-1}$, $E_{\lambda c} = -1.8$ V, recorded for increasing $E_{\lambda a}$ values within the $-0.7/-0.5$ V interval. Electrode A.

an unexpected profile of positive currents, that was interpreted as a re-activation process.

The equivalent circuit has the form: $R(CR)(QR)$ and the fitted curve is shown in Fig. 7. Table 2 presents the values of the elements considered in the equivalent circuit. C was assigned to metal/film/electrolyte capacitance and R_1 accounts for the charge transfer resistance. The value of n so far from 1 can be interpreted as the presence of an irregular surface.

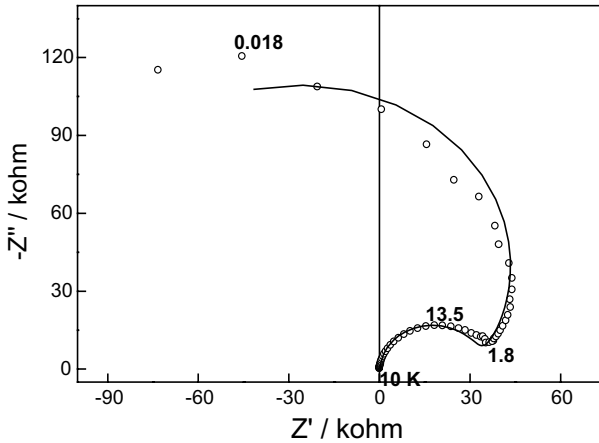


Fig. 7. Nyquist plot of the obtained data (○) for a d.c. applied potential of -0.6 V (corresponding to the maximum of peak A2). Continuous curve represents fitted results. Electrode B.

Table 2

Results of the impedance spectra of tin obtained from fitting as a function of the applied potential (peak A2 potential window), electrode B

E (V)	EC*	R_{Ω} (Ω)	$C \times 10^9$ (F)	R_1 (k Ω)	$Q_1 \times 10^7$ ($\Omega^{-1} s^n$)	n_1	R_2 (k Ω)	$Q_2 \times 10^7$ ($\Omega^{-1} s^n$)	n_2
-0.60 (A2)	$R_{\Omega}(CR_1)(QR_2)$	171	296	30.9	0.53	0.62	-114.8		
-0.817 (C1 _a)	$R_{\Omega}(CQ_1R_1)Q_2$	176	933	206	296.9	0.48		0.798	0.59

* Corresponds to equivalent circuit.

The cathodic peak C1, showed an atypical impedance spectrum. The Bode plot in the form $\log(Z)$ vs. $\log(f)$ evidenced three frequency domains, separated by drastic jumps resulted from discontinuity. The presence of the intermediate portion with higher impedance values may suggest the occurrence of a drastic change in the electrical nature of the film. In this case, the total impedance increase accounts for decrease in conductivity. The good reproducibility of the results show that this breaking point can be ascribed to a change in the nature of the charge transfer conductivity of the tin film.

Sometimes, the incipient formation of a new phase in the oxide matrix can introduce an increase in resistance due to a less efficient intergrain conduction. However, it is important to notice that peak C1 is formed by the combination of two current contributions (which depend on time variable) rather than the result of a single process, as it will be presented later. In this way, a simple impedance response is not expected to occur in potential regions which presents such process complexity.

It has been observed that when the electrode was subjected to a potentiostatic ageing procedure in the region of peak A2, its counterpart, peak C1, split into two current contributions which were evidenced as two shoulders (Fig. 8). The current

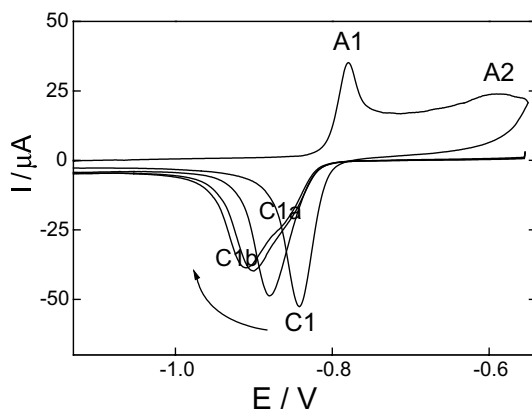


Fig. 8. Voltammograms recorded at $v = 0.2 \text{ V s}^{-1}$ between the limits $E_{\lambda c} = -1.8 \text{ V}$ and $E_{\lambda a} = -0.55 \text{ V}$. The typical cathodic profile is compared with profiles recorded after a potentiostatic ageing procedure at -0.55 V for increasing times τ : 30 s, 1, 3 and 5 min. Electrode B.

contributions can be completely separated into two well-defined peaks for ageing times longer than 5 min. The potentiostatically aged film presents at least two states with different stabilities, being the most stable one reduced at more negative values.

In order to organise data presentation, the two current contributions will be named as $C1_a$ (the less negative peak) and $C1_b$ (the more negative peak). The separation between $C1_a$ and $C1_b$ increases with τ , whereas $C1_b$ charge slightly increases in detriment of $C1_a$ charge [19].

Impedance measurements performed at $C1_a$ immediately after the potentiostatic ageing procedure with τ values of 15 and 30 min presents the Nyquist plots of Fig. 9. On the other side, the diagrams obtained after $\tau = 5 \text{ min}$ shows discontinuities that resembles the spectra recorded for the cathodic peak $C1$ without the application of the ageing procedure. Since the two current contributions were not completely isolated at $\tau = 5 \text{ min}$, it seems logic that results exhibit characteristics comparable to those of the peak $C1$.

The Nyquist diagrams corresponding to surfaces subjected to ageing procedures of 15 and 30 min are practically identical. Parameters evaluation from the EC fitting are listed in Table 2. Q_2 can be practically assigned to a semi-infinite Warburg element. Q_1 presents also strong characteristics of a Warburg element. Q_1 and Q_2 account for diffusion in solid phase, indicating the occurrence of a solid phase process. The principal effect resulted from the ageing procedure was the increase of C value. This can account for the presence of a remanent oxide film, not completely reduced at the electrode surface. It is important to remember that the most stable portion of the aged film is only reduced at more negative potentials.

Impedance measurements performed at the maximum of $C1_b$ showed a Bode plot $\log(Z)$ vs. $\log(f)$ which evidenced three frequency domains as it was shown in the $C1$ Bode spectrum. It seems clear that the responsible for the “atypical” profile in the $C1$ spectra is the $C1_b$ contribution.

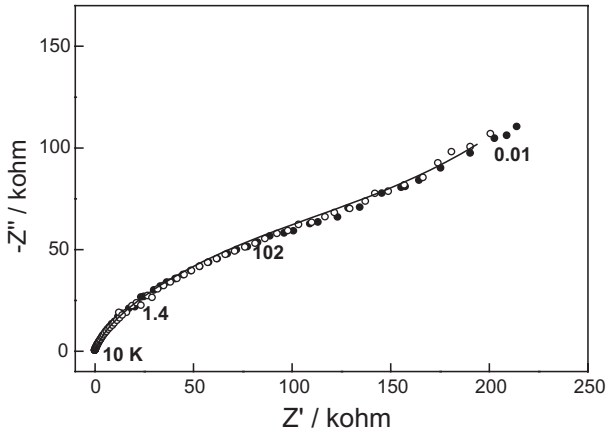


Fig. 9. Nyquist plot of the obtained data for a d.c. applied potential of: -0.817 V (open circle, corresponding to the maximum of peak $C1_a$ after an ageing procedure of 15 min) and -0.813 V (solid circle, corresponding to the maximum of peak $C1_a$ after an ageing procedure of 30 min). Continuous curve represents fitted results according to the use of the equivalent circuit. Electrode B.

The $\log(f)$ vs. $\log(Z)$ plot measured for the aged surfaces displays discontinuities. In Fig. 10, the plot for $\tau = 15 \text{ min}$ is shown. The shape of the spectrum of Fig. 10 resembles the simulated ones corresponding to potential values sufficiently close to transition potentials, when the frequency sweep direction is from high to low values [20]. There is cited [20] that the Faradaic impedance magnitude varies in a discontinuous way for the transition potential and that it is theoretically possible to measure an impedance diagram for a potential as close as that required for the bifurcation, by

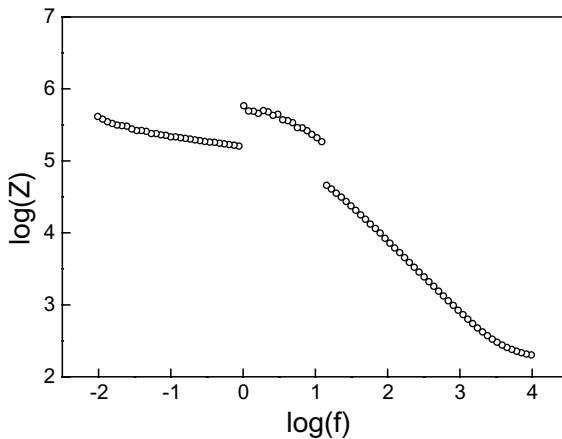


Fig. 10. Bode plot of the obtained data for the d.c. applied potential of -0.906 V (corresponding to the maximum of peak $C1_b$). Electrode B.

choosing a sufficiently small sinusoidal signal amplitude. Therefore, by assuming that the potentials selected to carry out the impedance measurements (maximum of peak $C1_b$) were close enough to a static bifurcation point, it is likely at least at a theoretical point of view to obtain a diagram with the characteristics of that of Fig. 10.

The presence of a discontinuous transition point is possible in the present system. But to sustain this hypothesis a brief review about the system response against ageing procedure application should be offered. Although only some results from application of potentiostatic ageing procedure are discussed here, results from potentiodynamic ageing procedures are necessary to sustain the interpretation [19]. Even so, as their discussion is beyond the scope of the paper (more related studies are now in progress) only the useful and strictly pertinent conclusions are drawn out. In this way, the solely imposition of an ageing time τ , *per se*, does not entirely control the extent of the ageing process or namely, the average energetic configuration of the surface species. There is another controlling component concerning time-evolution of the more stable reduced species (those reduced at $C1_b$) and the interconversion between the aged species ($C1_a$ and $C1_b$), which depends on perturbation characteristics (amplitude and frequency), as results of potentiodynamic ageing procedures showed [19]. Thus, potentiostatic time τ acts imposing the ageing extent of the formed film, and thus, establishing the reduction potential of the two different stability species (and consequently imposing the potential of $C1_a$ and $C1_b$). But, the interconversion between $C1_a$ and $C1_b$ species and the simultaneous time-evolution extent of species in $C1_b$, depend on the nature of applied perturbation. It is possible to correlate the presence of multi-states and the different extent of time-evolution of the $C1_b$ species. So, the discontinuous transition point is related to the passage of the stable steady-state (initial state) to differently aged reduced species. Obviously, this dynamical behaviour was only evidenced due to the positive correlation of experimental parameter values (sweep frequency direction, modulation amplitude, selected potential) [21] and intrinsic parameters of the system (interconversion and time-evolution rate constants).

As this is a complex topic and deserves more discussion, related studies are now in progress.

4. Conclusions

The electrochemical behaviour of potentiodynamically formed anodic tin films in sodium bicarbonate solutions were studied by cyclic voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. Different equivalent circuits corresponding to various potential regions were employed to account for the electrochemical processes taking place under each condition.

Two main factors are determining the extent of the ageing process. One of them arises from the imposition of a potentiostatic ageing time. The other factor is related to the time-evolution of the more stable reduced species, which depends on both time and perturbation characteristics. The relation between the different species and the

subsequent evolution extent, depend on time and nature of applied perturbation. The correlation of each degree of this species evolution can be assigned to multi states. Therefore, the observed discontinuous transition is related to the passage of the stable initial state to different degree aged reduced species.

Acknowledgements

J.R. wishes to thank CSIC (UDELAR, Universidad de la República, Uruguay) for the fellowship granted. FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Brasil) 93333-2 is gratefully acknowledged.

References

- [1] S.H. Bonilla, B.F. Giannetti, *Z. Phys. Chem.* 218 (2004) 837.
- [2] C.M.V.B. Almeida, B.F. Giannetti, T. Rabockai, *J. Electroanal. Chem.* 422 (1997) 185.
- [3] State of California Department of Health Services, Determination of perchlorate by ion chromatography, Rev. No. 0, 7th May 1997.
- [4] A.J. Arvía, *Israel J. Chem.* 18 (1979) 89.
- [5] B.A. Boukamp, EQUIVCRT TM Software, University of Twente, Department of Chemical Technology, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands.
- [6] S.D. Kapusta, N. Hackerman, *Electrochim. Acta* 25 (1980) 1625.
- [7] A. Vértes, H. Leidheiser, M.L. Varsányi, G.W. Simmons, L. Kiss, *J. Electrochem. Soc.* 125 (1978) 1946.
- [8] M.L. Varsányi, J. Jaén, A. Vértes, L. Kiss, *Electrochim. Acta* 30 (1985) 529.
- [9] M. Metikoš-Huković, M. Šeruga, S. Ferina, *Ber. Bunsenges. Phys. Chem.* 96 (1992) 799.
- [10] M. Drogowska, L. Brossard, H. Menard, *J. Electrochem. Soc.* 138 (1991) 1243.
- [11] C.A. Gervasi, F.E. Varela, J.R. Vilche, P.E. Alvarez, *Electrochim. Acta* 42 (1997) 537.
- [12] S. Kapusta, N. Hackerman, *Electrochim. Acta* 25 (1980) 1001.
- [13] C. Gabrielli, Identification of electrochemical processes by frequency response analysis, Technical report number 004/83, Solartron Instruments, 1980.
- [14] R. Greef, R. Peat, L.M. Peter, D. Pletcher, J. Robinson, *Instrumental Methods in Electrochemistry*, Ellis Horwood Limited, Chichester, 1985 (Chapter 8).
- [15] W.J. Mueller, *Trans. Faraday Soc.* 27 (1931) 737.
- [16] A.J. Calandra, N.R. Tacconi, R. Pereiro, A.J. Arvía, *Electrochim. Acta* 19 (1974) 901.
- [17] Deyang Qu, *Electrochim. Acta* 48 (2003) 1675.
- [18] D. Williams, *Electrochim. Acta* 21 (1976) 1097.
- [19] S.H. Bonilla, Doctoral thesis, University of São Paulo, São Paulo, Brazil, 2001.
- [20] F. Berthier, J.-P. Diard, C. Montella, *J. Electroanal. Chem.* 410 (1996) 247.
- [21] F. Berthier, J.-P. Diard, C. Montella, 10^{ème} Forum sur les Impédances Electrochimiques, Paris, 1995, p. 235.

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Internacional, com Arbitragem.

B. F. Giannetti, C. M. V. B. Almeida e S. H. Bonilla: "Film formation and surface growth on tin electrodes in bicarbonate solutions: an impedance spectroscopy study ", Corrosion Sci., v. 45, p. 835-848 (2005), ISSN 0010-938X.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

RESUMOS DE TRABALHOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS EM CONGRESSOS

THE IMPORTANCE OF THE USE OF COMPONENT-BASED SOFTWARE ENGINEERING IN MOBILE ROBOTS

¹Silva, Saulo R.; ²Prado, José Pacheco A.

¹Programa de Pós-Graduação – Engenharia de Produção – Universidade Paulista, UNIP; ^{2,3} Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, ICET – Universidade Paulista, UNIP

Abstract

Amongst the diverse phases of the life's cycle of a component development there is the management of components of software in real time that is used in the CBSE (Component-Based Software Engineering) in domains with strong requisites in reliability, time, etc., where the not functional requirements assume crucial role. The specification of not functional characteristics is the weak side of the components' specification and it could be softened with the introduction of CBSE into mobile robot building. This paper describes the increasing importance of robotics in industrial production, presenting an example where CBSE is used to code a navigation system for the mobile robots. The CBSE may be very important to transfer the robots of the research laboratories to the commercial areas and entertainment because of its potencial advantages such as shorter time to market and lower prices. Taking into account that both CBSE and mobile robot are getting important every day, it concludes that inserting techniques from CBSE into logical units of mobile robots could be a very useful methodology in order to fasten the development of software components through common proprieties as reusability and modularity.

Identificação – Resumo de Trabalho Publicado em Congresso.

S. R. Silva, J. P. A. Prado: "The Importance of the Use of Component-Based Software Engineering in Mobile Robots", *XII Encontro Nacional SBPN – Associação Brasil-Japão de Pesquisadores*, Campinas (SP), Brasil, 2004. .

Área de Concentração: Gestão da Informação

Linha de Pesquisa:

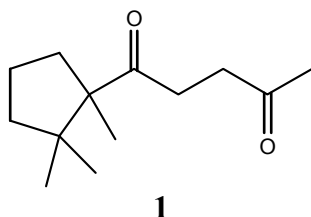
SIMEXP_NMR: SIMULATING INTRICATE SECOND-ORDER SUBSPECTRA

Ivan P. de Arruda Campos,^{a,*} Maurício G. Constantino,^b Gil Valdo J. da Silva,^b
Vladimir C. G. Heleno^b e Ivana A. Borin.^b

^a Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, ICET, UNIP, São Paulo, SP, e-mail: ipdacamp@uol.com.br; ^b Depto. de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto, SP.

Keywords: stereochemistry, signal assignments, spectral simulation.

Despite the fact that contemporary NMR instruments are able to perform highly complex experiments, which are of great help to establish the structure and stereochemistry of organic compounds, a thorough analysis of the intricate second-order subspectra – still frequently observed in the daily work of the organic spectroscopist – can unveil precious pieces of information, but is often forgone as being unrewarding or too much time-consuming. Of course, the structure of such subspectral signals cannot be interpreted by simple inspection. Hence, we have developed a computer program to perform the necessary calculations, also capable of producing publication-quality figures as output, to help tap this important source of structural information, which we have named SimEsp_NMR. It was designed not to hide the internals of the calculation of lines and intensities, so that it can also be of help in teaching how such an analysis is done. To keep it small, it was not made iterative, so that the simulation of an experimental pattern involves entering the initial J values, visually comparing the calculated and experimental results, and manually varying the J values until satisfactory results are obtained. However, in our experience, starting from spectroscopic common-sense initial values leads quite rapidly to good results. To illustrate what we mean by good results, an example is in order: in the course of our continued investigation¹ on the synthesis of natural products, we were led to prepare the diketone **1**, of which the relevant part of its experimental 400 MHz ¹H NMR spectrum in CDCl₃ is here presented as Figure 1.



It must be pointed out that, because the four hydrogens attached to the methylene carbons between the carbonyls are differentiated by the remote ring-moiety attached to one of the carbonyls, compound **1** possesses a striking example of an ABCD spin-system, that gives rise to a beautifully complex spectral region, very well resolved by the high-field, but unmistakably second-order. It was, nevertheless, solved using SimExp_NMR, in less than four hours work, as can be seen on Figure 2, yielding all relevant chemical-shifts and coupling-constants.

Acquisition Time (sec)	3.9584	Comment	PROTON CDCI3 u mgc 13	Date	14/08/2003 13:00:00
Frequency (MHz)	400.13	Nucleus	1H	Original Points Count	32768
Temperature (grad C)	0.000			Points Count	32768
				Sweep Width (Hz)	8278.15

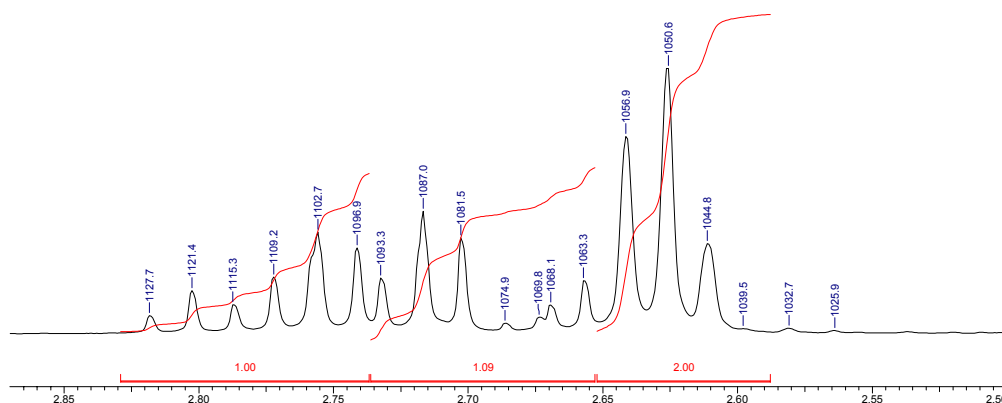


Figure 1. Experimental 400MHz ^1H NMR partial spectrum of compound **1**

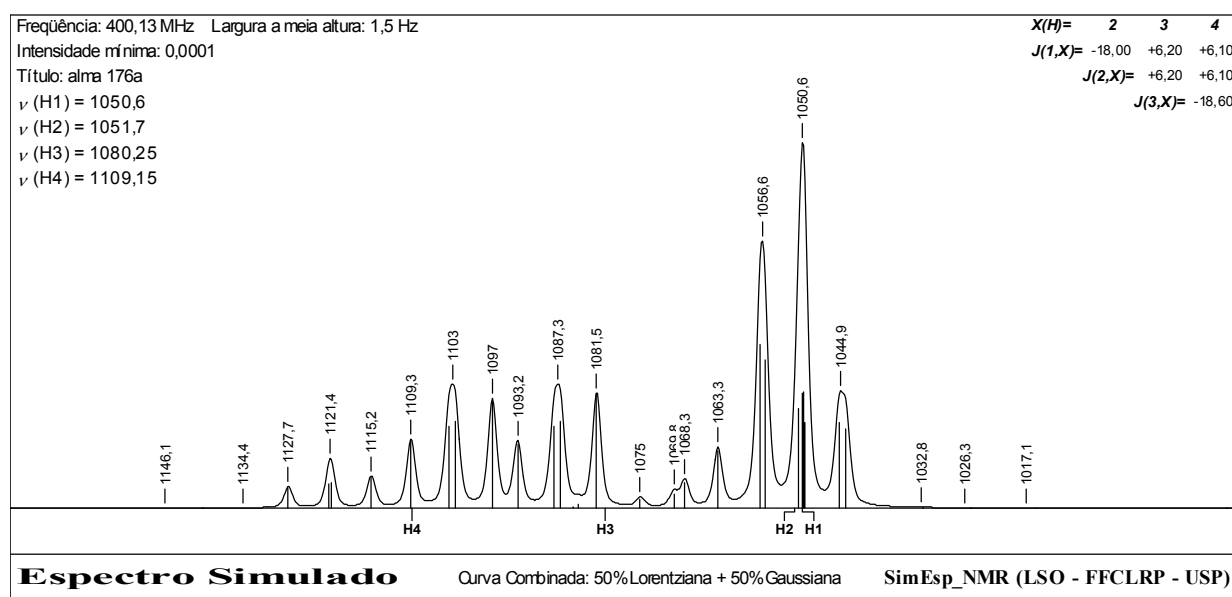


Figure 2. Simulated 400MHz ^1H NMR partial spectrum of compound **1**

The program (still only in its Portuguese version) is freeware and may be downloaded from http://artemis.ffclrp.usp.br/Software/SimExp_NMR_Compil.zip, whence its Visual Basic source code may also be obtained.

REFERENCE:

1. Araújo, A. L. S. M.; *Estudos sobre a Síntese de Cuparanos*, Doctoral Thesis (Advisor: Constantino, M. G.), FFCLRP-USP, Ribeirão Preto (SP), Brazil, 2004.

(FAPESP,CNPq,CAPES,UNIP)

Resumo de Trabalho Publicado em Congresso.

I. P. de Arruda Campos, M. G. Constantino, G. V. J. da Silva, V. C. G. Heleno, I. A. Borin: "SimExp_NMR: Simulating Intricate Second-Order Subspectra", *Extended Abstracts in CD-ROM of the 10th Nuclear Magnetic Resonance Meeting / 3rd Portuguese-Brazilian NMR Meeting / 1st Iberoamerican NMR Meeting*, Angra dos Reis (RJ), Brasil, 2005, 154.pdf.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

DISCRIMINAÇÃO ENTRE ISÔMEROS DE MOLÉCULAS POLICÍCLICAS POR CÁLCULOS GIAO//B3PW91/6-31G* E RMN

Ivan P. de Arruda Campos,^{a,*} Daisy de B. Rezende,^b Eduardo Tedeschi,^b Andréa L. F. de Souza,^b Michel Loos,^b Fernando Dal Pont Morisso ^c and Cláudio Di Vitta.^b

^a Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, ICET, UNIP, São Paulo, SP, e-mail: ipdacamp@iq.usp.br; ^b Depto. de Química Fundamental, Instituto de Química, USP, São Paulo, SP; ^c Centro Universitário FEEVALE, Novo Hamburgo, RS

Keywords: stereochemistry, signal assignments, chemical-shift calculations.

Nosso constante envolvimento com a química de enodionas^{1,2} policíclicas e compostos a elas relacionados levou-nos a considerar de interesse determinar os limites do uso de cálculos *ab-initio*, para diferenciar entre os vários isômeros de moléculas policíclicas, particularmente quando se trata de moléculas muito semelhantes do ponto de vista espectroscópico. Escolhemos, para isso, dois casos exemplares, os compostos **1a** e **2a**, de cujos espectros de RMN de ¹H e ¹³C (adquiridos a 7 T em um espectrômetro Varian ^{UNITY} Inova 300) dispúnhamos, os tendo interpretado pelas técnicas usuais. Realizamos, então, cálculos com o programa Gaussian 98 para quatro isômeros plausíveis de **1** e **2**, inclusive os isômeros corretos (Figuras 1 e 2), empregando o método DFT B3PW91 com uma base 6-31G(d) para as geometrias e GIAO para os tensores magnéticos e os convertimos em deslocamentos químicos utilizando os tensores de TMS, calculados da mesma forma. Decidimos efetuar os cálculos precisamente dessa forma pois ela se demonstrou a mais eficaz em trabalhos anteriores.² Uma vez obtidos os deslocamentos químicos de ¹H e ¹³C, calculados para os quatro isômeros dos dois compostos, procedemos à comparação com os dados experimentais, por meio de regressões lineares, utilizando o método dos quadrados mínimos. Apresentamos, nas Tabelas 1 e 2, as energias totais relativas de cada isômero, juntamente com os coeficientes de correlação linear (*r*) e os desvios-padrão do ajuste (*σ*), referentes a regressões entre os dados calculados para cada isômero vs. os valores experimentais. No caso dos isômeros do composto **2**, pudemos excluir de partida **2c** e **2d** da comparação pois os cálculos mostram que eles assumem simetria

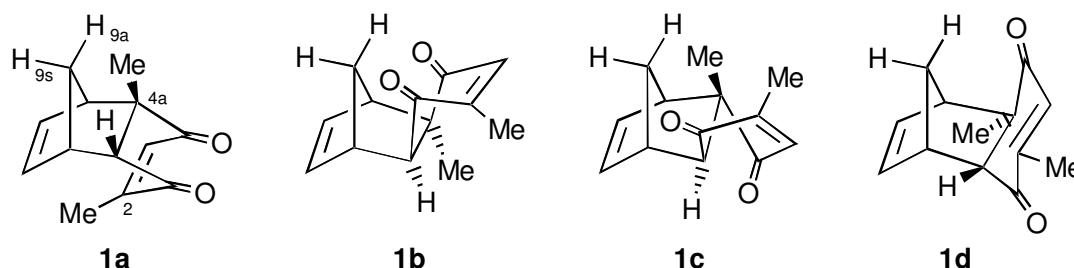


Figura 1. Isômeros do Composto **1**

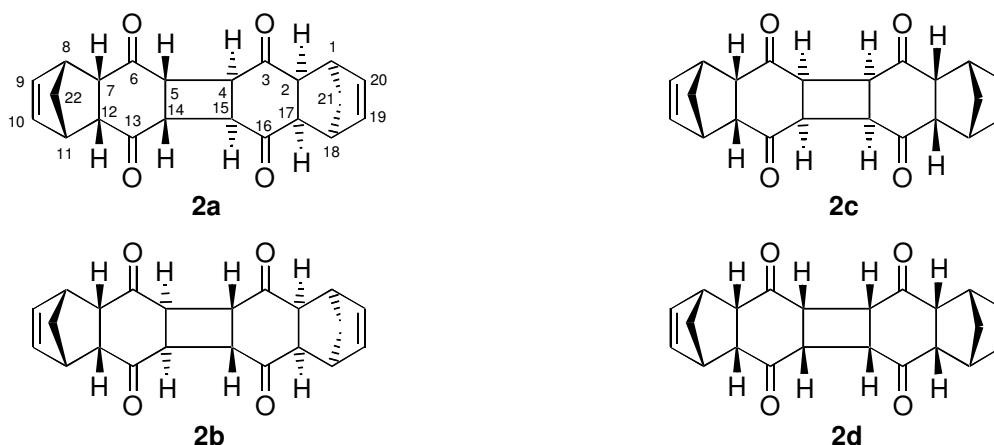


Figura 2. Isômeros do Composto 2

Cs e C2, respectivamente, para minimizar as tensões-de-anel, em lugar da simetria C2h necessária para haver comparação (já que **2a** apresenta somente um sinal de hidrogênios no anel ciclobutila e apenas um de carbono carbonílico). Esses resultados demonstram que, efetivamente, os cálculos conseguem discernir entre os vários isômeros, por meio do espalhamento dos pontos (medido por σ), que é muito menor no caso dos isômeros corretos. A semelhança espectroscópica dos isômeros leva, entretanto, à obtenção de valores de r excelentes em todos os casos (apenas marginalmente melhores para os isômeros corretos), ilustrando a importância de não se avaliar o significado de correlações lineares usando apenas esse parâmetro.

Tabela 1. Resultados - Composto 1

Isômero	Energia Rel. ^a	r (¹ H)	σ (¹ H)	r (¹³ C)	σ (¹³ C)
1a	0,10	0,9986	0,113	0,9997	1,687
1b	0,00	0,9921	0,297	0,9994	2,283
1c	17,79	0,9888	0,326	0,9978	4,278
1d	18,08	0,9883	0,337	0,9974	4,688

^aem kcal.mol⁻¹

Tabela 2. Resultados - Composto 2

Isômero	Energia Rel. ^a	r (¹ H)	σ (¹ H)	r (¹³ C)	σ (¹³ C)
2a	0,00	0,9966	0,174	0,9997	1,901
2b	6,19	0,9886	0,310	0,9989	3,402

^aem kcal.mol⁻¹

REFERÊNCIAS:

1. I. P. de A. Campos, D. B. Rezende, V. Lucchini e C. Di Vitta, *Magn. Reson. Chem.*, 2003, **41**, 77.
2. I. P. de A. Campos, D. B. Rezende, F. Dal P. Morisso e V. E. U. Costa, *IX Encontro de Usuários de Ressonância Magnética Nuclear, Resumos em CD-ROM*, Tr17.pdf, 2003.

(UNIP,FAPERGS,FAPESP,CNPq,CAPES)

Resumo de Trabalho Publicado em Congresso.

I. P. de Arruda Campos, D. B. Rezende, E. Tedeschi, A. L. F. de Souza, M. Loos, F. D. P. Morisso, C. Di Vitta: "Discriminação entre Isômeros de Moléculas Policíclicas por Cálculos GIAO//B3PW91/6-31G* e RMN", *Resumos Estendidos em CD-ROM da VIII Jornada Brasileira de Ressonância Magnética*, Rio de Janeiro (RJ), Brasil, 2004, Res58.pdf.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

INTERPRETAÇÃO DA PRESENÇA DE DESCONTINUIDADES NOS DIAGRAMAS DE IMPEDÂNCIA EM ELETRODOS DE ESTANHO SUJEITOS A ENVELHECIMENTO

S.H. Bonilla e B.F. Giannetti

Laboratório de Fisicoquímica Teórica e Aplicada (LaFTA), Universidade Paulista, Dr.

Bacelar 1212, CEP 04026 002, São Paulo, Brasil.

Os espectros de impedância eletroquímica do estanho medidos no potencial do principal pico catódico (após “envelhecimento” potenciostático) mostram perfis atípicos em que três intervalos de frequência são evidenciados. No diagrama de Nyquist o primeiro intervalo e a primeira porção do último intervalo parecem corresponder a um mesmo semicírculo, que pode ser caracterizado por uma única unidade (RC). Diagramas descontínuos desta natureza têm sido simulados teoricamente para a presença de multi-estados estacionários em que cada porção do diagrama corresponde a regimes permanentes diferentes [1]. O diagrama $\log(f)$ vs. $\log(Z)$ apresenta duas descontinuidades nos dois valores de frequência de aproximadamente 0,9 e 15 Hz respectivamente.

É citado na literatura [2] que a impedância faradaica varia de forma descontínua quando medida no potencial de transição e que é teoricamente possível medi-la em potencial muito próximo do potencial de bifurcação, se o valor de amplitude selecionado for suficientemente pequeno.

A presença de um ponto de transição descontínuo é razoável no presente sistema. Este ponto de transição estaria relacionado com a passagem das espécies “envelhecidas” potenciostaticamente (e controladas pelo potencial e pelo tempo de envelhecimento aplicados) para espécies com uma extensão de “envelhecimento” maior que depende de outras condições. A extensão deste último “envelhecimento” está relacionada com a ocorrência de inter-conversão entre as diferentes espécies envelhecidas e a simultânea evolução do sistema com o tempo. O controle dos diferentes estados depende das características da perturbação aplicada (amplitude, frequência e tempo de aplicação).

Desta forma, a transição descontínua está relacionada com a passagem do estado estacionário inicial para estados diferentemente envelhecidos. Obviamente, o comportamento dinâmico só foi evidenciado pela adequada correlação entre os parâmetros experimentais (direção da varredura de frequências, amplitude da modulação, potencial selecionado) [1] e os parâmetros intrínsecos do sistema (constante de velocidade da inter-conversão, constante de velocidade de evolução, etc).

[1] F. Berthier, J.-P. Diard and C. Montella, *J. Electroanal. Chem.*, 410 (1996) 247; [2] F. Berthier, J.-P. Diard and C. Montella, 10^{ème} Forum sur les Impédances Electrochimiques, Paris, 1995, pp. 235.

Resumo de Trabalho Publicado em Congresso.

S. H. Bonilla e B. F. Giannetti: "INTERPRETAÇÃO DA PRESENÇA DE DESCONTINUIDADES NOS DIAGRAMAS DE IMPEDÂNCIA EM ELETRODOS DE ESTANHO SUJEITOS A ENVELHECIMENTO", XVI SIBAE, San Jose, Costa Rica, 2004, 582.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

ESTUDIO DE IMPEDANCIA EN ELECTRODOS DE ESTAÑO: FORMACIÓN DE PELÍCULAS Y CRECIMIENTO SUPERFICIAL EN LA REGION DE PASIVACIÓN

S.H. Bonilla^(a), B.F. Giannetti^(a), J. Rodriguez^(b) y C. F. Zinola^(b)

^(a)Laboratório de Fisicoquímica Teórica e Aplicada (LaFTA), Universidade Paulista, Dr. Bacelar 1212, CEP 04026 002, São Paulo, Brasil. ^(b)Laboratorio de Electroquímica Fundamental, Facultad de Ciencias, Iguá 4225, CP 11400, Montevideo, Uruguay.

La motivación para este trabajo surgió de la combinación de dos necesidades. La primera de ellas fue la de completar la información relativa al comportamiento del estaño en medio bicarbonato ya obtenida por medidas voltamétricas con y sin electrodo rotatorio [1] y medidas de impedancia en las etapas iniciales de formación de películas [2]. La segunda es consecuencia de las propiedades promisorias que los electrodos de estaño mostraron en la remediación ambiental de perclorato, donde el metal actúa como electrocatalizador para la reducción del anión [3]. Así, el uso de electrodos de estaño ofrece una tecnología limpia para enfrentar el problema que se presenta en reservorios naturales de agua potable en la proximidad de industrias de armamentos y de materiales aeroespaciales [4]. Los resultados electroquímicos mostraron que la extensión del proceso de reducción depende fuertemente del estado superficial y la oxidación previa resultó en aumento de la corriente de reducción del perclorato [3].

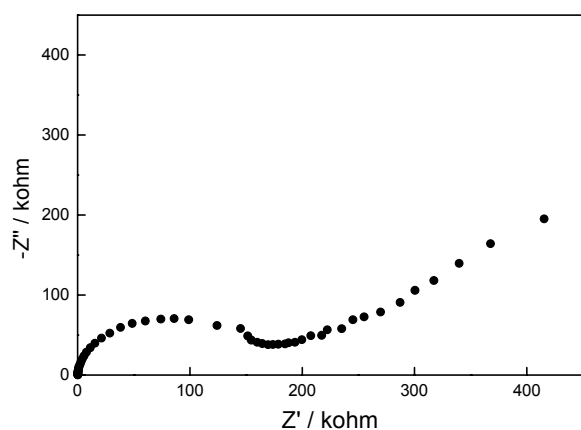


Fig 1. Espectro de Nyquist correspondiente al electrodo de estaño para el principal pico catódico en $E = -1.11$ V.

Las películas fueron crecidas potenciodinámicamente durante un barrido positivo hasta un valor de potencial seleccionado, escogido dentro de la región de interés (región inmediatamente positiva al segundo pico anódico hasta la evolución de oxígeno). La Fig. 1 muestra el espectro obtenido en el principal pico catódico luego de haber realizado el barrido hasta el límite superior $E_{\lambda} = 0,5$ V, localizado en la región de pasivación.

J.R agradece a CSIC (UDELAR) la beca concedida. Se agradece a la FAPESP (93333-2).

[1] S. H. Bonilla, B. F. Giannetti, *Materials Chemistry and Physics*, enviado; [2] S.H. Bonilla, B.F. Giannetti, J. Rodriguez, C. F. Zinola, *54th ISE Proc.* (2003) 153; [3] C. M. V. B. Almeida, B. F. Giannetti, T. Rabockai, *J. Electroanal. Chem.*, 422 (1997) 185; [4] State of California Department of Health Services. Determination of Perchlorate by Ion Chromatography. Rev. No. 0, May 7, 1997.

Resumo de Trabalho Publicado em Congresso.

S. H. Bonilla, B. F. Giannetti, J. Rodriguez e C. F. Zinola: "ESTUDIO DE IMPEDANCIA EN ELECTRODOS DE ESTAÑO: FORMACIÓN DE PELÍCULAS Y CRECIMIENTO SUPERFICIAL EN LA REGION DE PASIVACIÓN ", XVI SIBAE, San Jose, Costa Rica, 2004, 587.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

LIVROS E CAPÍTULOS DE LIVROS

La reducción de los iones de níquel en solución acuosa es un proceso electrocatalítico que depende del comportamiento del cátodo en el caso de utilizar un electrodo de níquel. Este electrodo puede ser un electrodo de níquel puro o un electrodo de níquel recubierto con un electrocatalizador. En este trabajo se estudia el comportamiento de un electrodo de níquel recubierto con un electrocatalizador de níquel en solución acuosa de níquel. Se estudia el efecto de la concentración de níquel en solución y del potencial de trabajo del electrodo en el comportamiento del electrodo. Se estudia el efecto de la concentración de níquel en solución y del potencial de trabajo del electrodo en el comportamiento del electrodo. Se estudia el efecto de la concentración de níquel en solución y del potencial de trabajo del electrodo en el comportamiento del electrodo.



Fig. 1. Espectro de impedancia de un electrodo de níquel recubierto con un electrocatalizador de níquel en solución acuosa de níquel.

Las moléculas de níquel se oxidan electrocatalíticamente durante un barrido positivo hasta un valor de potencial seleccionado, escogido dentro de la región de interés (región inmediatamente positiva al segundo pico anódico hasta la evolución de oxígeno). La Fig. 1 muestra el espectro obtenido en el principal pico catódico luego de haber realizado el barrido hasta el límite superior $E_{\text{lim}} = 0,5 \text{ V}$, localizado en la región de pasivación.

Paraconsistent Annotated Logic in Viability Analysis: an Approach to Product Launching

Fábio Romeu de Carvalho*[¶], Israel Brunstein[¶], and Jair Minoro Abe*

*Paulista University, UNIP, Rua Dr. Bacelar, 1.212, São Paulo, SP, CEP 04026-002, Brazil

Site: <http://www.unip.br>, E-mail: fabioromeu@unip.br, Fax: 55.11.578.6697

[¶]University of São Paulo, USP, Av. Prof. Almeida Prado, 531, São Paulo, SP, CEP 05508-900, Brazil

Site: <http://usp.br>, E-mail: brunstei@usp.br, Fax: 55.11.3814.7366

Abstract. In this paper we present an application of the Para-analyzer, a logical analyzer based on the Paraconsistent Annotated Logic P_{τ} , introduced by Da Silva Filho and Abe in the decision-making systems. An example is analyzed in detail showing how uncertainty, inconsistency and paracompleteness can be elegantly handled with this logical system. As application for the Para-analyzer in decision-making, we developed the BAM - Baricenter Analysis Method. In order to make the presentation easier, we present the BAM applied in the viability analysis of product launching. Some of the techniques of Paraconsistent Annotated Logic have been applied in Artificial Intelligence, Robotics, Information Technology (Computer Sciences), etc. [2].

Keywords. Decision-making, viability analysis, paraconsistent logic, Para-analyzer algorithm, non-classical logics.

1. INTRODUCTION

When talking to marketing people, we found out that one of the biggest difficulties they faced when launching a new product is whether the new product is viable or not due to a multitude of influencing factors. As a consequence, decisions are almost always made based only on little data, sparsely catalogued, and in an unmethodological way, and mainly focused on the experience and sensitivity of the person responsible for making the decision. This paper contributes to the treatment of the subject discussed presenting a logical criterion to guide and assist individuals in making decisions, which has some different characteristics that will be discussed throughout of this work.

Due the capability of the Paraconsistent Annotated Logic, PAL, in handling concepts of uncertainty, inconsistency, and paracompleteness without trivialization, we think that these logics can be used to create new

process to help in project feasibility studies.

The first paper discussing the basis of Paraconsistent Annotated Logic, PAL, is to be found in [6] and [7]. Later, in [1] a systematic study of model theory, set theory and some extensions of the annotated systems were presented. More recently, Abe and other scholars have developed several applications of Paraconsistent Annotated Logic, PAL, in Computer Science, Artificial Intelligence, Robotics, and other domains [2].

Since this is an application work, we will indulge ourselves in some language excesses, leaving the reader with the task of telling them apart and specifying the concepts.

In Paraconsistent Annotated Logic, PAL, one attributes an annotation $(\mu_1; \mu_2)$, such that μ_1 and μ_2 belong to the closed real interval $[0; 1]$; given a proposition \mathbf{p} , μ_1 can be read as the degree of belief (or favorable evidence) of \mathbf{p} and μ_2 , the degree of disbelief (or contrary evidence) of \mathbf{p} . So, we have some interesting examples of annotations, called extreme states:

$(1; 0)$ indicates total belief and lack of disbelief; so \mathbf{p} can be read as a true proposition (this state will be represented by V);

$(0; 1)$ indicates lack of belief and total disbelief; so \mathbf{p} can be read as a false proposition (this state will be represented by F);

$(1; 1)$ that represents totally inconsistent believes; so \mathbf{p} can be read as a contradictory proposition (this state will be represented by T), and

$(0; 0)$ which indicates total absence of belief and disbelief in \mathbf{p} (logical state called paracompleteness, represented by (\perp)).

$(0.5, 0.5)$ indicates that the degrees of belief and of disbelief in \mathbf{p} are equals (in this case, \mathbf{p} can be read as an indefinite proposition).

2. ANALYSIS OF THE PARACONSISTENT ANNOTATED LOGIC (PAL) IN THE CARTESIAN UNITARY SQUARE (CUS)

The set of all annotation pairs $(\mu_1; \mu_2)$ is the Cartesian product $[0; 1] \times [0; 1]$ named **Cartesian Unitary Square**, CUS [6] (Fig. 1). We define:

Degree of contradiction: $G_{\text{contr}} = \mu_1 + \mu_2 - 1;$

Degree of inconsistency: $G_{\text{ict}} = \mu_1 + \mu_2 - 1, \text{ for } \mu_1 + \mu_2 \geq 1;$

Degree of paracompleteness: $G_{\text{idt}} = \mu_1 + \mu_2 - 1, \text{ for } \mu_1 + \mu_2 < 1.$

From these definitions we assume that: $-1 \leq G_{\text{contr}} \leq 1, 0 \leq G_{\text{ict}} \leq 1$ and $-1 \leq G_{\text{idt}} < 0$. Also, we introduce:

Degree of certainty: $H_{\text{cert}} = \mu_1 - \mu_2;$

Degree of truth: $H_{\text{truth}} = \mu_1 - \mu_2, \text{ for } \mu_1 \geq \mu_2;$

Degree of falsity: $H_{fst} = \mu_1 - \mu_2$, for $\mu_1 < \mu_2$.

From these definitions, we have: $-1 \leq H_{cert} \leq 1$, $0 \leq H_{truth} \leq 1$ and $-1 \leq H_{fst} < 0$.

Now we consider some regions in the Cartesian Unitary Square, CUS. A convenient division would be one of 12 regions, according to the Fig. 1. For that, besides lines LPI (AB) e LPD (CD), we should also use the following limit lines [5]:

$$|G_{contr}| = 0.75 \Rightarrow \mathbf{MN}: \mu_1 + \mu_2 - 1 = -0.75 \quad \text{and} \quad \mathbf{RS}: \mu_1 + \mu_2 - 1 = +0.75$$

$$|H_{cert}| = 0.75 \Rightarrow \mathbf{TU}: \mu_1 - \mu_2 = -0.75 \quad \text{and} \quad \mathbf{PQ}: \mu_1 - \mu_2 = +0.75.$$

In this case the Cartesian Unitary Square, CUS, division is represented as follows:

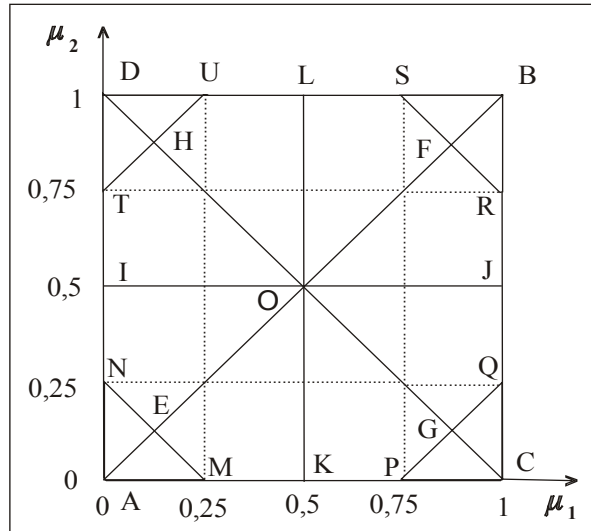


FIGURE 1: Division of the Cartesian Unitary Square, CUS, in twelve regions

AB: perfectly undefined line (LPI) CD: perfectly defined line (LPD)
 MN: paracompleteness limit line RS: inconsistency limit line
 PQ: truth limit line TU: falsity limit line

After this division, four extreme regions and a central region are stressed out

Region **AMN**: $-1 \leq G_{idt} \leq -0.75$ (Region of paracompleteness)

Region **BRS**: $0.75 \leq G_{ict} \leq 1$ (Region of inconsistency)

Region **CPQ**: $0.75 \leq H_{truth} \leq 1$ (Region of truth)

Region **DTU**: $-1 \leq H_{fst} \leq -0.75$ (Region of falsity)

Region **MNTUSRQP**: $-0.75 < G_{contr} < 0.75$ and $-0.75 < H_{cert} < 0.75$ (Region of limbo)

This is going to be called the decision-making “limbo”, which does not allow any decision making, that is, when a point that translates the analysis result belongs to this region, we may say that the analysis is **non-conclusive**.

It can be divided into twelve sub-regions that will merely translate the tendency of the analyzed situation. An example of a detailed sub-region is:

Sub-region **OFSL**: $0.5 \leq \mu_1 < 0.875$ and $0.5 \leq \mu_2 < 1$; $0 \leq G_{ict} < 0.75$ and $-0.5 < H_{fst} < 0$.

In this sub-region, there is a situation closer to the total inconsistency (point **B**) than to the total falsity (point **D**). That it is a sub-region of **quasi-inconsistency that tends to the falsity**. Below is a summary of the mentioned twelve sub-regions [5].

TABLE 1: Description of the twelve Cartesian Unitary Square, CUS, sub-regions.

Region	μ_1	μ_2	Gcontr	Hcert	Description	Representation
AMN	[0, 0.25]	[0, 0.25]	[-1, -0.75]	[-0.25, 0.25]	Paracompleteness	\perp
BRS	[0.75, 1]	[0.75, 1]	[0.75, 1]	[-0.25, 0.25]	Inconsistency	T
CPQ	[0.75, 1]	[0, 0.25]	[-0.25, 0.25]	[0.75, 1]	Truth	V
DTU	[0, 0.25]	[0.75, 1]	[-0.25, 0.25]	[-1, -0.75]	Falsity	F
OFSL	[0.5, 0.875]	[0.5, 1]	[0, 0.75]	[- 0.5, 0]	Quasi-inconsistency that tends to falsity	QT \rightarrow F
OHUL	] 0.125, 0.5]	[0.5, 1]	[0, 0.5 ]	] - 0.75, 0]	Quasi-falsity that tends to inconsistency	QF \rightarrow T
OHTI	[0, 0.5]	[0.5, 0.875 ]	] - 0.5, 0 ]	] - 0.75, 0]	Quasi-falsity that tends to paracompleteness	QF \rightarrow \perp
OENI	[0, 0.5 ]	] 0.125, 0.5 ]	] - 0.75, 0 ]	] - 0.5, 0]	Quasi-paracompleteness that tends to falsity	Q \perp \rightarrow F
OEMK	] 0.125, 0.5]	[0, 0.5 ]	] - 0.75, 0]	[0, 0.5]	Quasi-paracompleteness that tends to truth	Q \perp \rightarrow V
OGPK	[0.5, 0.875]	[0, 0.5 ]	] - 0.5, 0]	[0, 0.75]	Quasi-truth that tends to paracompleteness	QV \rightarrow \perp
OGQJ	] 0.5, 1 ]	] 0.125, 0.5]	[0, 0.5]	[0, 0.75]	Quasi-truth that tends to inconsistency	QV \rightarrow T
OFRJ	[0.5, 1]	[0.5, 0.875]	[0, 0.75]	[0, 0.5]	Quasi-inconsistency that tends to truth	QT \rightarrow V

3. DECISION RULE

The CPQ (**truth**) and DTU (**falsity**) regions can be called as regions of decision. The first is the favorable decision (**viability**) and the second is the unfavorable decision (**not viability**).

This means that, if within the viability analysis of a project the result leads to a point of the CPQ region (of **truth**), then the project is **viable**; if, to a point of the DTU region (of **falsity**), one should decide for the project **not viable**; but if the result leads to a point of any other region other than these two, then the analysis is **non-conclusive**. To sum it up, the rule of decision should read [5]:

$$H_{cert} \geq 0.75 \Rightarrow \text{viable};$$

$H_{cert} \leq -0.75 \Rightarrow$ not viable; and

$-0.75 < H_{cert} < 0.75 \Rightarrow$ non-conclusive.

Here, we adopted $|H_{cert}| = 0.75$ as boundary for truth and falsity. This means that the analysis is conclusive only when $|H_{cert}| \geq 0.75$. Therefore, this value translates the minimum value of $|H_{cert}|$ for which the analysis is conclusive. We will call it of **Level of Requirement (L_{requ})** of the analysis. Hence, the rule of decision can be generically described as:

$H_{cert} \geq L_{requ} \Rightarrow$ viable;

$H_{cert} \leq -L_{requ} \Rightarrow$ not viable; and

$-L_{requ} < H_{cert} < L_{requ} \Rightarrow$ non-conclusive

If the result meets the BRS region (inconsistency), the project analysis viability is non-conclusive, but then it shows a high level of data inconsistency ($G_{ict} \geq 0.75$). Likewise, if it meets the AMN region (paracompleteness), it means that this data presents a high level of paracompleteness or lack of information ($G_{idt} \leq -0.75$).

4. PARACONSISTENT ANNOTATED LOGIC OPERATORS: NOT, OR and AND

- Operator **NOT** is defined by: $\text{NOT}(\mu_1; \mu_2) = (\mu_2; \mu_1)$.
- Operator **OR** is defined by: $(\mu_1; \mu_2) \text{ OR } (\lambda_1; \lambda_2) = (\max\{\mu_1, \lambda_1\}; \max\{\mu_2, \lambda_2\})$.
- Operator **AND** is defined by: $(\mu_1; \mu_2) \text{ AND } (\lambda_1; \lambda_2) = (\min\{\mu_1, \lambda_1\}; \min\{\mu_2, \lambda_2\})$.
- Operator **OR** has the same function of the classical **disjunction**, that is, the same function of doing the **maximization**.

It must thus, be applied in situations in which two or more researched items **are not** at all **determining**. It will be enough for the researcher if one of them shows favorable analysis conditions and the result can be considered satisfactory.

Operator **AND**, that has the same function as the classical **conjunction**, that is, the function of doing **minimization**, must be applied in situations in which two or more researched items are all determining. In this case, all of them must present favorable conditions to the researcher can consider the analysis result satisfactory.

Usually, when one designs the analysis of a real situation, one separates the items that have been researched in groups. They must be schematized as follows: a) the existence of each group item with favorable conditions should be enough for one to consider the research result satisfactory; b) there may be as many groups as it is the minimum number of items that must have favorable conditions for one to consider the research result satisfactory.

Once the division is made, one applies operator OR within each group (intra-groups) and, then, operator AND among the results obtained from the groups (inter-groups). The use of operators OR and AND in the analysis of the specialists opinions can thus be schematized: [(Specialist 1) **OR** (Specialist 2)] **AND** [(Specialist 3) **OR** (Specialist 4)]

5. AN APPLICATION OF THE VIABILITY ANALYSIS PROCESS: BARICENTER ANALYSIS METHOD - BAM

To set an example we are going to apply the viability analysis process in a problem that marketing professionals often face, which is the thorough study involving the launching of a new product. Many are the factors influencing such decision.

Basically, the idea is to isolate the factors of major influence in these decisions, establish five sections for each one and, with the assistance of specialists, obtain annotations for each section, attributing a degree of belief (μ_1) and a degree of disbelief (μ_2) to all of them.

It should be noticed that instead of five, we could define three, four or more sections, depending on the case and level of accuracy desired.

After that, through the application of paraconsistent logic techniques of maximization (OR) and minimization (AND) we may obtain resultant degrees of belief (μ_{1R}) and disbelief (μ_{2R}) for each factor. These, when plotted on the Cartesian Diagram together with the Cartesian Unitary Square, CUS, will enable us to find out how viability was influenced by each factor. This is called the Para-analyzer algorithm introduced in [3].

For the final decision-making, it isn't enough to know what is the influence of each factor, but we need to know as the combined influence of all analyzed factors is. This may be determined by the baricenter (or center of gravity) **W** of the points that represent each factor separately [5].

The degree of belief (μ_{1W}) of **W** is the arithmetic average of the resulting degrees of belief for all the factors, and the degree of disbelief (μ_{2W}) is the arithmetic average of the resulting degrees of disbelief for the factors [5]. With such values one can calculate the degree of certainty of **W** and apply the rule of decision.

5.1. Choosing factors of influence and establishing sections

As an example, we have come up with ten factors (F01 to F10) that may influence the viability of launching a new product. For each of these factors five sections were established (R1 to R5), so that R1 represents a very favorable situation, R2 represents a favorable situation, R3 represents an indifferent situation, R4 represents an unfavorable situation and R5 is a very unfavorable situation in terms of launching a new product. After that, specialists will be required to make notes on belief (μ_1) and disbelief (μ_2) in relation to the viability of the product for each of the sections in all of the factors. Their results will constitute our database.

The chosen factors and the established sections are:

- **F01: need and utility of the product** – translated by the percentage of the population that uses the product - R1: more than 90%; R2: between 70 and 90%; R3: between 30 and 70%; R4: between 10 and 30%; R5: less than 10%.
- **F02: number of features or functions of the product** – measured by comparing the average **M** of features or functions of similar market products – R1: more than 1.5M; R2: between 1.2M and 1.5M; R3: between 0.8 and 1.2M; R4: between 0.5M and 0.8M; R5: less than 0.5M.
- **F03: competition** – translated by the quality and quantity of competitors in the same region – R1: very little; R2: little; R3: average; R4: tough; R5: real tough.
- **F04: customer potential** – translated by the size and purchasing power of the region's population – R1: very big; R2: big; R3: average; R4: small; R5: very small.
- **F05: acceptance of product or similar product existing in the market** – translated by the percentage of the population using the product – R1: more than 90%; R2: between 70 and 90%; R3: between 30 and 70%; R4: between 10 and 30%; R5: less than 10%.
- **F06 – product price in the market** - translated in relation to the average market price **P** of the product (or a similar product) – R1: less than 70%P; R2: between 70 and 90%P; R3: between 90 and 110%P; R4: between 110 and 130%P; R5: more than 130%P.
- **F07 – product estimated cost** – translated in relation to the market average price **P** (or a similar product) – R1: less than 20%P; R2: from 20 at 40%P; R3: from 40 at 60%P; R4: from 60 at 80%; R5: more than 80%P.
- **F08 – product life cycle (C)** – measured by one time unit **T** – R1: more than 10T; R2: between 8T and 10T; R3: between 4T and 8T; R4: between 2T and 4T; R5: less than 2T.
- **F09 – Deadline for project development and product implementation** – measured in terms of life cycle (**C**) – R1: less than 10%C; R2: from 10 at 30%C; 3R: from 30 at 70%C; 4R: between 70 and 90%C; R5: more than 90%C.
- **F10: Investment needed for project development and product implementation** – Measured in view of the net result (**RES**) expected from the product's life cycle – R1: less than 20%RES; R2: between 20 and 40%RES; R3: between 40 and 60%RES; R4: between 60 and 80%RES; R5: more than 80%RES.

5.2. Database construction

TABLE 2: Database (Degrees of belief and disbelief attributed by specialists to each section of all factors).

Factor	Range	Spec. 1		Spec. 2		Spec. 3		Spec. 4		Factor	Range	Spec. 1		Spec. 2		Spec. 3		Spec. 4	
		□ ₁₁	□ ₂₁	□ ₁₂	□ ₂₂	□ ₁₃	□ ₂₃	□ ₁₄	□ ₂₄			□ ₁₁	□ ₂₁	□ ₁₂	□ ₂₂	□ ₁₃	□ ₂₃	□ ₁₄	□ ₂₄
F01	R1	0,88	0,04	0,94	0,14	0,84	0,08	0,78	0,03	F06	R1	0,90	0,10	1,00	0,10	0,90	0,00	1,00	0,00
	R2	0,63	0,19	0,79	0,23	0,73	0,14	0,59	0,24		R2	0,80	0,30	0,80	0,20	0,70	0,30	0,70	0,20
	R3	0,48	0,43	0,53	0,44	0,58	0,39	0,48	0,41		R3	0,60	0,50	0,60	0,40	0,50	0,40	0,50	0,50
	R4	0,23	0,77	0,41	0,61	0,33	0,73	0,29	0,53		R4	0,40	0,60	0,40	0,70	0,30	0,60	0,30	0,70
	R5	0,01	0,94	0,13	0,88	0,14	1,00	0,17	0,91		R5	0,10	0,80	0,20	0,90	0,13	1,00	0,00	1,00
F02	R1	1,00	0,05	0,95	0,15	1,00	0,10	0,85	0,00	F07	R1	0,95	0,15	1,00	0,10	0,85	0,00	1,00	0,05
	R2	0,75	0,25	0,85	0,25	0,85	0,30	0,73	0,35		R2	0,85	0,25	0,85	0,30	0,73	0,35	0,75	0,25
	R3	0,55	0,45	0,55	0,45	0,65	0,40	0,45	0,55		R3	0,55	0,45	0,65	0,40	0,45	0,55	0,55	0,45
	R4	0,35	0,65	0,31	0,79	0,29	0,70	0,24	0,83		R4	0,40	0,65	0,35	0,75	0,24	0,78	0,35	0,65
	R5	0,00	0,95	0,15	0,75	0,15	0,85	0,25	1,00		R5	0,05	0,88	0,15	0,85	0,12	1,00	0,00	0,95
F03	R1	0,92	0,08	0,98	0,18	0,88	0,12	0,82	0,07	F08	R1	0,98	0,18	0,88	0,12	0,82	0,07	0,92	0,08
	R2	0,67	0,23	0,83	0,27	0,77	0,18	0,63	0,28		R2	0,83	0,27	0,77	0,18	0,63	0,28	0,67	0,23
	R3	0,52	0,47	0,57	0,48	0,62	0,43	0,52	0,45		R3	0,57	0,48	0,62	0,43	0,52	0,45	0,52	0,47
	R4	0,17	0,73	0,24	0,65	0,37	0,67	0,33	0,64		R4	0,45	0,65	0,37	0,85	0,33	0,57	0,27	0,86
	R5	0,05	0,98	0,17	0,83	0,18	0,02	0,21	0,95		R5	0,08	0,83	0,18	0,95	0,21	0,95	0,05	0,98
F04	R1	0,95	0,11	1,00	0,21	0,91	0,15	0,85	0,10	F09	R1	1,00	0,21	0,91	0,15	0,85	0,10	0,95	0,11
	R2	0,70	0,26	0,86	0,30	0,80	0,21	0,66	0,31		R2	0,86	0,30	0,80	0,21	0,66	0,31	0,70	0,26
	R3	0,55	0,50	0,60	0,51	0,65	0,46	0,55	0,48		R3	0,60	0,51	0,65	0,46	0,55	0,48	0,55	0,50
	R4	0,30	0,76	0,48	0,68	0,22	0,70	0,28	0,60		R4	0,39	0,76	0,30	0,70	0,36	0,60	0,30	0,76
	R5	0,08	1,00	0,20	0,86	0,21	0,05	0,24	0,98		R5	0,10	0,86	0,15	0,93	0,24	0,98	0,08	1,00
F05	R1	1,00	0,88	0,06	0,10	0,95	0,85	0,04	0,00	F10	R1	0,94	0,14	0,84	0,08	0,78	0,03	0,88	0,04
	R2	0,70	0,20	0,80	0,30	0,80	0,20	0,70	0,30		R2	0,79	0,23	0,73	0,14	0,59	0,24	0,63	0,19
	R3	0,50	0,50	0,60	0,50	0,60	0,40	0,50	0,40		R3	0,53	0,44	0,58	0,39	0,48	0,41	0,48	0,43
	R4	0,30	0,70	0,33	0,69	0,30	0,70	0,26	0,73		R4	0,41	0,69	0,33	0,63	0,29	0,53	0,23	0,69
	R5	0,00	1,00	0,10	0,80	0,90	0,08	1,00	0,15		R5	0,13	0,79	0,14	0,90	0,17	0,91	0,01	0,94

The values in Table 2 are an assumption of the opinions obtained from four specialists (Specialist 1: marketing professional; 2: economist; 3: production engineer; 4: business manager). This table constitutes the data base.

We observe that this same data base can be used to do the viability analysis of launching of different products in different regions.

5.3. Working out the Baricenter Analysis Method, BAM

Once the database is built, we will proceed in analyzing the viability of product X in Region Y.

To do so, we must conduct a survey in Region Y in relation to product X, in order to find out which section each factor belongs to. The result of this survey can be summarized in columns 1 and 2 of Table 3.

This means that researchers must check, in Region Y, for each of the F_i factors ($1 \leq i \leq 10$) in which section R_j ($1 \leq j \leq 5$) product X is found. Column 2 of Table 3 must be filled in with values R_j .

With these results we can then extract from the database (Table 2) the specialist's opinions on the conditions of product X in Region Y. They are summarized in columns 3 to 10 in Table 3.

After that, we can apply the Annotated Paraconsistent Logic maximization (OR) and minimization (AND) operators. For this application it is necessary that the groups are formed according to the opinion of the specialists. For example, in the given frame of specialists it would be possible to have: in Group A – a Marketing Professional (1) along with an Economist (2); in Group B – a Production Engineer (3) with a Business Manager (4).

Therefore to apply maximization (OR) and minimization (AND) operators to the specialist's opinions, we will do the following:

$$[(\text{Specialist 1}) \text{ OR } (\text{Specialist 2})] \text{ AND } [(\text{Specialist 3}) \text{ OR } (\text{Specialist 4})]$$

TABLE 3: Surveyed sections, degrees of belief and disbelief, application of operators OR and AND, calculation of the degrees of certainty and contradiction and results analysis (conclusions).

		Group A				Group B				A		B		A AND B		L of Requ = 0,600				
		Spec. 1	Spec. 2	Spec. 3	Spec. 4	S1 OR S2	S3 OR S4	A AND B		A AND B		A AND B		H _{cert}	G _{contr}	Conclusions				
F	R	\square_{11}	\square_{21}	\square_{12}	\square_{22}	\square_{13}	\square_{23}	\square_{14}	\square_{24}	\square_{1A}	\square_{2A}	\square_{1B}	\square_{2B}	\square_{1R}	\square_{2R}	H _{cert}	G _{contr}	Decision		
F01	R5	0.01	0.94	0.13	0.88	0.14	1.00	0.17	0.91	0.13	0.94	0.17	1.00	0.13	0.94	-0.81	0.07	Not viable		
F02	R1	1.00	0.05	0.95	0.15	1.00	0.10	0.85	0.00	1.00	0.15	1.00	0.10	1.00	0.10	0.90	0.10	Viable		
F03	R1	0.92	0.08	0.98	0.18	0.88	0.12	0.82	0.07	0.98	0.18	0.88	0.12	0.88	0.12	0.76	0.00	Viable		
F04	R2	0.70	0.26	0.86	0.30	0.80	0.21	0.66	0.31	0.86	0.30	0.80	0.31	0.80	0.30	0.50	0.10	Non-conclusive		
F05	R1	1.00	0.88	0.06	0.10	0.95	0.85	0.04	0.00	1.00	0.88	0.95	0.85	0.95	0.85	0.10	0.80	Non-conclusive		
F06	R5	0.10	0.80	0.20	0.90	0.13	1.00	0.00	1.00	0.20	0.90	0.13	1.00	0.13	0.90	-0.77	0.03	Not viable		
F07	R4	0.40	0.65	0.35	0.75	0.24	0.78	0.35	0.65	0.40	0.75	0.35	0.78	0.35	0.75	-0.40	0.10	Non-conclusive		
F08	R4	0.45	0.65	0.37	0.85	0.33	0.57	0.27	0.86	0.45	0.85	0.33	0.86	0.33	0.85	-0.52	0.18	Non-conclusive		
F09	R1	1.00	0.21	0.91	0.15	0.85	0.10	0.95	0.11	1.00	0.21	0.95	0.11	0.95	0.11	0.84	0.06	Viable		
F10	R2	0.79	0.23	0.73	0.14	0.59	0.24	0.63	0.19	0.79	0.23	0.63	0.24	0.63	0.23	0.40	-0.14	Non-conclusive		
Baricenter W: arithmetic average of the resulting degrees														0.62	0.52	0.10	0.13	Non-conclusive		

In Table 3, the result of the OR operator application to groups A and B (intra-groups) is stated in columns 11 to 14. The result of the AND operator application between groups A and B (inter-groups) is shown in columns 15 and 16. Therefore, we can obtain for each section of each factor the combined conclusion of the specialist's opinions.

Let us adopt 0.60 or 60% as level of requirement ($L_{requ} = 0.60$), that is, we will make decisions with at least 0.60 or 60% of certainty.

It is important to observe that the level of requirement depend on the security that we want in the decision, which depend on the responsibility that it implicate, on the investment that is being done, whether there is or no risk for human life's etc.

When we fix the level of requirement, we are automatically fixing the decision rule and the Para-analyzer algorithm.

Also, once again the Para-analyser algorithm makes clear the innumerous ways that the specialists can be considered, as well as their importance in the context.

The using of baricenter method is one of the several methods that we can use. Depending on the project, we can consider other methods for obtaining a global analysis.

So, for level of requirement equal at 0,60, the Para-analyzer algorithm and the decision rule are as follow in the next figures:

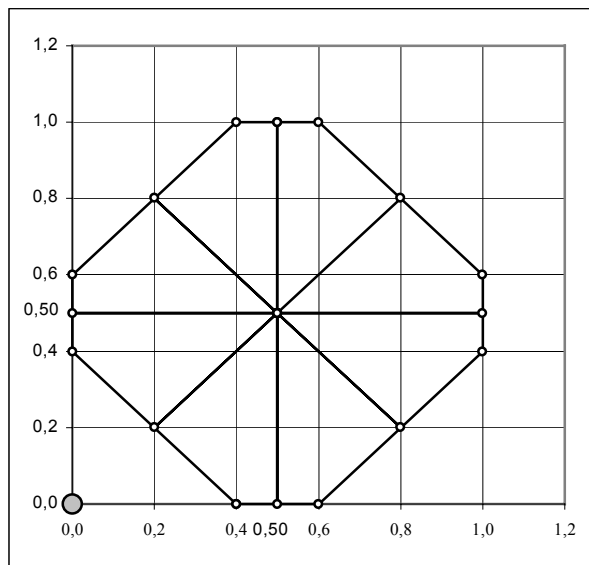


FIGURE 2: Lattice with output states

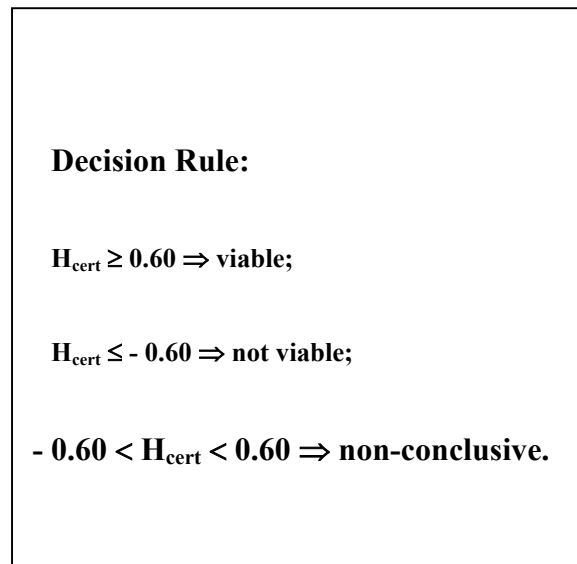


FIGURE 3: Decision Rules

In Table 3, the column 17 show the resultant degrees of certainty calculated by $H_{certR} = \mu_{1R} - \mu_{2R}$; the column 19 determines the influence of each factor (F1 to F10) for the viability of launching product X in Region Y, by application of the decision rule.

To find out the influence of all factors combined, we apply the decision rule to the baricenter **W**. As ($H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W} = 0.62 - 0.52 = 0.10$) and ($- 0.60 < 0.10 < 0.60$), the result is **non-conclusive** (Table 3, column 19, last row).

Now, we are going to analyze the final results with the Para-analyzer algorithm. To do so, we are going to plot the resultant degrees, μ_{1R} and μ_{2R} , together with the Cartesian Unitary Square, CUS, (Fig. 4.), assuming as boundary lines for truth and falsity the straight lines determined by $|H_{cert}| = 0.60$ e and as inconsistency and paracompleteness boundaries, the straight lines determined by $|G_{contr}| = 0.60$, since we are adopting 0.60 as level of requirement.

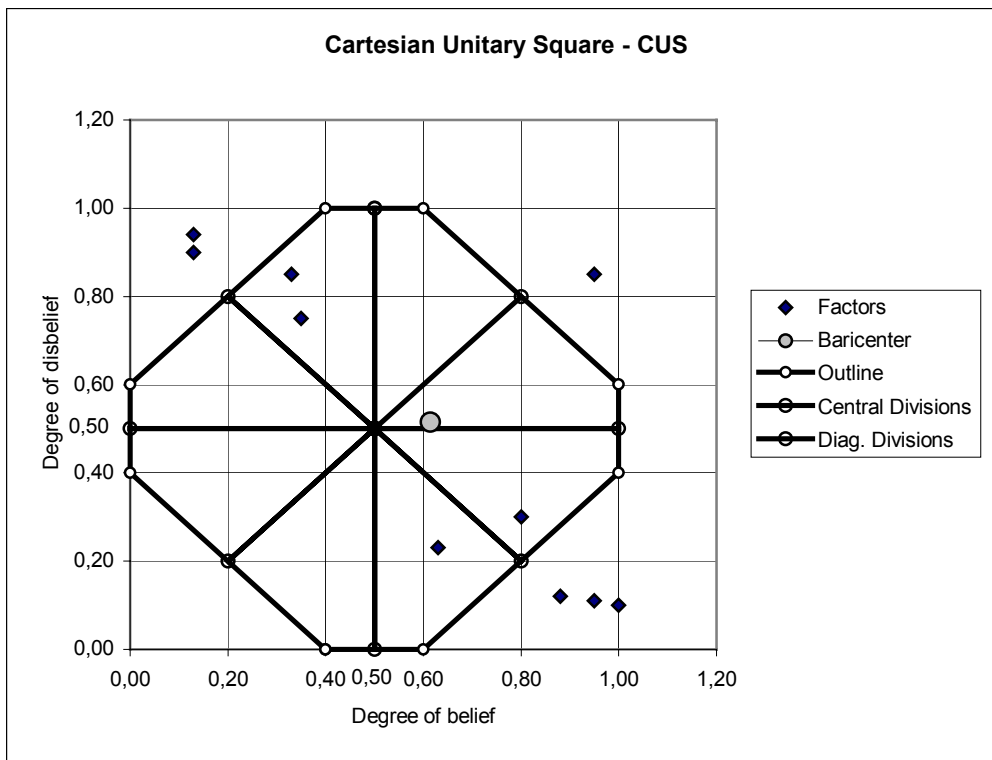


FIGURE 4: Result analysis conducted with the Para-analyzer algorithm (**non-conclusive** at level of requirement = 60%)

In this study case, the viability analysis for product X in Region Y, the analysis of the points obtained in the Cartesian Unitary Square, CUS, has shown that three factors (F02, F03 and F09) recommend the launching of the product with a 0.60 degree of certainty, since they belong to the truth region (viability); two factors (F01 and F06) do not recommend the launching of the product, once they belong to the falsity region (not viability).

The other factors belong to the limbo region, thus indicating that the product launch is not viable, though it not unviable either. F07 and F08 belong to the quasi-falsity region that tends to inconsistency; F04 belongs to the quasi-truth region also tending to inconsistency; F10 is in the quasi-falsity region that tends to paracompleteness; and F05, in the inconsistency region indicating that the data (Specialist's opinions) show for this factor a high degree of inconsistency (0.80). These five last factors are, therefore, non-conclusive.

However, the influences of all viability factors in launching product X in region Y can be summarized by point **W**, which is the baricenter of the ten points and translates the combined influence of the ten analyzed factors. Since **W** belongs to the inconsistency region tending to quasi-truth, one can say that the analysis result is non-conclusive. That is, the analysis does not recommend the launching of product X in region Y, but it does not say otherwise either. It simply suggests that new surveys should be conducted in an attempt to increase the evidences.

The analysis of influence for each factor in relation to the product viability, performed by the Para-analyzer algorithm, can be done numerically by calculating the resulting degree of certainty, $H_{certR} = \mu_{1R} - \mu_{2R}$,

for each of the factors and by the application of the rule of decision (columns 17 at 19 from Table 3). The influence of all factors combined can be analyzed likewise. The only thing to do is calculate the baricenter's degree of certainty \mathbf{W} , $H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W}$.

It is important to notice that once the survey is conducted, i.e., since column 2 of Table 3 has been filled out, all other operations translated by columns 3 to 19 such as the search for values in database, application of maximization and minimization operators, calculation of the baricenter's degrees of belief and disbelief, calculation of degrees of certainty and contradiction, application of the rule of decision and application of the Para-analyzer algorithm can be automatically performed by a simple computer program (software), done by using Excel.

In order to perform a faithfulness test of the method and exercise its application, we would suggest the reader to conduct a viability analysis to launch a product X' in a Y' region, assuming that in the field survey all factors belong to section R1, i.e., all factors are highly favorable to the launching of a product X' in a region Y'. In this case, evidently, it is expected a favorable viability analysis for product X' in region Y'.

In fact, by applying the Baricenter Analysis Method, BAM, to this case (and this is the expected drill) we have $\mu_{1W} = 0.93$ and $\mu_{2W} = 0.16$. This enables the calculation $H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W} = 0.93 - 0.16 = 0.78$. Since $0,78 \geq 0,60$, the rule of decision leads us to assume the **viability** for product X' launch in region Y'. (Fig. 3)

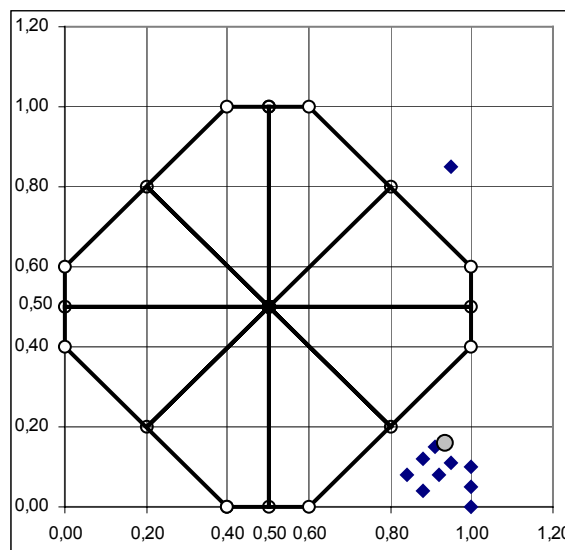


FIGURE 5: All factors very favorable (**viable** at 60%)

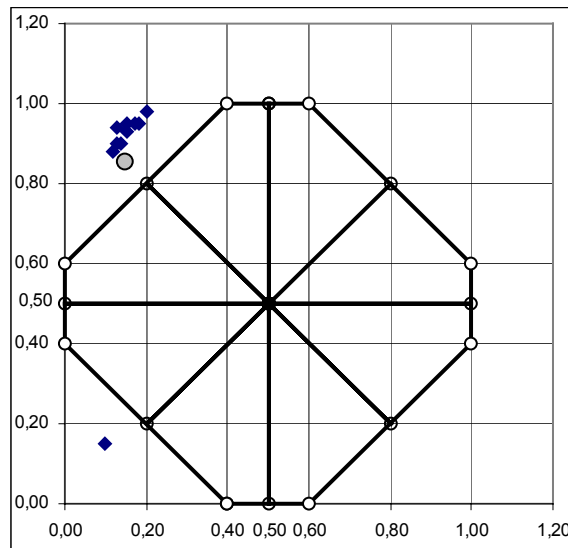


FIGURE 6: All factors very unfavorable (not viable at 60%).

On the contrary, if all factors belong to section R5, we would have $\mu_{1W} = 0.15$ and $\mu_{2W} = 0.85$ (please check the math as an exercise). This would allow us to calculate $H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W} = 0.15 - 0.85 = -0.70$. Since $-0.70 \leq -0.60$, the rule of decision would lead us to the **not viability** of product X' launch in region Y' (Fig. 4).

For example, in analyzing a case in which five factors (2, 4, 6, 8 and 9) are very favorable and five factors (1, 3, 5, 7 and 10) are favorable only, applying the Baricenter Analysis Method, BAM, we will obtain: $H_{certW} = \mu_{1W} - \mu_{2W} = 0.85 - 0.18 = 0.67$.

Then, if the level of requirement is 0.60, the decision is **viable**, since $0.67 \geq 0.60$ (Fig. 5); but, if the level of requirement is 0.80, the decision is **non-conclusive**, since $(-0.80 < 0.67 < 0.80)$ (Fig. 6).

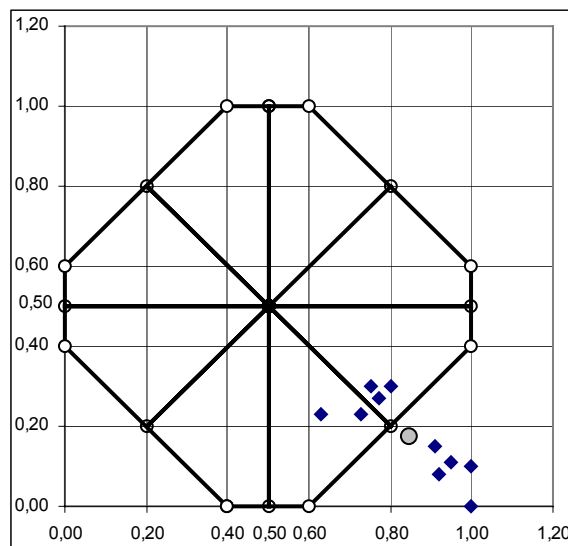


FIGURE 7: Five factors very favorable (**viable** at 60%).

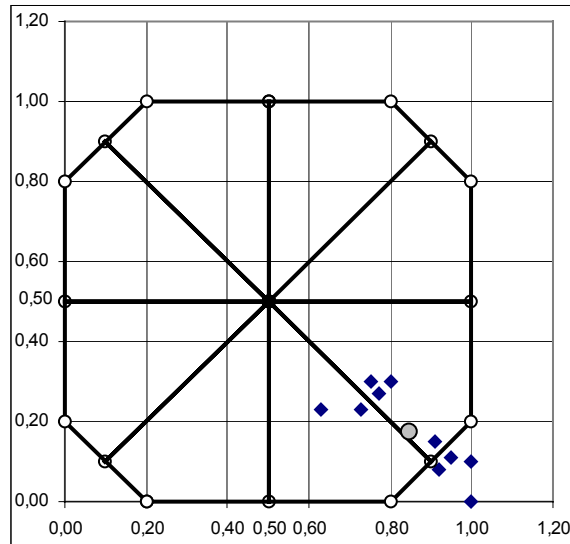


FIGURE 8: Five factors favorable (non-conclusive at 80%).

6. CONCLUSIONS

In this paper, we have discussed how Paraconsistent Annotated Logic, PAL, can contribute in decision-making systems. Its importance has been pointed out, mainly when the available data present contradictions, conflicts and uncertainties. We have noticed that the Para-analyzer algorithm is a powerful tool of analysis, which not only allows decisions about undertaking viability (or non-viability), at different levels of requirements, but also provides information about data consistency (in fact, data non-triviality).

It clearly showed that the techniques of Paraconsistent Annotated Logic, PAL, when combined on the Para-analyzer algorithm, and on the Baricenter Analysis Method, BAM, (both presented in this paper) open a new perspective: to transform qualitative analysis into quantitative ones. On the other hand, Paraconsistent Annotated Logic, PAL, can also be combined with other structures as to form a new concept of neural networks, such as paraconsistent neural networks, that deal with conflicts and uncertainties, thus allowing its application in pattern reconnaissance, X-ray and radar signal analysis, etc. The development and applications of non-classical logics precede a new era generating profound questions such as "do rationality and logical meaning coincide?"

We believe that the study presented in this paper represents a significant contribution to the development of researches that deal with conflicting and uncertain knowledge and that it constitutes a new and promising tool in decision-making systems.

7. REFERENCES

1. J.M. Abe, Fundamentos da Lógica Anotada (Foundations of Annotated Logic) (in Portuguese), Ph.D. Thesis, University of São Paulo, São Paulo, 1992.
2. J.M. Abe, Some Aspects of Paraconsistent Systems and Applications, *Logique et Analyse*, 157, pp. 83-96, 1997.
3. J.I. da Silva Filho, and J.M. Abe, Paraconsistent Analyser Module, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, pp. 346-352, 2001.
4. J.M. Abe and J.I. da Silva Filho, Manipulating Conflicts and Uncertainties in Robotics, *Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, V.9, ISSN 1542-3980, 147-169, 2003.
5. F.R. de Carvalho, Lógica Paraconsistente Aplicada em Tomadas de Decisão: uma abordagem para a administração de universidades (in Portuguese), Editora Aleph, São Paulo, Brasil, 2002.
6. N.C.A. da Costa, C. Vago and V.S. Subrahmanian, The Paraconsistent Logics P_{τ} , *Zeitschr. f. math. Logik und Grundlagen d. Math.*, Bd. 37, pp. 139-148, 1991.
7. N.C.A. da Costa, J.M. Abe and V.S. Subrahmanian, Remarks on annotated logic, *Zeitschrift f. math. Logik und Grundlagen d. Math.* 37, pp. 561-570, 1991.
8. P. Kotler, *Administração de Marketing: Análise, Planejamento, Implementação e Controle*, Translated by Ailton Bonfim Brandão, Editora Atlas, 2nd ed., São Paulo, Brasil, 1993.
9. C. McDaniel, and R. Gates, *Pesquisa de Marketing*, Translated by James F. Suderland Cook, Editora Pioneira Thomson Learnig Ltda., São Paulo, Brasil, 2003.
10. R. Reiter, "A logic for Default Reasoning" *Artificial Intelligence*, 13, pp. 81-132, 1980.
11. J.I. da Silva Filho, Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores LPA2v com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos, in Portuguese, Ph. D. Thesis, University of São Paulo, São Paulo, 1999.
12. J.I. da Silva Filho and J.M. Abe, Para-Analyser and Inconsistencies in Control Systems, *Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'99)*, August 9-12, Honolulu, Hawaii, USA, 78-85, 1999.
13. J.I. da Silva Filho and J.M. Abe, Emmy: a paraconsistent autonomous mobile robot, in *Logic, Artificial Intelligence, and Robotics*, Proc. 2nd Congress of Logic Applied to Technology – LAPTEC'2001, Edts. J.M. Abe & J.I. Da Silva Filho, *Frontiers in Artificial Intelligence and Its Applications*, IOS Press, Amsterdam, Ohmsha, Tokyo, Vol. 71, ISBN 1 58603 206 2 (IOS Press), 4 274 90476 8 C3000 (Ohmsha), ISSN 0922-6389, 53-61, 287p., 2001.
14. J.I. da Silva Filho and J.M. Abe, Para-Control: An Analyser Circuit Based On Algorithm For Treatment of Inconsistencies, *Proc. of the World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, ISAS, SCI 2001*, Vol. XVI, *Cybernetics and Informatics: Concepts and Applications (Part I)*, ISBN 980-07-7556-0, 199-203, Orlando, Florida, USA, 2001.

Identificação – Trabalho Completo em Anais

CARVALHO, F.R., I. BRUNSTEIN & J.M. ABE, Paraconsistent annotated logic in analysis of viability: an approach to product launching, in Computing Anticipatory Systems: CASYS 2003 - Sixth International Conference on Computing Anticipatory Systems, Eds. D.M. Dubois, American Institute of Physics, AIP Conference Proceedings, Springer - Physics & Astronomy, Vol. 718, ISBN 0-7354-0198-5, ISSN: 0094-243X, pp. 282-291, 2004.

Área de Concentração: Gestão da Informação

Linha de Pesquisa:

Nota: Este trabalho recebeu o premio de “Best Paper Award” Symposium “Computational Intelligence and Anticipation” CASYS'03, Liège, Bélgica, 2003.

Publicações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Universidade Paulista – 2003

Jair Minoro Abe

Universidade Paulista - UNIP

Resenha

O volume “Publicações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Universidade Paulista” reuniu os trabalhos produzidos pelos docentes, discentes e convidados do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Vice-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Paulista produzidos no ano de 2003. Os trabalhos se referem às reflexões de temas pertinentes à Engenharia de Produção e correlatos, podendo ser útil não apenas ao especialista, mas, também, aos discentes de um programa de Pós-graduação, bem como ao alunado da graduação. Os trabalhos retratam traços marcantes de um período das atividades da Pós-Graduação e demonstram a afirmação das ações de pesquisa e ensino.

O intuito da obra é primordialmente fornecer um acesso rápido às pesquisas produzidas pelo Programa e também facilitar ao discente o contato com temas investigados pelos integrantes do mesmo.

Compreende quatro linhas de pesquisa fundamentais: Gestão da Informação, Planejamento e Controle da Produção, Produção e Gestão Ambiental e Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial.

A obra teve o apoio da Vice-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Paulista, sendo a Profa. Dra. Marisa Forghieri, Coordenadora de Pesquisa, Produção Científica e Pós-graduação na época da Universidade Paulista que acolheu com entusiasmo a idéia e à Profa. Dra. Marília Ancona-Lopez por ter concretizado o projeto.

Identificação – Livro - Organização

ABE, J.M., Publicações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Organizador, ISSN 18066135, Editora Cered, São Paulo, 762 págs., 2004.

AUTOMATED SYSTEM FOR LEATHER INSPECTION: THE MACHINE VISION

Mario Mollo Neto,
Oduvaldo Vendrametto,
Jóse Paulo Alves Fusco
UNIP mariomollo.cdg@unip.br,
UNIP vendrameto@unip.br,
UNIP jpafusco@uol.com.br.

Nowadays Brazil is the world largest producer of cattle leather and the total exportations in 2002 were around 19 million of pieces or 930 million dollars. In the other hand, the low performance of domestic tanning plants, has compromised the final numbers and as a result the product remains considered as a mere commodity in the international market. The semi-finished products obtained in the very first stages from the process, with low level of value aggregation, represent circa of 60% of exportations.

This paper is a summary of the findings obtained from a research done and aims to present an automated inspection system to classify the wet blue leather, using image processing and under a quality control system guiding rules..

1. INTRODUCTION

The globalization effects on developing (or emerging) countries has addressed the label of commodities exporters presented by them. The expectations of sharing the world market, commercializing products in higher levels of aggregated value, motivated by an increasing global competition, has occurred only in the importations side of the so called global products. The gap of knowledge presented by the Brazilian productive system concerning technology, management and quality, jointly with the MNC's tradition on international trading, weakened the position of national best firms. These ones, without conditions to face properly the fierce competition against their foreign counterparts, were incorporated by rivals or stopped operations or even reshaped their business anyway.

During the 90's, because the adoption of partnerships, alliances, joint ventures or simply acquisition of Brazilian firms, the participation of foreign firms in the Brazilian GDP increases from 36% (1991) to 53.5% (1999) (Kupfer, 2002).

Changes on processes and operation systems, the use of automation technologies, TI, besides decreasing the participation of Brazilian investmens on the domestic market, co-operate to decrease the employment level and brought other types of social problems already on the table to be solved. While entire productive networks have been completely absorbed by foreign groups, e.g. autoparts and electrodomestics, conversely there are other remaining sectors virtually untouched as in the case of meat, leather and footwear, wooden-made furniture, gems and other. Probably some of typical characteristics presented by these sectors, e.g. labour intensive processes, lack of organizational control, lack of stable conditions concerning tax legislation and capital-labour relationships, and the general poor quality of buyer-supplier relationships, has pushed the focus of foreign investors away.

Some of the modern (regarded) firms evolved towards higher levels of competitive conditions, working concepts such as world products and making use of very sophisticated technologies and management tools. However, most of the remaining firms stay precariously in the business without investments in technology and, therefore, in a low level of competitive power, still commercializing commodities or semi-finished products. Table 1 shows the potential of sales and development presented by the Brazilian network of meat, leather and shoes business. These numbers could be increased significantly through the adoption of an adequate set of policies by the federal government, aiming to increase the Brazilian share of international market and elevating the employment level as well.

Table 1 - Source: Couromoda Calçados e Artefatos (**) Added by the author

Brazilian exportations of meat/leather/footwear - US\$				
Product	2000	2001	2002	Variation % 2000/2002
Shoes	1,548 bi	1,615 bi	1,449 bi	- 6,3
Eláter	744 mi	850 mi	930 mi	+ 25,0
Components	448 mi	500 mi	519 mi	+ 15,8
Machinery	5 mi	6 mi	ND	ND
Meat (**)	805 mi	807 mi	1,050 bi	+ 30,4
Sum	3,550 bi	4,156 bi	~3,948 bi	~ + 11,2

The system proposed is based upon a type of “machine vision”, to be developed using new technologies available, to perform activities within the process of classification of *wet blue* leather. Then, its main function would be to classify cattle leather just after the chemical treatment of tanning, looking for increases on quality standards.

The classification occurs after the very first stage of the production process, on the semi-finished product called *wet blue*. One piece at a time is then extended over one special table and one specialist takes a visual inspection on the leather surface for around 30 and 60 seconds. The specialist then evaluates the quality and assigns the piece a grade between 1 and 7, writing it with a chalk on its surface. According this scale, one piece of leather graded 1 would present the best “value” for quality while the other limit would refer to the worse quality.

The procedure cited above is quite arguable because of its large uncertainty margin and this fact represents the main reason behind the existing commercial problems between tanning plants and their customers, primarily in the case of exportations.

The resulting pieces of leather can be commercialized in a briny or crude state, without being submitted to any inspection of quality up to this phase. Only after the process on tanning plants the piece is converted into leather one and classified, receiving the grade. This late evaluation can bring losses to the tanning plants, because the quality will be known only in the end of the entire production process.

Additionally, the “machine vision” presented and proposed in this paper will help firms to know precisely what they are really doing in terms of quality of good products, creating a value basis to support commercial negotiations in a more realistic way, instead of making use of speculative arguments as up to now.

The new form proposed intends to analyze electronically the leather through the use of one digital optical system, mapping the defects on each piece and obtaining the correspondent classification or grade. Besides, the leather mapping allows the application of more specialized methods to optimize the working area on it, decreasing rejects and the related environmental problems.

One experimental test was done to verify the compatibility of the system proposed and the present visual system in terms of the outputs and the quality of the data to be generated. Despite the fact that the technology proposed still needs a more profound examination before its full adoption by firms, the results suggest that both systems are totally compatible.

2. BACKGROUNDS

Along the last 30 years the research field called “machine vision” has been evolving and developing to play an important role on either side of production processes (using robotics) and quality control of manufacturing operations (AVI - Audio-Video-Interleaved systems).

In the early papers, the main purpose has been to automate the quality control through the use of images (Stapley, 1965; Norton, 1970; Aalderink, 1976; Saridis, 1976; Roland, 1982).

Many researches have been conducted in the last few years to elaborate high speed techniques more efficient to analyze images, trying to emulate the human vision. To do so, besides the images processing system, it is necessary to develop another technique of decision making, very difficult to automate indeed.

In parallel with the academic evolution, the required technology to capture images (e.g. cameras, digitizers) and their subsequent treatment (computers, microprocessors) has been developed in such a way that nowadays it is possible to build a sort of very efficient visual systems to capture images and to take decisions based on information gathered from it.

The development of a system to analyze quality using image processing involves many other important aspects from the choice and implementation of adequate methods up to the elaboration of experiments to verify its suitability.

2.1 Scenario analysis

The research focusing leather issues has been done under a wider range, going beyond the usual activities involving its simple applications as a part of other products or even as a supply in the leather artisan industry.

The innovations already cited in the text revealed new horizons to the leather sector and deserve to receive special attention because the possibility to obtain products with more aggregate value, competitive advantages and increases on ROI.

Nowadays the leather, as a raw material, is responsible for an important economic sector worldwide, presented a great diversity of products from manufacturing and service firms. Porter (1993, 479-497) presents the competitive advantages that lead Italy into the world leadership of leather industry. Soon after, the author suggested in a lecture the figure 1 above, containing one wide view of the different sectors forming the entire network.

Concerning cattle leather, results obtained from many researches revealed that Brazil has missed an opportunity to gain close to 900 million dollars each year because the poor quality of the leather produced by domestic plants and the unbalance between domestic production and demand (CICB, Brazilian leather plants

union, 2000). Usually pieces of leather used as raw materials by manufacturing firms (footwear, purse, belt, Clothes, furniture and car seats) present scratches, scars, punctures and spots over their surfaces. It is important to point out that 85% of the leather made in Brazil presents some type of defects, and 60% of that occurs within the limits of the tanning plants. The remaining 40% occurs because the bad conditions of logistic factors from the farms to the plants.

- a) Figure 2 shows the types of defects presented by the leather made in Brazil. The general lack of secure information about the leather as a product, inside the limits of the farms, represent a huge difficult to be overcome.

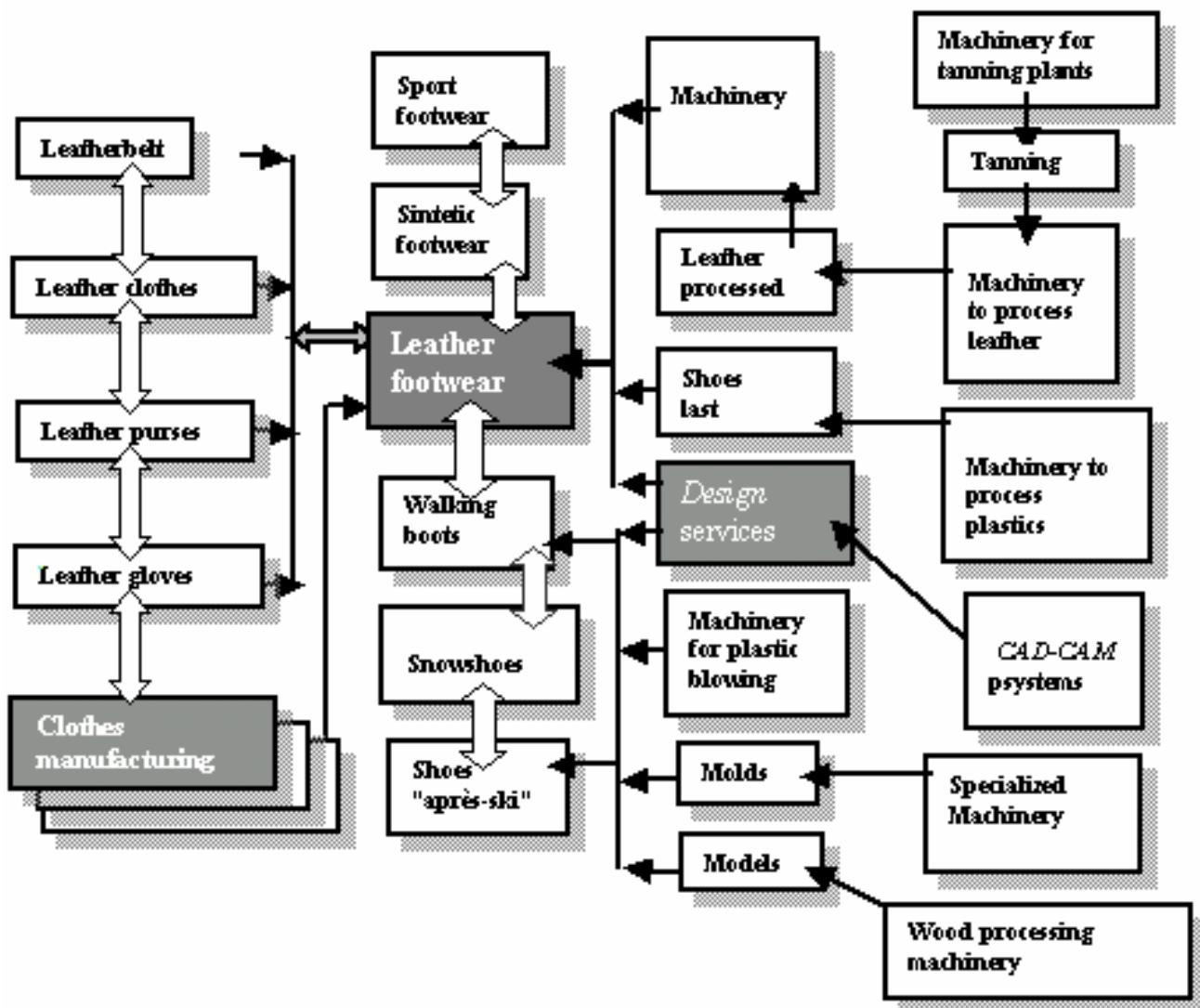


Figure 1 – One Italian footwear cluster – Source: Porter, 1997

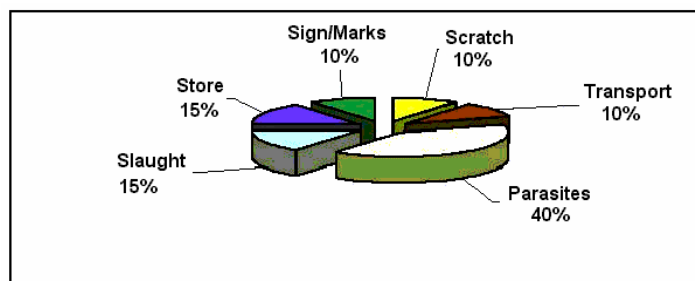


Figure 2 – Defects of Brazilian leather - Source: ABQTIC (1998)

Additionally, three relevant questions need to be considered:

- b) The geographic localization and climate conditions of the country, with some regions quite suitable to microbe proliferation and also the emergence of a wide variety of coetaneous diseases. All this stuff requires additional efforts during the entire productive process to obtain the leather.
- c) The present practices adopted by the slaughtering plants require corrective actions to improve the product to be sent to the tanning plants, avoiding undesiring rests, usually accepted because of sales criteria (weight).

The treatment process of effluents released by the plants need to be developed more properly to eliminate environmental impacts.

In fact there is a negative cycle to disrupt. The poor profitability presented by the leather sector raises difficulties to answer the question of poor quality. To do so it becomes necessary to provide an adequate flow of investments on new technologies, innovation, management and negotiation processes involving suppliers and customers together. The need of further developments on products and manufacturing plants is quite evident indeed. Efforts in such a way would bring significant results to every firm within the business network, and would increase the incomes from Brazilian exportations.

In so far as the wider and deeper relationships between agriculture sector and other sectors, upright and downright within the productive chain, its connection with other economic segments has been expanded as well. Thus, any macroeconomic or sectorial change affecting one or more structural link of the CAI (Agro industrial Complex) also reverberates on the national economic structure.

Impacts on other sectors would induce side-effects on the Agro industrial Productive Chains (CPA-Agroindustrial Productive Chain). The participation of agribusiness incomes represents something around one third (1/3) of Brazilian GDP (Gross Domestic Product), also a large number of people employed and close to 34,5% of total of domestic sales (Embrapa-gado de corte, 2001).

Although Brazil experiments presently an accelerated process of economic internationalization, the solely economic globalization tends to induce changes on every economic and political aspects of the country. In fact, it is quite difficult to isolate economic events to avoid the natural implications on political and social aspects. To sum up, all of this make necessary to think again about the participation of the federal government in such scenario without one defined array of rules.

It becomes important to point out that, under a type of "free trade" criteria, and in a global sense, one can list three main characteristics to be included as a part of an essential strategic agenda: Organization, representativity and power to negotiate. The domestic agro industrial chains need to improve their internal efficiency of the partners involved, provided that they will be competitive only if they succeed to get a better organization inside, favoring the correct formulation of contracts related to agriculture and emphasizing the international agribusiness and its marketing requirements.

The scenario up to this moment evolves dynamically and incorporates important changes on competition concepts and roles to be played by the government. The forces driving such changes, the virtual revolution on technologic and management issues, as well as the very ways to spread the new technologies and management tools being continually generated need to cope with the reality of globalization and the new related forms of trading. The traditional comparative advantages no longer represent determinant factors of competitive conditions. This reasoning gave way to another structure in which the primary factors would involve the efficiency to attend markets (good quality at a reasonable prices) and the ability to know previously the desires and needs to cope with.

2.2 Why to invest on technology?

2.3.1. Economic point of view

The leather and footwear sector is extremely important concerning Brazilian economy, because its volume of exportations and generation of jobs. The country presents the largest commercial herd of the world and also one of the largest groups of cattle breeders, slaughtering and tanning plants. According to information gathered from the Brazilian agriculture office, the industry generates close to 2% of GDP(Gross Domestic Product) and around of 800,000 direct and indirect jobs. (Gostinski, 1997)

Because the high rate of defects and the general lack of uniform batches, the Brazilian tanning plants (per year) embitter a loss of incomes around 320 million dollars. The state of Rio Grande do Sul, responsible for 40% of the total leather manufactured in the country, shows close to 128 million dollars of unrealized sales per year. Regarding the farmers and slaughtering plants, it represents a loss of incomes of 270 million dollars per year. In the same reasoning, the state government suffers a loss of taxes close to 12 million dollars per year.

Thus, it becomes clear that every investment made on technology development would probably bring significant results and increasing on profitability of the firms within the business network.

2.3.2. Manufacturing point of view

The scope of the research presented in this paper encompasses areas of equipments and technologies adopted by the tanning plants (figure 3). The objective is to create an alternative to reload information to be used by the process and increase its quality and efficiency.

The technology proposed within the “machine vision” needs to be incorporated as another equipment to classify properly (capable of being reproduced) and economically the pieces of leather and aggregating value to the entire process. The benefits, obviously, would reach upright and downright partners, removing inconsistencies typically found in handcraft processes, unable to be reproduced and too much dependent on practical skills. This type of automation would generate improvements on quality and efficiency, without being dependent on foreign technologies. It could also settle the economic profile of the tanning plants because the optimization of raw material and labour.

3. THE AUTOMATED CLASSIFICATION SYSTEM

3.1. System design

The classification is based upon the determination and mapping of defects presented in the surface of the leather motivated by external agents. Nowadays, the classification is totally performed visually, being highly dependent on the operator’s ability, therefore imprecise and subjective (Oscar, 1988). The proposed system divides the batches of leather according 8 standard levels of classification commonly used in the market.

The proposition aims to automate the process through the adoption of a computerized classification, more reliable and capable of being reproduced. The software “embedded” within the machine analyze digitally images obtained from a piece of cattle leather and store it in a data bank with other information about non-conformities or defects such as total area of defects, eccentricity, optical density, and defects per unit (piece of leather). Thus, the information stored would allow firms to compare the results obtained from each inspection against the quality standards accepted in the market.

In general terms, the machine gets the images from a piece of leather using one or more CCD (Charge-Coupled Device) cameras, digitally converted by a microcomputer (PC-like), using a video converter device. The proposed “machine vision” is a composite of one hardware set and another of control software (Roland, 1982) to perform the following functions (see figure 3):

- a) Establish the real dimension of the piece to be analyzed
- b) Establish the useful area to be used by subsequent processes
- c) Track the defects and the influences over the piece under analysis
- d) Calculate the total weight of the defects presented by the piece and determine its batch classification
- e) Storage of the information gathered from the individual and batches analysis
- f) Generate reports containing defects and non-conformities found in each piece or batch of leather

This system would bring benefits such as greater precision and uniformity to the process of leather classification itself, usually performed in a handcraft way by skilled workers. Thus will be possible to form physically uniform batches with pieces presenting the same useful area, without defects, facilitating the application of more sophisticated techniques such as manufacturing technology, simultaneous cutting and others. The possibility to define and guarantee quality standards for supply customers, mainly the downright ones, means more value aggregation and higher levels of profitability.

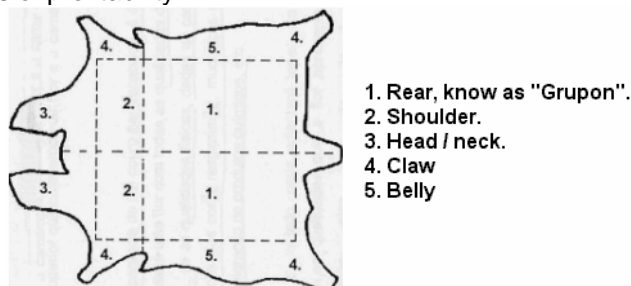


Figure 3 - Source: SENAI tanning school – 2º grau, april, 1988 (Oscar Jacó Schefel and Valmar Silveira dos Santos, quality control of *Wet Blue* and semi-finished leather).

3.2. Physical assembly

The physical application requires the use of a special table to receive the pieces to be surveyed (see figure 4) with a translucent lid to back-of illumination and with an attached metallic structure to install one fixed camera to be used in the analysis to get the quality of the “grupon”(Best part of one piece of leather) and other regions. The data generated are then processed by the software and compared against a data bank, in such a way to understand the meaning of the data and related evaluation.

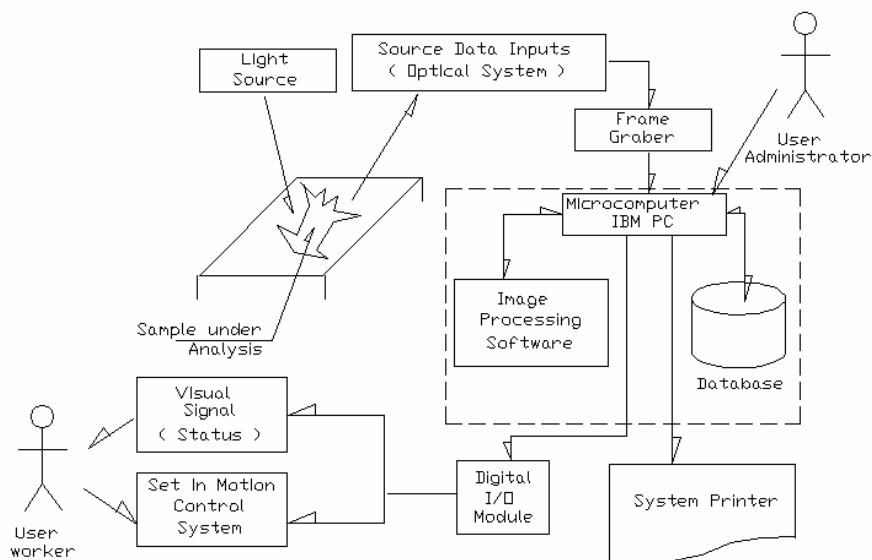


Figure 4 – Automate inspection process of quality leather

3.3. Measurement process

As already cited within the text, the implementation of an accessible and low cost automatic system to control the quality of leather still remains as an important objective to reach.

To sum up, the process comprises the following activities:

- Capture images digitally generated by the cameras
- Put to use one specialist system of visual computation to detect variations on leather characteristics in comparison with standards
- Link the system above mentioned with the operator through the use of reports, warning or whatever considered more convenient

To do this, the process requires some basic resources, at least one dedicated computer (PC-like) working under windows software, to attend the applications of graphic processing and a system to capture and digitalized images.

3.4. Benefits and costs

The proposed system would be able to eliminate or reduce the uncertainty level of the present hand-made classification process, aggregating value to the products being obtained and pushing the pricing negotiations into higher levels.

This system-based process allows more favorable conditions to conduct studies about leather quality, because the availability of data and information about the types and localization of defects found in each batch, species and region. In having plenty of information it becomes possible to implement special policies to decrease the problems of quality through the elimination of the reasons behind them.

The mapping process would bring also the possibility of making use of technologies to optimize the entire manufacturing system upright and downright. In the present situation presented by most of the tanning plants, batch cutting with water or laser beam are almost impossible because the differences on location of defects preventing the superposing of the pieces in batch.

4. A PRELIMINARY TEST

The proposed system has been tested in a leather tanning plant located in Franca, one of the Brazilian footwear cluster. The table 2 presented below shows the results obtained from one preliminary test, involving the inspection and classification of a sample with 20 pieces of leather. To do so, one experimental test has been done to classify the sample using two methods, e.g. one using visual classification and the other performed automatically by the system..

After the tanning process, the piece of leather is then divided in two longitudinal halves, from the neck to the tail of the animal. These parts received an identification tag (R-right; L-left side) represented in the third column of the table.

Sample	Results	Orient.	Average	Sample	Results	Orient.	Average
1P4	2338,14	L	1902,10	3P6	3099,61	L	5485,41
2P4	1922,12	L		4P6	2905,82	L	
3P4	1584,03	R		1P7	4770,02	R	
4P4	1764,13	R		2P7	5864,31	R	
1P5	2394,97	L	2482,41	3P7	5613,64	L	7846,46
2P5	2673,06	L		4P7	5693,69	L	
3P5	2348,67	L		1PR	7901,23	R	
4P5	2512,97	L		2PR	7865,42	L	
1P6	2976,39	L	3092,76	3PR	7657,94	R	7846,46
2P6	3389,25	R		4PR	7961,27	R	

The first column represents the elements of the sample under test, while the second shows the results obtained to each element, through the application of factors pondering the types of defects, their location over the surface and the density of the piece. According the table, the results increase according a logarithmic curve, determining like bands of value to define each level for classification (grade). To check the methods against each other, the sample was divided in five groups according levels of grade well known previously. Thus, the sample presented 4 pieces grade 4, 4 pieces grade 5, 4 pieces grade 6, 4 pieces grade 7 and 4 pieces to be rejected.

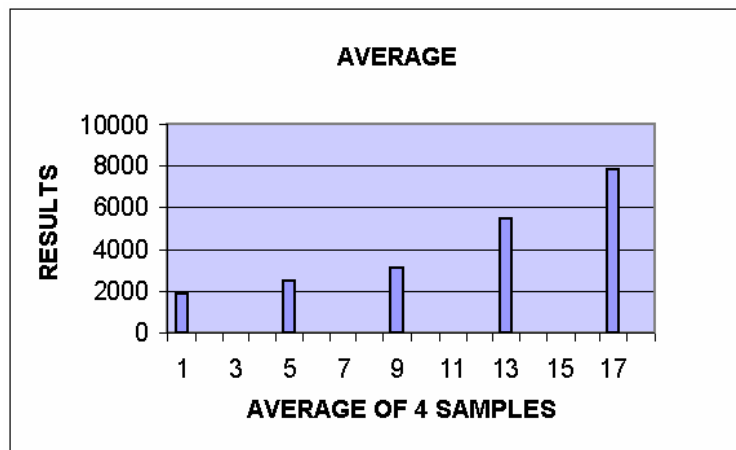


Figure 6 – Compatibility of the methods

After all, the last column represents the average value obtained for the testing results of each group of pieces. The figure 6 was obtained from the data gathered by using the experiment, and shows the total compatibility of the two methods under analysis.

The cycle time to classify and to measure each piece by 1 operator and 4 assistants has been taken close to 43 seconds. To do the same job, in the present stage of development, the automate system lasts around 53 seconds to classify and measure by using of electronic processing devices. However, it is important to take in account that the equipment used to do the experiment was one personal laptop without any special feature to

enhance its performance. Thus, it is reasonable to say that using another computer system with high performance should reduce to an estimate value of 30 seconds, suitable to this type of activity.

5. CONCLUSION

As a conclusion from the reasons and the preliminary test presented in this paper, there are many related elements that could justify the adoption of one or more units of the "machine vision" to improve quality of *wet blue* leather produced by the tanning plants, aggregating value to the products been sold in the domestic and foreign markets.

Another important gain refers to the development itself and the knowledge of a new technology like that, adjusted to the economic capacity of Brazilian firms. There are many other possibilities available in the market to perform such a task, however the prices are still too much expensive, besides the fact that usually it generates a type of technologic dependence in terms of adopting one unique machine and its maintenance. Therefore, with the knowledge and range to specify the types of defects presented by the leather, besides one more detailed cost-benefit analysis and study to fulfill the needs to design and produce a "machine vision", it becomes possible to obtain a more uniform classification of leather being produced by tanning plants and increasing the quality level of the material to be used downright by other firms within the productive chains.

6. REFERENCES

- Aalderink, B.J. and deJonge, M.W.C. (1976) *Automated Surface Inspection of cold-rolled sheet* In *Proc. International Meeting of Iron and Steel Making*, pp 11-19.
- AVA (1985) *Machine Vision Glossary*, Automated Vision Association.
- ABQTIC (1988) *Matéria-prima couro*. Estância Velha.
- COUROBUSINESS (2000) *Para onde vai o couro brasileiro*. vol. 3, n. 13, p.20-21.
- Embrapa – Gado de Corte-MS (2001) *Sistemas integrados de produção de peles e couros no Brasil*. Novembro.
- Gostinski C. (1997) *Brazilian footwear 96/97*. English/Portuguese. Novo Hamburgo: Catânia.
- Norton-Wayne, L. and Hill, W.J. (1970) *The Automated Classification of Defects on Moving Surfaces* *Second International Joint Conference on Patt. Recognition*, pp 476-478.
- VENDRAMETTO, O. ; Desenvolvimento e Ruptura: O caso da rede produtiva da carne, couro e calçados. In : FUSCO, J.P.A. (Organizador): *Tópicos emergentes em engenharia de produção*. Vol.01, São Paulo, Arte e Ciência Editora, 2002, ISBN 85-7473-091-2.
- Oscar J. S.; dos Santos, V. S. (1988) *Controle de qualidade de couros "Wet Blue" e semi-acabados*. Escola de curtimento SENAI – 2º grau, abril.
- Porter, M. (1993) *A vantagem competitiva das nações*. RJ: Editora Campus. Pp 479-497.
- Revista Globo Rural (1987), junho.
- Roland T. C.; Harlow, C. A. (1982) *Automated Visual Inspection: A Survey* *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-4, No 6, pp 557-573, November.
- Saridis, G.N. and Brandin, D.M. (1979) *An Automatic Surface Inspection System for Flat Rolled Steel*. *Automatica*, vol. 15, pp 505-520.
- Stapley, B.E. (1965) *Automatic Inspection of Metal Visible Defects*. *Iron and Steel Engineer*, november.

Livro.

M. M. Neto, O. Vendrametto, J.P.A. Fusco: "**Emerging Solutions for Future Manufacturing Systems**", *Springuer Press* (L.M.Camarinha – Matos, Editor): Sep. 2004, v. 159,
ISBN [0-387-22828-4](#).

Área: *Balanced Automation Systems*

Linha de Pesquisa: *Assembly Sensors and Simulation*

The versatile carbon paraffin electrodes (CPfEs): Applications from natural minerals to fuel cell catalysts

C.M.V.B. Almeida, S. H. Bonilla and B. F. Giannetti*

LaFTA - Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista

R. Dr. Bacelar 1212, Cep 04026-002, São Paulo, Brazil

**biafgian@unip.br*

Abstract

This chapter presents CPfEs, new and simple electrodes, which may be used to achieve the electrochemical response of ground solids or insoluble samples. The new electrode avoids the use of binders or other agents overcoming major deterioration problems. Cyclic voltammograms of the chosen minerals are presented in order to illustrate the versatility of the electrode use. Voltammetric studies performed with mineral mixtures show the perspective for studying ores as they are found in nature. The investigation of metal adsorption on mineral surfaces is also presented. Two examples were chosen. The first focused on silver ions adsorption distinguishes the search for better performances for hydrometallurgical processes. The second explores the ability of iron sulfides to retain heavy metals and illustrates the use of CPfEs on the research applied to environmental issues. The use of CPfEs on the investigation of the semiconducting properties of solids was carried out to exemplify the use of CPfEs to determine band gap energies, capacitances measurements and to evaluate the effect of an adsorbed ion on the semiconducting properties of a solid sample. An interesting application for CPfEs is the exploratory studies on fuel cells catalysts shown in order to emphasize the versatility of the electrode.

Keywords: carbon paraffin electrodes (CpfEs), ground minerals, electrochemical response, semiconducting properties, fuel cells electrocatalysts, metal ions adsorption

Summary

Part 1.	Introduction
Part 2.	Electrode preparation 2.1. Experimental procedure 2.2. The influence of the particles size
Part 3.	Electrochemical behavior of minerals 3.1. Electrochemical behavior of pyrite 3.2. Electrochemical behavior of pyrrhotite 3.3. Electrochemical behavior of arsenopyrite
Part 4.	Electrochemical behavior of mineral mixtures 4.1. Pyrite-pyrrhotite mixtures 4.2. Pyrite-arsenopyrite mixtures 4.3. Additional information about mineral mixtures 4.3.1. Galvanic interactions 4.3.2. pH measurements
Part 5.	Electrochemical study of metal adsorption 5.1. Electrochemical study of silver ions adsorption 5.2. Electrochemical study of mercury ions adsorption
Part 6	Investigation of the semiconducting properties of solids 6.1. Photoelectrochemical study of minerals 6.2. Photoelectrochemical studies of mineral mixtures 6.3. Capacitance measurements 6.4. Capacitance Measurements after silver ions adsorption
Part 7.	Characterization of catalysts for fuel cells 7.1. Voltammetric measurements with methanol addition 7.2. Voltammetric measurements with ethanol addition
Part 8	Concluding remarks References

Part 1. Introduction

The most popular electrode to study hardly soluble compounds is based on a carbon paste. These electrodes have been extensively used because of their advantages, such as ease preparation and large potential window. Surface renewal and modification are also simple.

The invention of carbon paste electrodes (CPEs) was a significant step toward solid-state electro analysis. The first CPEs were composed of carbon with an organic binder, as Nujol or silicone oil. With the solid to be analyzed added into the paste, the electrodes, now called “modified CPEs” or “carbon paste electro active electrodes – CPEEs”, were employed to determine redox potentials of organic insoluble compounds [1] and to investigate the electrochemical behavior of minerals [2,3]. However, these electrodes have some inherent problems. For example, the silicon oil binder causes deterioration and the binder viscosity has a significant effect on the electrode performance [4]. The

use of carbon paste electrodes (CPE) prepared mainly by direct mixing of electro active compounds is well described in an excellent review [5].

Electrolytic binders, such as sulfuric acid, were also successfully used for investigating the electrochemical behavior of minerals and oxides [6,7], but the oxidation of the sample in the presence of the electrolytic binder means that CPE's lifetime is limited. Despite of some experimental problems, easy to solve in research laboratories, the carbon paste electrodes enhanced the possibilities to investigate the electrochemical properties of insoluble solids and poorly soluble materials.

The methodology to immobilize mechanically solid particles on carbon surfaces (VMP – Voltammetry of Microparticles) was developed by Scholz et al [8]. This technique is based on the mechanical immobilization of solid particles at the surface of carbon or metal electrodes without the use of binders. The graphite electrode impregnated with paraffin is gently rubbed on the ground sample, which is transferred to the electrode surface. This electrode permits the direct analysis of solid ground samples without pretreatments or time-consuming deposition procedures. The limitation of this electrode, easily manageable, is its preparation. The paraffin could cover part of the particles. For qualitative analysis, this limitation causes no harm, however it is not possible to control the active area exposed, which impedes quantitative determinations.

In this chapter, it is presented a new and simple electrode, which may be used to achieve the electrochemical response of ground solids or insoluble samples. In a sense, this electrode may be considered a combination of CPEs and VMP electrodes, as it uses carbon powder and paraffin for its construction. In order to show the use and the versatility of this new electrode, called CPfE (carbon paraffin electrode), a series of examples is presented.

Some advantages of CPfEs can be listed:

- (i) it avoids the use of binders or other agents overcoming major deterioration problems,
- (ii) ease preparation,
- (iii) low cost,
- (iv) large potential window,
- (v) easy modification,
- (vi) excellent electrical conductivity, and
- (vii) the use of solid particles of the same size guarantees the current values reproducibility, that is, similar surface areas are obtained.

With the purpose of illustrating the advantages of CPfEs, several examples are shown using mainly cyclic voltammetry. This technique may be considered the basis for most studies on solid-state redox systems. The potential of the working electrode is scanned linearly between two limiting values, the

current is recorded and valuable information about the reversibility, and the nature of reaction products is obtained. Cyclic voltammograms of the chosen minerals pyrite, pyrrhotite and arsenopyrite, are presented in Parts 3.1 to 3.3. Exploratory studies carried out with pyrite and pyrrhotite are followed by a more detailed study of arsenopyrite, in order to illustrate the versatility of the electrode use. Part 4 shows voltammetric studies performed with mineral mixtures. The possibility of analyzing mixed solids offers the perspective for studying ores as they are found in nature. The investigation of metal adsorption on mineral surfaces is illustrated in Part 5. Two examples were chosen. The first focused on silver ions adsorption distinguishes the search for better performances for hydrometallurgical processes. The second explores the ability of iron sulfides to retain heavy metals and illustrates the use of CPfEs on the research applied to environmental issues. Part 6 exemplifies the use of CPfEs on the investigation of the semiconducting properties of solids. The electrode permits the determination of band gap energies, capacitance measurements and to evaluate the effect of an adsorbed ion on the semiconducting properties of the solid sample. An interesting application for CPfEs is shown in Part 7, where exploratory studies on fuel cells catalysts are shown in order to emphasize the versatility of the electrode.

Part 2. Electrode preparation

The preparation of solid samples for electrochemical experiments is not a simple procedure. For analytical practices, the electrode construction should be simple, easily reproducible and reliable. However, each solid sample has its own characteristics and it is necessary to guarantee a suitable electric contact with the current collector.

The CPfEs consist of 1.0 g graphite and 1.2 g paraffin wax (solidification point 68-74 °C) containing the desired quantity of the solid sample. For the construction of the electrodes, a brass or copper wire with diameter 3.0 mm was immersed in the mixture graphite/paraffin heated at 70 °C, Fig. 1(1). Then, the solid sample is placed in a Teflon cavity with diameter 4.5 mm, Fig. 1(2) and the extremity of the wire covered with the hot mixture was immediately pressed on the solid particles placed in the mould. The resulting set is a sample disk with diameter nearly 4.0 mm, which covers the graphite surface almost completely, Fig. 1(3). The lateral parts of the electrode were then covered with Teflon tape to avoid contact with solution, Fig. 1(4).

The particles mechanically immobilized on the graphite/paraffin mixture are very stable. Besides the mechanical immobilization, the cooling process of the mixture in contact with the particles improves the solid stabilization. Thus, the electrode can be vigorously washed before its transfer to the electrochemical cell and can also rotated to perform hydrodynamic experiments. Finally, the electrode-

tip covered with solid particles can be easily removed after every measurement and the brass wire can be used immediately to make a new electrode.

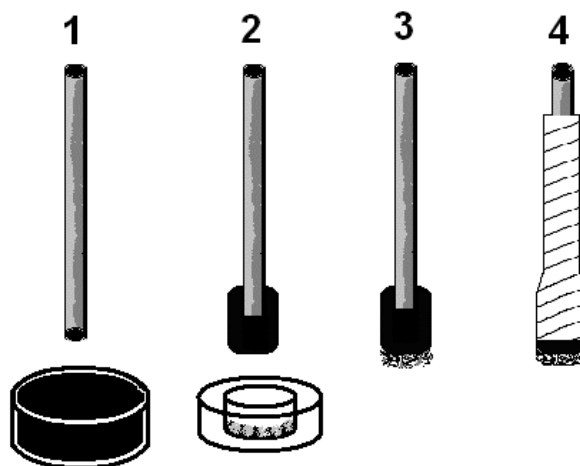


Fig. 1. Schematic representation of the electrode construction.

2.1. Experimental procedure

Potentiodynamic measurements were carried out in a standard electrochemical cell. Nitrogen was bubbled through the cell to deaerate the solution. The reference electrode was a reversible Ag/AgCl electrode placed in a Luggin-Haber capillary and the counter electrode was a platinized platinum wire of large area.

The mineral natural samples of FeS₂, FeS and FeAsS investigated are from Morro Velho Mine, in Minas Gerais, Brazil. The mineral characterization was performed by X-ray fluorescence spectrometry and powder x-ray diffraction was carried out on the samples to confirm the crystal structure. The CPfE surface with 5 mg of ground mineral is a disc with diameter nearly 4 mm, which covers the graphite surface almost completely. The electrolyte, 0.5 M acetic acid/sodium acetate, pH = 4.5 was prepared from p.a. grade reagent and triply distilled water. The choice of this electrolyte is due not only to its pH value next to that found under weathering conditions [9, 10], but because it acts as a pH buffer and controls the ionic strength of the solution. The voltammetric curves were obtained with freshly prepared electrodes allowed to reach the open circuit potential, E_{oc} , which equals the E_{oc} measured in water [11]. The open circuit potential varies with time because of the interaction between the mineral and the electrolyte [12]. The variation is negligible after 5 min of immersion. This time was

taken into account in each experiment. Potentials quoted in Parts 3 to 7 are given on the standard hydrogen scale. All experiments were carried out at 25°C with scan rate 20 mV s⁻¹.

The voltammetric characterization of the catalysts for fuel cells was carried out at the scan rate of 10 mV s⁻¹, always under inert N₂ atmosphere. The working electrodes were constructed from the following electro catalysts: nano-dispersed Pt (commercial E-Tek) onto C support. The experimental procedures applied in the present study involve cyclic voltammetry experiments of the electro catalysts in H₂SO₄ 1 M medium prepared from p.a. grade reagent and triply distilled water. The results are compared with those obtained from the same technique but with the adding of methanol and ethanol. The experimental procedure includes the working electrode stabilization until a constant profile through cycling between the selected potential limits. The potential limits chosen for every catalyst depend on their stability. Potentials quoted in Part 7 are given on the Ag/AgCl scale.

2.2. Influence of the minerals particle size

Some solids can be studied in a variety of particle sizes, which can influence the results. Before initiating the study of the electrochemical behavior of minerals, a standard particle size was selected. With this purpose, CPfEs were constructed with 5 mg of ground natural pyrite, FeS₂. The pyrite was hand ground in an agate mortar and pestle. The material was sieved to isolate a desired fraction to assure the reproducibility of the current values. In order to compare the data with that obtained from the carbon paste electrode and with others found in literature [13, 14], a compact crystal electrode was constructed (Fig. 2). A selected crystal of pyrite was cut to size and mounted in polyester resin with one surface exposed. The exposed surface was polished wet on 600-grit silicon carbide paper.

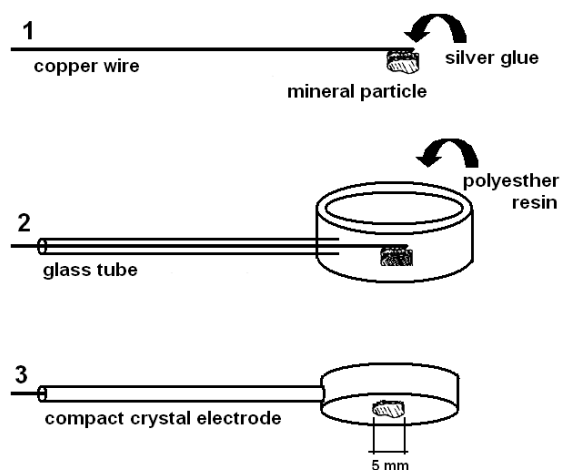


Fig. 2. Schematic representation of the crystal sample electrode.

SEM micrographs of the pyrite crystal sample (geometric area of 19.6 mm^2) and of the carbon paste electrode containing pyrite particles $< 210 \mu\text{m}$ fixed on the CPfE are shown in Figure 3. It can be seen that the graphite/paraffin mixture exposed to the solution is minimal.

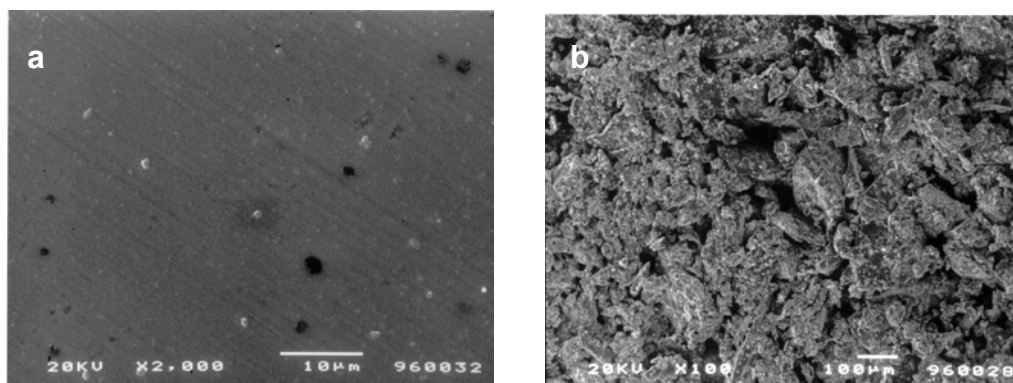


Fig. 3. SEM micrographs of the electrodes: (a) polished and (b) CPfEs containing pyrite particles $< 210 \mu\text{m}$.

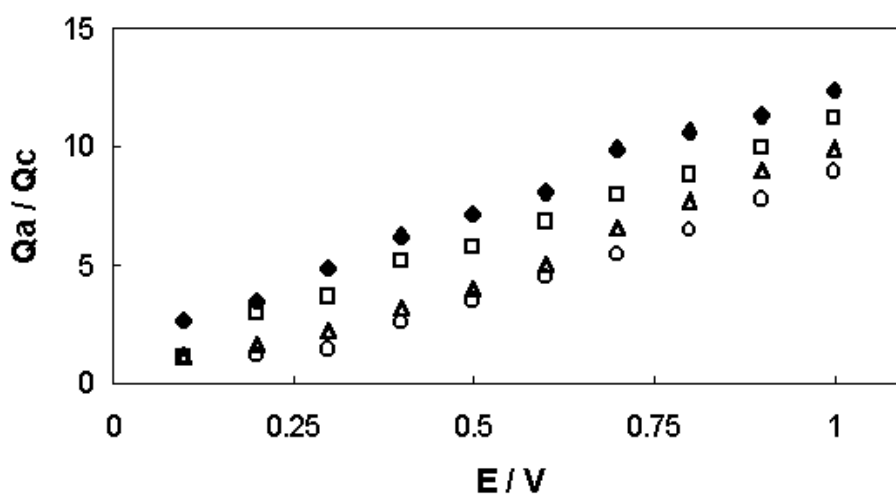


Fig. 4. Dependence of Q_a/Q_c on the anodic end point potential. (◆) polished electrode, (□) particles $< 210 \mu\text{m}$, (△) $210 \mu\text{m} < \text{particles} < 250 \mu\text{m}$ and (○) particles $> 250 \mu\text{m}$. Potential quoted to SHE.

Fig. 4 shows the relation between anodic charges (Q_a) and cathodic charges (Q_c) as function of the anodic end point potential. It can clearly be seen that with increasing particle size the relative anodic current, decreases possibly due to the change in surface area. The area of the ground electrodes about 20 times larger than that of the polished ones, even without taking into account the roughness of each particle [15]. The results in Fig. 4 show further that ground particle electrodes, even with larger

area, present smaller anodic currents than those that were mechanically polished. As the electrodes are not polished, pyrite particles may be partially covered by iron hydroxides/oxides formed in air during grinding. Preparation, grinding and prolonged oxidation of pyrite in air favor the formation of iron oxide/hydroxide, in contrast to the natural weathering process of pyrite, which produces mainly a basic iron sulfate similar to jarosite and also iron oxide/hydroxide [13, 16-18]. A detailed explanation of the influence of the particle size on electrochemical response is reported in [15]. The mineral fractions used in this chapter to exemplify the electrode performance are less than 210 μm , in size.

Part 3. Electrochemical behavior of minerals

3.1. Electrochemical behavior of pyrite

Considerable research has been carried out on the oxidation of pyrite using a wide range of methods. Many of these relate to metallurgical processing because enhancement of pyrite oxidation may improve the recovery of metals from sulfide ores. In this regard, pyrite has been studied mostly by electrochemical techniques [10, 12, 14, 15, 19, 20]. There is also wide interest in the knowledge of surface properties as the oxidation state of the sulfide mineral surface can not only influence interactions with flotation collectors but also impart hydrophobicity or hydrophobility to the mineral surface [21, 22], due to the presence of sulfur or iron hydroxides, respectively. In this respect Fourier transform infrared spectroscopy [23], X-ray photoelectron spectroscopy [24-26] and Raman spectroscopy [27, 28] were used. The role of the semiconducting properties on the anodic dissolution of semiconducting sulfide minerals was also studied [13, 23, 29, 30], in order to give an explanation for the very limited dissolution rate of the mineral at potentials a little more positive than the open circuit potential.

Voltammograms obtained from both pyrite electrodes (the polished and the CPfEs, Fig 5 a and b) with the sweep potential starting from the open circuit potential. The curve obtained from the ground electrode is similar to that obtained from the crystal sample, except for anodic current peak A_1 and the open circuit potential, which is more negative and corresponds to the system Fe(II)/Fe(III) , Equation 1. Current peak A_1 is also observed when massive specimen are used as electrodes, but only during the second cycle, and is related to the formation of Fe(III) species on the electrode surface [14, 21]. Taking into account that the pyrite particles may be partially covered by iron oxides/hydroxides formed in air during grinding [15], the presence of current peak A_1 and the more negative potential is expected.

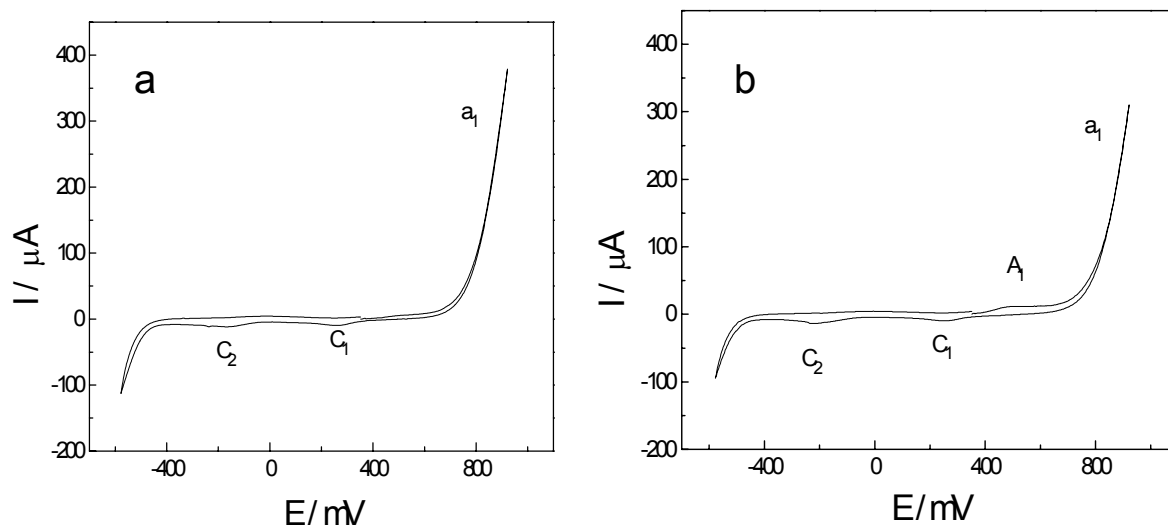
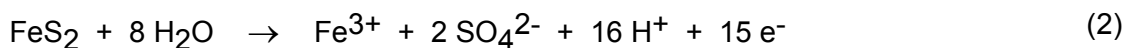


Fig. 5. Voltammograms of (a) the pyrite crystal sample and (b) CPfEs pyrite electrode, in acetic acid/acetate buffer, pH = 4.5, sweep rate 20 mV s^{-1} , at 298 K. E_i : open circuit potential, $E_a = 0.95 \text{ V}$. Potential quoted to SHE.



The other aspects of the voltammogram of pyrite are identical to the voltammograms found in the literature [13, 14] (Fig. 1). The oxidation reactions of the mineral are fairly well discussed in literature and the overall reaction may be represented as



In the reverse scan, two current peaks are observed. Peak C_1 was attributed to the reduction of the iron oxide/hydroxide species formed during the oxidation. Peak C_2 was associated with the reduction of sulfur species [14, 19] in accordance with the following reaction:



3.2. Electrochemical behavior of pyrrhotite

Pyrrhotite is a major species among iron sulfides in nature, but there are only a few studies concerning its electrochemical behavior [14, 31-34]. Hamilton and Woods [14], in a more detailed work, studied the pyrrhotite dissolution at pH 4.6, 9.2 and 13.0 employing cyclic voltammetry. Their report shows

that elemental sulfur is the main product of the mineral oxidation and that sulfate yield depends on pH. There is also a small number of surface analytical investigations of pyrrhotite reported [35-38], many of these relating to the nature of the reactions occurring at the interface between pyrrhotite and air or water during weathering.

Figure 6 shows the cyclic voltammogram obtained from the pyrrhotite CPfEs with the sweep potential starting from the open circuit potential, E_{oc} and three anodic current peaks are observed. The curve obtained is similar to that obtained by Hamilton and Woods [14] and Mikhlin [34] except that both studies limited the upper potential limit to 0.8 V. Under these conditions, the anodic dissolution of pyrrhotite results in the formation of ferrous ions and an iron deficient phase. The anodic peak a1 was attributed to the formation of elemental sulfur [14]:

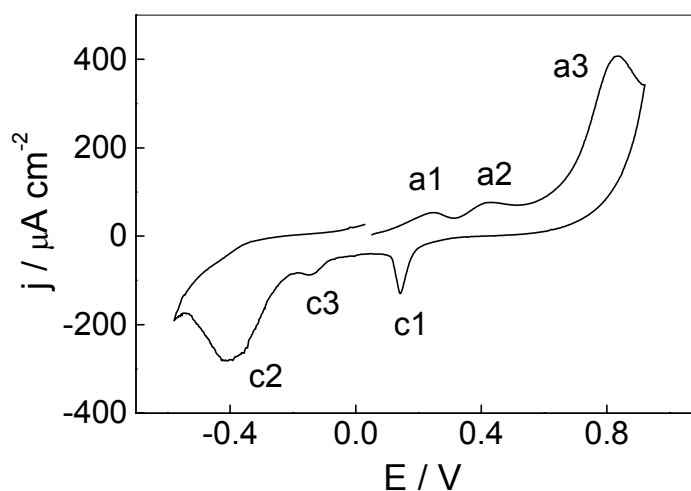
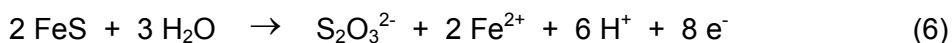
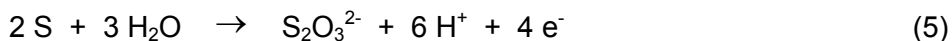


Fig. 6. Cyclic voltammogram of the pyrrhotite CPfE: $E_i = E_{oc}$, $E_{\lambda,a} = 0.922\text{ V}$, $E_{\lambda,c} = -0.6\text{ V}$, $E_f = E_{oc}$, $v = 20\text{ mV s}^{-1}$. Potential quoted to SHE.

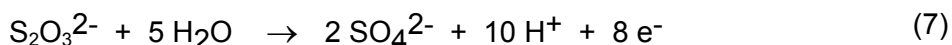
During this step, as ferrous ions go to the solution, the accumulation of sulfur on the electrode surface is expected to occur. This accumulation can be interpreted as being due to the formation of an elementary sulfur layer or to the formation of an iron-deficient surface [14].

As amount of sulfur on the surface increases, it becomes more difficult for Fe^{2+} ions to diffuse and a high concentration of ferrous ions remains at the mineral surface. Increasing the potential, part of the Fe^{2+} is oxidized, forming Fe^{3+} (peak a2, at 0.45 V). However, the accumulation of Fe^{2+} can reduce the concentration of protons near the electrode increasing the local pH, and favoring the formation of

thiosulfate as proposed by Paul et al [39] for the anodic dissolution of galena. The following reactions are thermodynamically possible [40]:



When the potential is scanned further than 0.8 V, a third anodic peak appears. The anodic current peak a3 may be associated with the oxidation of the intermediates formed, leading to sulfate formation.



In the reverse scan (Fig. 6), three cathodic current peaks are observed. Peak c1 has usually been assigned to the reduction of ferric oxy-hydroxides to Fe^{2+} species, at 0.2 V [14,34]. Current peaks c2 and c3 had been considered relative to the reduction of the layer rich in sulfur/intermediates at the electrode surface. The intermediates, possibly reduced in peak c3 domain, act as a precursor in the formation of elementary sulfur [37]. Other authors associate these peaks with the presence of iron atoms that remain in the sulfur film, which constitutes the iron-deficient phase [28]. However, it is not possible to attribute each peak observed to a determined process using voltammetry alone. A larger peak c2 at about 0.35 V is also observed. Similar peaks were observed in various electrolytes for pyrrhotite and other metal sulfides and were assigned to the reduction of elemental sulfur to H_2S [14, 41] or to the reduction of a metal-deficient layer [38].

3.3. *Electrochemical behavior of arsenopyrite*

The arsenopyrite present in ores is generally discarded as solid waste during mining operations [42, 43]. The mineral is an inconvenient impurity whose dissolution may create environmental problems due to the contamination of water by soluble arsenic compounds. Like many other conducting and semiconducting solids, arsenopyrite undergoes dissolution by an electrochemical mechanism [11, 44-50]. The treatment of arsenopyrite usually involves flotation processes and several studies found in literature are directed to the investigation of the mineral dissolution in alkaline media [11, 44-46].

Arsenopyrite is also worthy of attention because it is abundant and difficult to leach. Most of the works about electrochemical oxidation of arsenopyrite in acidic media have been performed at low pH (0.0 –

2.5) as the electrochemical oxidation pathway could be involved in the leaching and bioleaching processes. Sisenov et al. [47] reported that, at low pH values, the mineral surface remains covered by a passive film of elemental sulfur at potentials greater than 0.5 V. Fernandez et al. [48,49] investigated the electrochemical decomposition of arsenopyrite and product speciation detected Fe(II), Fe(III), As(III), As(V), S and polysulfides. Lin and Zheng [50] pointed out that oxidation of arsenopyrite involve a two step reaction sequence: the oxidation of sulfide to sulfur and further oxidation to form sulfate and arsenate.

The voltammogram of CPfE with arsenopyrite, in acetic acid/sodium acetate buffer, pH = 4.5, is shown in Fig. 7. When the scan is initiated at the open circuit potential (E_{oc}) in the positive direction, two anodic current peaks, al and all, are observed.

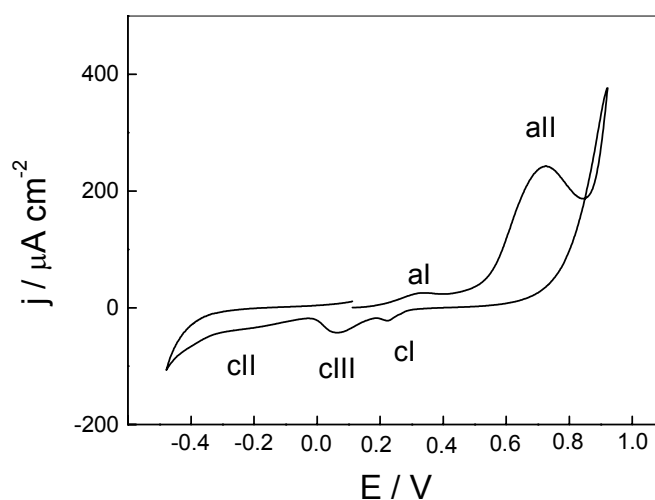


Fig. 7. Cyclic voltammogram for a CPfE covered by arsenopyrite in sodium acetate/acetic acid buffer, pH = 4.5, sweep rate 20 mV s⁻¹; $E_i = E_f = E_{oc}$, $E_{\lambda a} = 1.0$ V, $E_{\lambda c} = -0.5$ V. Potential quoted to SHE.

Cyclic voltammograms recorded after etching with HF/CH₃COOH/HNO₃ (1:1:2) for 1 min with the working electrodes and also with electrodes constructed with polished massive samples showed only one anodic peak, all (Fig. 8). Adding Fe²⁺ (sulfate) to the solution gives rise to an increase of current peaks al and cI confirming that the oxidation of Fe(II) species occurs in this potential range. Thus, the appearance of current peak al at 0.35 V is consistent with the formation of Fe(OH)₃ reported by other authors [11,44,50]. After polishing or etching, current peak al is recorded only during the second cycle. Hence, the etching solution produces an oxide free surface or at least a surface with oxides/hydroxides, which are not electrochemically detected.

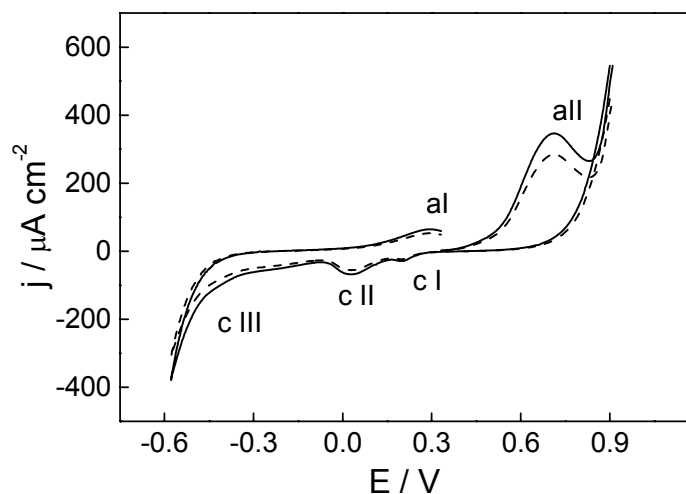


Fig. 8. Cyclic voltammogram for an arsenopyrite in sodium acetate/acetic acid buffer, pH = 4.5, sweep rate 20 mV s^{-1} ; $E_i = E_f = E_{oc}$, $E_{\lambda a} = 1.0 \text{ V}$, $E_{\lambda c} = -0.5 \text{ V}$: (---) a CPfE after etching for 1 min in $\text{HF}/\text{CH}_3\text{COOH}/\text{HNO}_3$ (1:1:2) and (—) a massive sample after polishing with 600-grit silicon carbide paper. Potential quoted to SHE.

The potential region of current peak all is associated in literature [4,10] with a two-step mechanism. Sanchez and Hiskey [44] argue that, the first step results in the formation of an iron hydroxide/oxide, SO_4^{2-} and H_2AsO_3^- . The second step involves the oxidation of H_2AsO_3^- to HAsO_4^- . To Lin and Zheng [50], the initial step is the oxidation of sulfide to sulfur and H_2AsO_3^- . On the second step, the oxidation proceeds to form sulfate and arsenate. The authors [44,50] do not consider the formation of insoluble species of arsenic.

The current increases sharply at potentials more positive than 0.85 V and on the reverse scan, the current recorded is greater than that for the forward sweep (Figs. 7 and 8). Experiments carried out with massive samples showed that successive cycling results in progressive increase of the cathodic and anodic charges. When the repeated cycling is carried out with the ground mineral electrode, after an increase of charge, the currents decrease gradually, indicating that the dissolution of the particles is occurring. Thus, the hysteresis observed is indicative of an increase in the surface area of the electrode because of oxidation.

In the reverse scan, three current peaks are observed. Current peak cI may be associated with the reduction process of $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{Fe}^{2+}$ formed in current peak al (Equation 1).

Adjusting the potential limits to $E_{\lambda a} = 0.45 \text{ V}$ and $E_{\lambda c} = -0.05 \text{ V}$, the reduction charge obtained is almost equal to the oxidation charge for one cycle, providing further evidence to support the possibility of a

reversible redox process, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ (Fig. 9). The E_{rev} value of about 0.27 V is also in agreement with voltammetric studies of iron oxides in acidic media [51].

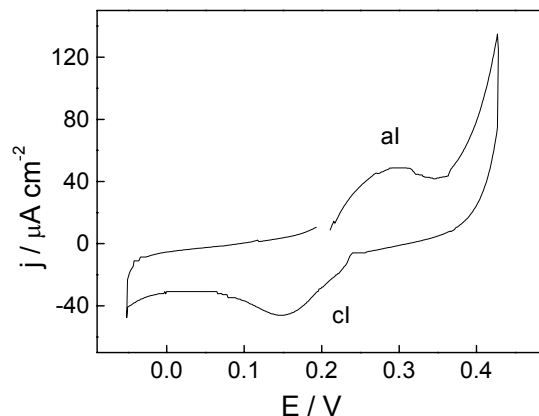
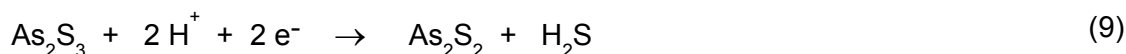
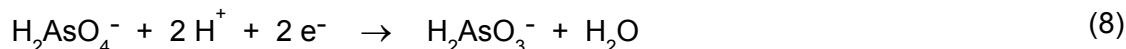


Fig. 9. Cyclic voltammogram for a CPfE covered by arsenopyrite in sodium acetate/acetic acid buffer and Fe^{3+} 10^{-3} M, pH = 4.5, sweep rate 20 mV s^{-1} ; $E_i = E_f = E_{\text{oc}}$, $E_{\lambda_a} = 0.45 \text{ V}$, $E_{\lambda_c} = -0.05 \text{ V}$. Potential quoted to SHE.

To delineate which process occurs at current peak cII, the results from literature were consulted [2, 3, 11, 44, 45, 48-50, 52-55]. The E-pH diagram of arsenopyrite [53,54] suggests the following reducing reactions, in the potential range of current peak cII, for pH = 4.5:



The main As(III) species in natural waters are hydroxides and sulfide complexes and sulfide complexes dominate As speciation to $T < 150 \text{ }^\circ\text{C}$ [56, 57]. Arsenic bearing minerals found under weathering conditions are orpiment, its amorphous analog (As_2S_3), realgar and native As [58]. In the presence of sulfide ion, both As(III) and As(V) are quickly reduced to insoluble orpiment-like precipitates in acidic media [54, 59]. It was reported that arsenopyrite-weathering products, investigated through the reaction with H_2O_2 , yielded a secondary solid phase, which precipitated from solution [60].

To verify if insoluble or soluble species are reduced at peak cII, experiments with stirring the solution were performed. Under stirring, H_2AsO_4^- would disperse in solution while As_2S_3 , which is insoluble in acidic media [55], would remain on the surface. As current peak cII does not change under stirring the

reduced species in this potential range must be on the electrode surface. From these observations, the formation of insoluble arsenic compounds was then considered (reaction 3).

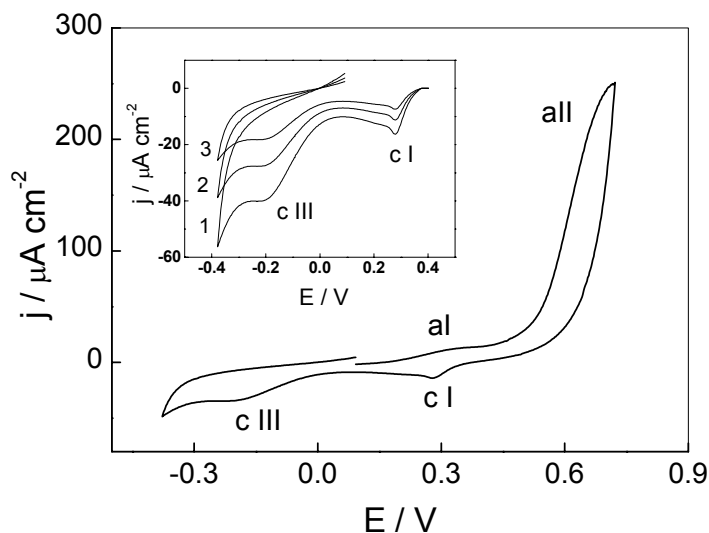


Fig. 10. Cyclic voltammogram for CPfE covered by arsenopyrite in sodium acetate/acetic acid buffer, pH = 4.5, sweep rate 20 mV s^{-1} . The inset shows the cathodic branches of the curves obtained for: (1) $E_{\lambda,a} = 0.4 \text{ V}$, (2) $E_{\lambda,a} = 0.6 \text{ V}$ and (3) $E_{\lambda,a} = 0.8 \text{ V}$. Potential quoted to SHE.

Current peak cII does not appear when $E_{\lambda,a} \leq 0.8 \text{ V}$ (Fig. 10). Thus, to characterize the species on the electrode surface scanning electron microscopy (SEM) observations were carried out after a potential scan from the open circuit potential to $E = 0.9 \text{ V}$. The SEM micrograph of the electrode surface is shown in Fig. 11. A material containing arsenic (B) was observed incorporated in little grains spread along the surface, besides elemental sulfur (C). No substantial modification of the topography was noticed. The base line shown in the micrograph corresponds to the average quantity of iron on the arsenopyrite matrix. The white spots indicate the quantity of iron at the condition shown in Fig. 11, that is, with the presence of the material signed (B).

Energy dispersive X-ray spot analysis (EDX) indicated that this deposit is enriched in sulfur and arsenic relative to the underlying mineral (Figs 12a and 12b). This material could be associated with the insoluble compound reduced at current peak cII. These results are in accordance with that reported by Lazaro et al. [3], who in a study of the electrochemical behavior of arsenopyrite at pH = 1.8 reported that an interfacial phase constituted of Fe(II) and As_2S_2 is formed on the earlier stages of the decomposition of arsenopyrite. At pH 4.5, the thermodynamic data anticipate the formation of realgar as not expected to occur, but orpiment is stable in the potential range where current peak cII rises [54].

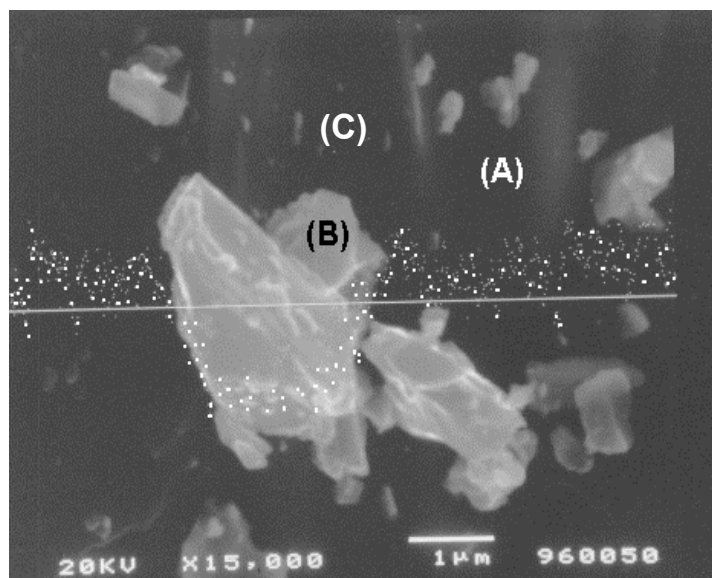


Fig. 11. Top: SEM observation of the arsenopyrite surface: (A) mineral matrix, (B) iron deficient compound and (C) sulfur. The straight line marks the baseline of average iron content on the surface and the white spots the presence of iron atoms on the surface at the condition shown in the micrograph.

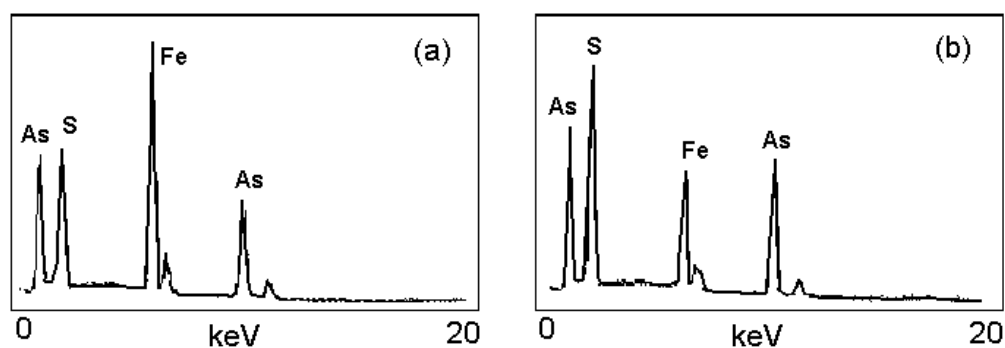


Fig. 12. EDX analysis of (a) mineral matrix and (b) iron deficient compound.

In the potential range of current peak cIII, the reduction of sulfur formed electrochemically or during the electrode preparation (Equation 3) [44, 45, 48-50] and the reduction of As_2S_3 (Equation 9) [54] are thermodynamically possible. The reduction of As_2S_2 would be a second step of the reduction of As_2S_3 occurring at peak cII [3]. This potential range is also associated to the decomposition of the mineral and even H_2 [35].

Fig. 10 shows that current peak cII does not appear when $E_{\lambda,a} \leq 0.8$ V, however peak cIII is noticed. Varying the anodic potential limit ($E_{\lambda,a}$) results in increase of current peak cIII (inset, Fig. 10) independently of the presence of peak cII, which rises when $E > 0.8$ V and remains practically

constant. Thus, it is reasonable to infer that As_2S_2 reduction (Equation 10), if happens will not be the main process occurring at peak cIII.



For discerning about this point, the charges associated with the surface processes were evaluated indirectly employing reduction charge values and the stoichiometry of the reactions presumably involved. The cathodic charge associated with the mineral decomposition was subtracted from the total cathodic charge. This procedure was successfully employed and reported with detail in [15]. It was assumed that the reduction of orpiment-like compounds (assumed as As_2S_3) occurs at peak cII. Peak cIII was associated to S reduction and cI to $\text{Fe}(\text{OH})_3$ reduction. Iron oxides with different degrees of hydration from $\text{Fe}(\text{OH})_3$ were not considered.

Relative quantities of soluble compounds, ferric hydroxide, elemental sulfur and As_2S_3 were calculated as indicated in Table 1. Fig. 14 shows the variation of the oxidation products obtained as function of the anodic potential limit. The charge of current peak cI increases linearly with potential (Fig. 14a). However, the ratio $Q_{\text{cI}}/Q_{\text{a}}$ does not vary significantly, demonstrating that the presence of ferric species on the mineral surface does not affect the oxidation processes and that the quantity of iron released in solution is indicative of the dissolution rate at each potential.

Tab. 1. Relative quantities of arsenopyrite oxidation products.

Oxidation Product	Evaluation of the Relative Quantity (%)	Potential range
surface species		
% $\text{Fe}(\text{OH})_3$	= $(Q_{\text{cI}}/Q_{\text{a}}) \cdot 100$	$E_{\text{oc}} \leq E \leq 1.0 \text{ V}$
% S	= $(Q_{\text{cIII}}/Q_{\text{a}}) \cdot 100$	$E_{\text{oc}} \leq E \leq 1.0 \text{ V}$
As_2S_3	= $(Q_{\text{cII}}/Q_{\text{a}}) \cdot 100$	$E > 0.85 \text{ V}$
soluble species		
% SO_4^{2-}	= $[(Q_{\text{a}} - Q_{\text{c}}) / Q_{\text{a}}] \cdot 100$	$E \leq 0.85 \text{ V}$
% $(\text{SO}_4^{2-} + \text{As}(\text{III}) + \text{As}(\text{V}))$	= $[(Q_{\text{a}} - Q_{\text{c}}) / Q_{\text{a}}] \cdot 100$	$E > 0.85 \text{ V}$

When $E_{\lambda\text{a}} > 0.8 \text{ V}$, the quantity of orpiment-like compounds remains constant. The charge passed under current peak cII, $(Q_{\text{cII}}/ Q_{\text{a}}) \cdot 100$, was calculated to be about 0.83 mC cm^{-2} . Supposing a film formed by As_2S_3 , with $\rho = 3,49 \text{ g cm}^{-3}$ [61] and the participation of 2 electrons (Equation 9), the film thickness was evaluated to be about 3 nm. This corresponds to two or three monolayers and suggests the idea of a film blocking the electrode surface.

On the other hand, the charge of current peak cIII increases with potential (Fig. 14a), but the ratio Q_{cIII}/Q_a decreases (Fig. 14b). When $E_{\lambda a} > 0.80$ V, the relative quantities of soluble species increase with potential as sulfur decreases, the quantity of As_2S_3 remains constant and sulfur decreases more gradually, indicating that sulfur undergoes reduction at current peak cIII. Thus, it can be stated that elemental sulfur predominates at potentials more negative than 0.80 V and at severe oxidation conditions the dissolution mechanism changes with formation of sulfate.

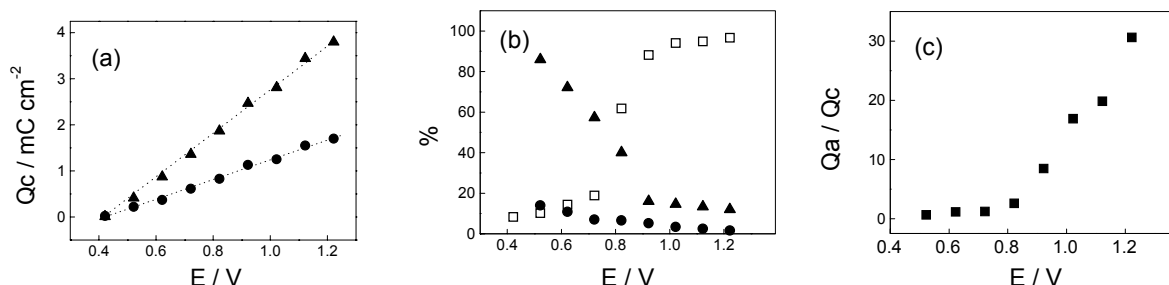


Fig. 14. Influence of the anodic end point potential ($E_{\lambda a}$): (a) on the total quantities of sulfur (\blacktriangle) and $Fe(OH)_3$ (\bullet), (b) on the relative quantities of the oxidation products: () % soluble species, (\blacktriangle) %S and (\bullet) % $Fe(OH)_3$ and (c) on the ratio of anodic and cathodic charges (Q_a/Q_c). Potential quoted to SHE.

The arsenopyrite voltammogram shows that the total anodic charge (Q_a) is greater than the total cathodic charge, Q_c (Fig. 9). The difference is due to the formation of soluble species during oxidation and indicates that the mineral oxidation is irreversible. Fig. 14c shows the variation of the Q_a/Q_c ratio for the arsenopyrite electrode with the anodic potential limit. At potentials greater than 0.80 V, the dissolution of the mineral increases drastically, indicating that there are two different orders of electrochemical reactions occurring in the potential region studied. The enhancement of the Q_a/Q_c quotient is caused by the formation of the arsenic soluble compounds, $H_2AsO_3^-$, $H_2AsO_4^-$ and sulfate.

To $E_{\lambda a} \leq 0.80$ V, the charge ratio approaches unity and the electrochemical oxidation and reduction currents are very small indicating that, in this potential range, the oxidation of the mineral does not produce significant quantities of soluble species. It has been suggested that a film of elemental sulfur might passivate the surface to further oxidation [47]. In spite of that, the results show that accumulation of sulfur does not disfavor $FeAsS$ dissolution (Fig. 14a). The micrograph shows that sulfur deposits are spread along the surface in discrete patches, leaving the major part of the mineral surface exposed (Fig. 11). Thus, further studies are necessary to explain the slow dissolution of the mineral for $E < 0.80$ V.

The electrochemical behavior of CPfEs covered by ground arsenopyrite ($FeAsS$) in acidic medium has been investigated and allows two main conclusions: (1) close to the open circuit potential, the

arsenopyrite oxidation in acidic solutions, pH 4.5, should involve the electroadsorption of water or OH⁻ ions at the surface. In these conditions, the reaction is very slow and the development of acid mine drainage will depend on a complex combination of organic, inorganic and biologic processes, which may create an optimum microenvironment for rapid oxidation. (2) at high overpotentials, the main products of anodic oxidation of FeAsS are sulfate and arsenate ions. In addition, the reduction of insoluble arsenic compounds on the reverse scan can be suggested.

Part 4. Electrochemical behavior of mineral mixtures

Pyrite, pyrrhotite and arsenopyrite are minerals common in mining environments that cause acid generation. A major cause of acid production in these environments is sulfide mineral weathering. The exposure of reduced sulfide minerals to the environment results in release of weathering products containing acid due to the oxidation and hydrolysis reactions in soil and geologic material under earth surface conditions. Characterization of complex mineral accumulation containing S compounds is therefore critically valuable to waste characterization. However, little is known about the acid generation characteristics of common sulfide mixtures.

Several papers describing electrochemical studies of single samples of iron sulfides have been published, but there have been only a few electrochemical studies concerning mineral mixtures [62, 63]. The understanding of the influence of each mineral in a sulfide ore is important to the development of a process suitable to the variety of multi-mineral sulfide ores found in nature.

The mining and mineral processing of sulfide ores can generate large quantities of tailings and waste rock that contain pyrite and arsenopyrite. When these sulfides are exposed to air and water, they readily undergo aqueous and atmospheric oxidation and cause acid generation. These processes contribute to the formation of acid mine drainage that accounts for the pollution of water, air, land, and causes risky damages to the environment. Thus, the characterization of complex mineral assemblages containing S compounds is important to waste characterization. In spite of the importance of mineral weathering behavior, little is known about the acid generation characteristics of common sulfide minerals. The aim of these experiments is to define the limit conditions, in terms of pyrrhotite and arsenopyrite content in the mixture, that determine the SO₄²⁻/S ratio obtained and to describe some parameters which influence this ratio and the release of As to the environment.

4.1. Pyrite-pyrrhotite mixtures

Although the oxidative reactions of pyrite and pyrrhotite alone have been studied in some detail, it is well known that mixed-mineral sulfide ores do not respond well to conventional hydrometallurgical

treatments in comparison with single-mineral samples. Recent work showed that different responses were achieved from pyrrhotite and pentlandite when in the presence of each other [62]. Similar features were observed from mixtures of pyrite+sphalerite [63]. Hence, the classical approach to study minerals using single massive specimens can lead to imprecise results [64].

The objective of this paper is to define the influence of the pyrrhotite content, galvanic interactions and local pH on the oxidation reaction of pyrite. With this purpose, voltammetry of microparticles (VMP), which permits the direct analysis of solid ground samples [5, 8], was performed. Artificial two-mineral electrodes were constructed ranging in concentration from 20-80% pyrrhotite [65]. The goal of this work was to define the limit conditions, in terms of pyrrhotite content in the mixture, that determine the $\text{SO}_4^{2-}/\text{S}$ ratio obtained and to describe some parameters which influence this ratio.

The two-mineral electrodes were made with pyrite, which has the better-known electrochemical behavior and pyrrhotite, ranging from 20-100% by weight. During oxidation, the increase in pyrrhotite content reduces the value of the current a_1 , i.e., the electrode surface becomes less active. However, the effect of pyrrhotite presence is clearly noticeable during reduction (Fig. 15).

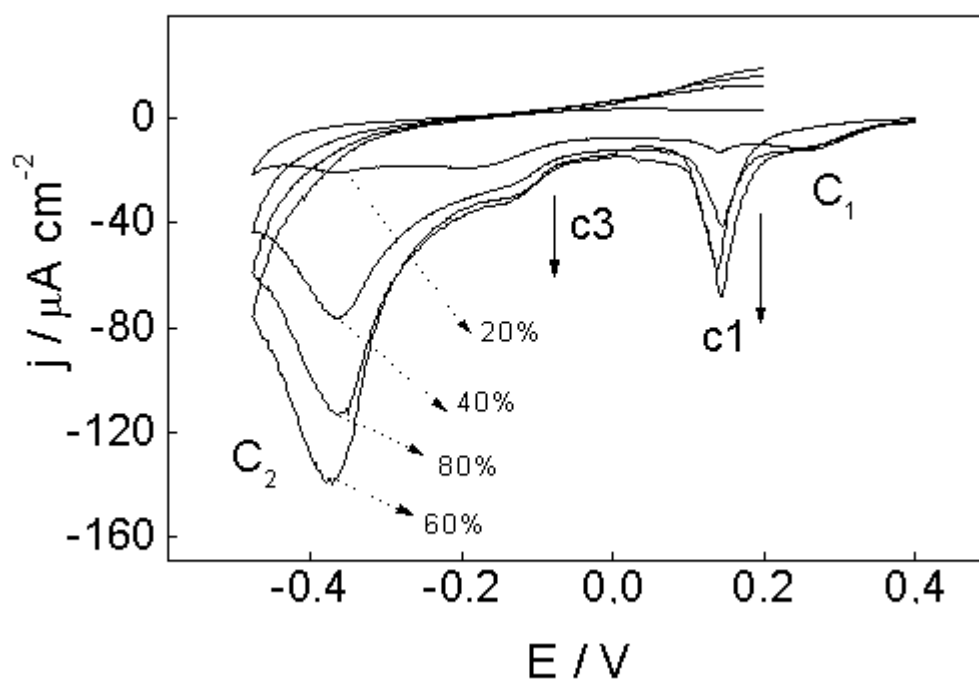


Fig. 15. Pyrite/pyrrhotite CpfEs cyclic voltammograms for different quantities of pyrrhotite, ranging from 20 % to 80%. Potential quoted to SHE.

In the region of iron oxide/hydroxide reduction, two current peaks are noticed. The first, C_1 , was recorded for the pure pyrite electrode and the second, c_1 , is shown in the cyclic voltammogram of pure pyrrhotite. This fact suggests that the chemical bond between Fe and S in pyrrhotite is stronger than in pyrite and the oxide/hydroxide layer reduced in this potential region must be bonded to the electrode surface.

When the pyrrhotite content is greater than 40%, the current peak c_3 appears. This peak was previously observed in the voltammogram of pure pyrrhotite and was associated with the initial reduction of the layer rich in sulfur. The current peak C_2 (Equation 3) increases significantly indicating that the pyrite/pyrrhotite combination favors sulfur production.

In order to quantify the oxidation products formed, the charge passed in the anodic and cathodic processes was determined by integration of the area under the voltammograms, on the positive-going and subsequent return scans, at 20 mV s^{-1} . The difference between Q_a and Q_c results from the soluble species formed during oxidation. The sulfate formed diffuses into solution [14] and its reduction does not occur in the potential range of this study [66]. Thus, the quantity of SO_4^{2-} formed during oxidation may be evaluated from the difference between the total anodic and cathodic charges ($[(Q_a - Q_c)/Q_a] 100$). The cathodic charge associated with the reduction of $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $(Q_{c1}/Q_a) 100$, was estimated in the potential range between 0.35 V and 0.05 V (Q_{c1}) and between 0.35 and -0.02 V for pyrrhotite. The charge, Q_{c2} , due to reaction (5), $(Q_{c2}/Q_a) 100$, was obtained between -0.06 V and -0.4 V for pyrite and between -0.06 V and -0.5 V for pyrrhotite. The charge values so obtained include the contribution of both minerals' decomposition. Thus, the value of the charge transferred during the negative-going scan, beginning at E_{oc} was subtracted over this potential range, as shown in a previous paper [15].

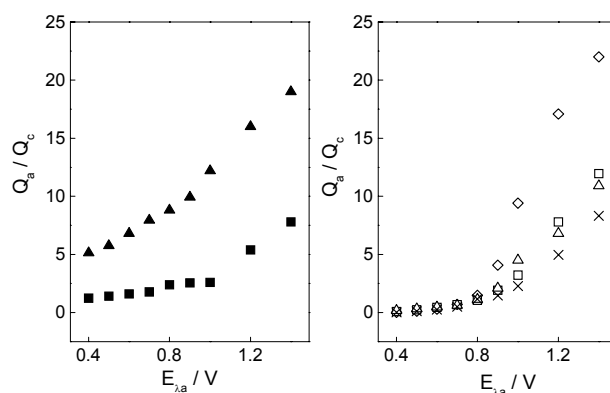


Fig. 16. Dependence of the ratio Q_a/Q_c on the upper potential limit: (▲) pyrite alone and (■) pyrrhotite alone. Pyrite plus: (◇) 20% pyrrhotite, (□) 40% pyrrhotite, (△) 60% pyrrhotite and (x) 80% pyrrhotite. Potential quoted to SHE.

Figure 16 shows the variation of the Q_a/Q_c ratio with the upper end point potential, $E_{\lambda,a}$, (a) for pyrite and pyrrhotite electrodes and (b) for the two-mineral electrodes. For potentials more negative than 0.8 V, the two-mineral electrodes are less active than the pure mineral electrodes and, despite the surface composition, produce similar quantities of soluble products. Thus, under moderate weathering conditions, the presence of pyrrhotite does not favor the mineral mixture dissolution.

There is no linear relationship between the activity of the electrodes and the percentage of pyrrhotite, indicating that, besides composition, other factors influence the two-mineral electrode dissolution. The pyrite and pyrrhotite electrodes show a decrease of the $\%Fe(OH)_3$ with increasing potential (Fig. 17).

The production of iron hydroxide from the pyrrhotite electrode is more intense than that from the pyrite electrode in the range 0.2-0.8 V. For $E > 0.8$ V, the yield of $Fe(OH)_3$ from both minerals is approximately the same. For the two-mineral electrodes the increase in pyrrhotite content seems to favor the iron hydroxide production when the potential limit is lower than 0.6 V. However, for $E > 0.8$ V the yield of $Fe(OH)_3$ from all compositions is almost the same.

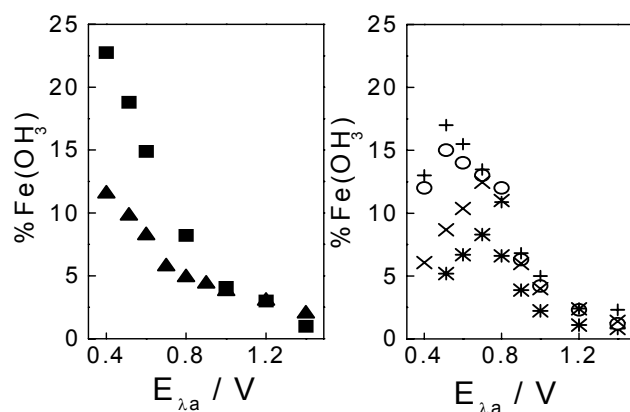


Fig. 17. Dependence of $\%Fe(OH)_3$ on the upper potential limit: (\blacktriangle) pyrite alone and (\blacksquare) pyrrhotite alone. Pyrite plus: (\diamond) 20% pyrrhotite, (\square) 40% pyrrhotite, (\triangle) 60% pyrrhotite and (\times) 80% pyrrhotite. Potential quoted to SHE.

Fig. 18 shows the variation of $\%SO_4^{2-}$ obtained from the electrodes as a function of the upper end point potential. The SO_4^{2-} yield increases with potential to all electrodes. However, when mixed-mineral electrodes are used, three different potential regions are noticed. At potentials more negative than 0.8 V the presence of pyrrhotite seems to inhibit the sulfate production. The relative quantity of sulfate produced by all electrodes reaches a maximum value for $E_{\lambda,a} \geq 1.0$ V (Fig. 18) and the oxidation seems to be independent of the composition of the electrode. It was assumed that the range $0.8 \text{ V} < E < 1.0 \text{ V}$ corresponds to a transition from the first to the second situation.

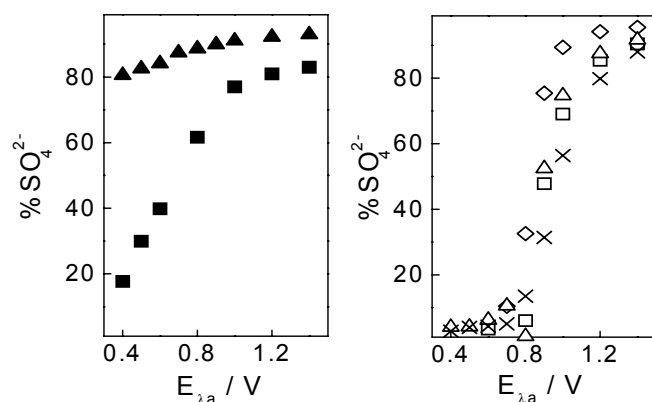


Fig. 18. Dependence of $\% \text{SO}_4^{2-}$ on the upper potential limit: (\blacktriangle) pyrite alone and (\blacksquare) pyrrhotite alone. Pyrite plus: (\diamond) 20% pyrrhotite, (\square) 40% pyrrhotite, (\triangle) 60% pyrrhotite and (\times) 80% pyrrhotite. Potential quoted to SHE.

Inverse behavior is noticed when the relative quantities of sulfur are evaluated (Fig. 19). Three different potential regions are also noticed. The % S decreases as a function of $E_{\lambda,a}$ and reaches a minimum value at potentials more positive than 1.0 V. This result agrees with Ramprakash et al. [16], who report that, at higher overpotentials, the formation of sulfur becomes negligible in relation to sulfate yield. At potentials more negative than 0.8 V, sulfur production is favored and the range 0.8 - 1.0 V marks the transition region. It is worth noting that the production of elemental sulfur is not limited to 50% as it is in pyrite alone [67], which suggests that the presence of pyrrhotite changes the oxidation mechanism.

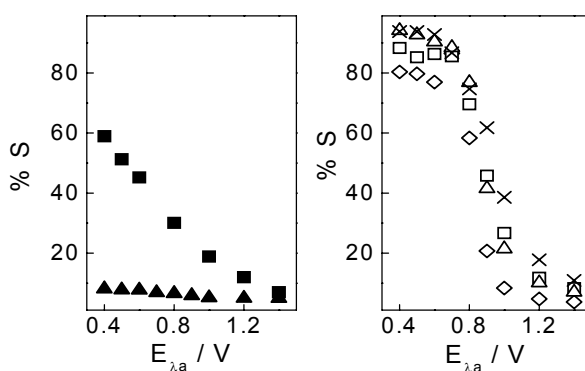


Fig. 19. Dependence of % S on the upper potential limit: (\blacktriangle) pyrite alone and (\blacksquare) pyrrhotite alone. Pyrite plus: (\diamond) 20% pyrrhotite, (\square) 40% pyrrhotite, (\triangle) 60% pyrrhotite and (\times) 80% pyrrhotite. Potential quoted to SHE.

Figure 20 shows the dependence of the % SO_4^{2-} , % S and % $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yields as functions of the electrode composition when $E_{\lambda a} = 0.8 \text{ V}$ (A) and $E_{\lambda a} = 1.0 \text{ V}$ (B). When $E_{\lambda a} \leq 0.8 \text{ V}$ more sulfur than sulfate is obtained from all mixed electrodes.

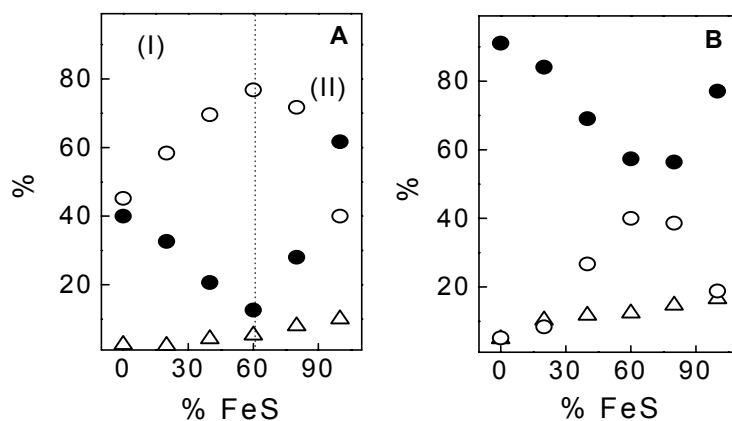


Fig. 20. Dependence of the relative quantities of (●) SO_4^{2-} , (○) S and (△) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ on the electrode composition; (a) $E_{\lambda a} = 0.8 \text{ V}$, (b) $E_{\lambda a} = 1.0 \text{ V}$. Potential quoted to SHE.

It is interesting to note that the sulfur quantity does not increase proportionally to the pyrrhotite content in the two-mineral electrodes. There is a composition at which the sulfur yield is a maximum (60% pyrrhotite) and, consequently, the sulfate yield is a minimum. A similar effect was first observed by Harvey and Yen [68], who reported that increasing the pyrite addition, during zinc extraction in the presence of chalcopyrite, results in the production of higher levels of free acid and that there is a critical concentration of pyrite, above which the extraction of zinc is inhibited.

When $E_{\lambda a} \geq 1.0 \text{ V}$ the sulfate production is always greater than that of sulfur for all compositions. Thus, at higher overpotentials, the electrode dissolution depends mainly on the potential and the electrode composition has no or little influence.

4.2. Pyrite-arsenopyrite mixtures

The two-mineral electrodes were made with pyrite, which has the most known electrochemical behavior and arsenopyrite ranging 20-100% by weight. Fig. 21 shows the effect of the FeAsS presence on the pyrite voltammogram. Increasing the arsenopyrite content increases the value of the current a_1 , i.e., the electrode surface becomes more active. This is probably due to the formation of soluble arsenic compounds.

When the arsenopyrite content is greater than 40%, the current peak C_3 appears. This peak was previously observed in the voltammogram of arsenopyrite alone and was associated to the reduction

of As_2S_3 produced during the positive scan. The current peak C_2 does not present a significant increase, indicating that the pyrite/arsenopyrite combination favors the soluble compounds production. The charges associated with the surface processes were evaluated indirectly employing reduction charge values and the stoichiometry of the reactions involved. It was assumed that the reduction of $\text{Fe}(\text{OH})_3$ and As_2S_3 are complete in the potentials 0.17 V and -0.05 V, respectively. Iron oxides with different degrees of hydration from $\text{Fe}(\text{OH})_3$ were not considered. The cathodic charge associated with the mineral decomposition was subtracted from the total cathodic charge. To evaluate the quantities of SO_4^{2-} , S, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ and soluble arsenic compounds produced by the electrodes, relative quantities of soluble compounds, ferric hydroxide, and elemental sulfur were calculated as shown in table 1.

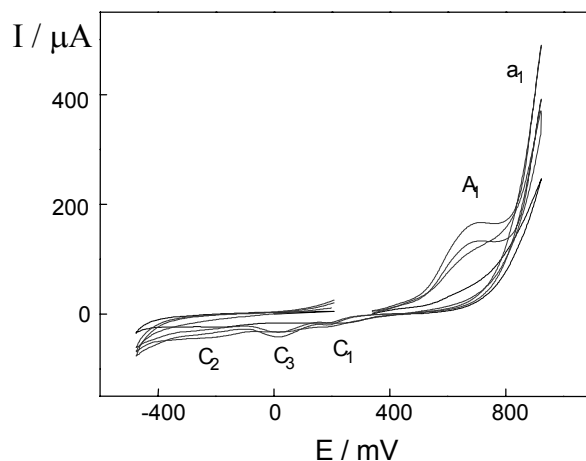


Fig. 21. Cyclic voltammograms of pyrite/arsenopyrite CpfEs, ranging the arsenopyrite content from 20% to 100%. Potential quoted to SHE.

Figure 22 shows the variation of the Q_a/Q_c ratio with the anodic end-point potential, $E_{\lambda a}$, (a) for pyrite and arsenopyrite electrodes and (b) for the two-mineral electrodes. For potentials more negative than 1.0 V, the two-mineral electrodes are less active than the pyrite electrodes and, despite of the surface composition, produce similar quantities of soluble products. However, at potentials more positive than 1.0 V, the presence of arsenopyrite increases the oxidation rate of the two-mineral electrodes. There is no linear relationship between the activity of the electrodes and the percentage of arsenopyrite.

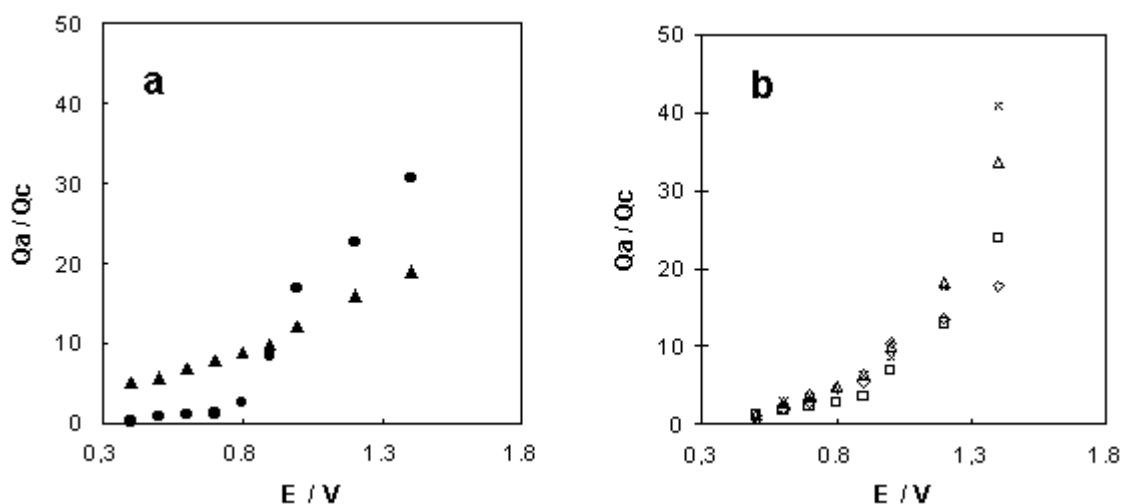


Fig. 22. Dependence of the ratio Q_a/Q_c on the anodic potential limit: (▲) pyrite alone, (●) arsenopyrite alone and pyrite plus: (◇) 20% arsenopyrite, (□) 40% arsenopyrite, (Δ) 60% arsenopyrite and (x) 80% arsenopyrite. Potential quoted to SHE.

Fig. 23 shows the variation of $\%SO_4^{2-}$ obtained from the electrodes as function of the anodic end point potential. The SO_4^{2-} yield increases with potential to all electrodes. However, when mixed-mineral electrodes are used, two different potential regions are noticed. At potentials more negative than 1.0 V the present of arsenopyrite seems to inhibit the sulfate production. The relative quantity of sulfate produced by all electrodes reach a maximum value to $E_{\lambda,a} \geq 1.0$ V and the oxidation becomes independent of the composition of the electrode.

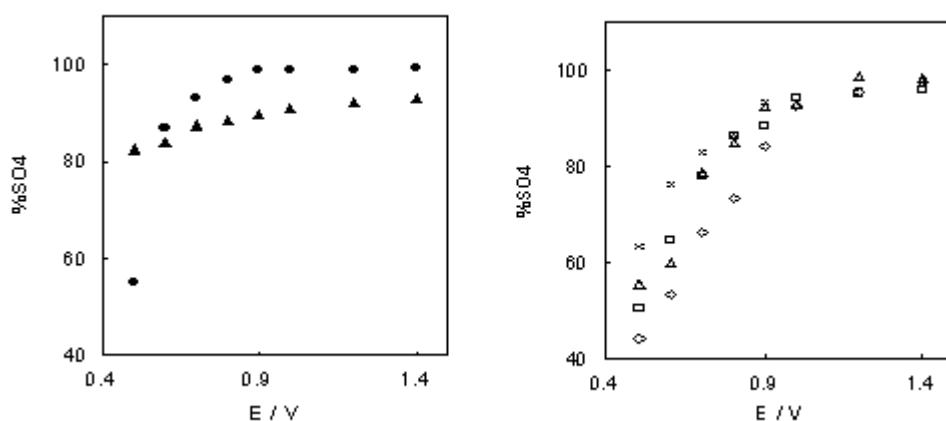


Fig. 23. Dependence of $\%SO_4^{2-}$ on the anodic potential limit: (▲) pyrite alone, (●) arsenopyrite alone and pyrite plus: (◇) 20% arsenopyrite, (□) 40% arsenopyrite, (Δ) 60% arsenopyrite and (x) 80% arsenopyrite. Potential quoted to SHE.

Opposite behavior is noticed when the relative quantities of sulfur are evaluated (Fig. 24). Two different potential regions are also noticed. The %S decreases as function of $E_{\lambda a}$ and reaches a minimum value at potentials more positive than 1.0 V. At potentials more negative than 1.0 V sulfur production increases. It is worth noting that the production of elemental sulfur by arsenopyrite alone is limited to 50% as it is in pyrite alone [67], which suggests that the arsenopyrite oxidation mechanism may be similar to that of pyrite. However, the mixed minerals present different behavior.

The pyrite and arsenopyrite electrodes show a decrease of the %Fe(OH)₃ with increasing the potential (Fig. 25). The production of iron hydroxide from both electrodes is similar in the potential region studied. For the two-mineral electrodes, the increase in arsenopyrite content does not favor the iron hydroxide production.

Figure 26 shows the dependence of the % SO₄²⁻, %S and %Fe(OH)₃ yield as function of the electrode composition when $E_{\lambda a} = 0.7$ V (a) and $E_{\lambda a} = 1.0$ V (b). The value of $E_{\lambda a} \leq 0.7$ V was chosen to minimize the formation of arsenic soluble species. The pyrite/arsenopyrite CPfEs produce less sulfur than sulfate independently of their composition. However, there is a composition at which the sulfur yield is maximum (60% arsenopyrite) and, consequently, the sulfate yield minimum.

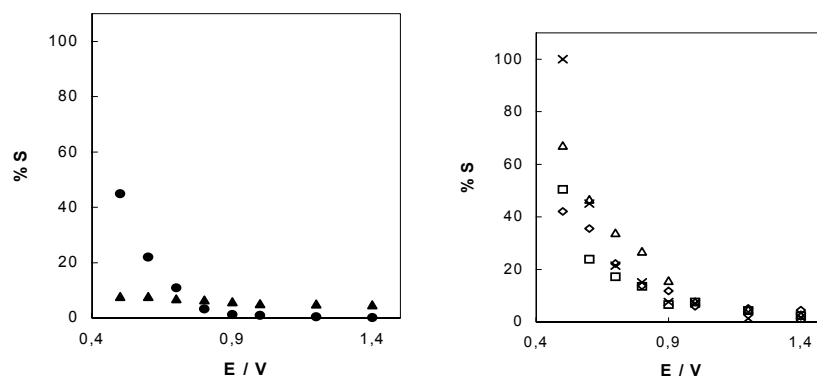


Fig.24. Dependence of %S on the anodic potential limit: (▲) pyrite alone, (●) arsenopyrite alone and pyrite plus: (◊) 20% arsenopyrite, (◻) 40% arsenopyrite, (△) 60% arsenopyrite and (x) 80% arsenopyrite. Potential quoted to SHE.

When $E_{\lambda a} \geq 1.0$ V the sulfate production is always greater than that of sulfur for all compositions (Fig. 26b). Thus, at higher overpotentials the electrode dissolution depends mainly on the potential and the electrode composition has none or little influence.

The iron hydroxide yield is practically constant in relation to the composition of the electrodes. For each $E_{\lambda a}$, the quantity of orpiment-like compounds was calculated as being (0.20 ± 0.01) %.

charge passed under current peak C_3 was calculated to be about 0.83 mC cm^{-2} . Considering the film formed of As_2S_3 , with $\rho = 3.49 \text{ g cm}^{-3}$ [61] and the participation of 2 electrons, the film thickness was evaluated to be about 3 nm, which corresponds to two or three monolayers.

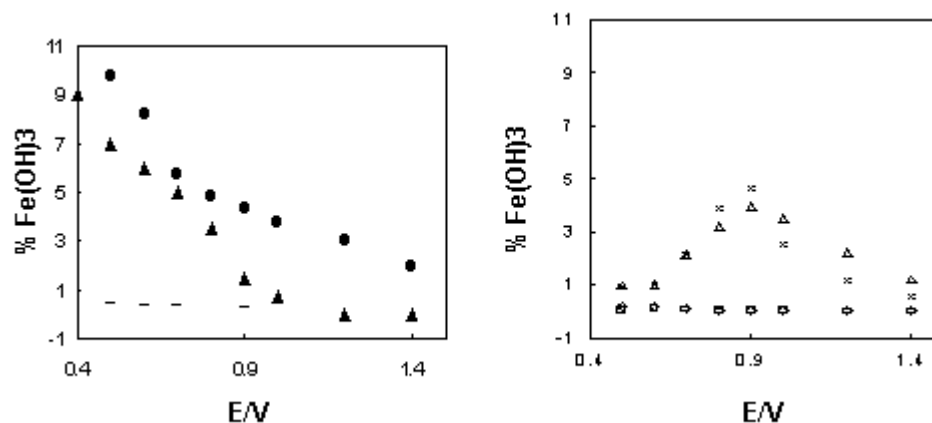


Fig.25. Dependence of % Fe(OH)_3 on the anodic potential limit: (▲) pyrite alone, (●) arsenopyrite alone and pyrite plus: (◇) 20% arsenopyrite, (◻) 40% arsenopyrite, (△) 60% arsenopyrite and (x) 80% arsenopyrite. Potential quoted to SHE.

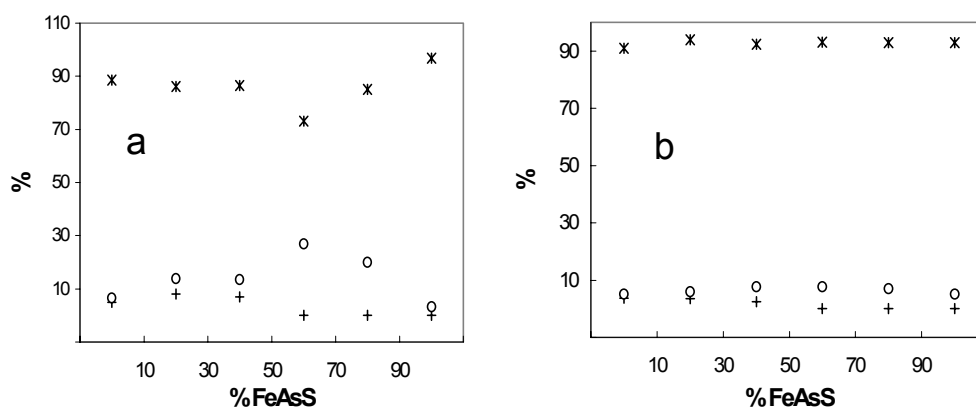


Fig. 26. Dependence of the relative quantities of (*) SO_4^{2-} , (o) S and (+) Fe(OH)_3 on the electrode composition; (a) $E = 0.7 \text{ V vs SHE}$ e (b) $E = 1.0 \text{ V vs SHE}$.

The results obtained showed that other factors influence the two-mineral oxidation besides the composition of the electrodes. Two possibilities were examined: the occurrence of galvanic interactions between the minerals in contact and the change in local pH.

4.3. Additional information about mineral mixtures

The results obtained for both pyrite-pyrrhotite and pyrite-arsenopyrite mixtures showed that, for moderate oxidation conditions, other factors influence the two-mineral oxidation besides the composition of the electrodes. Two possibilities were examined: the occurrence of galvanic interactions between the minerals in contact and the change in local pH.

4.3.1. Galvanic interactions

Galvanic interaction occurs when electrically conducting minerals in contact are present in a medium, which facilitates charge transfer. The result of galvanic interaction is to change the rates of the anodic and cathodic half-reactions that occur at the surface of each mineral.

At open circuit conditions, when pyrite is in contact with pyrrhotite, galvanic cells develop between the minerals. The differences between the rest potentials of minerals represent the driving force for the galvanic process (Fig. 27). The mineral with the higher rest potential (FeS_2 , $E_{oc} = 0.362 \text{ V}$) acts as the cathode on which the reduction of the ferric ions takes place. The other mineral (FeS , $E_{oc} = 0.112 \text{ V}$) with the lower rest potential dissolves anodically to form elemental sulfur and metal ions [69]. Because the rate of the reduction of ferric ions is greater on the pyrite surface than on the pyrrhotite surface, there is an increase on the rate of dissolution of FeS in this system.

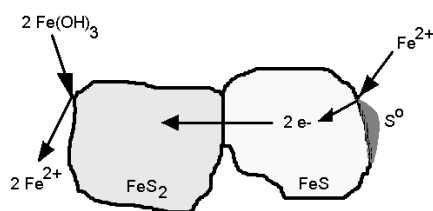


Fig. 27. Illustration of the galvanic contact between pyrite and pyrrhotite.

When pyrite is in contact with arsenopyrite, at open circuit conditions, galvanic cells also develop. The mineral with the higher rest potential (FeS_2 , $E_{oc} = 0.362 \text{ V}$) acts as the cathode on which the reduction of the ferric ions takes place. The other mineral (FeAsS , $E_{oc} = 0.300 \text{ V}$) with the lower rest potential anodically dissolves to form elemental sulfur and metal ions [25]. The rate of the reduction of ferric ions is higher on the pyrite surface and increases the rate of dissolution of FeAsS .

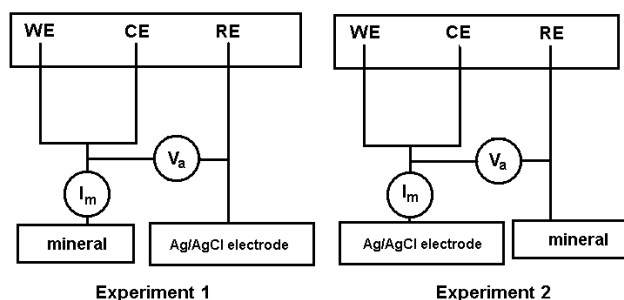


Fig. 28. Electrical circuit configuration to investigate the Ohm's Law potential region.

The influence of a galvanic current could explain why a lack of sulfate is observed when two-mineral electrodes are used. Nevertheless, it is necessary determine whether there is a potential region where reversible half-reactions could occur. The three-electrode cell was used to characterize the electrochemical behavior of the anodic and cathodic reactions of pyrite and pyrrhotite electrodes. Each electrode was connected through the potentiostat as illustrated in Fig. 28. Supposing that reversible reactions occur, a linear $E-I$ relationship must be found, in accordance with Ohm's Law. For both minerals, the maximum approach to Ohm's Law was obtained in the range 0.3-0.8 V (Fig. 29, curves a1 and a2). These results do not show reversible behavior (curves a1 and a2); however this potential range corresponds to the region where Fe^{2+}/Fe^{3+} reactions occur. The addition of ferric ions to the solution results in linear relationships between current and potential for both minerals (Fig. 29, curves b1 and b2) if the concentration of ferric ions is greater than 10^{-4} M.

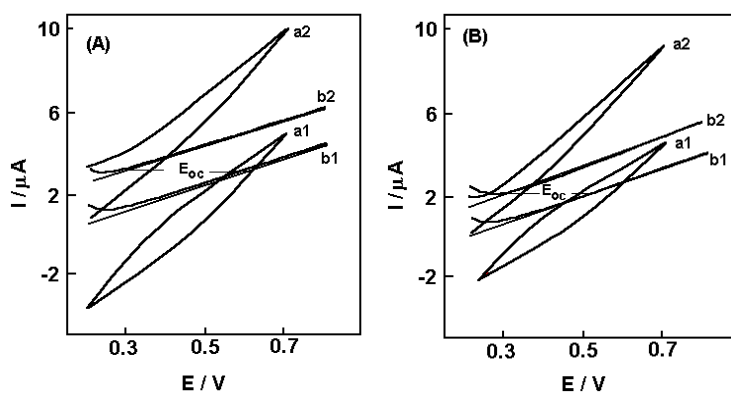


Fig. 29. Curves $E-I$: (A) pyrite and (B) pyrrhotite. Considering the electrical circuits shown in Fig. 28, the following symbols correspond to: (a1) experiment 1; (a2) experiment 2; (b1) experiment 1 with 10^{-4} M Fe^{3+} and (b2) experiment 2 with 10^{-4} M Fe^{3+} . Potential quoted to SHE.

Therefore, it may be stated that reversible half-reactions will occur when the concentration of ferric ions at the electrode surface is greater than this value. Moreover, the potential difference between curves b1 and b2 corresponds, in each case, to the E_{oc} value of the minerals. Thus, at open circuit

conditions, it may be inferred that the concentration of ferric ions at the mineral|electrolyte interface is 10^{-4} M. This is in accordance with Holmes and Crundwell [69], who report that two factors contribute to the increase in galvanic potential with increasing ferric concentration. The first is the increase in the anodic and cathodic rest or corrosion potentials, which is associated with the increase in ferric concentration. The second is the variation in the kinetic parameters promoted by the presence of ferric ions at the interface. The galvanic potential occurs when the currents at the anodic mineral and the cathodic mineral are equivalent.

In order to verify whether these galvanic currents intensify sulfur formation, two galvanic couples were constructed as follows:

(A) the anode and the cathode were connected externally and placed next to each other in order to minimize solution voltage losses (Fig. 30A). The anode was constructed with 3 mg of pyrrhotite or arsenopyrite and the cathode with 2 mg simulating a single electrode composed by 60%pyrrhotite (or arsenopyrite) and 40% pyrite.

(B) a two-mineral electrode was constructed with the anode (60%pyrrhotite or arsenopyrite) placed next to the cathode (40% pyrite) without homogenization of the minerals (Fig. 30B).

(C) a two-mineral electrode with mixed 60% pyrrhotite (or arsenopyrite) and 40% pyrite.

The results of experiments A and B showed that the electrodes short-circuited externally do not produce sulfur, in comparison to the result obtained with a single electrode containing 60% pyrrhotite (Tab. 2) and 40% pyrite or the electrode containing 60% arsenopyrite and 40% pyrite (Tab. 3) . Meanwhile the two-mineral electrode presented the expected results. Thus, the increase in sulfur yield is not only due to the electrical contact with the pyrite/pyrrhotite or arsenopyrite/pyrite. This result is certainly evidence that conclusions based on single mineral studies may be quite imprecise.

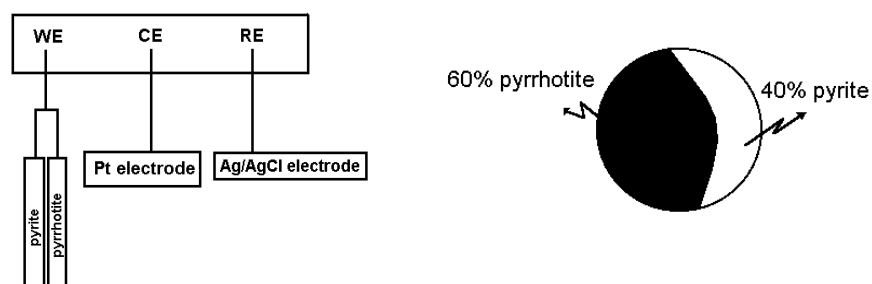


Fig. 30. Schematic representation of the electrodes used in experiments A and B.

Table 2. Dependence of the ratio Q_a/Q_c and of the relative quantities of oxidation products on electrode type.

Electrode	Q_a/Q_c	% S	% SO_4^{2-}	% $Fe(OH)_3$
Externally short-circuited (Fig. 30A)	1.70	52	41	7
60% pyrrhotite / 40% pyrite (Fig. 30B)	1.29	76	22	7

60% pyrrhotite / 40% pyrite (two-mineral electrode)	1.21	74	17	8
---	------	----	----	---

Tab. 3. Dependence of the ratio Qa/Qc and of the relative quantities of oxidation products on electrode type.

Electrode	Qa/Qc	% S	% SO ₄ ²⁻	% Fe(OH) ₃
Externally short-circuited (Fig. 30A)	2.3	22	78	5
60%arsenopyrite / 40% pyrite (Fig. 30B)	1.10	33	67	5
60% arsenopyrite / 40% pyrite (two-mineral electrode)	1.00	32	68	6

4.3.2. pH measurements

A change in local pH should be another factor which may affect the ratio SO₄²⁻/S. In the case of pyrrhotite presence, the lack of protons near the electrode could increase the local pH [39] favoring sulfur oxidation to thiosulfate. Measurements of the pH of solutions containing water+pyrite, water+pyrrhotite and water+arsenopyrite were carried out in order to verify whether a local change of pH could influence the sulfur yield of the two-mineral electrodes. The results are shown in Tables 4 and 5.

Table 4. pH values of aqueous solutions containing 5 g of mineral(s) in 25 ml water.

Mineral	pH
Pyrite	4.0
20% pyrrhotite / 80% pyrite	4.0
40% pyrrhotite / 60% pyrite	4.0
60% pyrrhotite / 40% pyrite	4.0
80% pyrrhotite / 20% pyrite	4.5
Pyrrhotite	4.5

Tab. 5. pH values of aqueous solutions containing 5 g of mineral(s) in 25 ml water.

Mineral	pH
Pyrite	4,0
20% arsenopyrite / 80% pyrite	4,0
40% arsenopyrite / 60% pyrite	4,0
60% arsenopyrite / 40% pyrite	4,1
80% arsenopyrite / 20% pyrite	4,2
Arsenopyrite	4.2

When the pyrite content is greater than 40% there is no change in the pH value in relation to that measured in a solution containing only pyrite. The dissolution of pyrite results in the production of H⁺ ions, which can lower the local pH at the electrode surface. Otherwise, the thiosulfate decomposition depends considerably on pH, the kinetics of sulfur formation being a first order reaction in relation to the H⁺ concentration [70]. When the pyrrhotite or the arsenopyrite content is higher than 40%, a slight increase in pH is noticed.

Comparing the results obtained from pH measurements with that shown in Fig. 20, it could be inferred that in region (I), where the electrodes contain more than 40% pyrite, the local pH decreases and the

decomposition of thiosulfate is favored. Thus, more sulfur than sulfate is produced. In region (II), the pyrrhotite (or arsenopyrite) content is greater than 60%, and there is an increase in the local pH, which does not favor thiosulfate decomposition. It is worth noting that an increase in iron hydroxide quantity is also noticed when the pyrrhotite content is greater than 60% (Fig. 17). Hamilton and Woods [14] reported that the iron oxides/hydroxides inhibit the pyrrhotite oxidation significantly. The film formed would increase the resistance to the charge-transfer process during the mineral dissolution.

The influence of pyrrhotite and arsenopyrite content in a pyrite electrode was examined. In the case of pyrrhotite mixtures, it was observed that:

- ✓ At potentials close to the open circuit potential, the reactions producing sulfur and Fe(II) predominate.
- ✓ The presence of pyrrhotite does not favor sulfate formation at moderate oxidation conditions.
- ✓ Galvanic interactions occur, but the increase in sulfur yield, when $E < 0.8$ V and % pyrite < 40%, is not due to the electrical contact between pyrite and pyrrhotite.
- ✓ The presence of more than 40% pyrite in the mixture enhances the H^+ production, lowering the local pH and favoring thiosulfate decomposition. Under these conditions, more sulfate is produced.
- ✓ The composition of the electrodes plays a major role at potentials close to the open circuit potential. At severe oxidation conditions (high overpotentials or low local pH) the composition of the mixture has little or no influence.

For arsenopyrite mixtures:

- ✓ At potential next to the open circuit potential, the reactions producing sulfur are slightly favored.
- ✓ The presence of arsenopyrite enhances sulfate and soluble compounds formation. Pyrite/arsenopyrite combination favors soluble compounds production ($SO_4^{2-} / H_2AsO_4^-$).
- ✓ At potentials more positive than 0.85 V the release of arsenic compounds to the environment is favored.
- ✓ At higher overpotentials the electrode dissolution depends mainly on the potential and the electrode composition has none or little influence
- ✓ Galvanic interactions may occur, but the decrease in sulfur yield, when % pyrite > 40%, is not due to the electrical contact between pyrite and arsenopyrite.
- ✓ The presence of more than 40% pyrite in the mixture enhances the H^+ production, which lowers the local pH and favors thiosulfate decomposition. Thus, in this condition a little more sulfate is produced.

From these observations, it may be concluded that remediation strategies for disturbed lands containing sulfide minerals must consider the quantity and the nature of sulfide minerals present.

Part 5. Electrochemical study of metal adsorption

In nature, the presence of metals associated to iron sulfides is common. Arsenopyrite, for example, is iron sulfide often found with silver, gold and copper ores. Its dissolution rate in the leaching [52, 71-78] and bioleaching [76, 77] processes can be improved by using catalytic ions in the solution, which modify the electrochemical behaviour of several sulfide minerals. The addition of low concentrations of Ag^+ ions enhances the rate of leaching of chalcopyrite [52], spharelite [71] and pyrite [72-75]. The catalysis promoted by silver ions has been ascribed to the formation of silver sulfide as an intermediate [52]. The oxidation of Ag_2S would cause the formation of a porous, non-protective layer that permits the acceleration of the oxidation process. Hence, the breakdown of this film is a requirement for further dissolution of the sulfides. Other authors [78] have proposed that elemental silver can nucleate at the mineral surface improving its conductivity. Thus, the addition of silver ions would provide a better electrical and ionic contact between the mineral and the electrolyte. In the present paper, an electrochemical approach was used to provide additional information of FeAsS oxidation and of the factor that controls the mineral dissolution after immersion in solutions containing Ag^+ ions. Scanning electron microscopy (SEM) was used to obtain information about the surface topography of the samples. In addition, X-ray microanalysis (EDX) was performed to improve information provided by voltammetry

On the other hand, pyrite has excellent trapping properties recognised in literature, as it presents the capability of retaining heavy metals, such as mercury ions and metallic mercury. It is known that environmental problems are generated by the output of mercury due to anthropogenic activities. In aquatic media under micro-organisms action, mercury can undergo methyl mercury, a lethal species. Facing this problem, a variety of materials as well as technical procedures have been used with the purpose of retaining heavy metals. The aim of this work is to study the spontaneous interaction between mercury and the mineral surface. For this purpose, the mineral was immersed in aerated solutions containing 10^{-3} mol/L of $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, for 30 minutes at open circuit conditions. The nature and the extent of the spontaneous interaction were evaluated using voltammetric techniques. No evidence of the presence of metallic mercury was observed in the cyclic voltammograms, so the species spontaneously retained at the mineral surface present higher oxidation numbers. This study shows promising results relating the use of pyrite as a way for retain and recuperate mercury waste.

5.1. Electrochemical study of silver ions adsorption

The voltammogram of arsenopyrite, in acetic acid/sodium acetate buffer, pH = 4.5, is shown in section 3.3. The interpretation of the obtained data of silver deposition on the arsenopyrite surface must take into account the presence of insoluble arsenic compounds. It was observed that the reduction of these compounds is only recorded when the anodic end point ($E_{\lambda,a}$) is more positive than 0.85 V (Fig. 31a). Thus, the investigation of Ag^+ ions deposition on arsenopyrite surface was carried out in the potential ranges: $E_{oc} \leq E_{\lambda,a} \leq 0.85$ V (Fig.3a) and 0.85 V $< E_{\lambda,a} < 1.5$ V (Fig.31b).

To observe the interaction between the mineral and the Ag^+ ions, the electrode was first immersed in a solution containing 1 mM of Ag^+ ions. After 10 minutes, it was washed in triply distilled water, introduced in the working solution, free of silver, and the voltammogram was recorded (Fig. 31 - continuous line). Comparing the curves recorded before and after immersion in silver solution, it can be noted that the open circuit potential shifts to a more positive value indicative of the formation of a film on the electrode surface. The rest potential values, near 0.5 V, indicate that Ag^0 is the primary product of the interaction Ag^+/FeAsS .

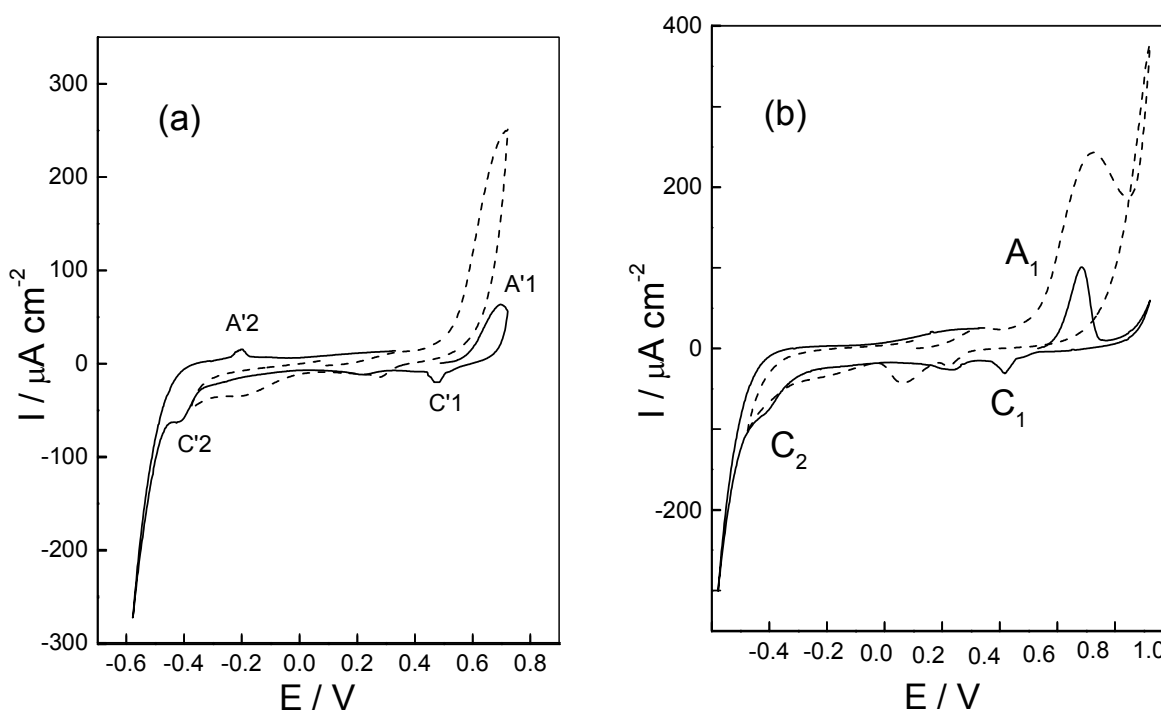


Fig. 31. Cyclic voltammogram for a CPfE containing arsenopyrite: (---) in sodium acetate/acetic acid buffer and (—) after immersion for 10 minutes in 10^{-3} M AgNO_3 , pH = 4.5, sweep rate 20 mV s^{-1} : (a) $E_i = E_{oc}$, $E_{\lambda,a} = 0.7$ V, $E_{\lambda,c} = -0.5$ V and $E_f = E_{oc}$ and (b) $E_i = E_{oc}$, $E_{\lambda,a} = 1.0$ V, $E_{\lambda,c} = -0.5$ V and $E_f = E_{oc}$. Potential quoted to SHE.

The current peak A_1 may be associated to Equation 1 being the thermodynamic potential of the system Ag/Ag^+ , $E_T = 0.62$ V, calculated from the corresponding Nernst Equation 11. Price and co-workers [79] observed a similar current peak, at the same potential, investigating the Ag_2S oxidation that was attributed to the anodic dissolution of metallic silver.



During the reverse scan current peak C_1 is observed at nearly 0.5 V, and may be related to the silver deposition on the electrode surface. The record of current peak C_1 in the solution free of silver suggests the deposition of elemental silver to occur during immersion. Increasing the immersion time, this peak current reaches a limiting value, which suggests the consumption of silver at the arsenopyrite surface.

Current peak C_2 at - 0.35 V, may be associated to the reduction of Ag_2S ($E_T = - 0.33$ V) formed by the interaction between the mineral and the silver ions:



The subsequent reversing of the potential scan at $E_{\lambda c}$ evidences an anodic current peak, A_2 , attributed to inverted reaction (12). This current peak disappears when the solution is stirred confirming its association with the reaction of the elemental silver with H_2S .

At $0.85 \text{ V} < E_{\lambda a} < 1.5 \text{ V}$ (Fig. 31b), current peak A_1 , related to the oxidation of the elemental silver is observed and during the reverse scan, current peaks C_1 e C_2 associated to the reduction of Ag^+ ions and of Ag_2S , respectively, are also recorded. However, current peak A_2 does not appear. This fact suggests that the presence of As_2S_3 disfavors the sulfur reduction and, consequently, the reaction between H_2S and the elemental silver formed by the reduction of the silver sulfide. In fact, when the potential sweep is performed in the cathodic direction (Fig. 32a), it may be noted that, during immersion, silver sulfide is formed and as in this condition the As_2S_3 is absent, current peak A_2 is noticed.

Fig. 32b shows the cyclic voltammogram obtained in a solution containing Ag^+ . The presence of current peaks A_1 and C_1 , related to Equation 11 and A_2 and C_2 , associated to the Equation 12 indicates that, during the potentiodynamic experiment the formation of both Ag^0 and silver sulfide occurs on the mineral surface. It is verified that the open circuit potential is the same as that recorded in silver free solution, after immersion in the solution containing silver ions. The coincidence of these

potentials indicates that metallic silver as well as silver sulfide may be formed at the mineral surface at open circuit conditions.

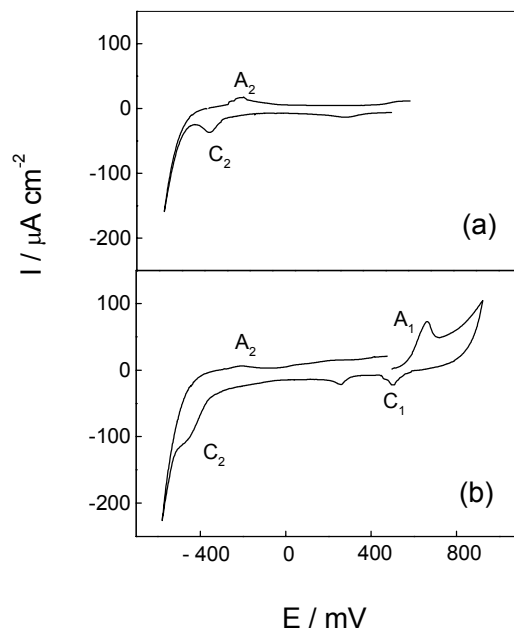


Fig. 32. Cyclic voltammograms for a CPfE containing arsenopyrite sweep rate 20 mV s^{-1} , pH = 4.5: (a) in sodium acetate/acetic acid buffer, after immersion for 10 minutes in 10^{-3} M AgNO_3 ; $E_i = E_{oc}$, $E_{\lambda c} = -0.5 \text{ V}$ and $E_f = E_{oc}$ and (b) in sodium acetate/acetic acid buffer + 10^{-3} M AgNO_3 ; $E_i = E_{oc}$, $E_{\lambda a} = 1.0 \text{ V}$, $E_{\lambda c} = -0.5 \text{ V}$ and $E_f = E_{oc}$. Potential quoted to SHE.

The examination of the electrodes by scanning electron microscopy shows two forms of deposit (Fig. 33). Some particles show separate silver sites scattered on the electrode surface (Fig. 33A). There are no silver sites located at crystal growths or defects. These FeAsS surfaces, in the presence and absence of silver ions, do not present any topographic difference. The grains of silver are located on the clean mineral surface forming little Ag conglomerates without significant chemical modification of the arsenopyrite morphology. The EDX spectra indicate that the white patches are rich in silver. On other particles the deposition of silver is more intense and the formation of dendrites on the mineral surface is observed (Fig. 33B). The EDX analysis, shown with the respective micrographs, suggest the formation of silver sulfide on these particles.

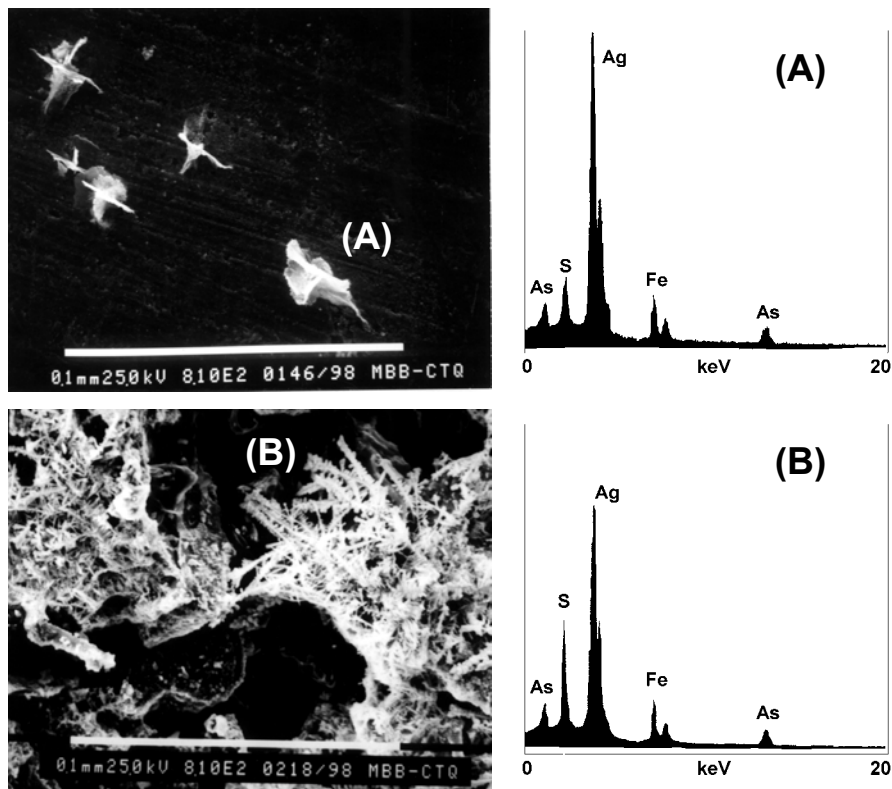


Fig. 33. SEM observation and corresponding energy disperse X - ray spectra of the surface of arsenopyrite CPfE after immersion for 10 minutes in 10^{-3} M AgNO_3 : (A) silver sites and (B) dendritic deposits.

An attempt to explain the different kinds of the deposits should take into account the crystal structure of the mineral. Arsenopyrite is orthorhombic (Fig. 34). Hence, when cleavage occurs in direction a , the quantity of sulphur atoms exposed is lower and the reduction of Ag^+ ions on the surface may be favoured. When cleavage exposes plane c , more sulphur atoms are available on the surface and the formation of Ag_2S prevails.

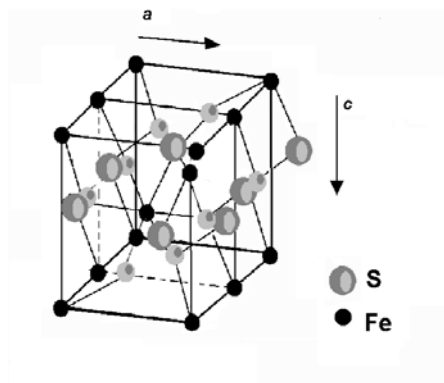


Fig. 34. Schematic representation of the mineral cleavage planes.

The experiments show that the interactions between the silver ions and the mineral surface involve the products formed during the dissolution of the arsenopyrite at open circuit conditions. The enhancement of leaching rate promoted by silver ions may be attributed to the formation of silver sulfide as an intermediate. According to the mechanism proposed, when silver ions are brought into contact with the arsenopyrite surface, the initial step appears to be the deposition of nuclei of metallic silver, followed by the formation of an Ag_2S film. This film, formed with hydrogen sulfide consumption, would have a catalytic effect improving the FeAsS dissolution.

5.2. Electrochemical study of mercury ions adsorption

Among the heavy metals, mercury presents a great impact due its wide use in industry (chlorine-alkali, paper) and in mining areas (gold extraction by amalgamation).

At the beginning of the 70's, it was estimated the discharge of almost 1 kg of metallic mercury to the environment in the production of 900 kg of chlorine by sodium chloride electrolysis [80]. During the last thirty years and due to a most rigorous legislation, the industrial sewage processes were improved. This fact has restricted the mining area as the main responsible for mercury release to the environment. Research groups in Brazil estimate a drainage of 100 tonnes of mercury into Amazonas area due to gold extraction processes [81, 82]. Almost the 45 % of this quantity is drained directly into the river, whereas the rest goes to the atmosphere. The elemental mercury discharged into natural aquatic systems is retained in lake and river sediments. Upon anaerobic conditions the elemental mercury is converted into alkyl mercury species by the action of micro-organisms [83].

Both the organic and inorganic mercury species present toxicity. The literature cites death incidents due to methyl mercury ingestion in Minamata [84] and Irak [85]. More recently, the death of a researcher as a consequence of skin contact with $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ was described [86].

The interaction between mercury anions and the electrode, was carried out by the immersion of the latter in the $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ solution for 30 min. The immersion of the electrode in metallic mercury for the same period was carried out in order to compare results. After that, the electrode was carefully washed with water and placed into the electrochemical cell. The working solution was a $\text{H}_3\text{CCOOH}/\text{H}_3\text{CCOONa}$ (0.25M/0.25M) buffer, pH = 4.5. Metallic mercury (distilled and filtrated) as well as a $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 10^{-3} mol L^{-1} solution were also used.

It was observed for the electrodes previously immersed in the $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ solution, a higher open circuit value than the typical for pyrite electrodes. The shift towards positive direction of the open circuit potential value because of the interaction with mercury ions, evidences a more passivated surface.

The presence of species sufficiently oxidized must be responsible for the higher open circuit potential value.

Figs. 35(a) and (b) exhibit a detail of the cathodic and anodic branches of the voltammogram, respectively. Peak c_1 is not observed in the profile. Additionally, new current peaks appeared in the cathodic branch, C_1 , C_2 and C_3 . It is possible to identify the peak a_{III} located in the middle of the new current peaks (A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5). Current a_I (not shown in the figure), remains practically unaltered after the contact between pyrite and mercury species. No evidence of the presence of peak a_{II} is observed in the figure. This high number of new processes evidences the complex nature of the pyrite/mercury (II) ions system. This fact may indicate the presence of more than a single species spontaneously formed on the electrode surface.

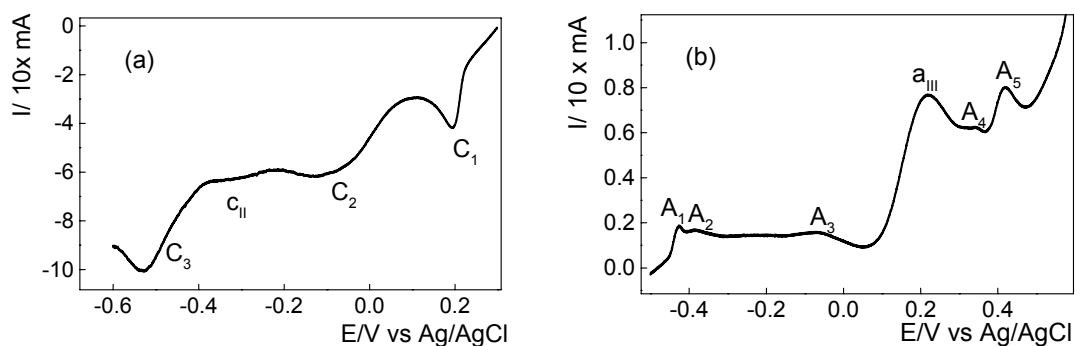


Fig.35 Cyclic voltammogram of pyrite CPfEs after interaction with Hg^{2+} solution (a) detail of the cathodic branch, (b) detail of the anodic branch. $E_{OC} = 0.3$ V; $E\lambda_a = 0.85$ V; $E\lambda_c = -0.8$ V.

In the work performed by Perdicakis et al., the potentiodynamic profile of pyrite after the interaction with mercury ions, shows two anodic current peaks located in the same potential region as peaks A_4 and A_5 of Fig. 35 (b). These peaks were attributed to the Hg^0 oxidation process [87], being the elemental mercury formed during the scan into the most negative potential region. The work also describes the presence of two cathodic peaks, each of them related to the reduction of a mercury species [87]. In the present study only the cathodic peak located at -0.1 V, namely C_2 resembles the results obtained by Perdicakis et al [87].

With the purpose of determining the potential region where the species oxidized in A_4 and A_5 are formed, a set of voltammetric profiles with a fixed $E\lambda_a$ of 0.6 V and with increasing values of $E\lambda_c$ was performed. This type of assay allows the interpretation of the genesis of the anodic processes. When $E\lambda_c$ was set in -0.6 V (Fig. 36) the disappearance of the peaks A_2 and A_3 was verified.

This fact allows to infer that the process occurring at A_2 and A_3 are related to the oxidation of species formed in a potential region more negative than -0.6 V. On the other hand, peaks A_4 e A_5 remain practically unaffected. A little hump, namely C_1^I , was depicted in the cathodic scan.

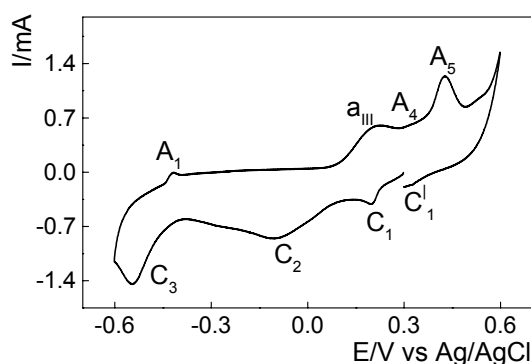


Fig.36. Cyclic voltammogram of pyrite carbon paste electrode after the interaction with Hg^{2+} solution. $E_{OC} = 0.3$ V; $E\lambda_a = 0.6$ V; $E\lambda_c = -0.6$ V.

The lack of peak A_1 resulted in the positive scan when a value of $E\lambda_c = -0.5$ V (located in the middle of C_3) was chosen, indicated that the species oxidized in A_1 are formed at potentials more negative than -0.5 V. Also a relative increase in A_4 compared to A_5 was observed in the curve. For values of $E\lambda_c$ chosen slightly before the development of peak C_3 , ($E\lambda_c = -0.35$ V) no changes were evidenced at the anodic branch by comparing with the curve performed under the previously described conditions. On the other hand, an enhancement of the hump C_1^I , was evidenced in the reversing scan.

When the $E\lambda_c = 0.09$ V, a value located in the onset of C_2 , only peaks A_4 and A_5 appeared in the subsequent sweep to positive direction, being the A_5 noticing diminished, Fig.37(a), solid line.

The subsequent cycles performed under the same parameters values showed the lack of A_4 and A_5 as well as C_1 after the third cycle, Fig.37(a), dashed line.

Experiments performed with stirring of the solution were carried out and were compared with those in a quiescent solution (Fig.37(b)). The disappearance of peak C_1 as well as peaks A_4 and A_5 evidenced the soluble nature of the species reduced in the former peak. When $E\lambda_c = 0.24$ V, potential value located before peak C_1 neither peak A_4 nor A_5 were observed.

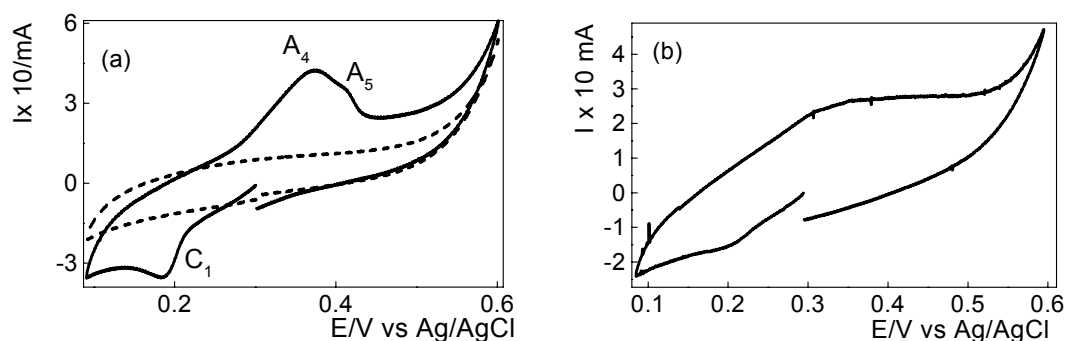


Fig.37 Cyclic voltammogram of pyrite CPfEs after the interaction with Hg^{2+} ; $E_{\text{OC}} = 0.3 \text{ V}$; $E\lambda_{\text{a}} = 0.6 \text{ V}$; $E\lambda_{\text{c}} = -0.09 \text{ V}$. (a) in a quiescent solution, (—) first cycle; (.....) third cycle; (b) in a stirring solution.

The relationship between the processes involved in the cathodic peak C_1 and the anodic ones A_4 and A_5 is clear. However, the behaviour of the latter peaks in relation to $E\lambda_{\text{c}}$ values as well as the discussion presented by Perdicakis et. Al [87]. suggest the existence of another potential region, located at more negative potentials, also related to the processes occurring at peak A_4 and A_5 . With the purpose of verifying this hypothesis the following experiment was carried out. First of all, three cycles in the 0.09V-0.6V potential region were performed in order to exhaust the species involved in the cathodic and anodic processes. Subsequently, a sweep scan from the E_{OC} towards negative potentials, with $E\lambda_{\text{c}} = -0.6 \text{ V}$, was recorded. A curve similar to that shown in Fig.36 was obtained, fact that evidences the relationship established between the processes in A_4 and A_5 and the reduction of more than a single species.

It was observed a lower E_{OC} value for the electrodes immersed in the metallic mercury. This immersion led to the appearance of an anodic process, located at the same potential region as A_5 , when the scan sweep was initiated towards positive potentials, Fig.38. On the contrary, peak A_5 , only appeared in the second scan for the electrodes immersed in mercury ions solution. The presence of more reduced species (probably Hg(I) species) resulting from pyrite/metallic mercury interaction accounts for the raising of peak A_5 just in the first cycle.

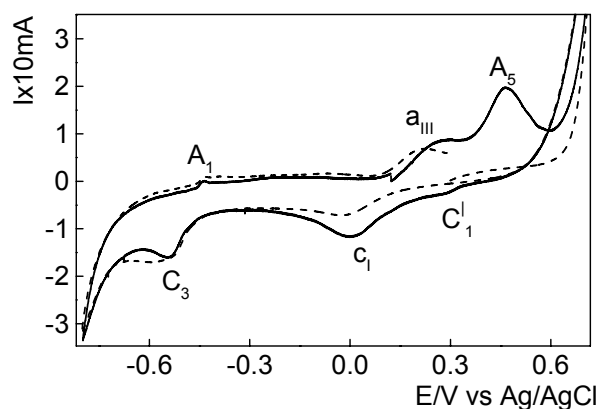


Fig.38. Cyclic voltammogram of pyrite CPfEs after interaction with: (——) metallic mercury ($E_{OC} = 0.11$ V) and (-----) Hg^{2+} solution ($E_{OC} = 0.3$ V). $E_{\lambda a} = 0.85$ V; $E_{\lambda c} = 0.8$ V.

Ground pyrite exhibited an excellent performance retaining either metallic or anionic mercury species. The deposition of mercury species onto pyrite surface occurs in a spontaneous way. Voltammetric studies showed the complex nature of pyrite/mercury ions and pyrite/metallic mercury systems. By means of the gangue character of the mineral, the use of this material as a strategy to retain mercury must be considered. The possibility of mercury recycling by means of an ulterior oxidation is an important advantage comparing with other adsorbents and is due to the electrical properties. Further studies are necessary in order to evaluate the influence of experimental conditions on the mercury retaining performance.

Part 6. Investigation of the semiconducting properties of solids

Metal sulfides have received considerable attention in the past years especially because they are valuable sources of non-ferrous metals. The electrochemistry of metal sulfides was examined by several authors [12-14] as well as their electronic properties [88, 89]. The electronic properties of iron sulfides are such that corrosion and galvanic couples are readily established in aqueous systems and the kinetics of leaching can be related to the potential of the solid in contact with the aqueous medium. Concepts developed in the field of electron conducting solids have been employed to interpret dissolution and general electrochemical behavior in hydrometallurgical systems, as interfacial charge-transfer reactions are the essential characteristic shared [67, 88, 90].

There are a number of factors that can drastically change iron sulfides dissolution, such as, the source of the samples, impurities, crystal defects and surface preparation methods.

6.1. Photoelectrochemical study of minerals

Under illumination, all electrodes presented an n-type behavior in spite of the quasi-metallic behavior observed in the dark. The Gärtner's model was used to describe the response of the electrodes under illumination [91]. According to the model it was assumed that: (i) the electron transfer is not a limiting step and (ii) less time is required for the photo-generated holes to cross the space-charge region than that to electron/hole recombination to occur. It is clear that the method permits only to estimate the flat band potential and the band gap energy, as factors such electron/hole recombination can not be controlled. It is assumed that the processes at the electrode surface control the reaction rate.

The Gärtner's equation show that the extrapolation of straight line plots of $(I_{ph})^2$ against E onto to the potential axis may be used as method to determine the flat band potential.

$$E - E_{fb} = (N_D / 2e\epsilon\epsilon_0)(I_{ph}/\alpha J_0)^2 \quad (13)$$

Where I_{ph} is the measured photocurrent, N is the donor concentration in the space-charge region, α is the optical absorption, ϵ is the dielectric constant of the semiconductor, ϵ_0 the permittivity of free space, J_0 the intensity of the light flux entering the semiconductor and E_{fb} is the flat band potential, which gives the position of the electrochemical potential of the semiconductor (the Fermi level).

The photoelectrochemical response of pyrite has been studied by several authors [13, 88, 92]. For this reason, pyrite was first examined in order to compare the results obtained to that reported by other researches, before investigate pyrrhotite and two-mineral electrodes.

Fig. 39 shows the photovoltammograms of the mineral for the four wavelengths used and for white light. During reduction, photoeffects are not observed as the cathodic dissolution of pyrite is a conduction band electron transfer process [93-96]. During oxidation, the current under illumination is greater than that in the dark in all the potential range investigated and it is possible to delineate three potential regions. Region (I) is related to the formation of iron oxide/hydroxide [14, 15, 66, 67]. The peak A1 is associated to a process of anodic film formation and its spreading to cover the surface with a layer of monomolecular dimensions [12, 15, 96].

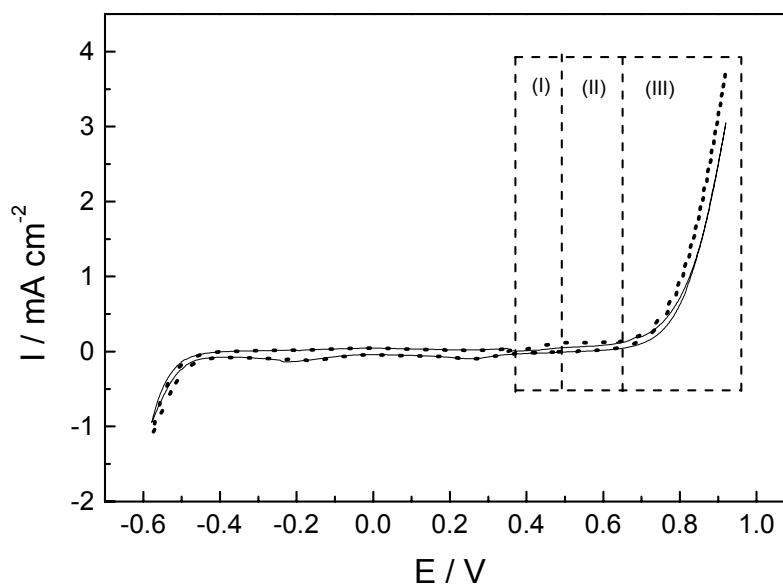


Fig. 39. Photovoltammogram of pyrite and for white light (···) and in the dark (—). The regions (I) to (III) are discussed in the text. Potential quoted to SHE.

The photocurrent recorded in this region may be associated to the stoichiometric defects and the excess of metal ions that appears during oxide growth, which act as electron donors causing an n-type behavior of the semiconducting iron oxide film [97]. In region (II), the increase of the photocurrent is slow. According to Mishra and Osseo-Asare [67], within this potential range the photocurrent is nearly constant and the surface states responsible for charge storage could arise from the photoadsorption of OH^- ions from the aqueous phase. In other hand, Jaegermann and Tributsch [98] interpret this almost constant photocurrent as due to the formation of an intermediate, which oxidation is slow and potential dependent. Increasing the potential (region III) results in the oxidation of the pyrite/intermediate as in this potential range the formation of sulfate occurs intensively.

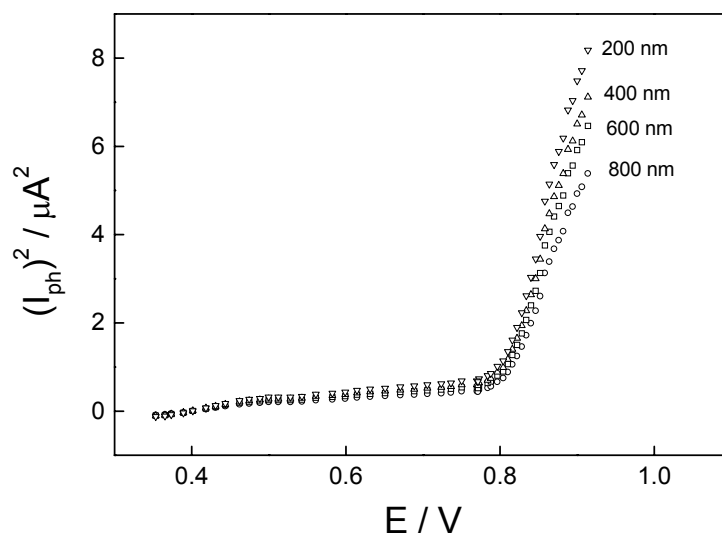


Fig. 40. $(I_{ph})^2$ versus potential for pyrite, as function of the wavelength. Potential quoted to SHE.

Figure 40 shows that, in the potential ranges $E_{oc} < E < 0.45$ V there is a linear relationship between $(I_{ph})^2$ and the potential [99]. Region (I) shows an n-type behavior due to the iron oxide film growth and for $(I_{ph})^2 = 0$ and $E < 0.45$ V, the value for E_{fb} obtained is $E = (0.33 \pm 0.05)$ V (Fig. 39). This value is close to the open circuit potential of the untreated electrode and reflects the mixed character of the surface.

In the range 0.4 V $< E < 0.8$ V, the electrode processes taking place at the interface may be more sensitive to the electronic properties of the solid, specially if the adsorption of OH^- ions is considered (Fig. 41). The value for $E_{fb} = -(0.15 \pm 0.05)$ V is close to that obtained by Giannetti (-0.20 V $\leq E_{fb} \leq 0.3$ V) at the same medium but using a pyrite from other source [13] and to that reported by Ennaoui and Tributsch [100].

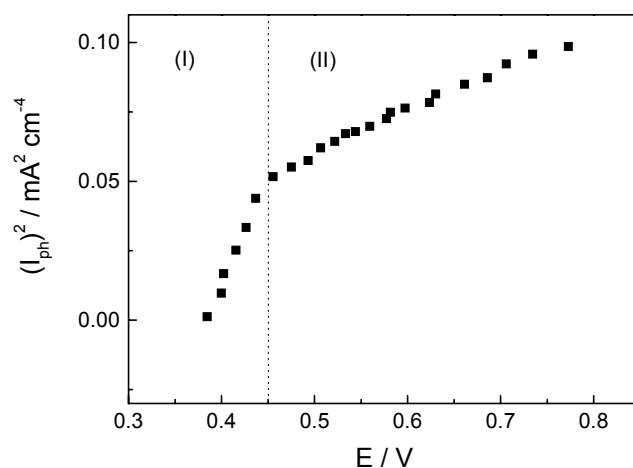


Fig. 41. $(I_{ph})^2$ as function of the potential for pyrite, $\lambda = 400\text{nm}$. Potential quoted to SHE.

Fig. 42 shows the photovoltammogram of pyrrhotite. A little increase in the reduction peaks is observed, however, the same increase is also observed when the electrode is illuminated only during the anodic scan. Thus it may be concluded that the increase in cathodic current observed is due to an increase in the quantity of oxidation products instead of a light effect.

During oxidation the photoeffects recorded are less intense than that observed from pyrite electrodes. Pyrrhotite has a higher charge carriers density than pyrite hence the contribution of the photo generated holes to the photocurrent is less significant.

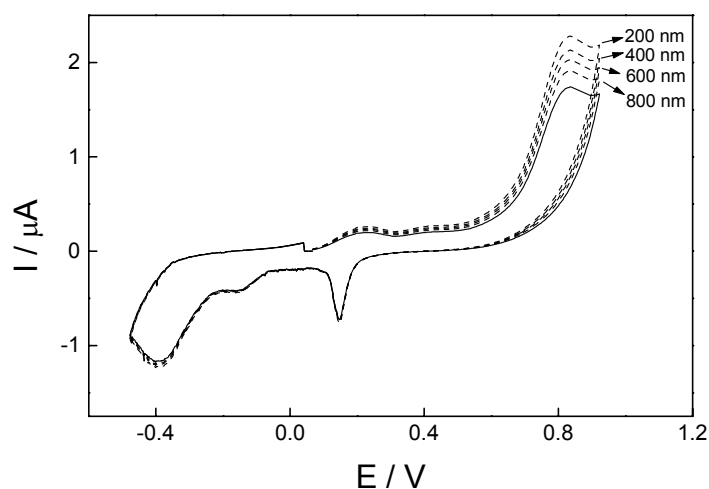


Fig. 42. Photovoltammograms of pyrrhotite for four wavelengths (---) and (—) voltammogram in the absence of light; $E_i = E_{oc}$, $E_{\lambda a} = 0.922\text{ V}$, $E_{\lambda c} = -0.5\text{ V}$, $E_f = E_{oc}$; $v = 20\text{ mV s}^{-1}$. Potential quoted to SHE.

In figure 43, three regions can also be observed. In region (I) there is no linear relationship between (I_{ph}) and E yet little photocurrents are observed. In this region, the decomposition of the FeS occurs together with the iron oxide/hydroxide formation. Hence, the contribution of the holes formed during oxide growth. In region (II), the photocurrent increases linearly with potential, possibly due to the electronic properties of the solid phase. At potentials more positive (region (III)) the photocurrent tends to a maximum value when $E > 0.9$ V.

From curves obtained from pyrrhotite electrodes, the flat band potential was evaluated as $E_{fb} = -(0.28 \pm 0.05)$ V.

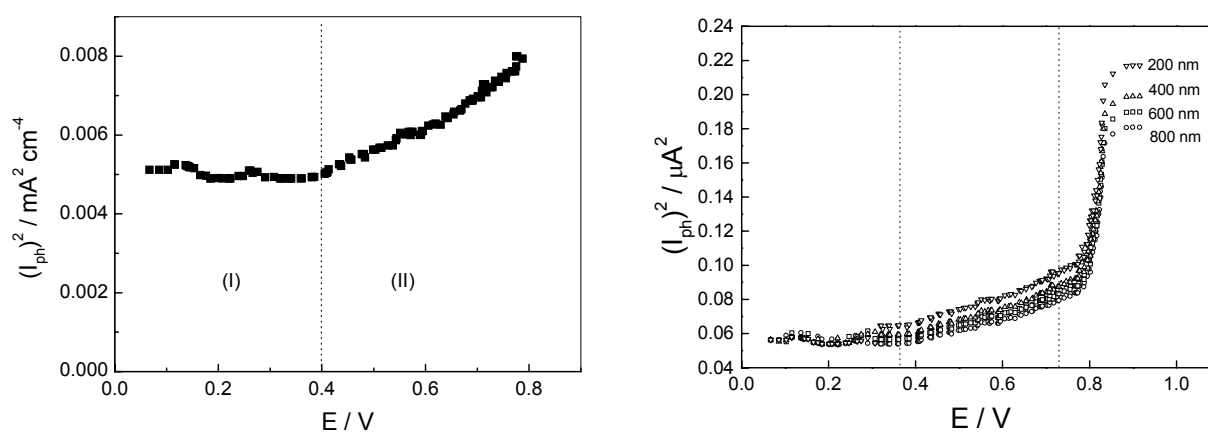


Fig. 43. $(I_{ph})^2$ versus potential for pyrrhotite: (a) white light and (b) as function of the wavelength. Potential quoted to SHE.

The effect of illumination on pyrrhotite may be interpreted on the basis of the band structure theory. Pyrrhotite has its electronic structure made up of the conduction band, associated with Fe^{2+} ions, which is separated by the band gap from the valence band, associated with S^{2-} ions. When the incident light on the mineral surface has energy greater than the band gap, electrons from the valence band are injected into the conduction band, from where are transferred to the external circuit. Sulfur is formed on the electrode surface provided from the reaction between the S^{2-} and the holes left in the valence band. At the same time, Fe^{3+} ions are released to the solution.

6.2. Photoelectrochemical studies of mineral mixtures

When mixed minerals are in focus, also galvanic interactions [101] and changes in local pH values [102, 103] are worthy of attention. Pyrite is a semiconductor material, like many metal sulfides, and its

bandgap is 1.0 ± 0.5 eV [100]. Several authors have studied solid-state properties of pyrite, using both natural and synthetic samples [13, 88, 92, 97, 99]. Pyrrhotite is also a semiconductor and the value of its bandgap was described as very low [104]. However, in spite of the vast volume of published studies on the interfacial chemistry of iron sulfides, little attention has been paid to the electrochemical behavior of mineral mixtures [62, 63, 102, 103]. So far no studies have ever considered the influence of the electronic properties when minerals are in contact, with the exception of the work reported by Holmes and Crundwell [69], who observed that illumination of the galena-pyrite couple results in an increase in galvanic current.

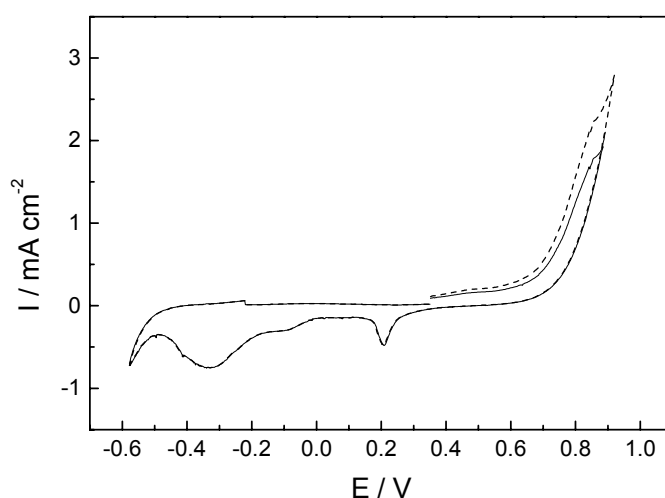


Fig. 44. Voltammogram (—) e photovoltammogram (- - -) of CPfE containing 60% pyrrhotite and 40% pyrite; $E_i = E_{oc}$, $E_{\lambda a} = 0.922$ V, $E_{\lambda c} = -0.5$ V, $E_f = E_{oc}$; $v = 20$ mV s⁻¹. Potential quoted to SHE.

The photoelectrochemical behavior of artificial two-mineral electrodes was investigated to examine the relationship between the semiconducting properties of the minerals and their interfacial electrochemical behavior. To delineate the electrochemical reactions occurred at the pyrite-pyrrhotite/electrolyte interface, energy diagrams are schematically presented. The values of the extent of the space-charge layer were also evaluated as function of the two-mineral electrodes composition.

Fig. 44 shows the photovoltammograms (dashed line) obtained from a two-mineral electrode composed by 60% pyrrhotite and 40% pyrite. The photoeffects in the anodic region endorse the n-type behavior and it is suggested that the photocurrent is due mainly to the pyrite contribution. Fig. 45 shows the photoeffects observed for four different wavelengths.

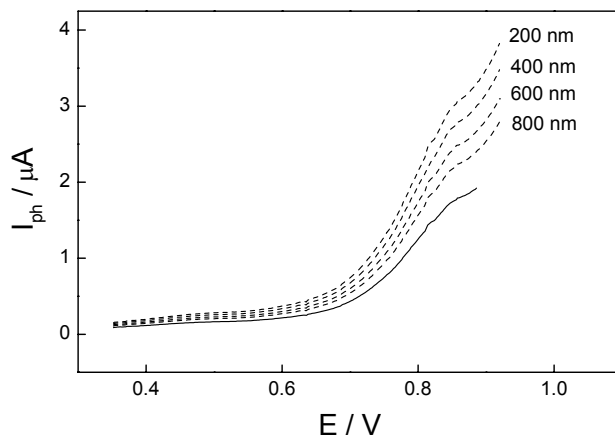


Fig. 45. Photovoltammograms (---) of CPfE containing 60% pyrrhotite and 40% pyrite; $E_i = E_{oc}$, $E_{\lambda a} = 0.922$ V, $E_{\lambda c} = -0.5$ V, $E_f = E_{oc}$; $v = 20$ mV s⁻¹ and (—) voltammograms in the dark. Potential quoted to SHE.

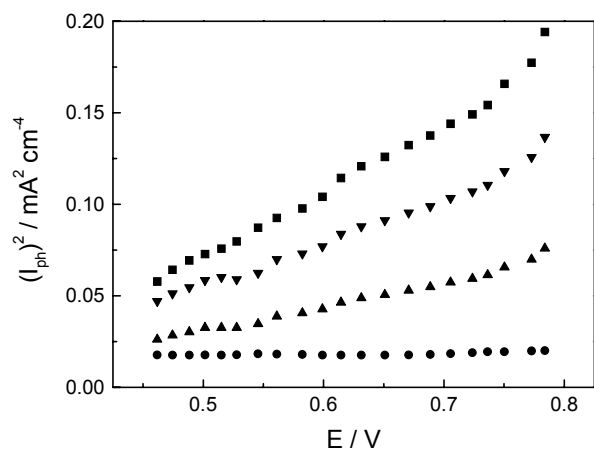


Fig. 46. $(I_{ph})^2$ versus potential for pyrite CPfEs with (■) 20% pyrrhotite, (▼) 40% pyrrhotite, (▲) 60% pyrrhotite and (●) 80% pyrrhotite. Potential quoted to SHE.

Under illumination, the open circuit potential shifts to more positive values, possibly because of the galvanic interaction between the particles on the electrode surface. Figs. 46 shows the $(I_{ph})^2 = f(E)$ for the mixed electrodes in the range 0.4 V < E < 0.85 V. Increasing the pyrrhotite quantity causes a linear decrease in the recorded photocurrent, being the calculated flat band potentials shown in Tab. 6.

Tab. 6. Flat band potentials as function of CPfEs composition.

% FeS	0	20	40	60	80	100
E_{bg} / eV	0.97	0.97	0.90	0.76	0.63	0.63

6.3. Capacitance measurements

Capacitance measurements of the pyrite and pyrrhotite electrodes were carried out in order to confirm the E_{fb} values obtained from photoelectrochemical measurements and to evaluate the donor density, N_D . The capacitance of the electrodes has been measured as a function of potential. N_D and E_{fb} were calculated from these measurements using the Mott-Schottky relationship [105]. Fig. 47a presents the $C = f(E)$ curves of pyrite and pyrrhotite. At first, a fast decrease of the capacitance values is observed $E_{oc} < E < 0.4$ V. This potential region corresponds to the formation of an iron oxide/hydroxide monolayer, which undergoes reduction at current peak C1 (Fig. 5, section 3.1). Stoichiometric defects (anion vacancies, i.e. an excess of metal ions) appearing during oxide/hydroxide formation acts as electron donors causing the n-type behavior observed.

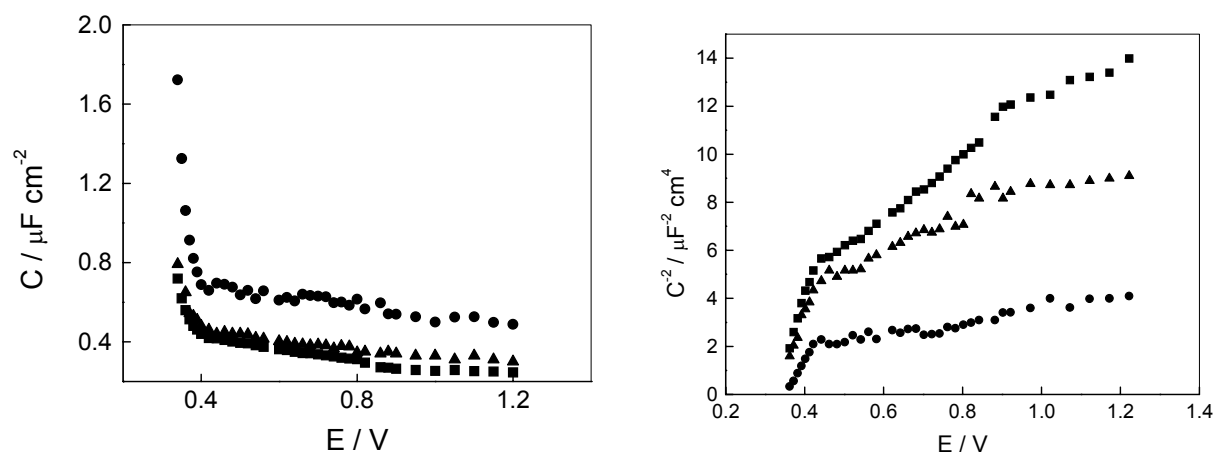


Fig. 47. Capacitance (a) and Mott-Shotky (b) curves for CPfEs made from pyrite (■), pyrrhotite (●) and arsenopyrite (▲). Potential quoted to SHE.

When $E > 0.4$ V, the decrease of the capacitance is slower, since the concentration of the majority carriers supplied to the conduction band decreases in the space-charge region. For a semiconductor in this depletion condition, the capacitance of the space charge region varies with potential by the Mott-Schottky relation, assuming $C = C_{sc}$:

$$C^{-2} = 2 (e \epsilon \epsilon_0 N_D)^{-1} [-E + E_{fb} + (kT/e)] \quad (14)$$

Where e is the elementary charge, ε is the dielectric constant, ε_0 is the permittivity of the free space, k is the Boltzmann constant, T is the temperature, N_D is the donor density, E is the potential and E_{fb} the flat band potential.

The Mott-Schottky plots reveal a relatively well defined linear portions with a positive slope (Fig. 47b) which implies an n-type semiconductor behavior to $E_{oc} < E < 0.4$ V and to 0.4 V $< E < 0.85$ V. The flat band potentials calculated from capacitance measurements are presented in table 7. The flat band potentials evaluated with the photoelectrochemical measurements are also shown complementing information.

Tab. 7. Flat band potentials calculated from the Mott-Schottky plots (A) and from photoelectrochemical measurements (B).

Potential range	Pyrite		Arsenopyrite		Pyrrhotite
	$E_{oc} < E < 0.45$ V	$0.45 < E < 0.80$ V	$E_{oc} < E < 0.40$ V	$0.40 < E < 0.80$ V	$0.45 < E < 0.80$ V
(A) E_{fb} / V	0.102	-0.160	0.300	-0.220	-0.288
(B) E_{fb} / V	0.133	-0.128	0.310	-0.212	-0.280

The slow dissolution of FeAsS observed for $E < 0.80$ V may be discussed based on the semiconducting properties of the mineral. The differential capacitance measured as function of potential, recorded from the open circuit potential (E_{oc}) to $E = 1.2$ V, is shown in Fig. 48a. The capacitance values decrease sharply from E_{oc} to $E = 0.40$ V. This narrow potential range corresponds in the voltammogram of the mineral to the formation of a hydroxide/oxide layer of Fe(II)/Fe(III) species (Fig.7, section 3.3). It may be inferred that the stoichiometric defects that appear during hydroxide/oxide formation act as electron donors resulting in n-type behavior of the semiconducting $Fe_xO_y \cdot zH_2O$ film [97]. To $E > 0.40$ V, the curve $C = f(E)$ presents a region where the capacitance decreases more gradually as the concentration of the majority carriers, i.e., the electrons supplied to the conduction band by the impurity Fe^{2+} ions, decreases in the space-charge region. Therefore, for the oxide formed at $E_{oc} \leq E \leq 0.40$ V and to $E > 0.40$ V the potential dependence of the capacitance should follow the Mott-Shottky relation [105].

The Mott-Shottky plots presented relatively well-defined linear portions to $E_{oc} \leq E \leq 0.40$ V (inset, Fig. 48b) and to 0.40 V $< E < 0.80$ V with a positive slope indicative of n-type semiconducting behavior (Fig. 48b). This fact evidences that in the considered potential ranges the electrons are in equilibrium in the space charge region. Assuming the dielectric constant of the mineral as $\varepsilon = 81$ [106], the values of the flat band potential and donor concentration were estimated. From the linear portion relative to 0.40 V $< E < 0.80$ V, $E_{fb} = -0.220$ V and $N_c = 3.8 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, were found. The calculated donor concentration is typical of many semiconducting layers.

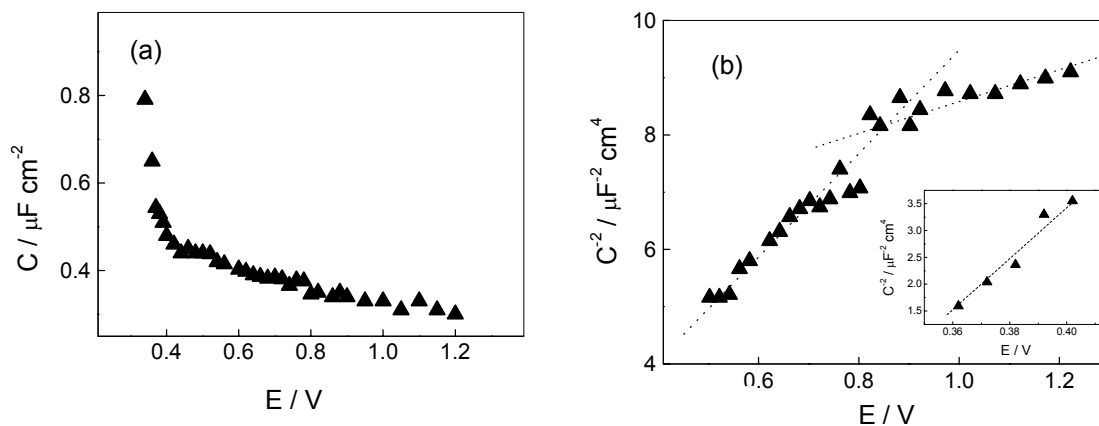


Fig. 48. Interfacial capacitance (a) and Mott-Schottky curve (b) for a CPfE containing arsenopyrite in sodium acetate/acetic acid buffer, pH = 4.5. The inset shows the curve $C^2 = f(E)$ for $E_{oc} < E < 0.40$ V. Potential quoted to SHE.

The depleted region ($0.40 \text{ V} < E < 0.80 \text{ V}$) is followed by a region where the slope $\delta C^{-2}/\delta E$ decreases. The bent observed in the Mott-Schottky plot at potentials more positive than 0.80 V is indicative that the density of charge carriers increased. Two possibilities are offered in the literature to interpret the slope change in the curves, although we could not check whether one or several types of donor levels are involved. The curves could be bent if the density of donor states varies within the space-charge region, but as the composition of the mineral may not be constant over the whole sample, the linear slope always found at higher anodic potentials would be difficult to explain, based only on changes of the density of donors. The bent in the capacity curves is also described in the literature as due to the presence of deeper donor levels not ionized within the bulk and the occupation of these levels may change increasing the band bending [105]. This type of donor state, impurities and/or defects, is expected to be present in natural samples.

Under illumination, the samples presented photoeffects easily observed. The Gärtner's [91] model was employed to evaluate the band gap. The photocurrent, I_{ph} , has been considered proportional to the absorption coefficient [107] and the band gap was estimated as being $(0.82 \pm 0.05) \text{ eV}$ by plotting $(I_{ph} h\nu)^{1/2}$ as function of $h\nu$ (Fig. 49). Hence, the valence band, E_g , may be positioned at 0.60 V .

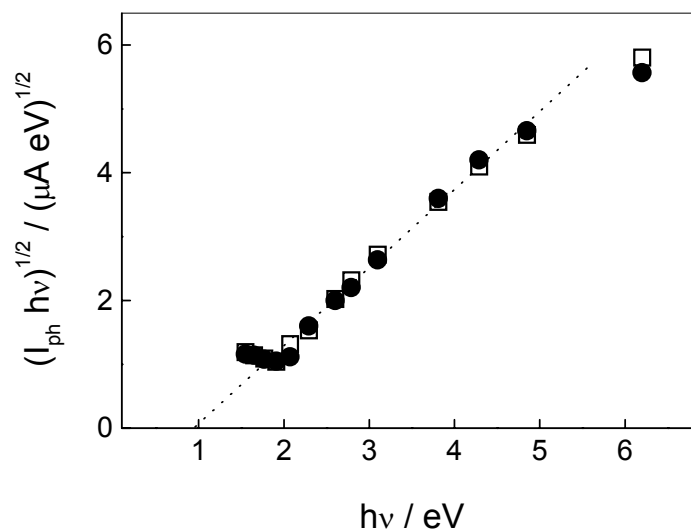


Fig. 49. Determination of the optical bandgap of arsenopyrite: (○) $E = 0.6$ V vs SHE and (□) $E = 0.7$ V vs SHE.

The flat band potential gives the position of the electrochemical potential of the semiconductor, i.e., the Fermi level (E_F). The energy states have an essential function when a semiconductor in contact with electrolyte solutions is decomposed. When the thermodynamic potentials of the reactions in solution are more positive than E_{fb} , the holes at the surface can cause oxidation of the mineral. Table 8 shows a situation where all the decomposition reactions occur at potentials more positive than that relative to the conduction band of the semiconductor, $E_{fb} = -0.220$ V, and more negative than $E_v = 0.6$ V. Thus, arsenopyrite is found unstable in relation to anodic dissolution. At open circuit conditions the anodic Equations 15 to 18 as well as cathodic reaction shown in Equation 3 are expected to occur. It may be surmised that sulfur formation is favored than that of SO_4^{2-} (Tab.8), which is in agreement with experimental observations. The redox potential of the pair O_2/H_2O , at 0.98 V, is more positive than the potential of the valence band and oxygen evolution is not expected to occur. Actually, it was never observed during the experiments.

Tab. 8. Proposed dissolution reactions of arsenopyrite at pH 4.5. Potentials were calculated from Nerstian equations, using the pH of the working solution and considering 10^{-3} M the concentration of soluble species, at 25 °C.

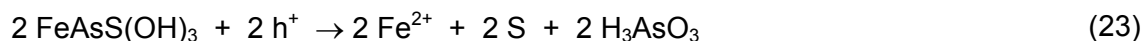
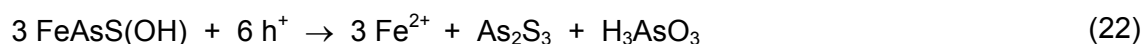
	E / V	Equation
$FeAsS + 3 H_2O + 3 h^+ \rightarrow Fe^{2+} + S + H_3AsO_3 + 3 H^+$	-0.18	(15)
$3 FeAsS + 3 H_2O + 3 h^+ \rightarrow 3 Fe^{2+} + As_2S_3 + H_3AsO_3 + 3 H^+$	-0.13	(16)
$As_2S_3 + 6 H_2O + 6 h^+ \rightarrow 3 S + 2 H_3AsO_3 + 6 H^+$	-0.11	(17)
$As_2S_3 + 18 H_2O + 24 h^+ \rightarrow 3 SO_4^{2-} + 2 H_3AsO_3 + 30 H^+$	-0.10	(18)
$S + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2S$	-0.04	(3)
$Fe^{2+} + 3 H_2O + h^+ \rightarrow Fe(OH)_3^- + 3 H^+$	0.35	(19)

A possible reaction sequence for the arsenopyrite dissolution can be discussed based on pyrite behavior [67]. Arsenopyrite has pyrite structure with less symmetry. This is due to the substitution of symmetric groups S_2^{2-} for (As-S) groups [108]. The similarity between crystal structure and electrochemical behavior induces to suggest that the mechanism of dissolution of both minerals may resemble. In addition, similarly to pyrite, although the open circuit potential of arsenopyrite is 0.30 V, significant dissolution does not occur until the redox potential is about 0.80 V. Possibly, energy levels below 0.80 V are not capable of hole injection. Hence, at potentials more negative than 0.80 V, the electrochemical oxidation and reduction currents are very small. These phenomena should be explained by the hole mechanism and water or OH^- adsorption. As pointed out by Kostina and Cherniak [46], an increase in H^+ concentration results in a decrease of the decomposition rate of FeAsS. Thus, the water or OH^- adsorption is a step that may be invoked.

In this way, the mechanism reported by Mishra and Osseo-Asare [67] for pyrite may be suitable to describe arsenopyrite oxidation. In a first stage, a strong interaction of iron 3d orbital with water occurs. The holes that reach the mineral surface are derived from d states [92] and will not be consumed in breaking bonds. Thus, dissolution of the surface will not occur. The OH^- groups, initially close to the iron, move in direction to the anionic sites:



As the surface hydroxylation proceed the oxidation of the (As-S) groups takes place and the iron enters the solution as Fe^{2+} , as proposed by [67]:



After these initial steps, the dissolution occurs following the reactions presented on table 8. The proposed mechanism for FeAsS dissolution could explain the little dissolution that occurs until the redox potential is about 0.80 V. At potentials more positive, the electron-transfer rate increases as well as the rate of dissolution.

The anodic sequence proposed is in accordance with some observations reported by previous researchers [45, 48-50], as the production of Fe(II), Fe(III), As(III), As(V), S, SO_4^{2-} during oxidation [48]

and the formation of an orpiment-like compound during the initial decomposition of the mineral [45]. The sulfur yield is not limited to 50% (Fig. 24b, section 4.2), as is for pyrite [67], suggesting that sulfur may be formed by the direct decomposition of the mineral [48, 49] and of the arsenic sulfide [91].

At open circuit conditions, the semiconducting characteristics of the mineral may delay the mineral dissolution. The development of severe acid mine drainage will depend on the combination of several additional parameters as, for example, high overpotential, the intervention of iron oxidizing bacteria [109], sulfur oxidizing bacteria [110] or the presence of calcareous material available to acid neutralization

6.4. Capacitance Measurements after silver ions adsorption

The experiments in the presence of silver ions (section 5.1) indicated that the formation of both elemental silver and Ag_2S is possible during immersion at open circuit conditions. The energy diagram was constructed with experimental data based on capacitance measurements. Energy levels were assigned to the redox couples in solution and the reactions corresponding to the systems Ag^+/Ag ($E_T = 0.62$ V), $\text{Ag}_2\text{S}/\text{S}/\text{Ag}^+$ ($E_T = 0.83$ V) and $\text{Ag}_2\text{S}/\text{Ag}/\text{H}^+$ ($E_T = -0.33$ V) were considered. The analysis of the energy diagram suggests that the formation of Ag_2S is possible (Fig. 50). The energy level of reaction (8) is above the valence band of the mineral and silver sites were detected in SEM micrographs, therefore, silver deposition is also expected to occur. A current peak at 0.83 V was never observed during the potential scans. Hence, it may be suggested that the formation of silver sulfide occurs by means of the oxidation of the Ag^0 nuclei present on the mineral surface (Equation 12). The H_2S needed would be supplied by cathodic reaction represented by Equation 3.

At open circuit potential, where silver ion is expected undergo reduction, it is suggested that, in a first step, elemental silver is formed. Thus, the Ag^0 nuclei present on the mineral surface might be oxidized by the H_2S formed during arsenopyrite dissolution. Some steps of the interaction FeAsS/Ag^+ are suggested on Fig. 51. Kitaev and Ahukhovskaya [111], based on equilibrium solution chemistry considerations, assumed that the formation of Ag_2S films results from the reaction between Ag^+ ions and S^{2-} ions when the ionic product exceeds the solubility product $K_s \geq 1.6 \cdot 10^{-49}$. The authors indicate that the convenient total concentrations of metal for the deposition of Ag_2S films are in the range of 10^{-3} to 10^{-1} M.

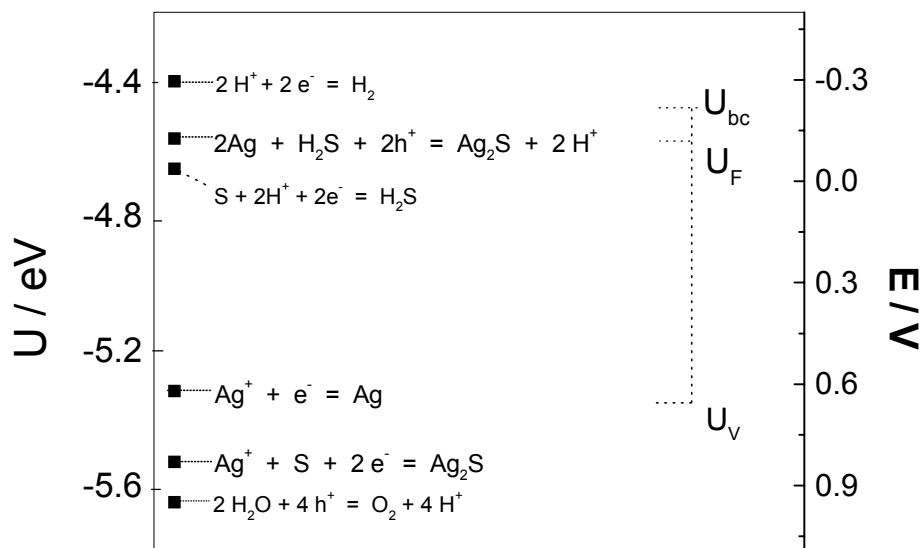


Fig. 50. Energy level diagram for the semiconductor/electrolyte interface. The potential of the conduction band (U_{bc}) was assumed to be 0.1 V more negative than the flatband potential (U_F). Potential quoted to SHE.

The possible scheme for FeAsS dissolution, suggested on Fig. 48, agrees with several observations reported by previous researchers [45-49] as the production of Fe(II), Fe(III), As(III), As(V), S, SO_4^{2-} and polysulfides during oxidation. The formation of As_2S_3 before S and SO_4^{2-} , foreseen in Tab. 8 is outlined in Fig. 50. The production of S is not limited to 50%, as it is to pyrite [67], which is consistent with the data obtained at 25°C and at 75°C [48, 49]. Considering the reactions proposed, the number of electrons per mol of mineral oxidized is 9, which is in agreement with Fernandez et al. results [49]. The presence of polysulfides, detected by other authors [49], may be due to the FeS_2 or the As_2S_3 oxidation.

The scheme of Fig. 51 also indicates that the amount of free silver present in the FeAsS surface is an important feature. With insufficient Ag^+ , the surface modification may be negligible, thus limiting the catalytic effect. The consumption of the H_2S formed during mineral decomposition should improve the arsenopyrite dissolution.

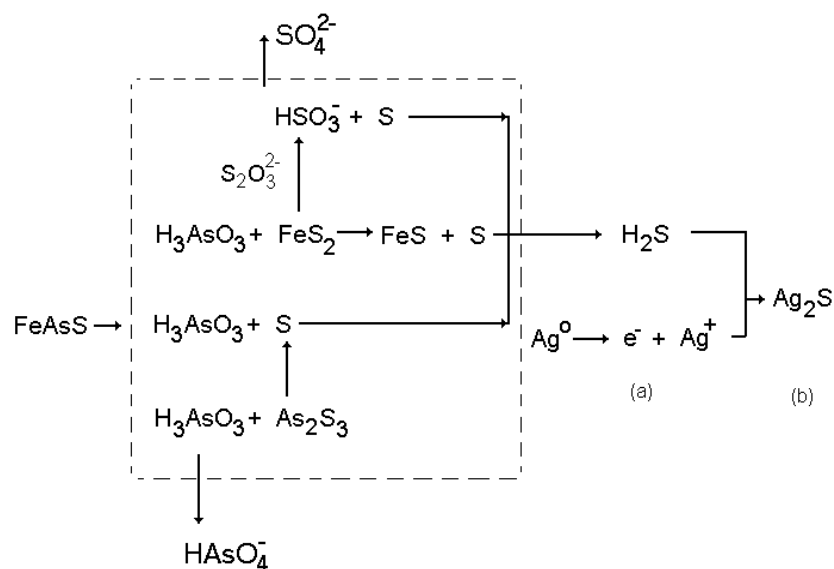


Fig. 51. Reaction scheme suggested for arsenopyrite oxidation at open circuit conditions: (a) interaction between metallic silver and S²⁻ ions at the surface (b) subsequent silver sulfide formation.

Silver sulfide deposits present two crystallographic habits: monoclinic acanthite (α -Ag₂S) and cubic argentite (β -Ag₂S). At temperatures lower than 200°C acanthite, which presents semiconducting behavior [112], is expected to be the stable phase formed [113, 114]. Therefore, there is a possibility that the optical properties of the film could also contribute to the enhancement of the mineral dissolution. However, this aspect requires more study.

Part 7. Characterization of catalysts for fuel cells

It is known the importance of fundamental research as the adequate a procedure to attain a good performance in fuel cells. The fundamental aspects studied emphasized the following areas: development of good electrocatalysts, development of adequate fuel and development of materials capable of operate under the required conditions. All the aspect must be approached under a multidisciplinary optic in order to reach positive results. In the present work two aspects will be shown. First of all, the advantages of the electrode construction procedure are shown as a direct and simple way to carry out the preliminary test of electrocatalysts evaluation. Also using the referred electrodes the preliminary exploration of an alternative fuel was carried out.

The development of catalysts with the objective of improving the performance and decrease costs of fuel cells has been one of the most important area of research. One of the limiting factors is the

insufficient catalytic activity of the catalyst. This affirmation is especially valid in anodes of methanol cells, since only few materials have promising properties, and all of them containing Pt. Much work referring to organic molecules oxidation, specifically methanol was carried out in last decades with the objective of finding a new catalyst composition presenting good activity and resistance to surface poisoning.

Nanodispersion of Pt on carbon support [115] has been the principal way to diminish cost. Recently, supports of conductor polymer have been successfully used. The introduction of other elements in the catalyst composition has increased the efficiency of methanol oxidation to CO_2 . These elements are including in catalyst composition as: alloys, electrodeposit onto Pt, ad-atoms on Pt, nanodispersed with Pt in a carbon matrix, or co-deposited with Pt. The "bifunctional mechanism" [116] justified the role of the added elements since they avoid or decrease the poisoning effect. The effect is explained in terms of different water adsorption potential onto the other element comparing with Pt. The water adsorption potential would be higher on Pt, compared to the value on the other element. M-OH species would form and they provide enough oxygen to generate CO_2 at potential values lower than in pure Pt. These oxygen-containing species are necessary to reach the complete intermediate oxidation and remove the poisons.

Methanol has been the most extensively studied alcohol, as a consequence of its useful properties. It is highly water-soluble and relatively easy to transport, manipulate and store. Moreover, the DMFC (direct methanol fuel cells) are the most promising with transportation applications [117]. However, methanol is toxic, inflammable, and presents low boiling point. The idea of using alcohols with longer carbon chains appears facing the problems of methanol. It seemed attracting taking into account the higher potential energetic content of larger alcohols. However, the catalyst has to present the capability of breaking the additional C-C bond (if compared to methanol). In this sense, addition of determined elements to catalyst improved its performance.

Ethanol, extracted from sugar fermentation, presents some problems to be solved related to kinetic limitations. It is promising in the Brazilian scope as it can be produced in great quantity and is already distributed at gas stations to fuel cars. However, neither the oxidation rate nor the overpotential values are advantageous for its use. In this way, only a deep knowledge of the adsorbed as well as intermediate species, including reaction pathway, rate constants, and the rate determining rate will enable the increase of the global reaction rate and the overpotential value decrease.

For the preliminary evaluation of whichever of the mentioned aspect, the electrochemical measurements are unavoidable. They provide results related to material electrocatalytic viability, faradaic efficiency, possible mechanisms, etc. The versatility of the electrode construction enables to

carry out all the preliminary tests, those to investigate the catalyst material activity and those related to fuel performance.

Electrocatalyst with Pt base (commercial E-tek, Pt nanodispersed in a carbon matrix): stabilized voltammogram scanned between the potential limits -0.18 V and 1.4 V at $\nu = 0.10\text{ V s}^{-1}$ (Fig. 52).

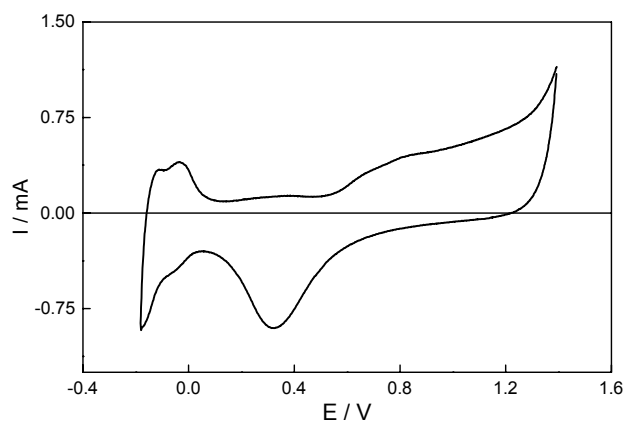


Fig. 52. CPfE stabilized voltammogram of the commercial E-tek, Pt nanodispersed in a carbon matrix, in H_2SO_4 medium. Potential quoted to Ag/AgCl.

It is observed that differently from the polycrystalline Pt. The region of double layer is not well defined. Studies revealed that this fact is due to adsorption of oxygen-containing species in the potential range. Hydrogen region is also poorly defined, maybe as a consequence of the low quantity of Pt in the catalyst composition.

Electrocatalyst with Pt and Ru (comercial E-tek, Pt and Ru nanodispersed on carbon support): stabilized voltammogram registerd between the potential limits -0.18 V and 1.0 V at $\nu = 0.10\text{ V s}^{-1}$ (Fig. 53).

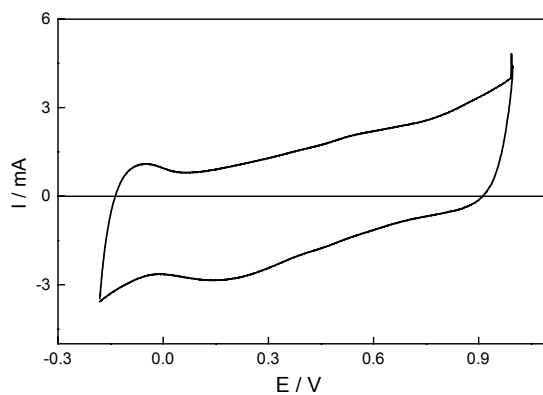


Fig. 53. CPfE stabilized voltammogram of comercial E-tek, Pt and Ru nanodispersed on carbon support, in H_2SO_4 medium. Potential quoted to Ag/AgCl.

An increase of current in the double layer region was already observed with Pt:Ru catalysts and it is due to formation of adsorbed oxygenated species [118].

7.1. Voltammetric measurements with methanol addition

Methanol oxidation involves 6 e⁻ and a molecule of H₂O:



The most important poison formed onto Pt surface as a product of the partial oxidation of methanol is CO. The global reaction, even being methanol a small alcohol, is quite complex and involves intermediaries as HCHO e HCOOH.

Electrocatalyst with Pt base (commercial E-tek, Pt nanodispersed in a carbon matrix) with methanol: voltammograms between the potential limits -0.18 V and 1.4 V at $\nu = 0.10 \text{ V s}^{-1}$ (Fig. 54). It is observed that the charge related to hydrogen adsorption decreases, fact indicative of methanol adsorption in the potential range. At positive potentials, two anodic peaks are evidenced, at other one during negative scan. The latter probably related to methanol adsorption at the already free sites.

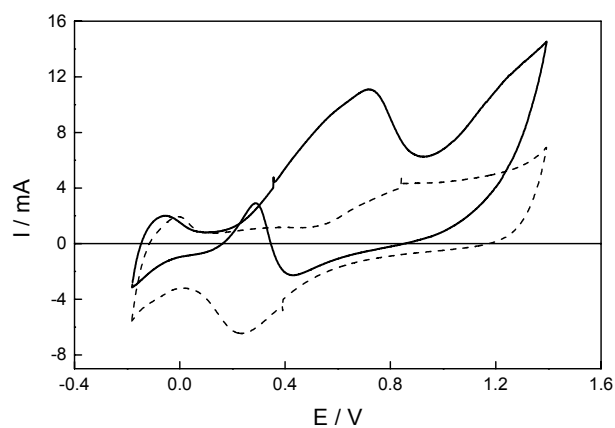


Fig. 54. CPfE stabilized voltammogram of the commercial E-tek, Pt nanodispersed in a carbon matrix (dashed line) in H₂SO₄ medium, and voltammogram of the third cycle with methanol addition (1M). Potential quoted to Ag/AgCl.

The strongly adsorbed species (poisons) are removed only at potentials higher than 0.7 V. The two peaks evidenced at the voltammograms are associated to different Pt species, present at the surface and that act as electrocatalysts.

Electrocatalyst with Pt and Ru (comercial E-tek, Pt and Ru nanodispersed on carbon support) with methanol: voltammograms between the limits -0.18 V and 1.0 V at $\nu = 0.10 \text{ V s}^{-1}$ (Fig. 55). Ru has been the preferred metal since it showed an increase in the electrocatalytic activity. However, discussion about the optimal Pt/Ru relation is still open

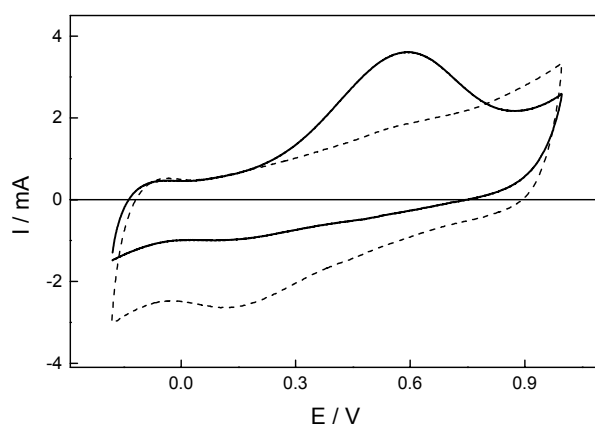


Fig. 55. CPfE stabilized voltammogram of comercial E-tek, Pt and Ru nanodispersed on carbon support (dashed line) in H_2SO_4 medium, and voltammogram of the third cycle with methanol addition (1M). Potential quoted to Ag/AgCl.

7.2. Voltammetric measurements with ethanol addition

Electrocatalyst with Pt base (commercial E-tek, Pt nanodispersed in a carbon matrix): the voltammogram is recorded after three scans between the potential limits -0.18 V and 1.4 V at $\nu = 0.10 \text{ V s}^{-1}$ (Fig. 56). The more evidenced changes are related with a decrease in the hydrogen region charge. This fact is an indicative of ethanol adsorption onto this potential region. At more positive potential values, two important anodic peaks appeared. During the scan towards negative potential, an anodic peak is depicted. It is established by DEMS that the first peak is consequence of the occurrence of ethanol total oxidation and the second one is related to partial oxidation [119]. The effect of Ru on the matri is evidenced on Fog. 57.

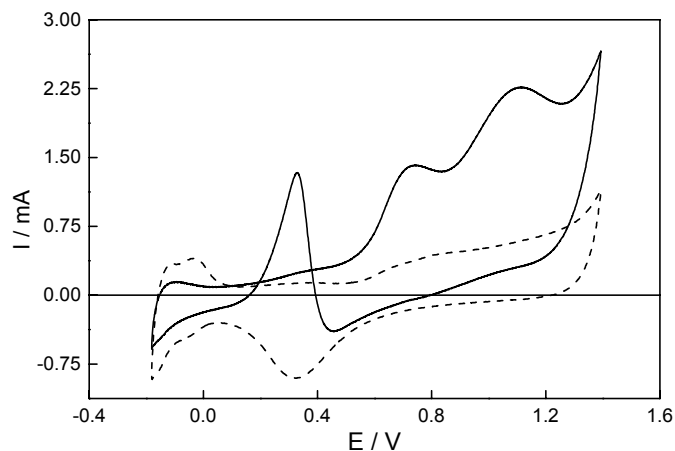


Fig. 56. CPfE stabilized voltammogram of the commercial E-tek, Pt nanodispersed in a carbon matrix (dashed line) in H₂SO₄ medium, and voltammogram of the third cycle with ethanol addition (1M). Potential quoted to Ag/AgCl.

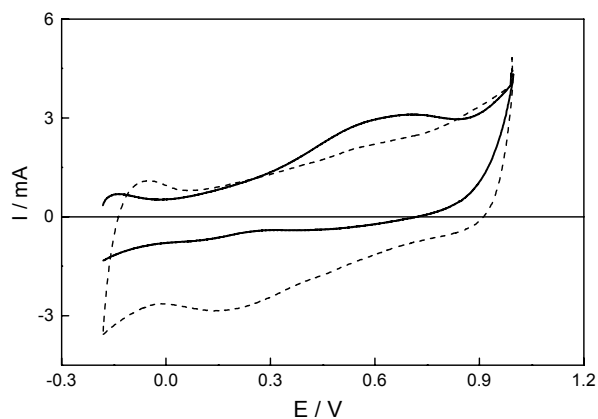


Fig. 57. CPfE stabilized voltammogram of commercial E-tek, Pt and Ru nanodispersed on carbon support (dashed line) in H₂SO₄ medium, and voltammogram of the third cycle with ethanol 1M. Potential quoted to Ag/AgCl.

Part 8. Concluding remarks

It was shown that CPfEs can reproduce and complement data obtained from conventional constructed compact crystal electrodes. Several examples were presented in order to illustrate the versatility of CPfEs and the possibility to extend the investigations with their use:

- (i) the electrochemical behavior of pyrite, pyrrhotite and arsenopyrite studied with CPfEs reproduced the data obtained from compact crystal samples
- (ii) the consequences of electrode preparation were investigated and the surface oxides formed were detected and identified
- (iii) the electrochemical behavior of mineral mixtures studied with CPfEs revealed that the conclusions taken from the classical approach using single massive specimens can not be extrapolated to multi-mineral ores found in nature
- (iv) the CPfEs allowed the investigation of galvanic contact between particles
- (v) the adsorption of metal ions, with the scope of improving hydrometallurgical processes or for retaining or recuperating metal wastes, was investigated. The results were in accordance with that obtained from compact crystal samples and complementary information could be achieved, such as the influence of cleavage on silver deposition on arsenopyrite particles
- (vi) the semiconducting properties of solid samples were also studied employing photoelectrochemical and capacitance measurements. The results obtained from CPfEs with pyrite reproduced that found in literature. It was also possible to determine the flat band potential of the mineral covered by oxides/hydroxides and, principally, the variation of the flat band potential as function of the CPfEs composition.
- (vii) the use of semiconducting properties for interpreting metal ions adsorption on the CPfEs surfaces was also investigated reinforcing the conclusions obtained from cyclic voltammetry experiments
- (viii) finally, CPfEs were used to evaluate electrocatalysts for fuel cells in a direct and simple way. Preliminary tests for exploration of an alternative fuel was carried out and the results reproduced that found in literature.

CPfEs show a number of advantages as low cost, easy construction, versatility for the use of ground minerals, mineral mixtures, metal deposition, that is, it offers the possibility to study the response of a several insoluble, but electroactive, substances.

References

- [1] T. Kuwana and W. G. French, *Anal. Chem.* 36 (1964) 241.
- [2] I. Lázaro, R. Cruz, I. Gonzalez and M. Monroy, *Int. J. Miner. Process.*, 50 (1997) 63.
- [3] I. Lázaro, R. Cruz, I. Gonzalez and M. Monroy, *J. Electrochem. Soc.*, 144 (1997) 4128.
- [4] K. R. Rogers, J. Y. Becker, J. Cembrano and S. H. Chough, *Talanta*, 54 (2001) 1059.
- [5] T. Grygar, F. Marken, U. Schröder and F. Scholz, *Collect. Czech. Chem. Commun.*, 67 (2002) 163.
- [6] A. Adriamanana and M. Lamache, *Electrochim. Acta*, 28 (1983) 177.
- [7] M. M. Lecuire, *J. Electroanal. Chem. Interfacial Electrochem.* 66 (1975) 195.
- [8] F. Scholz, L. Nitschke and G. Henrion, *Naturwissenschaften*, 76 (1989) 71.

- [9] M. O. Schrenk, K. J. Edwards, R. M. Goodman, R. J. Hamers and J. Banfield, *Science*, 279 (1998) 1519.
- [10] R. T. Lowson, *Chem. Rev.*, 82 (1982) 461.
- [11] M. J. V. Beattie and G. W. Poling, *Int. J. Miner. Process.*, 20 (1987) 87.
- [12] E. Alberg, K. S. E. Fossberg and X. Wang, *J. Appl. Electrochem.*, 20 (1990) 1033.
- [13] B. F. Giannetti, S.H. Bonilla, C.F. Zinola and T. Rabóczkay, *Hydrometallurgy*, 60 (2001) 41.
- [14] C. Hamilton and R. Woods, *J Electroanal Chem*, 118 (1981) 327.
- [15] C.M.V.B Almeida and B.F. Giannetti, *J.Solid State Electrochemistry*, 6 (200) 111.
- [16] Y. Ramprakash, D.F.A. Koch and R. Woods *J Appl Electrochem.* 21(1991) 531.
- [17] N. Buckley and R. Woods, *Appl. Surf. Sci.*, 27 (1987) 437.
- [18] O. Leclerc and D. Bauer, *Analisis*, 18 (1990) 278.
- [19] Q.Yin, G. H.Kelsall, D. J.Vaughan and N. J. Welham, *J. Colloid. Interf. Sci.*, 210 (1999) 375.
- [20] R. E.Meyer, *J. Electroanal. Chem.*, 101(1) (1979) 59.
- [21] E. Ahlberg and A. E. Broo, *Int. J. Miner. Process.*, 47 (1996) 33.
- [22] E. Ahlberg and A. E. Broo, *J. Electrochem. Soc.* 144 (1997) 1281.
- [23] G. H.Kelsall, Q.Yin, D. J.Vaughan, K. E. R. England and N. P. Brandon, *J. Electroanal. Chem.*, 471 (1999) 116.
- [24] V. Toniazzo, C. Mustin, J. M. Portal, B. Humbert, R. Benoit and R. Erre, *Appl. Surf. Sci.*, 143 (1999) 229.
- [25] S.W. Knipe, J.R. Mycroft, A.R. Pratt, H.W. Nesbitt and G. M. Bancroft, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 59 (1995)1079.
- [26] H. W. Nesbitt and I. J. Muir, *Geochim. Cosmochim. Acta* 58 (1994) 4677.
- [27] J.R. Mycroft, G.M. Bancroft, N.S. McIntyre, J.W.Lorimer and I.R. Hill, *J. Electroanal. Chem.*, 292 (1990) 139.
- [28] S.B.Turcotte, R.E. Benner, A.M. Riley, J.Li, M.E. Wadsworth and D.M. Bodily, *J. Electroanal. Chem.*, 347 (1993)195.
- [29] F. K. Crudwell, *Hydrometallurgy*, 21 (1988) 155.
- [30] D. Wei and K. Osseo-Asare, *J. Electrochem. Soc.*, 144 (1997) 546.
- [31] K.A. Radyushkina, V.E. Vigdergauz, M.R. Tarasevich and V.A. Chanturiya, *Élektrokimiya*, 22 (1986) 1394.
- [32] N. I. Podobaev and A. N. Kozlov, *Zach. Metallov* 21 (1985) 902.
- [33] T. A. Orlova, V. M. Stupnikov and A. L. Krestan, *Zhur. Prikl. Khim.*, 61 (1988) 2172.
- [34] Y. Milhlin, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2 (2000) 5672.
- [35] A. R. Pratt, I. J. Muir and H. W. Nesbitt, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 58 (1994) 827.
- [36] C. F. Jones, S. LeCount, R. St.C. Smart and T. J. White, *Appl. Surf. Sci.* 55 (1992) 65.
- [37] A. N. Buckley and R. Woods, *Appl. Surf. Sci.*, 22/23 (1985) 280.
- [38] Y. Milhlin, V. Varnek, I. Asanov, Y. Tomashevich, A. Okotrub, A. Livshits G. Selyutin and G. Pashkov, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2 (2000) 4393.
- [39] R. L. Paul, M. J. Nicol, J. W. Diggle and A. P. Saunders, *Electrochim. Acta*, 23 (1978) 625.
- [40] R.J. Biernat and R.G. Robins, *Electrochim. Acta*, 17 (1972) 1261.
- [41] A. N. Buckley and R. Woods, *Appl. Surf. Sci.* 20 (1985) 472.
- [42] T. N. Angelidis and K. A. Kydros, *Hydrometallurgy*, 37 (1995) 75.
- [43] K. A. Kydros and K. A. Matis, *Can. Met. Q.*, 34 (1995) 15.
- [44] V. Sanchez and J. B. Hiskey, *Met. Trans. B.*, 19 (1988) 943.
- [45] X. H. Wang, E. Ahlberg and K. S. E. Fossberg, *J. Appl. Electrochem.*, 22 (1992) 1095.
- [46] G. M. Kostina and A. S. Chernyak, *J. Appl. Chem. URSS*, 49 (1976) 1566.
- [47] G. K. Sisenov, V. A. Bogdanowskaya and M. R. Tarasevich, *Soviet Electrochem.*, 24 (1988) 729.
- [48] P. G. Fernandez, H. G. Linge and M. W. Wadsley, *J. Appl. Electrochem.*, 26 (1996) 575.
- [49] P. G. Fernandez, H. G. Linge and M. W. Wadsley, *J. Appl. Electrochem.*, 26 (1996) 585.
- [50] H. K. Lin and Z. M. Zheng, *Hydrometallurgy*, 42 (1996) 411.
- [51] M. T. Mouhandess, F. Chassagneux and O.Vittori, *J. Electroanal. Chem.*, 131 (1982) 367.
- [52] A. N. Buckley, H. J. Wouterlood and R. Woods, *J. Appl. Electrochem.*, 19 (1989) 744.
- [53] M. J. A. Vreugde, PhD Thesis, University of British Columbia, Canada, 1982.
- [54] B. W. Vink, *Chem. Geol.*, 130 (1996) 21.
- [55] A. Vogel, "Química Analítica Qualitativa", Ed. Kapeluz, Buenos Aires, 1983, p. 277.
- [56] M. F. Legke and R. N. Tempel, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 65 (2001) 2241.
- [57] J. M. Ballantine and J. N. Moore, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52 (1988) 475.
- [58] H. C. Heinrich and P. J. Eadington, *Econ. Geol.*, 81 (1986) 511.
- [59] G. Pokrovski, R. Gart, J. Schott, A. Zotov and J. C. Harrichoury, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60 (1996) 737.
- [60] J. K. Myoung, J. Nriagu and S. Haak, *Environ. Sci. Technol.*, 34 (2000) 3094.
- [61] J. D. Dana, "Manual de Mineralogia", Livros Técnicos e Científicos Editora, São Paulo, 1970.
- [62] Z.Xu and J.A Finch, *Trans. IMM, Sect. C*, 105 (1996) 197.
- [63] Q. Zhang, Z. Xu, V. Bozkurt and J. A. Finch, *Int. J. Miner. Process.*, 52 (1997) 187.
- [64] W. J. Trahar, G. D. Senior and L. K. Shannon, *Int. J. Miner. Process.* 40 (1994) 287.
- [65] C.M.V.B. Almeida and B.F. Giannetti, *Electrochem. Comm.*, 4 (2002) 985.
- [66] J. R. Flatt and R. Woods, *J. Appl. Electrochem.* 25 (1995) 852.
- [67] K. K. Mishra and K. Osseo-Asare, *J. Electrochem. Soc.*, 135 (1988) 2502-2509.
- [68] T. J. Harvey and W. T. Yen, *Minerals Engineering*, 11 (1998) 1.

- [69] P. R. Holmes and F. K. Crundwell, *Hydrometallurgy* 39 (1995) 353.
- [70] F. Jonhston and L. J. Mcamish, *Colloid Interface Sci.*, 42 (1973) 112.
- [71] J. D. Miller and H. Q. Portillo, "Mineral Processing", Elsevier, 1981, New York, p. 851.
- [72] J. S. Niederkorn, *J. Met.*, 37 (1985) 53.
- [73] J. B. Hiskey, P. P. Phule and M. D. Pritzker, *Met. Trans. B.*, 18 (1987) 641.
- [74] J. B. Hiskey and M. D. Pritzker, *J. Appl. Electrochem.*, 18 (1988) 484.
- [75] L. M. Maddox, G. M. Bancroft and J. W. Lorimer, *J. Appl. Electrochem.*, 26 (1996) 1185.
- [76] J. A. Muñoz, C. Gomez, A. Ballester, M. L. Blásquez, F. Gonzalez and M. Figueroa, *J. Appl. Electrochem.*, 28 (1998) 49.
- [77] J. A. Martín-Gago, E. Román, M. Blásquez, C. Quintana and L. Vásquez, *Langmuir*, 13 (1997) 3355.
- [78] E. Kuzeci and R. Kammel, *Erzmetall*, 41 (1981) 327.
- [79] D. W. Price, G. W. Warren and B. Drowen, *J. Appl. Electrochem.*, 16 (1986) 719.
- [80] National Materials Advisory Board Report, *J. Metals*, 22(1970) 28.
- [81] W. C. Pfeiffer and L. D. Lacerda, *Environ. Technol. Lett.*, 9 (1988) 325.
- [82] L. D. Lacerda, W. C. Pfeiffer, A. T. Ott and E. G. Silveira, *Biotropica.*, 21 (1989) 91.
- [83] J. M. Wood, F. S. Kennedy and C. G. Rosen, *Nature*, 220 (1968) 173.
- [84] M. Fujiki and S. Tajima, *Water Sci. Technol.*, 25 (1992) 133.
- [85] H. Rustam, *Brain*, 97 (1974) 499.
- [86] J. Long, *Chem. Eng. News.*, 75 (1997) 11.
- [87] M. Perdicakis, N. Grosselin and J. Bessière, *Anal. Chim. Acta*, 385 (1999) 467.
- [88] A. Ennaoui, S. Fietcher, W. Jagerman and H. Tributsch, *J. Electrochem. Soc.*, 133 (1986) 97.
- [89] T. Shuey, *Semiconducting Ore Minerals*, Elsevier, New York, 1975.
- [90] G. H. Kelsall, Q. Yin and D. J. Vaughan, *ECS Meeting Abstracts*, MA96-1, 1996, p. 918
- [91] W. W. Gärtner, *Phys. Rev.*, 116 (1959) 84.
- [92] H. Tributsh, "Modern Aspects of Electrochemistry", Vol. 17, B. E. Conway and R. G. White Eds., Plenum Press, New York, 1986, p. 303.
- [93] R.E. Meyer, *J. Electroanal. Chem.*, 101(1979)59
- [94] E. Peters and H. Majima, *Can. Metall. Q.*, 7 (1968) 111
- [95] K. Wei and K. Osseo-Asare, *J. Electrochem. Soc.*, 143 (1996) 3192
- [96] M. Mitchel and R. Woods, *Aust. J. Chem.*, 3 (1978) 27
- [97] M. Meticos-Hükovic, *Electrochim. Acta*, 26 (1981) 989.
- [98] W. Jagerman and H. Tributsch, *J. Appl. Electrochem.*, 13 (1983) 743.
- [99] E. Husk and M. S. Seehra, *Sol. State Commun.*, 27 (1978) 1147
- [100] A. Ennaoui and H. Tributsch, *Solar Energy Materials*, 14 (1986) 461.
- [101] F. K. Crundwell, *Hydrometallurgy*, 21 (1988) 155.
- [102] C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti, *J. Electroanal. Chem.*, 553C (2003) 27.
- [103] C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti, *Portugaliae Electrochim. Acta*, 21 (2003) 201.
- [104] H. Tributsch and J. C. Bennet, *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 31 (1981) 627.
- [105] I. Y. Pleskov and V. A. Myamlin, "Electrochemistry of Semiconductors", Plenum Press, New York, 1967.
- [106] E. I. Parkomenko, "Electrical Properties of Rocks", Plenum Press, New York, 1967.
- [107] U. Stimming, *Electrochim. Acta*, 31 (1986) 415.
- [108] A. F. Wells, "Structural Inorganis Chemistry", Clarendon Press, Oxford, 1987.
- [109] K.J. Edwards, P.L. Bond, G.K. Druschel, M.M. McGuire, R. J. Hamers and J. F. Banfield, *Chem. Geol.*, 169 (2000) 169.
- [110] M. M. MacGuire, K. J. Edwards, J. F. Banfield and R. J. Hamers, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 65 (2001) 1243.
- [111] G. A. Kitaev and A. S. Ahukhovskaya, *Russ. J. Phys. Chem.*, 49 (1975) 275.
- [112] H. Meherzi-Maghraoui, M. Dachraoui, S. Belgacem, K. D. Buhre, R. Kunst, P. Cowache, and D. Lincot, *Thin Solid Films*, 228 (1996) 217.
- [113] L. Ramsdell, *Am. Miner.*, 10 (1925) 281.
- [114] G. P. Power, I. M. Ritchie and M. T. Wylie, *Electrochim. Acta*, 26 (1981) 1633.
- [115] B.C.H. Steele and A. Heinzl, *Nature*, 414 (2001) 345.
- [116] M. Watanabe and S. Motoo, *J. Electroanal. Chem.*, 69 (1976) 429.
- [117] R.E. Melnick and G.T.R. Palmore, *J. Phys. Chem. B*, 105 (2001) 1012.
- [118] A. Oliveira Neto, J. Perez. W.T. Napporn, E.A. Ticianelli and E.R. Gonzalez, *J. Braz. Chem. Soc.*, 11(1) (2000) 39.
- [119] V. Schmidt, R. Ianniello, E. Pastor and S. Gonzalez, *J. Phys. Chem.*, 100 (1996) 17901.

Capítulo de Livro.

C. M. V. B. Almeida, S. H. Bonilla and B. F. Giannetti* : " The versatile carbon paraffin electrodes (CPfEs): Applications from natural minerals to fuel cell catalysts", in: *Progress in Electrochemical Research (London, England)*: 2005, v. 1, ISBN 8-688-59874-1.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

Avaliação ambiental e diagrama triangular: estudo de sistema operacional alternativo para a distribuição de chapas de aço

C. M. V. B. Almeida, S. N. Bueno; F. A. Barrella e B. F. Giannetti
LaFTA – Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada,
Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista,
R. Dr. Bacelar 1212, Cep 04026-002, São Paulo, Brazil

Resumo

Neste trabalho empregou-se a análise de emergia e a ferramenta do diagrama triangular para avaliar o desempenho de um sistema operacional alternativo para a distribuição de chapas de aço. O processo convencional de distribuição é comparado a um sistema que inclui a coleta de sucata. Os dados empregados nas simulações são hipotéticos. Contudo isto não invalida as conclusões obtidas. A metodologia permite determinar o valor da emergia total do sistema ($3,63E+17$ seJ) e calcular as energias específicas de cada processo. A emergia investida para recuperar 1 kg de aço ($1,21E+13$ seJ/kg) é maior que a necessária para fabricar 1 kg de aço ($4,13E+12$ seJ/kg), o que indica que o sistema de coleta simulado utiliza mais recursos na recuperação do que os recursos necessários para fabricar a mesma quantidade de aço. Para a obtenção de benefícios seria necessário aumentar a quantidade de sucata recuperada em no mínimo cinco vezes, sem investir em bens e serviços. O cálculo de indicadores de sustentabilidade para o sistema operacional proposto indica que somente será possível manter a distribuição de chapas de aço combinada à coleta de sucata por longo prazo, com benefício ambiental e eficiência econômica, se a quantidade de sucata recuperada for aumentada em dez vezes. Do exemplo empregado é possível mostrar a aplicação da metodologia emergética e o uso do diagrama triangular como ferramentas de avaliação ambiental.

Palavras Chaves: recuperação de sucata, aço, emergia, diagrama triangular, benefícios ambientais e econômicos.

1. Introdução

A mudança de atitude das empresas em relação ao meio ambiente teve início nas áreas de produção e operação onde há grandes oportunidades para reduzir o impacto de processos (SARKIS, 1995 e SHEN, 1995). Entretanto, a exploração de novas alternativas de operação que visam diminuir impactos ambientais dos processos produtivos ou para modificar os existentes exige investimento de capital e inclui novos desafios nas tomadas de decisão.

A comparação entre processos alternativos pode delinear as vantagens econômicas e ambientais dos mesmos. Na década de 90, as abordagens dividiram-se em duas vertentes. Na primeira, o ambiente foi tomado como um desafio para a indústria e o tratamento de resíduos foi considerado como um custo adicional a ser agregado ao preço do produto (SHARMA e VREDENBURG, 1998 e WALLEY e WHITEHEAD, 1994). Na segunda, considerou-se que a relação ambiente-empresa, baseada em um gerenciamento ambiental efetivo, é capaz de trazer melhorias tanto para o ambiente como para a competitividade da empresa (SHEN, 1995; PORTER, 1995 e HART, 1995).

Neste contexto, começou-se a utilizar a análise financeira tradicional como critério para tomadas de decisão de caráter ambiental. Entretanto, este tipo de análise não tem ferramentas para contabilizar benefícios e custos intangíveis. Não há como estabelecer um valor monetário para parâmetros como o valor de uma reserva natural ou o custo da absorção de poluentes pelo ambiente. É, portanto, incoerente estabelecer a análise financeira como ferramenta para avaliar ganhos ou perdas ambientais, especialmente se a empresa tiver incluído a proteção ao ambiente entre suas estratégias de competitividade.

A avaliação ambiental com base na emergia leva em conta a taxa de exploração de reservas naturais, o uso eficiente destas reservas e a capacidade de suporte do meio ambiente (ODUM, 1996). Os indicadores que resultam desta análise refletem tanto a contribuição do sistema econômico como a do meio ambiente (BROWN e ULGIATI, 2002). Estes indicadores são utilizados para avaliar as relações entre componentes do sistema produtivo e as reservas utilizadas para a obtenção do produto de interesse; dependem da fração de insumos renováveis e não renováveis e consideram os insumos disponíveis localmente e aqueles importados de fora do sistema. Obtém-se, desta forma, informações valiosas sobre o desenvolvimento e a operação dos sistemas produtivos, levando em conta a capacidade de carga do ambiente. Pode-se ainda avaliar a eficiência termodinâmica do sistema, a qualidade dos fluxos de entrada e saída do sistema de produção e especialmente a interação entre o sistema e o ambiente em que este está inserido.

Desde a sua introdução a análise emergética nos processos produtivos (ODUM, 1996) tem-se tornado cada vez mais importante no cenário mundial, sendo hoje estudada nas mais variadas instituições de pesquisa, quer sejam acadêmicas quer sejam dos setores industriais ou governos. Encontram-se aplicações em vários setores, como na produção de energia elétrica (BROWN e ULGIATI, 2002; ULGIATI e BROWN, 2002; ODUM e PETERSON, 1996; ODUM, 2000 e BJÖRKLUND et al., 2001), no tratamento de água (GEBER e BJÖRKUND, 2001 e MARTIN, 2002), na fabricação de papel e celulose (LOPES et al., 2003), na produção agrícola (LEFROY e RYDBERG, 2003 e PANZIERI et al., 2000), no desenvolvimento urbano (SHU-LI e WAN-LIN., 2003; SHU-LI, 1998 e HOWINGTON et al., 1997), nas relações com a economia tradicional (HORNBERG, 1998; CLEVELAND et al., 2000; TON et al., 1998 e BROWN e ULGIATI, 1997), entre outras.

Para diferentes setores e processos, novos índices e abordagens têm sido propostos (ULGIATI et al., 1995; POPP et al., 2001, MANOLIADIS, 2002; RONCHI et al., 2002; BARRERA e SALDÍVAR, 2002; SPANGENBERG, 2002 e SEAGER e THEIS, 2002) expandindo o alcance da análise emergética, mas ao mesmo tempo gerando uma maior complexidade analítica. Neste contexto, o uso de uma ferramenta gráfica pode, não só auxiliar a interpretação dos dados, mas também facilitar comparações e complementar os modelos hoje empregados para a tomada de decisão (GIANNETTI et al., 2004 a e b). Introduzindo a possibilidade de simular ações, como o aumento de investimento ou a troca de matéria prima, e prever os possíveis impactos ambientais gerados por estas ações.

Neste trabalho, considera-se que um gerenciamento ambiental efetivo é capaz de trazer melhorias tanto para o ambiente como para a competitividade da empresa. Com a utilização da análise de emergia, um novo sistema operacional aplicado a uma distribuidora de ferro e aço é avaliado. Os resultados obtidos são avaliados com o auxílio de uma ferramenta gráfica desenvolvida para este fim.

1.1. O sistema em estudo

A empresa hipotética é uma distribuidora que compra aço diretamente de uma grande siderúrgica e distribui chapas de aço para metalúrgicas e empresas no ramo de ferro e aço em geral. Admite-se que a siderúrgica e a distribuidora estabeleceram um acordo segundo o qual a distribuidora retorna à siderúrgica duas toneladas de sucata para cada tonelada retirada de material. Por outro lado, a distribuidora estabelece uma parceria com seus clientes a fim de garantir um estoque de sucata. Para cada tonelada fornecida de material pela distribuidora, os clientes devem

retornar quatro toneladas em sucata (Fig. 1). Supõe-se que alguns clientes preferem manter-se no antigo sistema e, desta forma, a distribuidora conta com dois tipos de clientes: com e sem troca de sucata. Para atender os clientes que optaram pela troca de sucata, a distribuidora implanta a infraestrutura necessária, incluindo a produção de caçambas, a contratação de mão de obra especializada temporária e compra de caminhões para o transporte das caçambas.

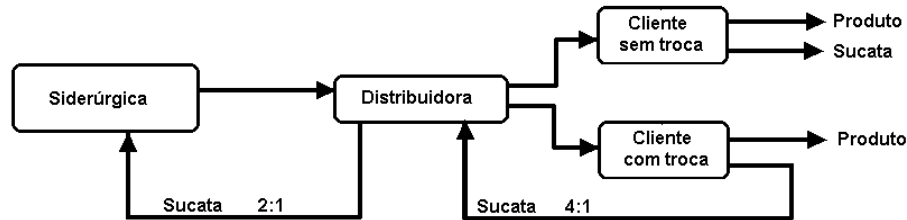


Fig. 1. Fluxograma da distribuição de chapas de aço.

1.2. Ferramenta gráfica para análise dos resultados

A ferramenta gráfica empregada baseia-se no diagrama triangular, que é definido como um sistema de coordenadas a partir de um triângulo equilátero cuja altura é igual à unidade. Cada uma das alturas é associada a uma das variáveis, conforme apresentado na figura 2a. Assim, um ponto qualquer inscrito no triângulo, pode ser definido a partir de um conjunto de três valores de coordenadas. Uma importante propriedade dos diagramas é que a soma das coordenadas triangulares das variáveis é igual à altura do triângulo (Fig. 2b). Uma segunda propriedade se refere à combinação de sistemas. Quando combinamos dois sistemas, cujas composições são representadas pelos pontos P e Q (Fig. 2c) a composição da mistura resultante será representada por um ponto X sobre o segmento PQ. Finalmente, outra propriedade importante é que todos os sistemas representados pelos pontos de uma linha que passa por um dos vértices do triângulo possuem dois de seus componentes na mesma razão (Fig. 2d). Uma descrição detalhada da ferramenta pode ser encontrada em (GIANNETTI et al, 2004 a e b)

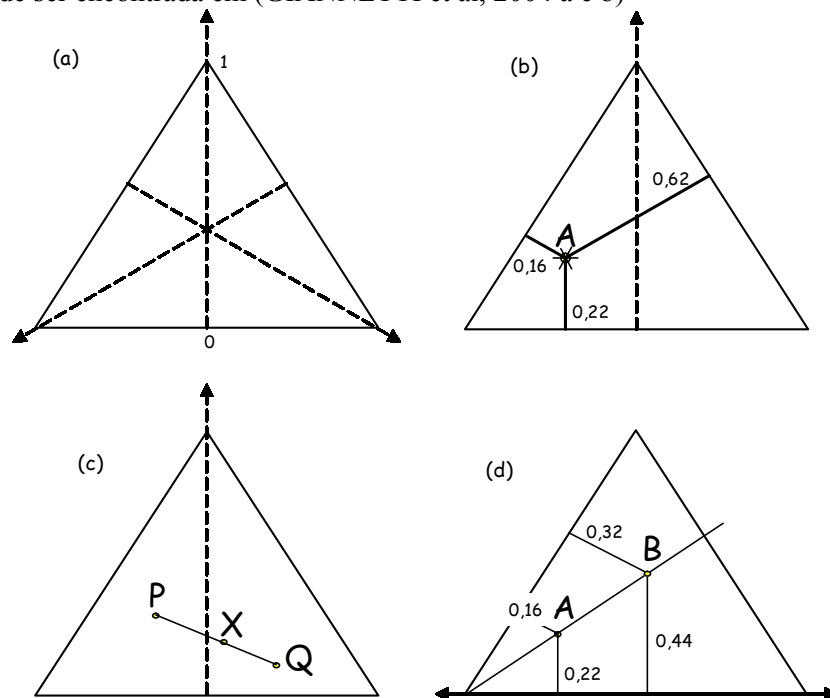


Figura 2 - Diagrama Triangular, representação de : (a) sistema de coordenadas triangulares. (b) propriedade soma das coordenadas. (c) propriedade da combinação de sistemas. (d) propriedade da proporcionalidade.

2. Metodologia

A análise do novo sistema operacional para a comercialização de chapas de aço foi conduzida com base no cálculo da energia dos dois sistemas, comparando-se o uso dos recursos utilizados direta ou indiretamente na obtenção do serviço de distribuição, com e sem troca de sucata.

2.1. Energia e Indicadores

Energia pode ser definida como a *memória da energia* ou a energia total incorporada em um produto, processo ou serviço. É a quantidade de energia necessária, de forma direta ou indireta, para obter um produto (bem ou serviço) em um determinado processo, sendo sua unidade expressa em seJ (joule de energia solar). O uso de uma única unidade para a qual são convertidos os diversos tipos de energia permite somar todas as contribuições de energia utilizadas para a obtenção de um determinado produto ou serviço. Define-se a transformidade como a quantidade de energia solar empregada, diretamente e/ou indiretamente, na obtenção de um joule de um determinado produto (bem ou serviço), sendo sua unidade expressa em seJ/J (joule de energia solar por Joule). A transformidade fornece uma medida da concentração de energia e pode ser considerada como um indicador de qualidade. Os valores de energia e transformidade dependem do material e da energia utilizados nas diversas etapas necessárias para a obtenção do produto ou serviço e, por este motivo, variam de acordo com a matéria prima selecionada, com o tipo de energia empregado na produção e com a eficiência do sistema produtivo.

As fontes de recursos que compõem qualquer processo podem ser divididas em três classes: renováveis, não renováveis e provenientes da economia. Na figura 3 observa-se que fluxos de entrada em um sistema de produção são divididos em reservas não-renováveis (N), serviços e produtos do ambiente renováveis (R) e fluxos provenientes da economia (F). Os recursos renováveis (R) são retirados do ambiente e, como, o próprio nome diz, tem a capacidade de renovação temporal e espacial mais rápida que o seu consumo. Encontram-se dentro dessa classe a energia solar, dos ventos, da chuva, etc. Os recursos não renováveis (N) são armazenados na natureza, porém seu consumo é mais rápido do que a sua capacidade de renovação. Dentro dessa classe se encontram fontes de recursos como carvão, petróleo, florestas, água potável, etc. Os recursos pagos – vindos da economia (F) são associados a bens e serviços ou a recursos provenientes de outras regiões fora dos limites do sistema estudado. A figura 2 mostra um diagrama simplificado em que são identificados os fluxos de entrada R, N e F e o fluxo de saída do produto Y.

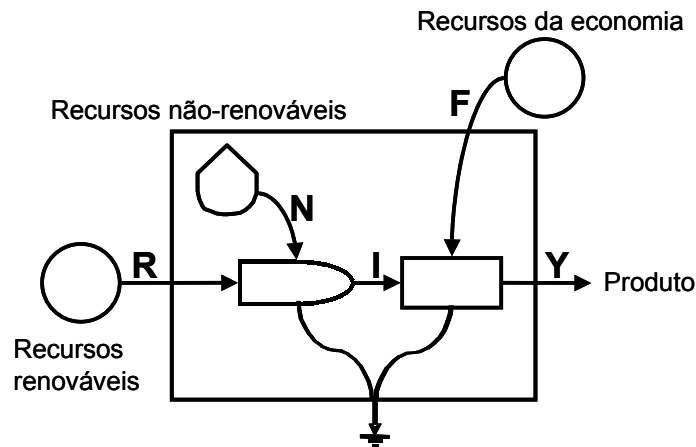


Figura 3 - Diagrama de fluxos de energia, onde aparecem os fluxos de entrada de recursos renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F) e o fluxo de saída do produto (Y).

Os fluxos de recursos identificados na figura 3 permitem calcular diferentes índices que, por sua vez, podem ser de grande utilidade para analisar ou monitorar um sistema (Tab. 1).

Tab. 1. Indicadores calculados a partir da análise de energia

Indicador	Cálculo	Significado
EYR	$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{R + N + F}{F}$	O rendimento energético reflete a habilidade do processo de utilizar recursos locais
EIR	$EIR = \frac{F}{N + R}$	O investimento energético é a relação entre a energia fornecida pelo sistema econômico e a fornecida diretamente pelo meio ambiente ao sistema estudado
ELR	$ELR = \frac{N + F}{R}$	O índice de carga ambiental mostra o balanço entre os investimentos locais renováveis e não renováveis. Um valor alto de ELR pode indicar um estresse de utilização dos recursos renováveis locais
SI	$SI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{Y}{F}}{\frac{N+F}{R}}$	O índice de sustentabilidade associa a maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (impacto), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos locais.
%R	$\%R = \frac{R \times 100}{R + N + F} = \frac{R \times 100}{Y}$	O percentual de energia renovável é a parcela de energia total processada de um determinado sistema que provém de fontes de recursos renováveis

2.2. Características do sistema

Setores industriais que se posicionam entre as indústrias de extração primária, como a mineração e a produção de energia, têm bem definidas as fontes de recursos que utilizam diretamente. Entretanto, à medida que o setor se posiciona na cadeia produtiva nas proximidades do consumidor ou do descarte de materiais, a determinação das fontes de recursos fornecidas pela natureza torna-se mais complexa e é contabilizada, de forma indireta, por meio da transformidade.

No setor de serviços, por exemplo, a maior parte dos recursos utilizados é de natureza não renovável ou proveniente da economia, como os combustíveis e a mão de obra utilizada, o que inviabiliza o cálculo de alguns indicadores tradicionais da análise de energia, como o ELR. Avançando na cadeia, há ainda setores voltados à reciclagem de materiais e ao tratamento de efluentes. O descarte e a reciclagem de materiais necessitam de investimentos, tanto econômicos como de recursos fornecidos pelo ambiente. Quando se faz a análise de energia destes setores, deve-se considerar que a energia investida deve ser associada a uma contribuição aos serviços da natureza, já que na ausência destes processos, todo o resíduo produzido seria descartado no ambiente, causando considerável impacto ambiental.

No caso analisado, são consideradas as etapas de implantação e operação, ou seja, os recursos diretos e indiretos empregados em cada fase. Admite-se o período de um ano de operação. Para a fase de implantação do sistema de troca, com depreciação da infra-estrutura e dos equipamentos de acordo com a tabela do imposto de renda. Desta forma, estabeleceu-se a depreciação do concreto em 25 anos, dos equipamentos e instalações em 10 anos e dos veículos de transporte em 7 anos. Os valores das transformidades dos recursos utilizados foram retirados da literatura, como mostra o anexo a este texto (Tab. 2).

Neste caso, como a contribuição direta de recursos renováveis é muito pequena, foram calculados os índices EYR e EIR, relacionados ao desempenho econômico do sistema. Para a valoração da contribuição do novo sistema operacional ao meio ambiente, determinou-se a quantidade de energia economizada devido à utilização de sucata em relação à produção da mesma quantidade pela usina. Foram admitidos valores médios mensais dos fluxos de entrada e saída de dentro da empresa (ver Tab. 3).

Tab. 2. Transformidades e energias por massa utilizada no estudo.

Item	Transformidade ou energia/massa	Unidade	Referências
Chapas de ferro	4,13E+09	g	BROWN e BURANAKARN, 2003
Eletrodo/Arame de soldagem	1,78E+15	t	Odum, 1996
Máquinas e caminhões	6,70E+09	g	ULGIATI et al,1994
Propano	4,8E+04	J	Odum, 1996
Oxigênio	5,16E+07	g	BROWN e ULGIATI, 2002
Tinner	3,80E+08	g	BROWN e ULGIATI, 2002
Tinta sintética	1,50E+09	g	BROWN e ULGIATI, 2002
Mão de obra	7,38E+06	J	ULGIATI et al,1994
Energia elétrica	1,85E+05	J	BROWN e ULGIATI, 2002
Água	6,85E+11	m ³	BUENFII, 2001
Combustível	6,60E+04	J	ULGIATI e BROWN, 2002

Na fase de operação do projeto, os recursos diretos e indiretos foram alocados de acordo com a média do fluxo de entrada e saída de materiais para cada cliente, com e sem troca de sucata. Parte dos recursos foram divididos em 33 % aos clientes com troca e 67 % aos clientes sem troca (ver Tab. 3).

Tab. 3. Valor médio mensal supostos para entrada e saída de material na distribuidora.

Entrada/kg		Saída/kg	
Fornecida pela	60.000	Para cliente com troca (sistema novo)	10.000
Siderúrgica (chapas de aço)			
Sucata que retorna dos clientes	30.000	Para cliente sem troca (sistema convencional)	20.000

3. Resultados e discussão

O primeiro passo na análise proposta é a construção de diagramas como forma de organizar as relações entre componentes e visualizar os fluxos de material e energia que circulam no sistema.

A figura 4 mostra os diagramas de energia da distribuidora de chapas de aço considerando o sistema antigo, sem troca de sucata (a) e o sistema implementado, que conta tanto com clientes que adotaram o sistema de troca de sucata como com clientes que continuam apenas comprando as chapas da distribuidora, sem retornar a sucata. Os limites do sistema foram definidos. Dados da produção das chapas na siderúrgica ou de sua utilização após a compra pelos clientes não foram considerados objetos deste estudo.

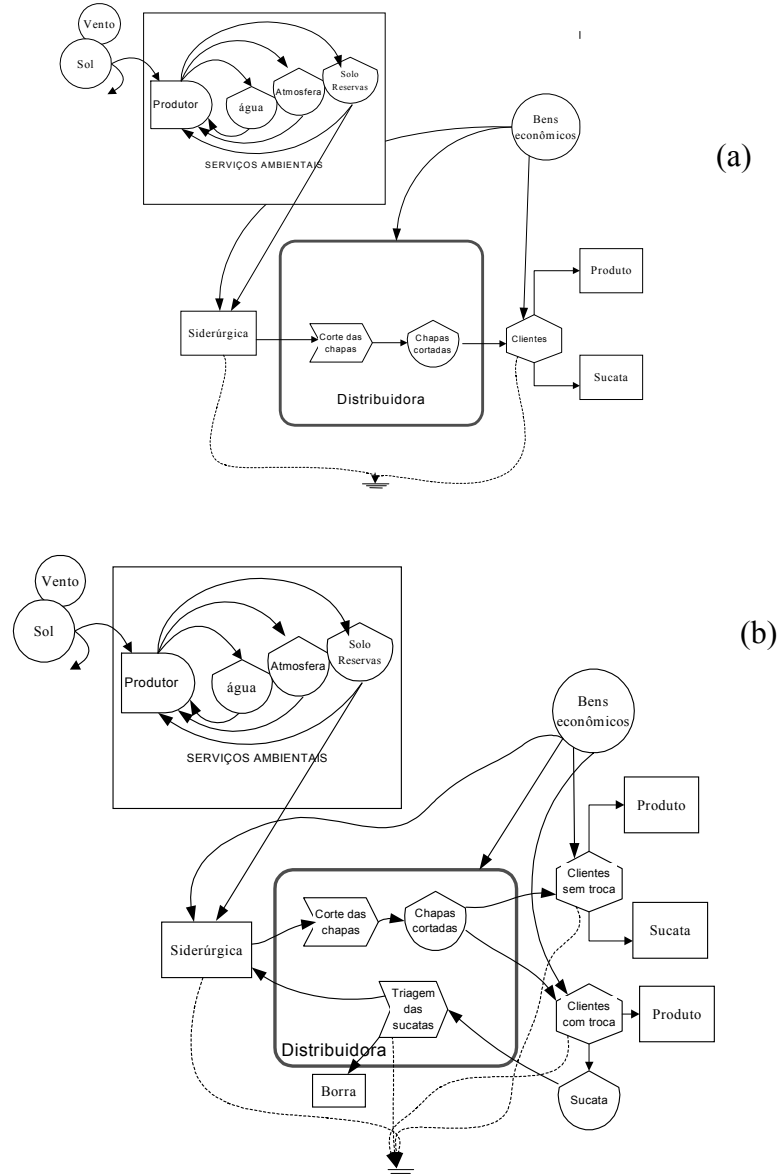


Figura 4 –Diagramas dos fluxos de energia da distribuição de chapas de aço: (a) sistema convencional e (b) sistema com troca de material.

Os diagramas permitem uma visualização geral dos sistemas, mostram as possíveis interações entre componentes e fornecem informações sobre as diferentes fontes de recursos, necessárias para o funcionamento do sistema, que incluem tanto os recursos provenientes do meio ambiente, como aqueles vindos da economia.

Uma vez construídos os diagramas e conhecidos os valores dos fluxos de material e energia que circulam nos sistemas em estudo, é possível construir as tabelas para análise dos recursos empregados direta ou indiretamente para a obtenção do bem ou serviço sob análise. Considera-se tanto os recursos empregados para a implantação do sistema, como os utilizados em sua operação.

As tabelas 4 e 5 mostram os recursos utilizados para implantação e operação do sistema de distribuição de chapas de aço, respectivamente. Detalhes dos cálculos efetuados para elaboração da tabela serão fornecidos pelos autores, se requisitados.

Cada linha da tabela representa um fluxo de entrada no sistema de interesse. Na tabela 4, pode-se observar que o maior investimento de recursos para a implantação do sistema se deve à compra de caminhões para transporte das caçambas que recolhem a sucata (~70 %). A utilização de chapas de aço para a construção das caçambas contribuiu com aproximadamente 13 % do total de emergia utilizado na implantação. A tabela 5 mostra os recursos utilizados na manutenção e operação do sistema de distribuição de chapas de aço, para os dois casos, com e sem troca de sucata.

A tabela 5 mostra o balanço emergético efetuado para a manutenção e operação do sistema. Na fase de operação a energia elétrica e o combustível são os recursos utilizados em maior proporção, já na fase de manutenção a mão de obra e o maquinário são os que têm maior contribuição para o valor da emergia. Em relação ao total de emergia empregada para o sistema completo, as maiores contribuições são provenientes da compra dos caminhões na fase de implantação e do uso de combustíveis na fase de operação.

Tab. 4. Avaliação da emergia na distribuição de chapas de aço na fase de implantação.

Item	Descrição	Unidade	Valor	Transf. seJ/unid	Emergia seJ	% Impl/Oper	% Total
FASE DE IMPLANTAÇÃO (SISTEMA SEM TROCA)							
<i>Caminhões</i>							
	1 Caminhão(carreta)	kg	2,50E+03	6,70E+12	1,68E+16	19,81	4,33
Total da fase de Implantação (sem troca)					1,68E+16		
FASE DE IMPLANTAÇÃO (SISTEMA COM TROCA)							
<i>Construção de caçambas (77 unidades)</i>							
	2 Chapas de ferro	kg	7,25E+03	4,130E+12	2,99E+16	12,96	7,74
	3 Eletrodo	kg	9,66E+01	1,780E+12	1,72E+14	0,07	0,04
	4 Arame para soldagem	kg	5,44E+01	1,780E+12	9,68E+13	0,04	0,03
	5 Maquinário	kg	6,01E+00	6,700E+12	4,03E+13	0,02	0,01
	6 Propano	J	1,27E+08	4,800E+04	6,10E+12	<0,01	<0,01
	7 Oxigênio	kg	3,38E+04	5,160E+07	1,74E+12	<0,01	<0,01
	8 Tinner	kg	3,08E+00	3,800E+11	1,17E+12	<0,01	<0,01
	9 Tinta sintética	kg	6,16E+00	1,500E+12	9,24E+12	<0,01	<0,01
	10 Energia Elétrica	J	2,30E+08	1,850E+05	4,26E+13	0,02	0,01
	11 Água	m ³	3,00E+02	6,850E+11	2,06E+14	0,09	0,05
<i>Mão de Obra</i>							
	12 Fixa	J	1,71E+08	7,380E+06	1,26E+15	0,55	0,33
	13 Temporária	J	7,34E+07	7,380E+06	5,42E+14	0,23	0,14
<i>Transporte</i>							
	14 Combustível	J	1,06E+09	6,600E+04	7,00E+13	0,03	0,02
<i>Caminhões</i>							
	15 Caminhão com caçamba fixa	kg	4,05E+03	6,700E+12	2,71E+16	11,74	7,02
	16 Caminhão (carreta)	kg	1,50E+03	6,700E+12	1,01E+16	4,35	2,60
	17 Caminhão com caçamba móvel	kg	2,41E+04	6,700E+12	1,61E+17	69,89	41,76
Total da fase de Implantação (com troca)					2,95E+17		

Tab. 5. Avaliação da energia na distribuição de chapas de aço na fase de manutenção e operação.

Item	Descrição	Unidade	Valor	Transf. seJ/unid	Energia seJ	% Impl/Oper	% Total
FASE DE MANUTENÇÃO							
1	Chapas de aço	kg	7,25E+01	4,130E+12	2,99E+14	4,59	0,08
2	Eletrodo	kg	2,42E+01	1,780E+12	4,31E+13	0,66	0,01
3	Arame para soldagem	kg	1,36E+01	1,780E+12	2,42E+13	0,37	0,01
4	Maquinário	kg	2,29E+02	6,700E+12	1,53E+15	23,54	0,40
5	Propano	J	3,17E+07	4,800E+04	1,52E+12	0,02	<0,01
6	Oxigênio	kg	8,45E+03	5,160E+07	4,36E+11	0,01	<0,01
7	Tinner	kg	2,57E+01	3,800E+11	9,77E+12	0,15	<0,01
8	Tinta sintética	kg	5,13E+01	1,500E+12	7,70E+13	1,18	0,02
9	Mão de Obra	J	6,10E+08	7,380E+06	4,50E+15	69,07	1,19
10	Energia Elétrica	m3	5,76E+07	1,850E+05	1,07E+13	0,15	<0,01
11	Água	J	2,51E+01	6,850E+11	1,72E+13	0,26	<0,01
Total da fase de Manutenção					6,52E+15		
FASE DE OPERAÇÃO							
<i>Cliente com troca</i>							
12	Energia elétrica		3,94E+09	1,850E+05	7,29E+14	1,27	0,19
13	Mão de obra		2,77E+09	7,380E+06	2,04E+16	35,65	5,39
14	Combustível		5,48E+11	6,600E+04	3,62E+16	63,08	9,53
15	Oxigênio		6,04E+03	5,160E+07	3,12E+11	<0,01	<0,01
16	Propano		1,59E+06	4,800E+04	7,63E+10	<0,01	<0,01
					5,73E+16		
<i>Cliente sem troca</i>							
17	Energia elétrica		6,43E+03	1,850E+05	1,19E+09	<0,01	<0,01
18	Mão de obra		4,51E+09	7,380E+06	3,33E+16	49,09	9,18
19	Combustível		5,23E+11	6,600E+04	3,45E+16	50,91	9,52
20	Oxigênio		9,86E+06	5,160E+04	5,09E+11	<0,01	<0,01
21	Propano		2,62E+06	4,800E+04	1,26E+11	<0,01	<0,01
					6,78E+16		
Energia Total (Implantação+Manutenção+Operação)					3,63E+17		

A partir do valor da energia total do sistema ($3,63E+17$ seJ) pode-se calcular as energias específicas de cada processo com base nos fluxos de material mostrados na tabela 2 (Tab. 6).

Comparando-se a energia investida para recuperar 1 kg de aço ($1,13E+13$ seJ/kg) com a energia necessária para fabricar 1kg de aço ($4,13E+12$ seJ/kg) percebe-se que o sistema de coleta ainda utiliza mais recursos na recuperação do que os recursos necessários para fabricar a mesma quantidade de aço. Para que benefícios fossem obtidos seria necessário aumentar a quantidade de sucata recuperada em no mínimo cinco vezes, sem investir em bens e serviço, o que é possível, já que o sistema implantado foi planejado de forma a coletar, pelo menos dez vezes mais do que coleta atualmente.

Tab. 6. Energias específicas calculadas para o sistema de distribuição de chapas de aço.

Nota	Item	Aço/ kg	Energia específica/ seJ/kg
1	Distribuição com o sistema convencional	20.000	4,23E+12
2	Distribuição com o novo sistema	30.000	1,13E+13
3	Coleta do sistema com troca	30.000	9,23E+12
4	Recuperação da sucata	30.000	1,21E+13
1.	(implantação + operação)/aço distribuído para clientes sem troca = $(1,68E+16 + 6,78E+16)/20.000$		
2.	energia total/aço total distribuído		
3.	energia do sistema com troca/aço recuperado = $(\text{implantação} + \text{manutenção} + \text{operação})/\text{aço recuperado}$ = $(2,13E+17 + 6,62E+15 + 5,73E+16)/30.000 \text{ kg}$		
4.	energia total/aço recuperado = $3,63E+17 \text{ seJ}/30.000 \text{ kg}$		

O cálculo dos índices EYR e EIR pode trazer algumas informações adicionais sobre o sistema. Como, neste caso não há entradas diretas de recursos renováveis, $EYR = (N+F)/F$ e $EIR = F/N$. O valor de $EYR = 1,14$ é baixo e indica que o sistema é falho ao explorar os recursos não pagos, locais e vindos da economia. Sistemas que exploram os recursos com eficiência apresentam EYR maior que 5 (ULGIATI e BROWN, 1998). De fato, operando muito abaixo de sua capacidade para a coleta de sucata, o sistema de distribuição ainda não mostra bom desempenho econômico. O valor de $EIR = 7,73$, por outro lado é alto, já que sistemas com bom desempenho têm EIR menor que 0,25. O valor encontrado indica que o investimento econômico é alto em relação aos recursos locais explorados. Por outro lado o cálculo destes índices não reflete o possível benefício que resulta da recuperação da sucata.

Uma análise mais acurada pode ser realizada com a observação dos dados obtidos no diagrama triangular, mostrado na figura 5. No vértice superior do diagrama se representa a energia do aço recuperado e nos vértices da base do triângulo, se representa à direita a energia investida em bens e serviços e à esquerda, a energia investida em combustível na fase de operação. Desta forma, será possível analisar o sistema de distribuição de chapas de aço com base nestas três variáveis que, como visto nas tabelas 4 e 5, são percentualmente representativas.

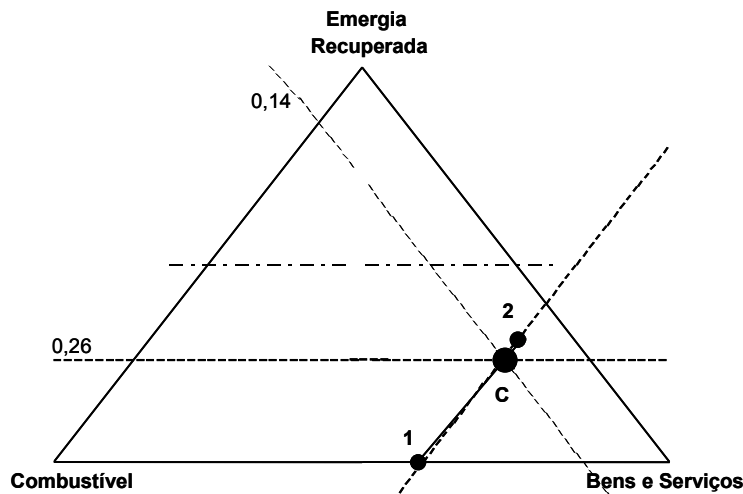


Figura 5 – Diagrama triangular para comercialização de ferro e aço: (1) cliente sem troca, (2) cliente com troca, (C) sistema resultante e (— · — · — ·) linha de simetria.

A localização dos pontos na figura 5 representa o resultado da composição entre o investimento de combustível e de bens e serviços em relação à quantidade de sucata recuperada. A linha de simetria, que corta o diagrama na horizontal, corresponde à metade da altura do triângulo (50%), ou seja, se os recursos investidos (em combustível e bens e serviços) para recuperar a sucata forem menores

que a energia recuperada, o sistema resultante deverá ser representado por um ponto acima desta linha. Pode-se observar que tanto o sistema com troca de sucata (2) como o sistema resultante (C) dos dois tipos de operação, com e sem troca, estão localizados abaixo da linha de simetria, o que demonstra que o sistema não opera de forma a trazer benefícios. O investimento em bens e serviços é alto (60 %) e a quantidade de material recuperado pequena (26 %) o que se reflete no baixo consumo de combustível (14 %) na fase de operação.

A ferramenta gráfica permite simular condições para a avaliação de possíveis mudanças. Como a implementação do sistema foi concebida de forma a poder operar com uma quantidade de sucata dez vezes maior sem a necessidade de ampliar a infraestrutura, foram consideradas situações em que a coleta aumenta. O consumo de combustível na operação foi considerado diretamente proporcional à quantidade de sucata coletada. Finalmente, como as trocas são feitas na proporção de 4:1 com os clientes e de 2:1 com a siderúrgica, considerou-se que a quantidade de aço comercializado com os clientes sem troca dobra, a cada vez que a quantidade de sucata recolhida quadruplica. Os resultados da simulação podem ser observados na figura 6.

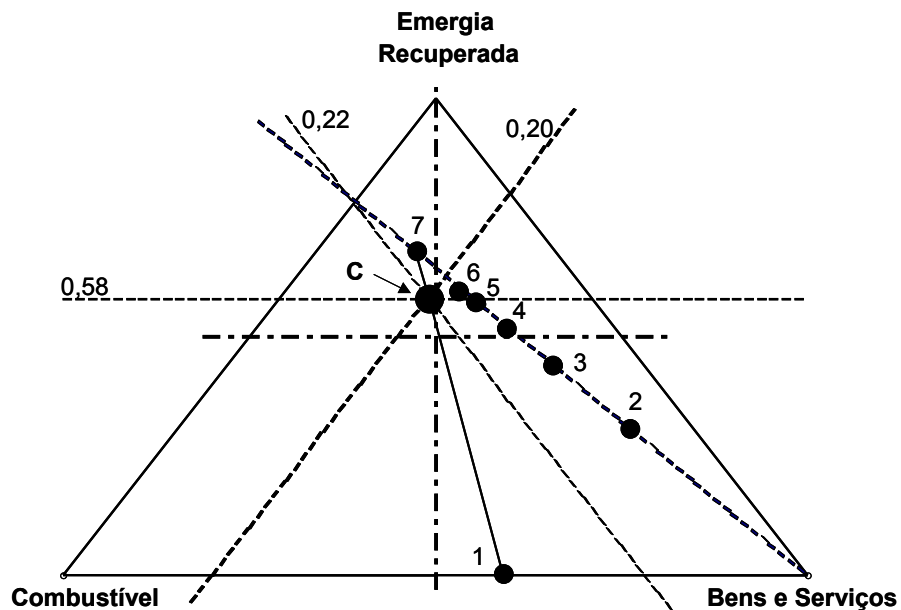


Figura 6 – Diagrama triangular para comercialização de ferro e aço: (1) cliente sem troca, (2) cliente com troca, (3) considerando o dobro de recuperação, (4) considerando o triplo de recuperação, (5) considerando o quádruplo de recuperação, (6) considerando o quádruplo de recuperação, (7) considerando a recuperação dez vezes maior e (C) sistema resultante da combinação entre (1) e (7); (— · — · — · — · —) linha de simetria.

A observação do diagrama mostra que para obter benefício com relação à coleta de sucata deve-se, no mínimo, quintuplicar a quantidade recuperada sem aumentar o investimento em bens e serviços (Fig. 6), lembrando que o sistema combinado sempre estará localizado abaixo do ponto que representa o sistema com troca. A linha, que passa pelos pontos 2 a 7 e pelo vértice à direita da base do triângulo, mostra que a simulação foi efetuada, mantendo-se bens e serviços constantes. O ponto (C) mostra o sistema resultante da combinação entre o sistema (7) e o (1), já que não há sentido em recolher a sucata sem aumentar a comercialização do aço para os dois tipos de cliente. As linhas paralelas aos lados do diagrama, que passam pelo ponto (C) mostram que nesta condição a quantidade de bens e serviços representaria 20 % deste sistema, o combustível gasto na operação 22 % e a quantidade de sucata recuperada seria de 58 %, o que está associado a um benefício de 8 % em relação à energia investida no sistema de recuperação.

Lembrando que no sistema em estudo a maior parte dos recursos utilizados é de natureza não renovável ou proveniente da economia, o que inviabiliza o cálculo de alguns indicadores tradicionais da análise de energia, como o ELR, deve-se considerar o benefício alcançado pela recuperação do material, que caso fosse simplesmente descartado, traria dano ao ambiente. Indicadores, análogos aos utilizados na análise energética convencional, podem ser desenvolvidos para definir o sistema. Desta forma, pode-se definir uma eficiência de operação análoga ao EYR como:

$$\eta_{op} = (C+R_{ec}+BS)/BS \quad (1)$$

onde C é o combustível gasto na operação, BS os bens e serviços utilizados tanto na implantação do sistema como na operação e manutenção e R_{ec} a energia do material recuperado.

Da mesma forma, pode-se definir a eficiência da recuperação, η_{rec} , como análoga ao recíproco de ELR. Quanto maior o valor deste indicador, menor será a carga ambiental do sistema operacional em estudo, ou maior será o benefício do sistema de recuperação de sucata.

$$\eta_{rec} = (C+BS)/R_{ec} \quad (2)$$

Finalmente, pode-se definir um índice de sustentabilidade do sistema operacional multiplicando-se η_{op} por η_{rec} .

$$SI_{op} = \eta_{op} \cdot \eta_{rec} \quad (3)$$

O índice de sustentabilidade convencional é definido pela razão entre EYR e ELR (Tab. 1), o que indica que um sistema sustentável deve aliar bom desempenho econômico com baixa carga ambiental.

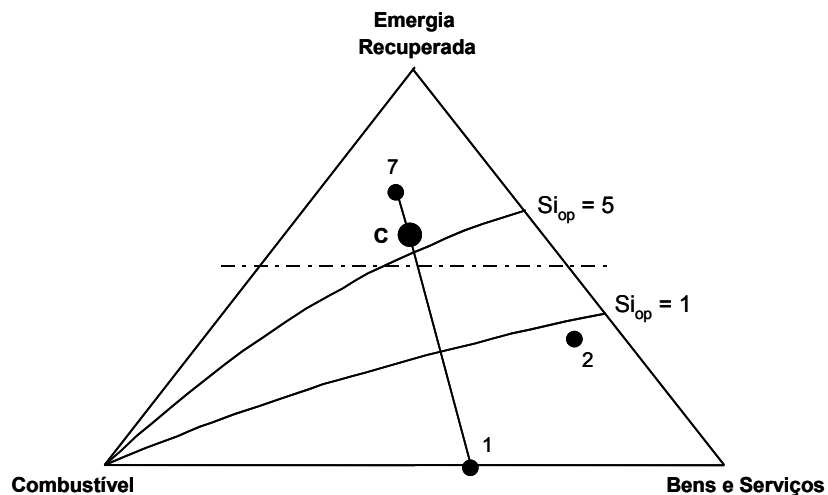


Figura 7 – Diagrama triangular para comercialização de ferro e aço: (1) cliente sem troca, (2) cliente com troca, (7) considerando a recuperação dez vezes maior e (C) sistema resultante da combinação entre (1) e (7); (---) linha de simetria e (—) linhas de sustentabilidade.

Segundo BROWN e ULGIATI, 2002, valores de SI menores que 1 são indicativos de produtos ou processos que não são sustentáveis a longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um SI entre 1 e 5 enquanto produtos e processos com sustentabilidade a longo prazo têm SI maiores. Considerando o sistema operacional alternativo proposto e a quantidade de sucata recuperada como uma fonte de recurso renovável, pode-se avaliar o desempenho do sistema de distribuição de chapas de aço com critérios semelhantes.

A figura 7 mostra que para a operação representada pelo ponto 2, em que o sistema opera abaixo de sua capacidade de coleta, não será possível manter estas quantidades de sucata recuperada a longo prazo, pois não há contribuição do sistema nem para o ambiente nem para a economia. Por outro lado, quando o sistema estiver operando próximo à sua capacidade máxima (C), será possível manter a distribuição de chapas de aço combinada à coleta de sucata por longo prazo com benefício ambiental e eficiência econômica.

A tabela 7 mostra os índices para as duas possibilidades estudadas, o sistema em sua fase inicial e operando com capacidade aumentada em dez vezes.

Tab. 7. Indicadores calculados para o sistema de distribuição de chapas de aço com base em dados coletados (fase inicial) e em simulação (capacidade máxima).

	Fase inicial		Capacidade máxima
η_{op}	1,66	η_{op}	5,00
η_{rec}	0,35	η_{rec}	1,40
SI_{op}	0,58	SI_{op}	7,00

4. Comentários finais

A metodologia e a ferramenta gráfica apresentadas vêm auxiliar e complementar os modelos hoje empregados para a tomada de decisões. Pode-se verificar que as possibilidades de análise e simulação com base na análise emergética utilizando o suporte do diagrama triangular são infundáveis. Por meio da análise de sustentabilidade pode-se simular ações, como o aumento de investimento ou a troca de matéria prima, e prever os possíveis impactos ambientais gerados por estas ações. Evita-se, assim, que a tomada de decisões no âmbito da produção gere efeitos não desejados, tanto para o ambiente como para a própria empresa.

Empregou-se a análise de emergia e a ferramenta do diagrama triangular para avaliar o desempenho de um sistema operacional alternativo para a distribuição de chapas de aço. O processo convencional de distribuição é comparado a um sistema que inclui a coleta de sucata. A partir do valor da emergia total do sistema ($3,63E+17$ seJ) pode-se calcular as energias específicas de cada processo. A emergia investida para recuperar 1 kg de aço ($1,21E+13$ seJ/kg) é maior que a necessária para fabricar 1 kg de aço ($4,13E+12$ seJ/kg), o que indica que o sistema de coleta ainda utiliza mais recursos na recuperação do que os recursos necessários para fabricar a mesma quantidade de aço. Para a obtenção de benefícios será necessário aumentar a quantidade de sucata recuperada em no mínimo cinco vezes, sem investir em bens e serviços. O cálculo de indicadores de sustentabilidade para o sistema operacional proposto indica que somente será possível manter a distribuição de chapas de aço combinada à coleta de sucata por longo prazo com benefício ambiental e eficiência econômica se a quantidade de sucata recuperada for aumentada em dez vezes. Os resultados mostram que administradores do setor privado, e empresários poderão aplicar a metodologia e a ferramenta para gerenciar e monitorar recursos disponíveis de forma compatível com a vocação ecológica e com a capacidade real para sua sustentabilidade.

5. Referências

- BARRERA-ROLDÁN A.; SALDÍVAR-VALDÉS A., Proposal and application of a Sustainable Development Index, *Ecological Indicators*, 2 (2002) 251-256.
- BJÖRKLUND J.; GEBER U.; RYDBERG T., Emergy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge, *Resources, Conservation and Recycling*, 31 (2001) 293-316.
- BROWN M. T.; ULGIATI S., Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems, *J Cleaner Prod*, 10 (2002) 321-334.
- BROWN M. T.; BURANAKARN V., Emergy Evaluations of Material Cycles and Recycles Options, *Proceedings from the First Biennial Emergy Analysis Research Conference*, (1999) 141-154.
- BROWN M.T.; S. ULGIATI, Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation, *Ecological Engineering*, 9 (1997) 51-69.
- BUENFIL, A.A., Emergy evaluation of water, PhD Thesis, University of Florida (2001) 224.
- CLEVELAND C.J.; KAUFMANN R.K.; STERN D.I., Aggregation and the role of energy in the economy, *Ecological Economics*, 32 (2000) 301-317.
- GEBER U.; BJÖRKLUND J., The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study, *Ecological Engineering*, 18 (2001) 39-59.
- GIANNETTI B.F., BARELLA F.A. E ALMEIDA C.M.V.B, Ferramenta para Tomada de Decisão Considerando a Interação dos Sistemas de Produção e o Meio Ambiente, submetido à revista *Produção*, 2004a.
- GIANNETTI B.F., BARELLA F.A. E ALMEIDA C.M.V.B, A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting, submetido à *Produção*, 2004b.
- HORNBORG A., Cometary: Towards an ecological theory of unequal exchange: articulating world system theory and ecological economics, *Ecological Economics*, 25 (1998) 127-136.
- HART, S. (1995). “A natural resource based view of the firm”, *Academy of Management Review*, Vol 20, no. 4, 986-1014.
- LEFROY E.; RYDBERG T., Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia, *Ecological Modelling*, 161 (2003) 195-211.
- LOPES E. et al., Application of Life Cycle Assessment to the Portuguese Pulp and Paper Industry, *J. Cleaner Prod*. 11 (2003) 51-59.
- MANOLIADIS, ODYSSEUS. G., Development of ecological indicators-a methodological framework using compromise programming, *Ecological Indicators*, 2 (2002) 169-176.
- MARTIN J.F., Emergy valuation of diversions of river water to marshes in the Mississippi River Delta, *Ecological Engineering*, 18 (2002) 265-286.
- ODUM H.T., “Environmental Accounting – EMERGY and Environmental Decision Making”, Ed. John Wiley & Sons Ltd., (1996), 370
- ODUM H.T., Emergy evaluation of an OTEC electrical power system, *Energy*, 25 (2000) 389-393.
- ODUM H.T.; PETERSON N., Simulation and evaluation with energy systems blocks, *Ecological Modelling*, 93 (1996) 155-173.
- PANZIERI M.; MARCHETTINI N.; HALLAM T.G., Importance of the Bradyrhizobium japonicum symbiosis for the sustainability of a soybean cultivation, *Ecological Modelling*, 135 (2000) 301-310.
- POPP J.; HOAG D.; HYATT D. E., Sustainability indices with multiple objectives, *Ecological Indicators*, 1 (2001) 37-47.
- PORTER M.; LINDE VAN DER C., Green and Competitive, *Harvard Business Review*, Set-Out (1995)120-134.

- PORTER M.; LINDE VAN DER C., Toward a new conception of the environment competitiveness relationship, *J. Econ. Perspect.*, 9 (1995) 97-118.
- RONCHI E.; FEDERICO A. e MUSMECI F., A system oriented integrated indicator for sustainable development in Italy, *Ecological Indicators*, 2 (2002) 197-210.
- SARKIS, J. (1995) "Manufacturing strategy and environmental consciousness", *Technovation*, vol. 15, no 2, 79-97.
- SHARMA, S. e VREDENBURG, H. (1998), "Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities", *Strategic Management Journal*, vol 19, no 8, 729-753.
- SEAGER T. P.; THEIS T. L., A uniform definition and quantitative basis for industrial ecology, *Journal of Cleaner Production*, 10 (2002) 225-235.
- SHEN, T. T. (1995) *Industrial Pollution Prevention*, Springer-Verlag, Berlin.
- SHU-LI HUANG, Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis, *Journal of Environmental Management*, 52 (1998) 39-51.
- SHU-LI HUANG; WAN-LIN HSU, Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction, *Landscape and Urban Planning*, 63 (2003) 61-74.
- SPANGENBERG J. H., Environmental space and the prism of sustainability: frameworks for indicators measuring sustainable development, *Ecological Indicators*, 2 (2002) 295-309.
- TON S.; ODUM H.T.; DELFINO J.J., Ecological-economic evaluation of wetland management alternatives, *Ecological Engineering*, 11 (1998) 291-302.
- ULGIATI S.; BROWN M. T., Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production, *J Cleaner Prod*, 10 (2002) 335-348.
- ULGIATI S.; BROWN M.T., Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems, *Ecological Modelling*, 108 (1998) 23-36.
- ULGIATI S.; BROWN M.T.; S. BASTIANONI; N. MARCHETTINI, Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources, *Ecological Engineering*, 5 (1995) 519-531.
- ULGIATI S.; ODUM H.T.; BASTIANONI S., Emergy use, environmental loading and sustainability: Na emergy analysis of Italy, 73 (1994) 215-268.
- WALLEY, N. e WHITEHEAD, B. (1994), "It's not easy being green", *Harvard Business Review*, vol 72, n. 3, 46-52.

Capítulo de Livro.

C. M. V. B. Almeida, S. N. Bueno; F. A. Barrella e B. F. Gianetti: " Avaliação ambiental e diagrama triangular: estudo de sistema operacional alternativo para a distribuição de chapas de aço", in: *Tópicos Emergentes em Engenharia de Produção* (J. P. A. Fusco, Ed.) Arte e Ciência Editora (São Paulo, SP, Brasil): 2005, v. 3, ISBN 8-574-73091-2.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

Aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada no método de campos potenciais para navegação de robôs móveis

Saulo Rosa e Silva

Jair Minoro Abe

José Pacheco de Almeida Prado

Programa de Mestrado em Engenharia de Produção

Universidade Paulista - UNIP

1. Objetivo

Segundo (Rich and Knight 1993), "*Inteligência Artificial é o estudo de como fazer os computadores realizarem coisas que, no momento, as pessoas fazem melhor*". Uma das tarefas que os seres humanos fazem muito bem é tomar decisões e resolver problemas, mesmo quando dispõem de informações incertas, imprecisas, conflitantes ou mesmo na falta de informações. Nesse contexto, o tratamento de tais situações nas aplicações computacionais é de suma importância para as aplicações de Inteligência Artificial, pois sendo aptas a lidar com imprecisões, inconsistências e paracompletezas, terão a possibilidade de serem melhores sucedidas e, portanto, realizarem tarefas tão bem quanto os seres humanos realizam, perante uma situação vagamente definida.

O desenvolvimento de técnicas para navegação autônoma de robôs móveis, em ambientes reais, constitui uma das principais tendências das pesquisas atuais sobre Robótica. Um problema importante, em navegação autônoma, é a necessidade de lidar com uma grande quantidade de incertezas inerentes aos ambientes reais. A Lógica Paraconsistente Anotada tem características, que a tornam uma ferramenta adequada para solucionar tais problemas (Abe 1992), (Abe and Da Silva Filho 2003).

Neste trabalho, implementa-se um sistema de navegação para robôs móveis utilizando-se a Lógica Paraconsistente Anotada aplicada na teoria dos campos potenciais artificiais (Khatib 1985), como método de reconhecimento e desvio de obstáculos.

2. Justificativa e motivação

A aplicação da Robótica no meio industrial tem se consolidado como uma crescente ferramenta de apoio aos seus processos produtivos e pode-se verificar essa tendência pela existência de entidades internacionais que regulamentam as normas de produção e importação de robôs em centros tecnológicos significativos dos países desenvolvidos (IFR 2003), (UNECE 2003).

Um dos domínios de aplicação deste trabalho encontra-se nas indústrias, nos Sistemas Flexíveis de Manufatura (Nickerson, Jasiobedzki et al. 2000), (Vaughan, Stoy et al. 2000), (Ozbayrak, Turker et al. 1997), (Wang 1986) formados por um conjunto de máquinas versáteis capazes de processar simultaneamente médios e baixos volumes de uma variedade de tipos de partes, controlados por um Sistema Computacional e operadores. Segundo (Gómez 1996), uma das expectativas de um Sistema de Manufatura Flexível é dotar a manufatura com algum grau de automação através do progresso obtido no desenvolvimento de seus componentes tecnológicos (máquinas, robôs, etc.) .

A motivação deste trabalho reside na união de duas teorias, nascidas em diferentes disciplinas e que, juntas, podem acrescentar um pouco mais à Robótica, uma das áreas de aplicação de Inteligência Artificial.

Trata-se da união dos conceitos da Lógica Paraconsistente Anotada (Abe 1992), da área da Lógica, com os conceitos do campo potencial (Khatib 1985), originariamente da Física. A principal vantagem do primeiro conceito é tratar as informações incertas, inconsistentes e paracompletas, lidando com desvio de obstáculo, O mapeamento elegante da rota a ser seguida pelo robô móvel, construído através de campos radiais é a principal vantagem do segundo conceito.

Num sistema de navegação para robôs móveis, as informações inconsistentes podem vir de várias origens: dos sensores, do próprio robô móvel e do mundo que esteja sendo explorado. A Lógica Paraconsistente Anotada vem suprir uma lacuna de representação das informações incertas, conflitantes e paracompletas que descrevem o mundo ao robô móvel. E o método de campo potencial vem contribuir com os sistemas de navegação existentes.

O sistema de navegação de robô móvel aqui proposto é uma contribuição como sendo mais uma ferramenta para lidar com as incertezas e os conflitos inerentes desse tipo de aplicação aos ambientes integrados de produção.

3 Robôs móveis

3.1 Histórico

O desenvolvimento de robôs é parte importante na história da tecnologia, marcando presença em suas três fases bem distintas, a saber, na era agrícola, na era industrial e na era da informação, na qual nos encontramos atualmente. Mesmo na Grécia antiga e na Idade Média surgiram robôs construídos como “mecanismos engenhosos”, podendo ser citados grandes cientistas da época, tais como, Heron de Alexandria, Alberto Magno e Leonardo Da Vinci com suas diversas construções, obviamente mecânicas, mas que correspondiam à definição de robô já supracitada. Foi no período da Revolução Industrial que o desenvolvimento de robôs ganhou força, impulsionado pelas necessidades práticas e econômicas da época para automatizar as operações industriais, principalmente as têxteis. Até então, o termo robô não existia, sendo criado em 1921 pelo teatrólogo tcheco Karl Capek. No entanto, a criação de verdadeiros robôs não foi possível até a invenção do computador em 1940 e dos sucessivos aperfeiçoamentos das partes que o constituem. Assim, o primeiro robô industrial (Unimates) só apareceu no final da década de 50, desenvolvido por George Devol e Joe Engleberger, sendo este último considerado o "pai da robótica" pela construção do

primeiro robô comercial. A palavra robótica foi criada e usada pela primeira vez pelo cientista e escritor russo Isaac Asimov e refere-se ao estudo e uso de robôs. A partir daí, o desenvolvimento da robótica já havia se consolidado nos meios acadêmicos e centros de pesquisas, e a robótica passou a ser direcionada para outras áreas de aplicação, até integrar-se na disciplina de Inteligência Artificial, onde puderam aparecer os robôs móveis que possuem autonomia de decisão durante a navegação, inicialmente em ambientes fechados (escritórios, salas, corredores, etc.) e depois explorando terrenos desconhecidos (Dowling 1996).

3.2 A importância da robótica

Os relatórios emitidos por comitês responsáveis pelo levantamento da quantidade de unidades adquiridas no mercado mundial de robôs industriais comprovam a importância da robótica no controle de operações automatizadas, contribuindo de forma significativa na qualidade do ciclo de produção das empresas (IFR 2003). Em 1990, as vendas mundiais de robôs industriais atingiram o teto superior a 80.000 unidades e bateram novo recorde em 2000 com quase 99.000 unidades vendidas. Na primeira metade de 2003, os pedidos mundiais aumentaram 26% em relação ao mesmo período de 2002.

Assim, torna-se evidente como a atenção mundial esta voltada para esta tecnologia, havendo organizações internacionais preocupadas em conduzir e fiscalizar as políticas de comercialização de produtos da robótica em determinados países, como é o caso da (UNECE 2003) e (DGVII 1998).

Na logística industrial pode-se citar o projeto MARTHA que trabalha com robôs móveis cooperativos para tarefas de transporte de *containers* em portos, aeroportos e ferrovias (Alami 1998). Outros exemplos de aplicação da robótica na logística de produção podem ser encontrados em (Luntz, Messner et al. 1997) que trabalha com o sistema de veículo virtual em esteiras de transporte de materiais, além de (Marcotte 1982) e (Clark 1996).

3.3 Navegação

A arte de navegar é muito antiga. A navegação sempre existiu desde os primórdios da humanidade. Independente de ser aérea, marítima, terrestre ou até mesmo espacial, a navegação precisa de instrumentos que auxiliem os navegadores a descobrirem onde exatamente se encontram.

Dentre os diversos modelos de arquitetura, disponíveis para a navegação do robô móvel, pode-se destacar dois modelos: o modelo com planejamento e o sem planejamento.

O modelo sem planejamento, denominado navegação reativa, refere-se à navegação onde o robô móvel toma suas decisões, para onde ir, através das leituras externas dos sensores nele instalados. Não há planejamento, ou seja, o robô móvel, à medida que anda pelo ambiente, vai coletando as informações locais e desviando-se dos obstáculos encontrados. Geralmente, esses robôs exploram ambientes desconhecidos, não possuem planos de ação durante a navegação e não têm destinos a encontrar, nem ponto de partida.

O outro modelo é chamado de “percepção-plano-ação”, também conhecido através da sigla SMPA (Sense-Model-Plan-Act), criado por (Brooks 1991), sendo composto por quatro módulos:

- a) Controle dos sensores;
 - b) Descrição do mundo ou modelagem;
 - c) Planejamento;
 - d) Controle e execução.
-

Segundo (Leonard and Durrant-Whyte 1992), o problema da navegação de robôs móveis autônomos reside, na aquisição confiável de informações, a partir dos sensores e a automática correspondência dessas informações com o mapeamento. Ainda segundo o mesmo autor, o problema da navegação de robôs móveis, pode ser analisado considerando-se quatro aspectos fundamentais: mapeamento, localização do robô, planejamento das rotas e execução do plano.

4. Campos potenciais

Segundo (Choset 1997), define-se navegação de robôs móveis como sendo o planejamento do movimento do robô, que determina um caminho entre dois pontos, inicial e final, enquanto evita obstáculos. Este caminho unidimensional pode pré-existir na área de mapeamento do mundo real do robô ou na área de configuração do robô, em tempo real de sua movimentação.

No método dos campos potenciais (Khatib 1985), (Latombe 1991), o robô móvel é modelado como uma partícula, agindo sobre a influência de uma função potencial $U: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}$, que codifica as informações sobre o ambiente, tais como a localização de obstáculos e do objetivo a ser alcançado. Essas funções potenciais têm duas partes: um campo potencial de atração, $U_{at}: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}$, e um campo potencial de repulsão, $U_{rep}: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}$. O campo potencial de atração, geralmente, é uma função quadrática, com seu mínimo local no objetivo, através da qual o robô móvel é guiado, em direção ao seu objetivo. O campo potencial repulsivo é inversamente proporcional à distância dos obstáculos, direcionando o robô móvel para longe dos obstáculos. A função potencial é a soma das funções de campos potenciais de atração e de repulsão, isto é, $U = U_{at} + U_{rep}$. O planejamento da navegação é efetuado pelo campo resultante de U .

A vantagem deste método sobre os demais, é que pode ser aplicado em dimensões maiores e pode produzir algumas soluções eficientes. Outra vantagem, é que o robô móvel pode trabalhar com funções potenciais simples, usando as informações locais e esta característica torna os campos potenciais razoáveis de serem usados no planejamento da navegação baseada em sensores. Todavia, a principal desvantagem deste método é que o robô pode ser confundido, num mínimo local diferente, do mínimo local associado com o seu objetivo. Há métodos que lidam com esse problema, mas, ou são limitados ou requerem muitas informações sobre o ambiente.

5. Lógica paraconsistente

Os sistemas iniciais de Lógica Paraconsistente, contendo todos os níveis lógicos, envolvendo, pois, cálculos proposicionais, de predicados e de descrições, bem como lógicas de ordem superior, devem-se a N.C.A. Da Costa (1954 em diante). Isto se realizou de maneira independente das perquirições dos autores já mencionados.

Ficou provado, em decorrência da elaboração da Lógica Paraconsistente, que se torna possível manipular sistemas informacionais inconsistentes e extraordinariamente fortes, sem ser preciso que se eliminem as contradições e sem se cair na invalidação.

5.1 Lógica Paraconsistente Anotada

As Lógicas Paraconsistentes Anotadas possuem um reticulado associado que desempenha um papel sumamente importante. Com a sua descoberta, decorrente da Lógica Paraconsistente Anotada, introduzidas pela primeira vez em programação lógica por (Subrahmanian 1994), encontrou-se uma forma fecunda, a de aplicar os conceitos teóricos da Lógica Paraconsistente, nos mais variados campos. Devido às aplicações que as lógicas anotadas encontraram, tornou-se conveniente um estudo de seus fundamentos. Os primeiros trabalhos, nesse sentido, foram de (Da Costa, Abe et al. 1991). Logo depois, (Abe 1992) apresentou um estudo sistemático dessas lógicas, demonstrando teoremas de correção e de completeza para as lógicas correspondentes de primeira ordem. Esse autor também fez um estudo da teoria de modelos, bem como uma teoria de conjuntos anotada, sistemas modais anotados e versões algébricas (Da Costa, Abe et al. 1991), (Abe 1992). Em (Da Costa, Abe et al. 1991) e (Abe 1992) mostra-se que a teoria anotada geral de conjuntos é extraordinariamente forte, envolvendo como caso particular a teoria dos conjuntos difusos. Mais recentemente, Abe e seu grupo, têm-se esforçado nas diversas aplicações dos sistemas anotados, mostrando a fecundidade do conceito de paraconsistência em Inteligência Artificial e Robótica (Abe 1997).

A Matemática Anotada, sendo desenvolvida, e envolvendo a Matemática Fuzzy, afigura-se da mais alta relevância, bastando lembrar as aplicações obtidas em Ciência da Computação, Robótica (Da Silva Filho and Abe 2001), Engenharia de Produção, Inteligência Artificial e Informática em geral.

Na Lógica Paraconsistente Anotada todos os predicados possuem uma constante de anotação μ associada, onde $\mu \in \tau$.

Considera-se um reticulado finito $\langle |\tau|, \leq \rangle$, onde $\tau = \{\perp, t, f, lt, lf, T\}$ (Prado and Abe 1998). Os elementos — constantes anotacionais — do reticulado, representam, respectivamente: para completo, verdade, falso, quase verdadeiro, quase falso e sobredefinido — T pode ser visto, de forma intuitiva, como inconsistente. A ordem \leq subjacente é representada pelo diagrama Hasse da figura 5-1.

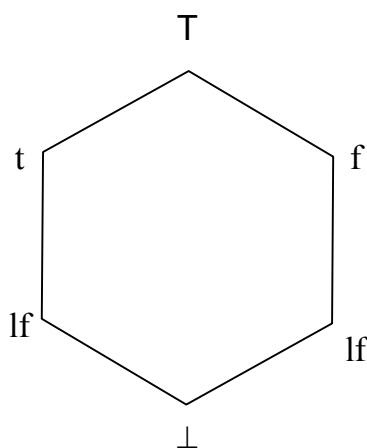


Figura 1 - Reticulado com seis valores-verdade

5.3 Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

Um outro exemplo de Lógica Paraconsistente Anotada é a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et (Prado 1997), (Prado and Abe 1998), (Da Silva Filho 1999), onde a anotação consta de um par ordenado $(\mu_1$ e μ_2), onde μ_1 pode ser lido como evidência favorável ou crença favorável e μ_2 evidência desfavorável ou descrença de uma certa proposição. Estes graus de crença podem ser obtidos por medições, por estatísticas, probabilidades, ou podem ser mesmo uma medida subjetiva.

Os valores dos graus de crença variam entre 0 e 1. O reticulado associado à Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et pode ser exibida conforme figura 3.

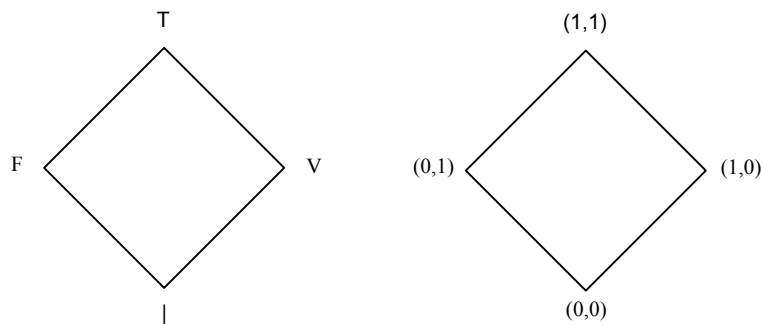


Figura 2 - Reticulado da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

Relacionando-se os estados lógicos com os valores dos graus de crença e de descrença, temos os seguintes estados extremos:

T = (1, 1) Inconsistente (crença e descrença totais)

V = (1, 0) Verdadeiro (crença total e descrença nula)

F = (0, 1) Falso (crença nula e descrença total)

\perp = (0, 0) Paracompleto (crença e descrença nulas)

Na prática, os graus de crença e de descrença são considerados como informações de entradas do sistema e os estados lógicos representados nos vértices do reticulado são as saídas resultantes da análise paraconsistente.

Os graus de crença e descrença são independentes e têm seus valores entre 0 e 1 e podem ser pensados, também, como evidências. Os estados lógicos Inconsistente e Paracompleto mostram que há um conflito ou falta de informações, devendo-se buscar novas informações para acabar com esta contradição. À medida que chegam novas evidências para a análise, as contradições diminuem, permitindo ao sistema de chegar a uma conclusão mais precisa.

O reticulado τ pode ser representado no plano cartesiano onde os graus de crença correspondem ao eixo x, das abscissas, e os graus de descrença ao eixo y, das ordenadas (figura 4).

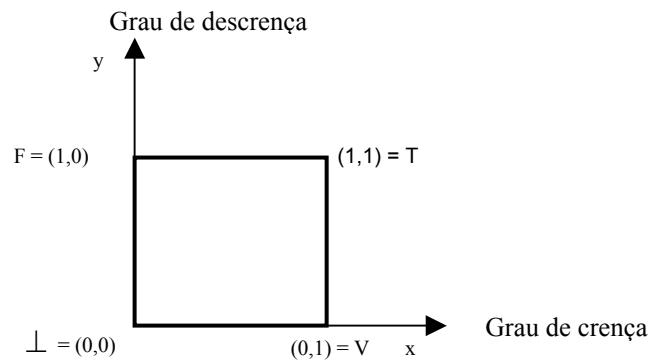


Figura 3 - Reticulado da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et representado no plano cartesiano

6. Sistema de navegação

O desvio de obstáculos é uma das questões principais num sistema de navegação. Os robôs móveis apresentam alguma forma de controle para executar esta tarefa utilizando algoritmos que detectam o obstáculo através de um dos diversos tipos de sensores existentes, parando ou não o robô, a fim de evitarem a colisão e prosseguirem até o seu destino final. Este sistema de navegação propõe um método de navegação em tempo real para os robôs móveis, unindo as características de dois métodos já consagrados e utilizados nas pesquisas de Robótica, possibilitando a criação de aplicações em diversas áreas.

O comportamento do robô neste projeto tem algumas características com relação ao destino a ser atingido e aos obstáculos a serem evitados. A seguir, faz-se uma descrição das principais características assumidas a fim de se testar efetivamente a aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada no conceito do campo potencial na navegação do robô móvel.

A implementação do robô móvel Amanda-1 foi dividida em duas etapas. A primeira etapa consistiu na construção do próprio robô móvel, ou seja, o hardware do projeto. A segunda etapa direcionou-se à codificação da lógica do robô, o software que controla o comportamento do robô móvel quando em operação.

6.1 Primeira etapa – o hardware

A arquitetura desenvolvida do robô móvel constitui-se das seguintes partes: microcontrolador, sensores e motores. A figura a seguir, mostra a disposição dos mesmos no robô móvel.

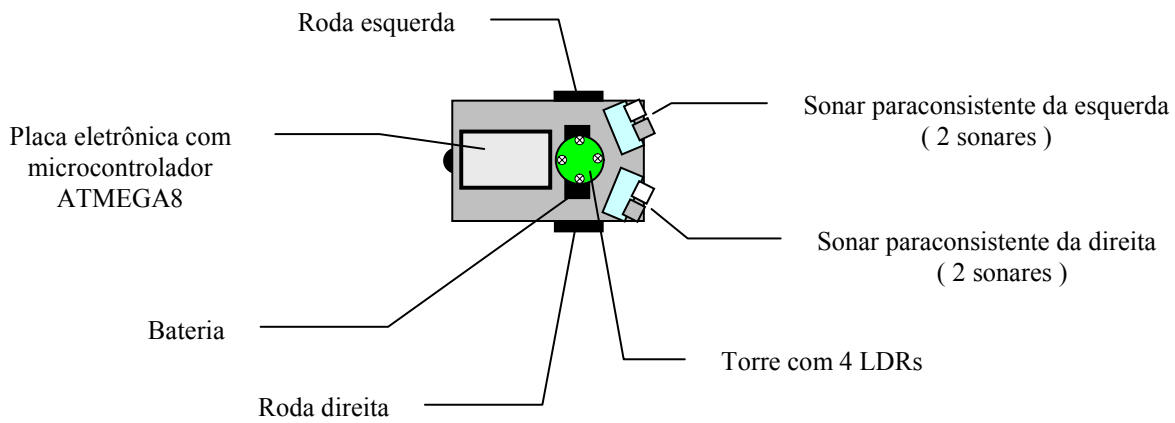


Figura 4 - Arquitetura do robô móvel Amanda-1 (sensores, motores e microcontrolador)

Utilizou-se um ATMEGA8, microcontrolador de 8 bits de baixa potência baseado na arquitetura AVR RISC da ATMEL (Corporation 2004). Uma de suas principais características é o suporte de até 8Kb de programação na memória Flash. Abaixo, apresenta-se a figura do microcontrolador ATMEGA8, seus vinte e oito pinos e as respectivas ligações aos sensores e motores do robô móvel.

6.1.1 Sensores

Há dois tipos de sensores utilizados neste projeto: sensores de luz do tipo LDR (*Light Dependent Resistor*) e os sonares paraconsistentes. O sonar funciona para detectar a existência ou não de obstáculos. Neste projeto, os sonares ficam dispostos mais à frente do robô móvel e são em número par, a fim de que a leitura de um sensor possa representar o grau de evidência favorável da existência de obstáculo e o outro possa representar o grau de evidência desfavorável sobre o mesmo obstáculo, possibilitando com essa disposição na estrutura do robô móvel, a aplicação dos conceitos da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et. Ou seja, para cada par de sonar, haverá duas leituras consecutivas, a primeira leitura obtida pelo sonar 1 e a segunda leitura pelo sonar 2.

A disposição entre os pares dos sonares com relação ao eixo principal do robô móvel foi determinada empiricamente com um ângulo aproximadamente de 12° e os sonares das evidências favoráveis e contrárias ficaram simétricos, conforme mostra a figura abaixo.

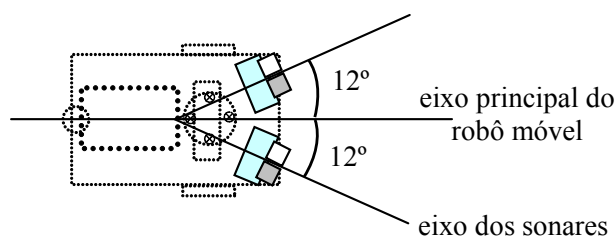


Figura 5 - Ângulo de abertura dos sonares em relação ao eixo principal do robô móvel

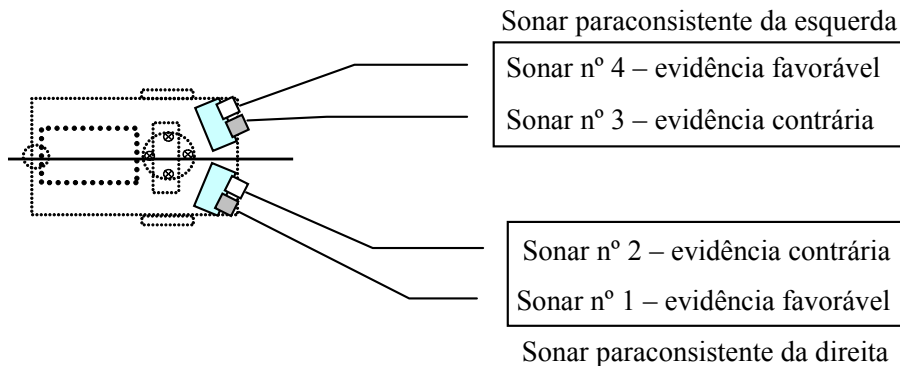


Figura 6 - Disposição simétrica entre os sonares paraconsistentes

A calibração dos sonares foi efetuada na prática com o robô móvel parado e marcando-se no chão o alcance do sonar em relação aos objetos fixos, obtendo-se as seguintes especificações dos mesmos: cone de leitura do sonar: aproximadamente 48° e distância de alcance dos objetos: 1,35 m

A relação entre os valores de leitura do sonar (faixa de valores inteiros compreendida entre 250 e 1500 pulsos) e os valores paraconsistentes (intervalo numérico real compreendido entre 0 e 1) foi construída conforme se mostra a seguir.

- sonares 1 e 4 – evidência favorável: $f(x) = -0,0008x + 1,2$
- sonares 2 e 3 – evidência contrária: $f(x) = 0,0008x - 0,2$

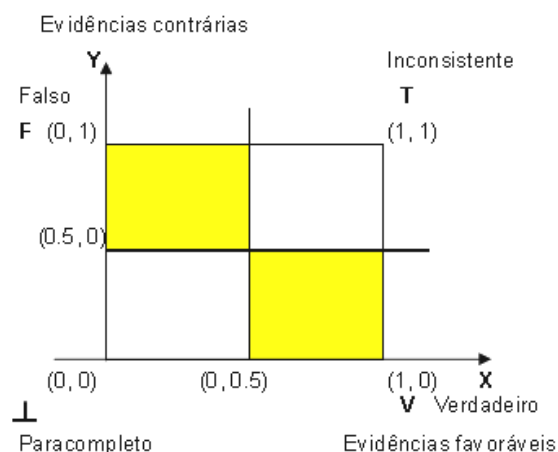


Figura 7 - Reticulado τ da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et

Há quatro regiões no reticulado τ (figura 7), representantes do reticulado da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et. Os pares ordenados deste gráfico têm valores extremos e não-extremos. Os valores considerados extremos são os seguintes: Verdadeiro (1, 0), Falso (0, 1), Paracompleto (0, 0) e Inconsistente (1, 1). Os valores não-extremos são todos os demais valores diferentes dos extremos.

Para tratar com os valores não-extremos, divide-se o reticulado τ em quatro regiões, Q1, Q2, Q3 e Q4, conforme mostrado na figura abaixo.

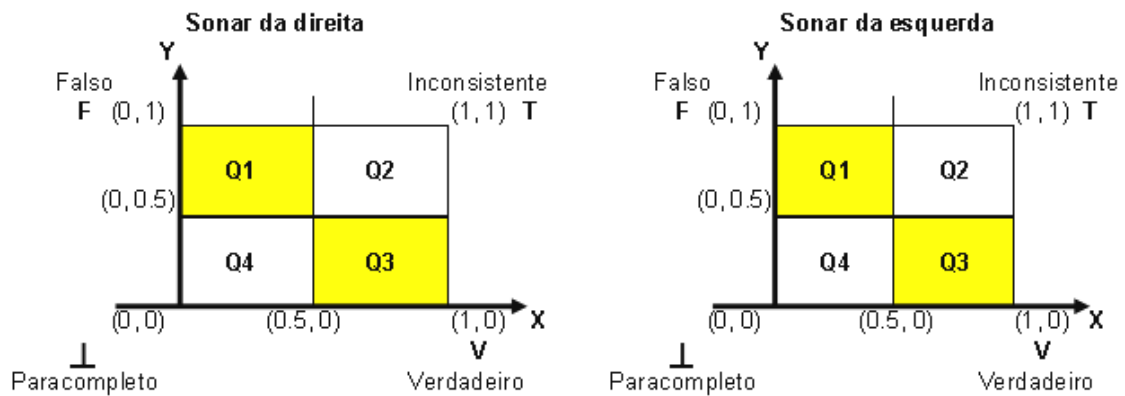


Figura 8 - Divisão do reticulado τ em quadrantes da leitura de cada sonar

O valor limite entre os quadrantes é 0,5 (meio), tanto para o eixo das abscissas (evidência favorável ou μ_1) como para o eixo das ordenadas (evidência contrária ou μ_2). A combinação dos resultados paraconsistentes entre os pares de sonares leva o sistema de navegação a tomar decisões diferenciadas. Têm-se, assim, três casos bem distintos que conduzem, respectivamente, a três estados diferentes:

1º caso – Estado C) Ocorre quando o valor paraconsistente no reticulado τ do sonar da direita se encontra no quadrante Q1 (região falsa) ou Q3 (região verdadeira). E o valor do sonar da esquerda também se encontra no Q1 ou Q3. Os vetores repulsivos baseados nas leituras dos sonares são calculados. Esse caso corresponde ao estado confiável ou simplesmente estado C.

2º caso – Estado NC) Ocorre quando o valor paraconsistente no reticulado τ do sonar da direita se encontra no quadrante Q2 (região inconsistente) ou Q4 (região paracompleta). O valor do sonar da esquerda também se encontra no Q2 ou Q4. Os vetores repulsivos baseados nas leituras dos sonares não podem ser calculados, pois as informações lidas dos sonares não dão confiança a uma navegação segura para o robô móvel. Esse caso corresponde ao estado não-confiável ou simplesmente estado NC e requer um tratamento especial para lidar com as incertezas sobre o mundo externo. Especificamente neste projeto, optou-se por fazer o robô móvel recuar, parar e tentar novas leituras dos sonares até que mude para um estado diferente de NC.

3º caso – Estado PC) Ocorre quando o valor paraconsistente no reticulado τ de um dos sonares se encontra no quadrante Q2 (região inconsistente) ou Q4 (região paracompleta) e o valor do outro sonar se encontra em um dos quadrantes Q1 (região falsa) ou Q3 (região verdadeira). Os vetores repulsivos baseados nas leituras dos sonares só podem ser calculados referentes aos sonares que retornaram leituras confiáveis de dados, ou seja, quadrantes Q1 ou Q3. As leituras oriundas do sonar inconsistente são desprezadas e a navegação tenta prosseguir para o lado do sonar com informações confiáveis. Esse caso corresponde ao estado parcialmente-confiável ou simplesmente estado PC.

Há quatro sensores de luz do tipo LDR instalados no robô móvel dispostos em intervalos de 90° (0°, 90°, 180° e 270°). A função desses sensores é encontrar aproximadamente qual a direção que se encontra o destino. O destino para o robô móvel é representado por uma luz intensa, como uma lanterna, por exemplo. O cálculo da direção do vetor de atração (V_a) é feito baseado nesses sensores de luz. Cada LDR retorna um valor numérico inteiro compreendido entre 0 e 1023. Quanto mais próxima e perpendicular a iluminação do destino se encontrar com relação ao LDR, maior o valor retornado pelo sensor de luz. Faz-se, então, a leitura

dos quatro sensores de luz. Aquele que retornar o maior valor indicará qual a direção mais provável que se encontra o destino luminoso.

Assim, a tarefa do robô móvel fica definida da seguinte forma: desviar de obstáculos existentes em seu trajeto, iniciando a navegação em qualquer ponto de um ambiente fechado, plano, espaçoso e, de preferência, com baixa ou nenhuma iluminação, seguindo a direção de uma fonte luminosa mais intensa (representativa do destino).

6.2 Segunda etapa – o software

Foi necessária a criação de controles que combinados determinam o que o robô móvel deve fazer. Esses controles são os seguintes:

- **Atividade** – classifica a situação que se encontra atualmente o robô móvel com relação ao seu deslocamento. Há cinco tipos de atividades previstas durante a navegação do robô móvel: parado, avançando, virando, girando e recuando (vide definições mais adiante). As atividades virando e girando são subdivididas em “à esquerda” e “à direita”, sendo que não estão representadas no diagrama de transição de atividades (figura 6-28).
- **Estado** – classifica três tipos de estados durante a navegação do robô móvel em função das leituras dos sonares paraconsistentes, a saber, estado confiável (C), estado não-confiável (NC) e estado parcialmente-confiável (PC). O estado confiável, significa que os dois sonares paraconsistentes tiveram sucesso com suas leituras, ou seja, não houve informações inconsistentes ou paracompletas, segundo o reticulado τ , definido por (Abe and Silva 2003). O estado não-confiável, indica que os dois sonares resultaram em leituras inconsistentes e/ou paracompletas, ou seja, neste estado importante da navegação, o robô móvel não despreza essas informações inconsistentes necessárias para continuar a navegação e assume novo comportamento para poder sair dessa situação (para, recua e lê sonares). O estado parcialmente-confiável foi criado para sinalizar que um dos sonares paraconsistentes obteve leituras sem inconsistência e o outro sonar obteve leituras com inconsistência. Neste caso, optou-se por movimentar o robô móvel para o lado do sonar com leitura confiável.
- **Quadrante** – classifica oito tipos de regiões distribuídas no robô móvel, em função do vetor resultante final calculado baseado nas leituras dos sensores de luz (vetor atrativo) e dos sonares (vetor repulsivo), sinalizando qual o quadrante resultante que o robô móvel deverá se mover durante a navegação.

A seguir, apresenta-se o diagrama das transições de atividades que ocorrem durante a navegação do robô móvel. A mudança de transição entre as atividades depende do valor de duas variáveis: estado (C, PC, NC) e quadrante (números próximos às setas).

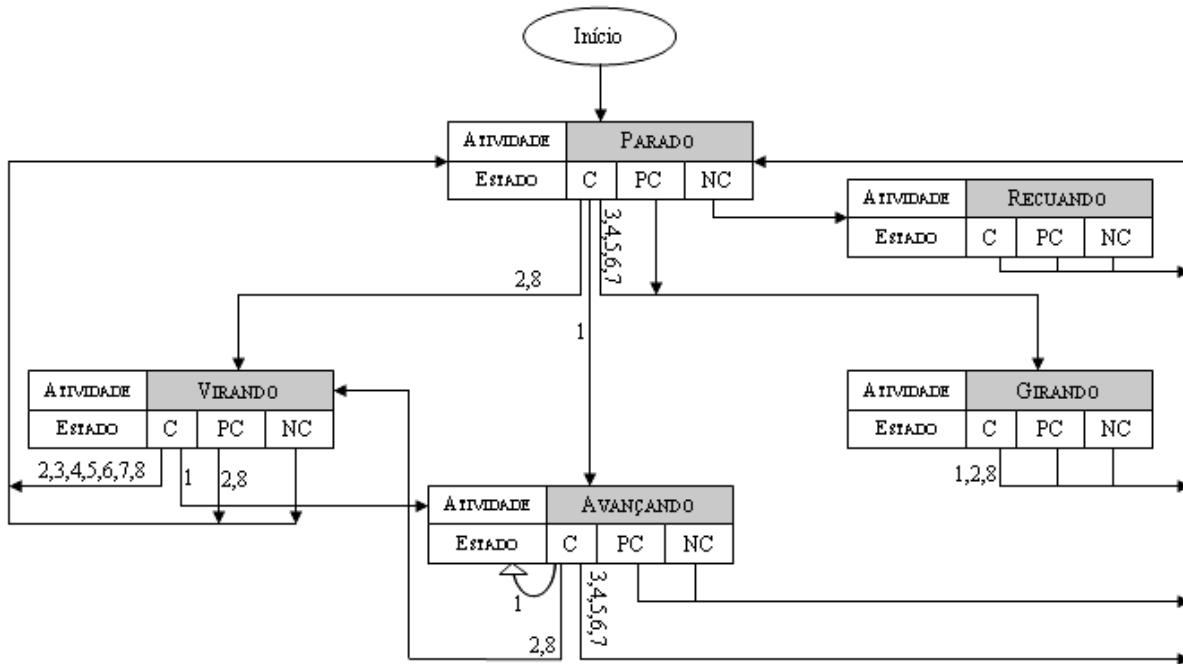


Figura 9 - Transição das atividades do robô móvel Amanda-1

Para exemplificar os três estados possíveis de cada atividade, deve-se levar em consideração os estados extremos do reticulado τ da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et. Como os pares de sonares retornam valores paraconsistentes, definiram-se estados junto às atividades do robô móvel durante sua navegação, conforme as situações a seguir mostradas.

Estados do robô móvel	Estados extremos do reticulado								Sonar Paraconsistente
	V	V	F	F	V	F	V	F	
C (consistente)	V	V	F	F	Sonar1 (à direita)				
	V	F	V	F	Sonar2 (à esquerda)				
NC (não-confiável)	T	T	⊥	T	Sonar1 (à direita)				
	T	⊥	T	⊥	Sonar2 (à esquerda)				
PC (parcialmente-confiável)	V	⊥	V	T	F	⊥	F	T	Sonar1 (à direita)
	⊥	V	T	V	⊥	F	T	F	Sonar2 (à esquerda)

Tabela 1 - Estados da navegação do robô móvel em relação aos valores paraconsistentes dos sonares

Uma vez apresentados como as leituras dos sensores são interpretadas pelo robô móvel influenciando o comportamento do mesmo, apresenta-se neste item uma maior aproximação ao código implementado procurando detalhar passo a passo o procedimento de cálculo dos vetores repulsivo e atrativo através dos valores obtidos dos sensores.

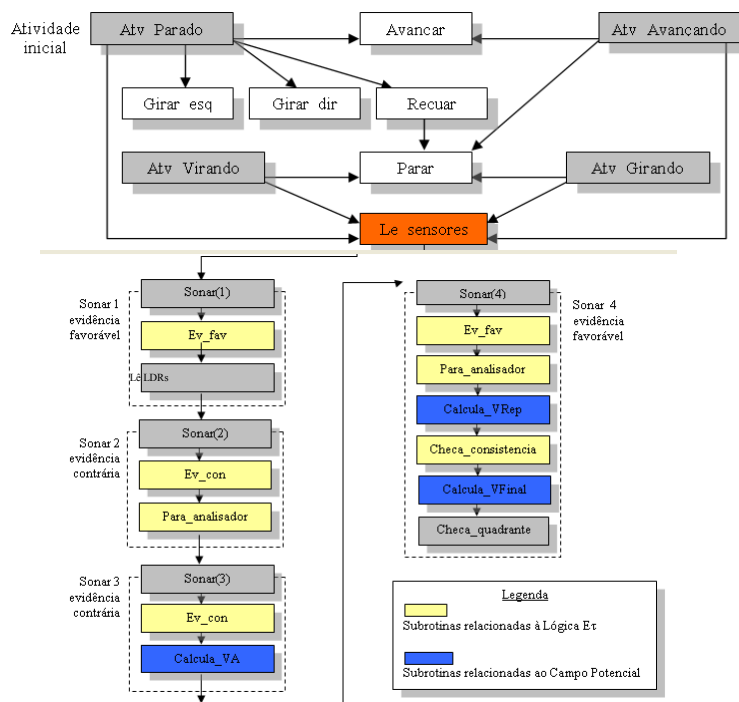


Figura 10 - Algoritmo do comportamento do robô móvel Amanda-1

As atividades da figura 10 fazem as chamadas às subrotinas específicas de cada movimento determinado pela combinação dos valores das variáveis controle da navegação do robô móvel: estado,

atividade e quadrante. As subrotinas são identificadas como “avançar”, “girar_esq”, “girar_dir”, “recuar” e “parar”. Essas subrotinas têm como objetivos principais:

- controlar as velocidades dos motores direito e esquerdo do robô móvel conforme mostra a tabela abaixo. Foram configurados três tipos de velocidades: mínima, média e máxima
- atribuir à variável global “Atividade” um dos seguintes valores correspondentes à situação que o robô móvel se encontra: Parado, Avançando, Virando ou Girando

7. Resultados

Os testes efetuados com o robô móvel Amanda-1 foram vários e podem ser agrupados em dois tipos: navegação sem obstáculos e com obstáculos. A finalidade desses testes é mostrar que o sistema de navegação paraconsistente proposto permite que o robô móvel seja capaz de seguir uma luz e desviar de obstáculos.

7.2 Teste de navegação sem obstáculos

Caso 1) Seguindo a luz da lanterna, sem obstáculos. Demonstra-se que o robô móvel segue a luz mais intensa. A iluminação do ambiente fica desligada para realçar a luz no robô.

7.3 Testes de navegação com obstáculos

Caso 2) Luz frontal, passando obstáculo simples pela direita. Demonstra-se o desvio de um obstáculo durante navegação pelo corredor.

Caso 3) Passando obstáculo simples pela esquerda. Demonstra-se a passagem por um obstáculo simples. Ao virar à esquerda para desviar, deve-se considerar também a existência da parede do corredor à esquerda do obstáculo.

Caso 4) Passando entre dois obstáculos – teste 1. Demonstra-se a passagem do robô móvel entre dois obstáculos, não mais num corredor, e sim num saguão bem amplo de um anfiteatro, para garantir a não influência das paredes do corredor. A iluminação ambiente encontra-se desligada.

Caso 5) Passando entre dois obstáculos – teste 2. Teste semelhante ao anterior, onde o robô móvel consegue passar entre dois obstáculos. A diferença é que os obstáculos encontram-se mais próximos, ou seja, a passagem é mais estreita e, portanto, torna-se uma tarefa mais difícil ao robô móvel.

Caso 6) Passando entre dois obstáculos – teste 3. Este teste foi significativo, pois o robô móvel conseguiu passar por dois obstáculos, cuja ordem foi mudada (o obstáculo mais fino ficou à esquerda e o maior, à direita) e a distância entre os obstáculos é bem estreita, na ordem de 30 cm.

Caso 7) Passando entre dois obstáculos – teste 4. Nessa demonstração, alterou-se a disposição dos obstáculos, deixando-os mais alinhados. A configuração é semelhante à passagem de uma porta.

Caso 8) Passando pela porta. Demonstra-se o comportamento do robô móvel pela passagem de uma porta. Coloca-se o robô móvel perpendicular à parede, a uma distância de 60 cm, onde há luz natural do ambiente do outro lado da passagem. O sonar paraconsistente da direita está direcionado para a área

livre da passagem, enquanto o sonar paraconsistente da esquerda está direcionado à parede. Assim que é ligado, o robô móvel já gira à direita em direção à luz, ultrapassando o obstáculo.

8. Conclusão

Para propor este sistema de navegação aos robôs móveis, foi necessária a reunião de diferentes conceitos e técnicas, de disciplinas diferentes: da Lógica Paraconsistente Anotada e da teoria dos campos potenciais. Como em toda união, espera-se que, não só as vantagens teóricas sejam unificadas, mas também as vantagens práticas. Os resultados empíricos das partes envolvidas, já foram comprovados, com resultados satisfatórios no meio acadêmico, separadamente.

O uso da Lógica Paraconsistente Anotada na elaboração do sistema de navegação do robô móvel apresenta diversas vantagens sobre os modelos, baseados em lógica clássica, dentre as quais se destacam:

- A tarefa de integrar as informações, oriundas dos diversos sensores, fica mais simples, uma vez que as inconsistências são tratadas de forma direta e conseqüentemente de forma natural, proporcionado pela estrutura da Lógica Paraconsistente Anotada.
- A possibilidade de avaliação da qualidade da descrição do mundo; quando esta for ruim, o robô pode tomar a iniciativa de explorar a região, para melhorar a qualidade de sua representação. A Lógica Paraconsistente Anotada é responsável pelo tratamento dos fenômenos de incerteza, inconsistência e de paracompleteza dessas informações.

A questão da navegação de robôs constitui questão de grande importância em Robótica e esperamos que a proposta apresentada, neste trabalho, abra perspectivas ulteriores de pesquisa.

Bibliografia

- Abe, J. M. (1992). Fundamentos da Lógica Anotada - Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia e Ciências Sociais. São Paulo, Universidade de São Paulo: 139.
- Abe, J. M. (1997). "Some Aspects of Paraconsistent Systems and Applications." Logique et Analyse(157): 83-96.
- Abe, J. M. and J. I. Da Silva Filho (2003). "Manipulating Conflicts and Uncertainties in Robotics." Multiple-Valued Logic and Soft Computing 9(ISSN 1542-3980): 147-169.
- Abe, J. M. and J. I. d. Silva (2003). Para-analisador e suas aplicações em Robótica. São Paulo, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo: 24.
- Alami, R. (1998). Multi-Robot Cooperation in the MARTHA Project. IEEE Robotics & Automation Magazine. 5.
- Brooks, R. A. (1991). Intelligence without reason, Memo No. 1293, MIT: 28, disponível em http://www.cse.unr.edu/~monica/Courses/CS493-790/PapersPDF/Brooks_IntelligenceWithoutReason.pdf, acessado em 03/05/2005.
- Choset, H. (1997). "Nonsmooth Analysis, Convex Analysis, and their Applications to Motion Planning." International Journal of Computational Geometry and Applications.
- Clark, G. M. (1996). Introduction to Manufacturing Applications. Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference, Systems Solutions Inc. 400 Longfellow Ave. Worthington, Ohio 43085-3074, U.S.A.
- Corporation, A. (2004). Datasheet ATMEGA8, Atmel Corporation. 2004.
-

- Da Costa, N. C. A., J. M. Abe, et al. (1991). Remarks on Annotated Logic. Zeltshr. f. math. Logik und Groundlagen Math: 561-570.
- Da Silva Filho, J. I. (1999). Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores LPA2v com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos. São Paulo, University of São Paulo.
- Da Silva Filho, J. I. and J. M. Abe (2001). Emmy: a paraconsistent autonomous mobile robot. Logic, Artificial Intelligence, and Robotics, Proc. 2nd Congress of Logic Applied to Technology - LAPTEC'2001. F. i. A. I. a. I. Applications. Amsterdam, Ohmsha, Tokyo, IOS Press. **71**: 53-61.
- DGVII (1998). The European Commission (EC, DG VII-E2, Transport RTD Programme; 4th Framework Program 1996-98).
- Dowling, K. (1996). Robotics: comp.robotics Frequently Asked Questions, disponível em <http://www.frc.ri.cmu.edu/robotics-faq>, acessado em 06/05/2004, Carnegie Mellon University.
- Gómez, A. T. (1996). Modelo para Sequenciamento de Partes e Ferramentas em um Sistema de Manufatura Flexível com Restrições às Datas de Vencimento e a Capacidade do Magazine - Tese de Doutorado. Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em www.lac.inpe.br/~lorena/arthur/tese-arthur.pdf. Acesso em 04.01.2005.
- IFR (2003). The World Market of Industrial Robots, International Federation of Robotics, Disponível em www.ifr.org/statistics/keyData2003.htm, acessado em 18/04/2003.
- Khatib, O. (1985). Real-Time Obstacle Avoidance for Manipulators and Mobile Robots. International Conference on Robotics and Automation, St. Louis, Missouri.
- Latombe, J. C. (1991). Robot Motion Planning. Boston, MA, Kluwer Academic Publishers.
- Leonard, J. J. and H. F. Durrant-Whyte (1992). Directed Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation. Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Luntz, J. E., W. Messner, et al. (1997). Parcel Manipulation and Dynamics with a Distributed Actuator Array: The Virtual Vehicle, Carnegie Mellon University.
- Marcotte, H. R. (1982). Robotics: the new automation tool. 19th Design Automation Conference, New Brighton, Minnesota, Honeywell Defense Systems Division.
- Nickerson, S. B., P. Jasiobedzki, et al. (2000). "An autonomous mobile robot for known industrial environments." ARK (Autonomous Robot for a Known environment).
- Ozbayrak, M., A. K. Turker, et al. (1997). Part and tool flow management in multi-cell flexible manufacturing system. Proceedings of the 29th conference on Winter simulation, Atlanta, Georgia, United States, ACM Press.
- Prado, J. P. A. (1997). Uma Arquitetura para Inteligência Artificial Distribuída Baseada em Lógica Paraconsistente Anotada - Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Prado, J. P. A. and J. M. Abe (1998). Uma Arquitetura para Inteligência Artificial Baseada em Lógica Paraconsistente Anotada. Estudos Avançados - Coleção Documentos. **33**: 19.
- Rich, E. and K. Knight (1993). Inteligência Artificial, Makron Books.
- Subrahmanian, V. S. (1994). Amalgamating Knowledge Bases. ACM Trans. On DataBases Systems. **19**: 291-331.
-

- UNECE (2003). World Robotics 2003, United Nations Economic Commission for Europe, Disponível em www.unece.org/press/pr2003/03robots_index.htm, acessado em 17/04/2003: 380.
- Vaughan, R. T., K. Stoy, et al. (2000). Whistling in the dark: cooperative trail following in uncertain localization space. Proceedings of the fourth international conference on Autonomous agents, Barcelona - Spain, ACM Press.
- Wang, S.-P. T. (1986). Animated simulation of a flexible manufacturing system. Proceedings of the 18th conference on Winter simulation, Washington, D.C., United States, ACM Press.

Identificação – Resumo de Dissertação

Saulo Rosa e Silva, Jair Minoru Abe, José Pacheco de Almeida Prado Aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada no método de campos potenciais para navegação de robôs móveis, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Paulista, 2004.

Área de Concentração: Gestão da Informação

Linha de Pesquisa:

APLICAÇÃO DO ALGORITMO PARA-ANALISADOR NA LOCALIZAÇÃO DE NEGÓCIO

Rogério Carlos Traballi

Jair Minoro Abe

Programa de Mestrado em Engenharia de Produção
Universidade Paulista - UNIP

Resumo. Neste trabalho aplicamos o algoritmo Para-analisador na análise de localização de abertura de negócios, fornecendo uma ferramenta matemática para análise dos diversos parâmetros, desde dados fáticos até opiniões subjetivas que envolvem inevitavelmente na análise.

Palavras-chave: algoritmo para-analisador, local; localização de negócio; lógica paraconsistente, ponto.

1 - Introdução

Atualmente definir onde instalar um empreendimento requer ferramentas teóricas sofisticadas. São pesquisas sobre fluxo de pessoas e características da concorrência. Na prática, os pequenos e micro empresário não usam ferramentas para auxiliar a tomada de decisão na localização de um empreendimento por causa de desconhecimento de domínio das técnicas, principalmente da estatística, bem como, do custo, que na visão deles é um tanto alto por serviços de empresas especializadas dessa área.

Nesse estudo empregamos as técnicas oferecidas por uma nova lógica que, além de auxiliar essa tarefa, consegue ainda matematizar contradições e indeterminações permitindo manipular mecanicamente tais conceitos. Ao mesmo tempo comprova que não é necessária uma grande quantidade de dados, como os da estatística, o que minimiza o custo para esse fim.

2 – Breve histórico - Lógica paraconsistente

Os precursores da lógica paraconsistente L.Łukasiewicz, N. A. Vasil'ëv, S. Jaśkowski e Newton C. A. da Costa são considerados os verdadeiros introdutores por terem proposto cálculos lógicos paraconsistentes proposicionais e demonstrações usuais.

Łukasiewicz e Vasil'ëv preocuparam-se com a possibilidade da derrogação do Princípio da Contradição, mas não construíram sistemas lógicos estrito senso que dessem vazão a esta possibilidade. Os sistemas de da Costa se estenderam muito além dos de Jaskowski, abrangendo-os como casos particulares.

3 - Lógica Paraconsistente Anotada

As lógicas anotadas constituem uma classe de lógica paraconsistente. Tais lógicas estão relacionadas a certos reticulados completos, que desempenham um papel muito importante. As conclusões são obtidas a partir de informações que não são categóricas, mas que apenas trazem evidência (crença) do fato a ser analisado. Exemplo proposição: "Tamanho do local ideal para o funcionamento de uma loja".

Um especialista do conhecimento em questão omite sua opinião que varia de 0% até 100%. A partir daí, o processo será manipulado matematicamente. Se nesse exemplo for 0% fica 0,0. Se for 100% passa a ser 1.0. A evidência favorável é expressa pelo símbolo μ e a contrária por λ .

Em 1991, (DA COSTA et al., 1991; DA COSTA et al., 1991; ABE, 1992) fizeram os primeiros estudos sobre os fundamentos da lógica paraconsistente anotada, em 1992, ABE deu continuidade. 1997; ABE et al., Também em DA SILVA FILHO, 1999; ABE & DA SILVA FILHO, 1998; e DA SILVA FILHO & ABE, 2001a se introduziram circuitos digitais (portas lógicas *Complement*, *And* e *Or*) inspirados nas lógicas paraconsistentes anotadas Pt. O para-analisador permite tratar conceitos de incerteza, inconsistência e paracompleteza (DA SILVA FILHO & ABE, 2001). Versões de lógicas anotadas também envolvem muitos aspectos das lógicas *fuzzy*. A teoria anotada de conjuntos engloba *in totum* a teoria de conjuntos *fuzzy* (DA COSTA et al., 1991; ABE, 1992).

Versões axiomatizadas da teoria *fuzzy* foram obtidas (AKAMA & ABE, 1999). Foi erigido o controlador híbrido *parafuzzy* que une características das lógicas anotada e *fuzzy* (DA SILVA FILHO & ABE, 1999).

Uma visão geral de alguns aspectos das aplicações dos sistemas notados pode ser vista em (ABE, 1997).

4 - Revisão da literatura

A dificuldade dos produtores em contatar seus consumidores, principalmente por causa da distância do mercado consumidor, faz surgir nesse período a figura do intermediário (RICHTER, 1954).

A busca é a escolha do local que otimize o desempenho da empresa.

Na revisão literária escolheu-se o método do *check list* que consiste em organizar uma lista de fatores considerados importantes na avaliação do potencial de mercado e do local desejado para instalação de uma loja.

5 - Aplicação do para-analisador na escolha de um ponto para um negócio

A viabilidade da abertura de um empreendimento comercial em um determinado local, especificamente para esta dissertação esse ponto deverá ser em uma rua, porque em *shopping center*, normalmente, já foi feita uma análise de mercado para o mesmo se instalar no local em que está.

Para isso propõe-se um modelo matemático paraconsistente, ou seja, o para-analisador cujo registro no Inpi existe como PI0001759 – Controlador Lógico Paraconsistente – registrado em 4/5/2000 em nome de Newton C. A. da Costa / João Inácio da Silva Filho / Jair Minoro Abe.

6 – Metodologia

Para este estudo tomou-se como base o questionário publicado na Revista **Exame**. Esse método apresenta vantagem para um micro ou pequeno empresário, se comparado com outros, por que é simples e eficiente, portanto o que mais se adapta a este estudo.

7 - Análise dos resultados - A escolha do tipo de arquitetura

O modelo da arquitetura da tomada de decisão foi definido em comunicação verbal com o Prof. Dr. Francisco Rojo, titular da Fundação Getulio Vargas, na área de varejo, consultor e empresário, porque não existia literatura voltada para esse tema.

8 - Método da decisão

Imaginou-se que os fatores tenham o mesmo peso (o mesmo grau de influência), ou seja, todas as faixas têm a mesma importância na decisão quanto à viabilidade do local. Pode-se ter uma idéia da influência conjunta de todos os fatores plotando no QUPC um ponto (R), que se chamou de baricentro, cujos graus de evidências favoráveis e não favoráveis são obtidos pelas médias aritméticas dos graus de evidências (favorável e desfavorável) resultantes, após a aplicação das regras de maximização e de minimização às opiniões dos especialistas.

A decisão sobre a escolha do local será tomada com o auxílio do baricentro. O baricentro R é o centro geométrico dos pontos que representam os fatores de influência no QUPC e traduz, de certa forma, a influência da resultante de todos os fatores considerados na análise da viabilidade de abertura do ponto-de-venda.

9 - Discussão

Análise da sensibilidade do problema da escolha do local

Para isso serão analisados alguns casos hipotéticos, nos quais os resultados eram claramente previsíveis. Para aplicar o para-analisador a cada um dos casos imaginados, foi utilizada a mesma metodologia como descrita anteriormente.

- Caso desfavorável - a empresa em uma região “x”.

Nesse exemplo, os doze fatores selecionados, que influem na decisão da abertura da empresa apresentam evidências de “muito” desfavorável para tanto. O método apresentou a não viabilidade da abertura da empresa, como veremos a seguir:

Fator	Faixa	Grupo A				Grupo B			
		Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4	
		μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}
S1	F1	0,0	1,0	0,2	0,8	0,0	1,0	0,1	0,9
	F2	0,4	0,6	0,3	0,7	0,4	0,6	0,2	0,8
	F3	1,0	0,0	0,8	0,2	1,0	0,0	0,9	0,1
S2	F1	0,2	0,8	0,1	0,9	0,0	1,0	0,1	0,9
	F2	0,4	0,6	0,3	0,7	0,4	0,6	0,3	0,7
	F3	0,8	0,2	0,9	0,1	1,0	0,0	0,9	0,1
S3	F1	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0
	F2	0,3	0,8	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7
	F3	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,1	0,9
S4	F1	0,3	0,7	0,2	0,8	0,1	0,9	0,1	0,9
	F2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,3	0,7	0,2	0,8
	F3	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,9	0,1
S5	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9	0,3	0,7
	F2	0,3	0,7	0,2	0,8	0,2	0,8	0,3	0,7
	F3	0,9	0,1	0,8	0,2	0,9	0,1	0,7	0,3
S6	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9	0,2	0,8
	F2	0,4	0,6	0,3	0,7	0,2	0,8	0,4	0,6
	F3	0,9	0,1	0,8	0,2	0,9	0,1	0,8	0,2
E1	F1	0,0	1,0	0,2	0,8	0,1	0,9	0,2	0,8
	F2	0,4	0,6	0,3	0,7	0,4	0,6	0,4	0,6
	F3	1,0	0,0	0,7	0,3	0,9	0,1	0,8	0,2
E2	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,2	0,8	0,1	0,9
	F2	0,5	0,5	0,4	0,6	0,3	0,7	0,2	0,8
	F3	0,9	0,1	0,8	0,2	0,8	0,2	0,9	0,1
E3	F1	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,3	0,7
	F2	0,4	0,6	0,3	0,7	0,2	0,8	0,3	0,7
	F3	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,7	0,3
E4	F1	0,3	0,7	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9
	F2	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,8	0,2	0,8
	F3	0,7	0,4	0,7	0,3	0,8	0,2	0,9	0,2
E5	F1	0,2	0,8	0,1	0,9	0,1	0,9	0,2	0,8
	F2	0,3	0,7	0,2	0,8	0,1	0,9	0,2	0,8
	F3	0,8	0,2	0,9	0,1	0,9	0,1	0,8	0,2
E6	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9	0,2	0,8
	F2	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,8	0,1	0,9
	F3	0,9	0,1	0,8	0,2	0,9	0,1	0,8	0,2

1 - Proposições

2 - Opiniões coletadas

S1 – Tamanho do local ideal para o funcionamento da loja.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

S2 – Localização

a) Pergunta: O ponto está situado em esquina e tem frente ampla.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

b) O ponto não está situado em esquina, mas tem frente ampla.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

S3 – A posição do imóvel, em relação ao fluxo de veículos da rua, permitirá uma boa visibilidade para a loja.

F 1ª - Acima de 60 carros/minutos, evidência favorável de 1 De 50 a 59 carros/minuto, evidência favorável de 0,7 a 0,9

F 2ª - De 30 a 49 carros/minutos, evidência favorável de 0,5 a 0,6 De 20 a 39 carros/minuto, evidência favorável de 0,3 a 0,4
--

F 3ª - De 0 a 19 carros/minuto, evidência favorável de 0 a 0,2
--

S4 – O imóvel permitirá a instalação de uma loja com varanda?

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

S5 – O imóvel permitirá estacionamento exclusivo para a loja.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

S6 – Existe construção aproveitável no local

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

E1 – O público que transita no local, em sua maioria, tem o perfil do consumidor de alimentos.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

E2 – O ponto está localizado próximo à zona comercial.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

E3 – O ponto está localizado em zona residencial densamente povoada.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

E4 – Existe grande fluxo de pedestres em frente ao ponto

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

E5 – O ponto se encontra próximo a uma estação de metrô ou terminais de ônibus.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

E6 – Nas proximidades existe alguma loja que venda alimentos.

F1ª faixa – Supre totalmente	F2ª faixa – Supre moderadamente	F3ª faixa – Não supre
------------------------------	---------------------------------	-----------------------

Base de dados (discussão)

3 - Selecionando as faixas

S1 – O tamanho do local é ideal para o funcionamento da loja.

F1ª faixa – Supre totalmente

S2 – Localização.

a) O ponto está situado em esquina e tem frente ampla.

F1ª faixa – Supre totalmente

S3 – A posição do imóvel, em relação ao fluxo de veículos da rua, permitirá uma boa visibilidade para a loja.

F 1ª - Acima de 60 carros/minutos, evidência favorável de 1

De 50 a 59 carros/minuto, evidência favorável de 0,7 a 0,9

S4 – O imóvel permitirá a instalação de uma loja com varanda.

F1ª faixa – Supre totalmente

S5 – O imóvel permitirá estacionamento exclusivo para a loja.

F1ª faixa – Supre totalmente

S6 – Existe construção aproveitável no local.

F1ª faixa – Supre totalmente

E1 – O público que transita no local, em sua maioria, tem o perfil do consumidor de alimentos.

F1ª faixa – Supre totalmente

E2 – O ponto está localizado próximo à zona comercial.

F1ª faixa – Supre totalmente

E3 – O ponto está localizado em zona residencial densamente povoada.

F1ª faixa – Supre totalmente

E4 – Existe grande fluxo de pedestres em frente ao ponto.

F1ª faixa – Supre totalmente

E5 – O ponto se encontra próximo a uma estação de metrô ou terminais de ônibus.

F1ª faixa – Supre totalmente

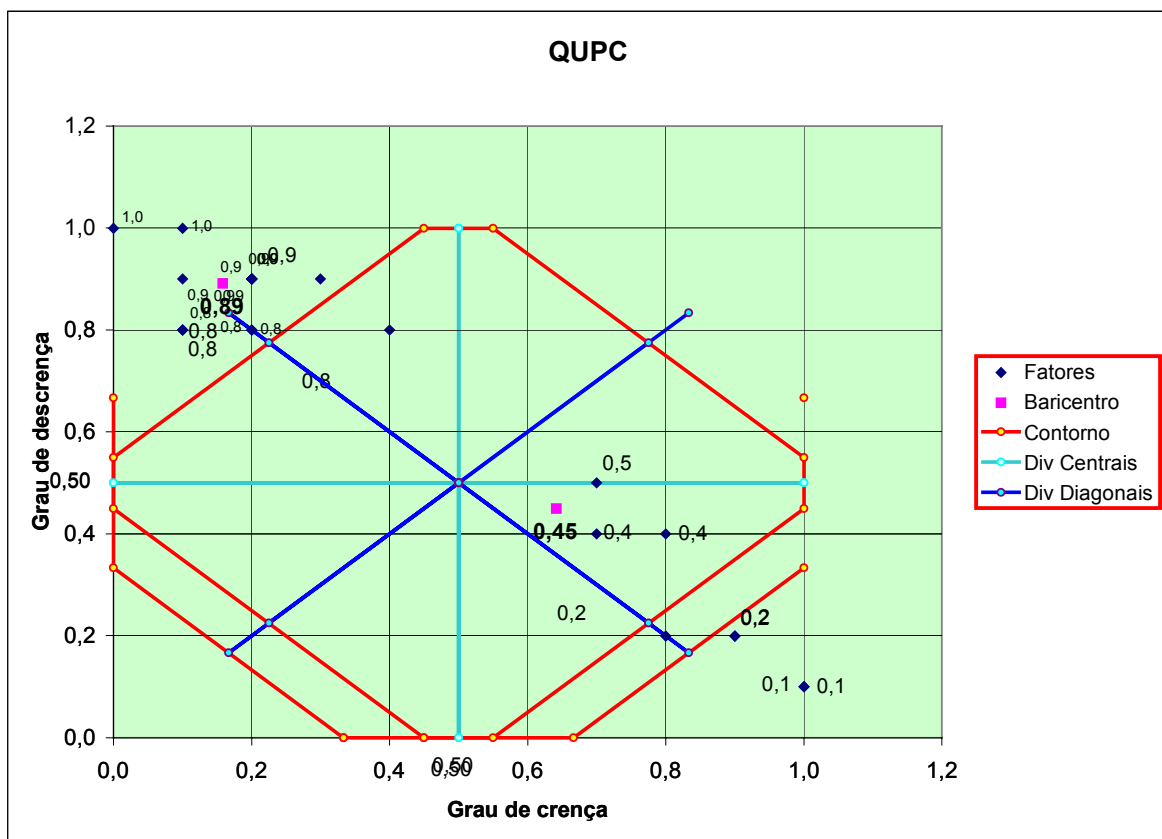
E6 – Nas proximidades existe alguma loja que venda alimentos.

F1ª faixa – Supre totalmente

4 - Quadro completo dos fatores:
 Quadro completo das aplicações

RESULTADOS DA PESQUISA, APLICAÇÃO DO MÉTODO E RESULTADOS

		Grupo A				Grupo B				A		B		A AND B		Nível de Exigência		0,550
		Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		E1 ORE2		E3 ORE4				Conclusões		
Fator	Faixa	μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}	μ_{1A}	μ_{2A}	μ_{1B}	μ_{2B}	μ_{1R}	μ_{2R}	Hcert	Contr	Decisão
S1	F1	0,0	1,0	0,2	0,8	0,0	1,0	0,1	0,9	0,2	1,0	0,1	1,0	0,1	1,0	-0,9	0,1	INMÁVEL
S2	F1	0,2	0,8	0,1	0,9	0,0	1,0	0,1	0,9	0,2	0,9	0,1	1,0	0,1	0,9	-0,8	0,0	INMÁVEL
S3	F1	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	-1,0	0,0	INMÁVEL
S4	F1	0,3	0,7	0,2	0,8	0,1	0,9	0,1	0,9	0,3	0,8	0,1	0,9	0,1	0,8	-0,7	-0,1	INMÁVEL
S5	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9	0,3	0,7	0,2	0,9	0,3	0,9	0,2	0,9	-0,7	0,1	INMÁVEL
S6	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9	0,2	0,8	0,2	0,9	0,2	0,9	0,2	0,9	-0,7	0,1	INMÁVEL
E1	F1	0,0	1,0	0,2	0,8	0,1	0,9	0,2	0,8	0,2	1,0	0,2	0,9	0,2	0,9	-0,7	0,1	INMÁVEL
E2	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,2	0,8	0,1	0,9	0,2	0,9	0,2	0,9	0,2	0,9	-0,7	0,1	INMÁVEL
E3	F1	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,8	0,3	0,8	0,2	0,8	-0,6	0,0	INMÁVEL
E4	F1	0,3	0,7	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9	0,3	0,9	0,2	0,9	0,2	0,9	-0,7	0,1	INMÁVEL
E5	F1	0,2	0,8	0,1	0,9	0,1	0,9	0,2	0,8	0,2	0,9	0,2	0,9	0,2	0,9	-0,7	0,1	INMÁVEL
E6	F2	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,8	0,1	0,9	0,3	0,8	0,2	0,9	0,2	0,8	-0,6	0,0	INMÁVEL
Baricentro W médias dos graus resultantes														0,16	0,89	-0,73	0,05	INMÁVEL



5 - Análise no quadrado unitário

Resultado no quadrado unitário no plano cartesiano τ (discussão)

6 - Comentário

Com a análise dos dados nota-se que a abertura do negócio seria inviável, mas também se deve demonstrar que há possibilidade de que surjam situações em que os resultados fiquem na fronteira, e quando isso ocorre recomenda-se fazer nova pesquisa para apurar o resultado.

7 - Caso Fronteiriço: a empresa em região “y”

BASE DE DADOS

Fator	Faixa	Grupo A				Grupo B			
		Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4	
		μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}
S1	F1	0,7	0,3	0,2	0,8	0,6	0,4	0,1	0,9
	F2	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6
	F3	0,2	0,8	0,8	0,2	0,4	0,6	0,1	0,9
S2	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,9	0,1
	F2	0,8	0,2	0,9	0,1	0,8	0,2	0,8	0,2
	F3	0,1	0,9	0,2	0,8	0,0	1,0	0,0	1,0
S3	F1	0,9	0,1	0,9	0,1	1,0	0,0	1,0	0,0
	F2	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4
	F3	0,1	0,9	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9
S4	F1	0,2	0,8	0,3	0,7	0,1	0,9	0,0	1,0
	F2	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7	0,4	0,4	0,6
	F3	0,2	0,8	0,3	0,7	0,1	0,9	0,1	0,9
S5	F1	0,6	0,4	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,8
	F2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	F3	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,9
S6	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,8	0,2
	F2	0,7	0,3	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2
	F3	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,9	0,2	0,8
E1	F1	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
	F2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	F3	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6
E2	F1	1,0	0,0	0,9	0,1	1,0	0,0	0,8	0,2
	F2	0,8	0,2	0,7	0,3	0,8	0,2	0,6	0,5
	F3	0,0	1,0	0,1	0,9	0,0	1,0	0,2	0,8
E3	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,4	0,6	0,1	0,9
	F2	0,8	0,2	0,7	0,3	0,8	0,2	0,4	0,6
	F3	0,9	0,1	0,2	0,8	0,2	0,8	0,1	0,9
E4	F1	0,2	0,8	0,1	0,9	0,3	0,7	0,1	0,9
	F2	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,2	0,6	0,4
	F3	0,8	0,2	0,9	0,1	0,7	0,3	0,9	0,1
E5	F1	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,8	0,2
	F2	0,8	0,2	0,6	0,4	0,9	0,1	0,6	0,4
	F3	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,2	0,8
E6	F1	1,0	0,0	0,8	0,2	1,0	0,0	0,9	0,1
	F2	0,8	0,1	0,7	0,2	0,8	0,3	0,9	0,2
	F3	0,0	1,0	0,2	0,8	0,0	1,0	0,1	0,9

Nesse exemplo, os doze fatores selecionados que influem na decisão da abertura da empresa apresentam 6 evidências “muito” favorável e 6 “muito” desfavorável. O método apresentou “caso fronteiriço” como se verá a seguir:

8 – Quadro completo

		Grupo A				Grupo B				A		B		A AND B		Nível de Exigência		0,550
		Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		E1 ORE2		E3 ORE4		A AND B		Conclusões		
Fator	Faixa	μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}	μ_{1A}	μ_{2A}	μ_{1B}	μ_{2B}	μ_{1R}	μ_{2R}	Hcert	Geontr	Decisão
S1	F1	0,7	0,3	0,2	0,8	0,6	0,4	0,1	0,9	0,7	0,8	0,6	0,9	0,6	0,8	-0,2	0,4	NÃO CONCLUSIVO
S2	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,9	0,1	0,9	0,2	1,0	0,1	0,9	0,1	0,8	0,0	VÍVEL
S3	F1	0,9	0,1	0,9	0,1	1,0	0,0	1,0	0,0	0,9	0,1	1,0	0,0	0,9	0,0	0,9	-0,1	VÍVEL
S4	F1	0,2	0,8	0,3	0,7	0,1	0,9	0,0	1,0	0,3	0,8	0,1	1,0	0,1	0,8	-0,7	-0,1	INMÁVEL
S5	F1	0,6	0,4	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,8	0,6	0,8	0,3	0,8	0,3	0,8	-0,5	0,1	NÃO CONCLUSIVO
S6	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,8	0,2	0,9	0,2	1,0	0,2	0,9	0,2	0,7	0,1	VÍVEL
E1	F1	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,1	-0,1	NÃO CONCLUSIVO
E2	F1	1,0	0,0	0,9	0,1	1,0	0,0	0,8	0,2	1,0	0,1	1,0	0,2	1,0	0,1	0,9	0,1	VÍVEL
E3	F1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,4	0,6	0,1	0,9	0,2	0,9	0,4	0,9	0,2	0,9	-0,7	0,1	INMÁVEL
E4	F1	0,2	0,8	0,1	0,9	0,3	0,7	0,1	0,9	0,2	0,9	0,3	0,9	0,2	0,9	-0,7	0,1	INMÁVEL
E5	F1	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,8	0,2	1,0	0,0	1,0	0,2	1,0	0,0	1,0	0,0	VÍVEL
E6	F2	0,8	0,1	0,7	0,2	0,8	0,3	0,9	0,2	0,8	0,2	0,9	0,3	0,8	0,2	0,6	0,0	VÍVEL
Baricentro W: médias dos graus resultantes														0,62	0,43	0,18	0,05	NÃO CONCLUSIVO

8 - Quadro completo

Tabela completa (caso fronteiriço)

9 - Resultado no quadrado unitário do plano cartesiano

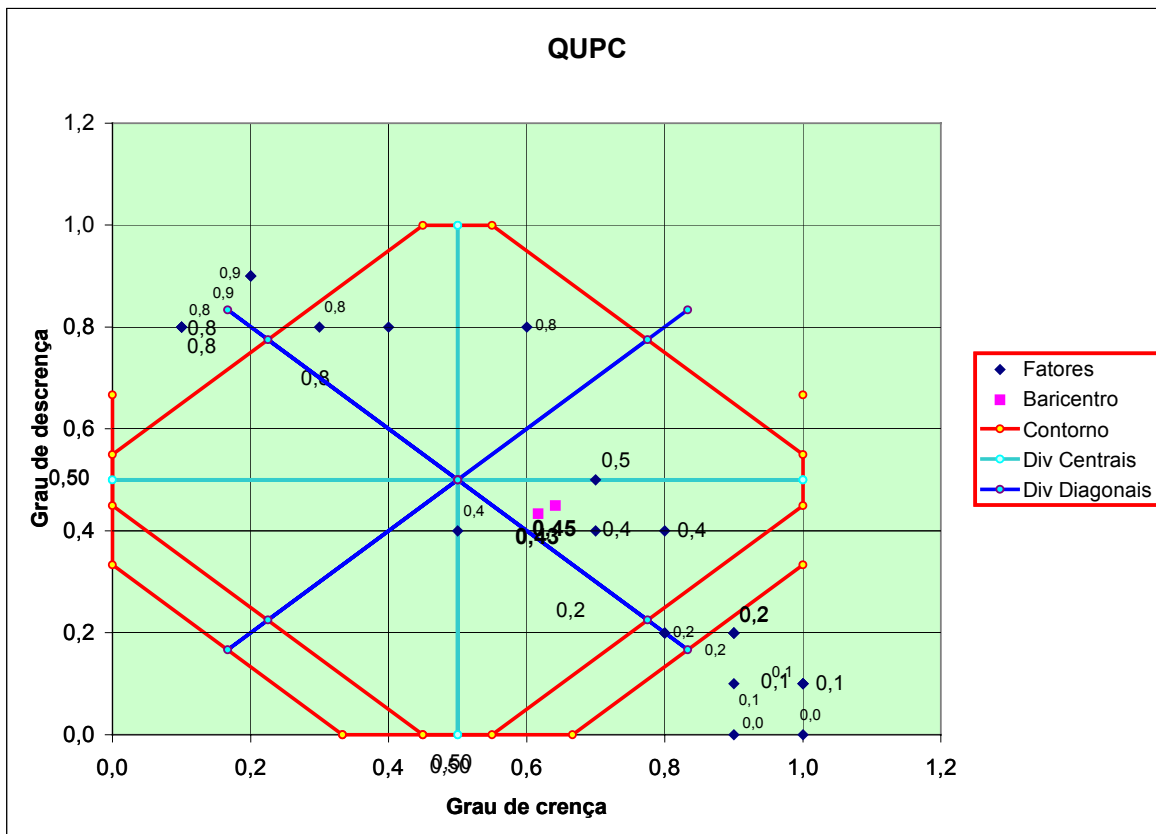


Figura do Resultado no quadrado unitário no plano cartesiano τ (fronteiriço)

10 - Alteração da base de dados após negociação

Fator	Faixa	Grupo A				Grupo B			
		Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4	
		μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}
S1	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	0,8	0,2	0,9	0,1
	F2	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4
	F3	0,1	0,9	0,2	0,8	0,2	0,8	0,1	0,9
S2	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,9	0,1
	F2	0,8	0,2	0,9	0,1	0,8	0,2	0,8	0,2
	F3	0,1	0,9	0,2	0,8	0,0	1,0	0,0	1,0
S3	F1	0,9	0,1	0,9	0,1	1,0	0,0	1,0	0,0
	F2	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4
	F3	0,1	0,9	0,1	0,9	0,2	0,8	0,1	0,9
S4	F1	0,8	0,2	0,7	0,3	0,9	0,1	1,0	0,0
	F2	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,6	0,4
	F3	0,2	0,8	0,3	0,7	0,1	0,9	0,0	1,0
S5	F1	0,6	0,4	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,8
	F2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	F3	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,9
S6	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,8	0,2
	F2	0,7	0,3	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2
	F3	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,9	0,2	0,8
E1	F1	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
	F2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	F3	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6
E2	F1	1,0	0,0	0,9	0,1	1,0	0,0	0,8	0,2
	F2	0,8	0,2	0,7	0,3	0,8	0,2	0,6	0,5
	F3	0,0	1,0	0,1	0,9	0,0	1,0	0,2	0,8
E3	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	0,7	0,3	0,9	0,1
	F2	0,8	0,2	0,7	0,3	0,8	0,2	0,4	0,6
	F3	0,1	0,9	0,2	0,8	0,3	0,7	0,1	0,9
E4	F1	0,8	0,2	0,9	0,1	0,7	0,3	0,9	0,1
	F2	0,6	0,4	0,6	0,4	0,8	0,2	0,6	0,4
	F3	0,2	0,8	0,1	0,9	0,3	0,7	0,1	0,9
E5	F1	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,8	0,2
	F2	0,8	0,2	0,6	0,4	0,9	0,1	0,6	0,4
	F3	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,2	0,8
E6	F1	1,0	0,0	0,8	0,2	1,0	0,0	0,9	0,1
	F2	0,8	0,1	0,7	0,2	0,8	0,3	0,9	0,2
	F3	0,0	1,0	0,2	0,8	0,0	1,0	0,1	0,9

Base de dados após negociação

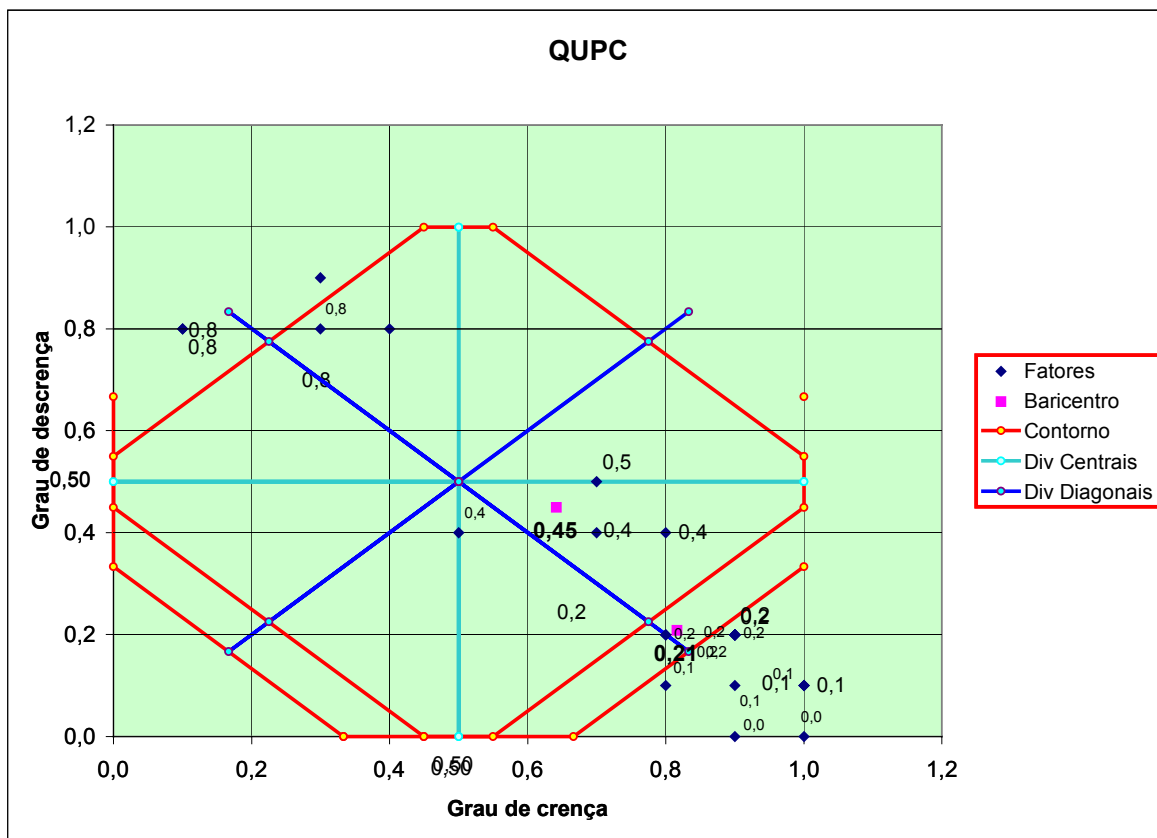
11 - Quadro completo

Tabela completa: após negociação

Fator	Faixa	GrupoA				GrupoB				A		B		A AND B		Nível de Exigência		Conclusões
		Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		EI ORE2		E3 ORE4		A AND B		0,550		
		μ_{11}	μ_{21}	μ_{12}	μ_{22}	μ_{13}	μ_{23}	μ_{14}	μ_{24}	μ_{1A}	μ_{2A}	μ_{1B}	μ_{2B}	μ_{1R}	μ_{2R}	H _{ert}	G _{ontr}	
S1	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	0,8	0,2	0,9	0,1	0,9	0,2	0,9	0,2	0,9	0,2	0,7	0,1	VÁVEL
S2	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,9	0,1	0,9	0,2	1,0	0,1	0,9	0,1	0,8	0,0	VÁVEL
S3	F1	0,9	0,1	0,9	0,1	1,0	0,0	1,0	0,0	0,9	0,1	1,0	0,0	0,9	0,0	0,9	-0,1	VÁVEL
S4	F1	0,8	0,2	0,7	0,3	0,9	0,1	1,0	0,0	0,8	0,3	1,0	0,1	0,8	0,1	0,7	-0,1	VÁVEL
S5	F1	0,6	0,4	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,8	0,6	0,8	0,3	0,8	0,3	0,8	-0,5	0,1	NÃO CONCLUSIVO
S6	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,8	0,2	0,9	0,2	1,0	0,2	0,9	0,2	0,7	0,1	VÁVEL
E1	F1	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,1	-0,1	NÃO CONCLUSIVO
E2	F1	1,0	0,0	0,9	0,1	1,0	0,0	0,8	0,2	1,0	0,1	1,0	0,2	1,0	0,1	0,9	0,1	VÁVEL
E3	F1	0,9	0,1	0,8	0,2	0,7	0,3	0,9	0,1	0,9	0,2	0,9	0,3	0,9	0,2	0,7	0,1	VÁVEL
E4	F1	0,8	0,2	0,9	0,1	0,7	0,3	0,9	0,1	0,9	0,2	0,9	0,3	0,9	0,2	0,7	0,1	VÁVEL
E5	F1	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,8	0,2	1,0	0,0	1,0	0,2	1,0	0,0	1,0	0,0	VÁVEL
E6	F2	0,8	0,1	0,7	0,2	0,8	0,3	0,9	0,2	0,8	0,2	0,9	0,3	0,8	0,2	0,6	0,0	VÁVEL
Baricentro W médias dos graus resultantes														0,82	0,21	0,61	0,03	VÁVEL

12 - Resultado no quadrado unitário do plano cartesiano

Figura do Resultado: quadrado unitário no plano cartesiano τ (fronteiriço)



Como fica demonstrado a atribuição dos pesos com graus de evidência favorável nos itens S1, S4 e E3, E4 afeta o resultado da decisão.

10 - Conclusão

É possível tomar sempre uma decisão bem-feita em uma empresa? Infelizmente, a resposta é negativa, mas, com a aplicação do método, os resultados obtidos são plenamente coerentes com o que se esperava, quando se antevia a viabilidade do local, o método confirmava; quando era previsível a inviabilidade do mesmo, também o método confirmava.

O para-analisador é uma grande ferramenta para as micro e pequenas empresas, pois como foi demonstrado o mercado tem usado como técnicas na tomada de decisão (diga-se as grandes empresas) métodos estatísticos em que mapeia o local e isso fica restrito a empresas que podem arcar com essa despesa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABE, J.M. & DA SILVA FILHO J.I., **A Para-Analyzer Method to Increase Robot Availability Through Maintenance**, Proceedings of the *International Conference on Industrial Logistic 2001*, 9-12 July 2001, Okinawa, Japão, 327-337, 2001.
2. ABE, J.M., **Fundamentos da lógica anotada** (Foundations of Annotated Logics), in Portuguese, Ph. D. Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
3. ABE, J.M. & SILVA FILHO, J.I.DA. **Fundamentos das redes neurais artificiais paraconsistentes**. São Paulo: Arte e Ciência, 2000. 39 p.
4. ABE, J.M., **Some Aspects of Paraconsistent Systems and Applications**, *Logique et Analyse*. 157(1997), 83-96p.
5. APPLEBAUM, William. **Advanced Methods, for Measuring Trade Areas and Market Penetration**. Guide to Store Location Research. Compilado por Curt Kornblau. Massachusetts: Addison-Wesley, 1968. 214-227p.
6. APPLEBAUM, William. **The Analog Method for Estimating Potencial Store Sales**. Guide to Store Location Reserch. Compilado por Curt Kornblau. Massachusetts: Addison-Wesley, 1968.
7. APPLEBAUM, W., **Store Location Research, Art or Science**, in KORNBLAU, C., 1968.
8. APPLEBAUM, William, **Guidelines for Store Location Studies**. Guide to Store Location Research. Compilado por Curt Kornblau. Massachusetts: Addison-Wesley, 1968. 3-5p.
9. ARRUDA, Ayda I. **Aspects of the Historical Development of Paraconsistent Logic**. Unicamp 1980.
10. DAVIES, R.L. & ROGERS, D.S. 1984 e ROGERS, D.S. **Modern Methods of Sales Forecasting**.
11. BELL, David E. **Note on Store Location**. Boston: Havard Business School, Boston, 3 p. 1994.
12. BERNARD, J. Kane. **A Systematic Guide to Supermarket Location Analyses**. New York: Fairchild, 1966.
13. BERRY, B.J.L. & GARRISON, W.L., in DAVIES, R.L. 1976
14. BLACK, Willian C., **Market Area Delineation and Analysis**. Austin: University of Texas, Unpublished M.B.A. dissertation, 1964. 164p.
15. BREHENY, N. **Practical Methods of Retail Location Analysis**, in WRIGLEY, N. (Edit.) *Store Choice, Store Location and Market Analysis*; London, Routledge, 1998.
16. BROWN, S. **Retail Location at the Micro-Scale: Inventory and Prospect**, *The Service Industries Journal*, Vol.4, nº 4, October 1994. 542-576p.
17. BUCKLIN, Louis P. **The Concept of Mass in Intraurban Shopping**. *Journal of Marketing*, volume 31, (outubro/1967). 37 – 42p.
18. BURROGUGH, P.A. **Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1994. 194p.
19. CARVALHO, F. R., **Lógica paraconsistente aplicada em tomadas de decisão: uma abordagem para a administração de universidades**. São Paulo: Editora Aleph, 2002.
20. CHRISTALLER, W. **Die Zentralen Orte in Suddeutschland**, Jena: Gustav Fischer Verlag, 1993.
21. CLARKE, Jan; BENNISON, David; PAL, John. ToNards a contemporary perspective of retail location. **International Journal of Retail & Distribution Management**, v. 25, n. 2, p. 2, 1997.
22. COHEN S. B. e APPLEBAUN, W., **Major Consideration in Evaluating a Store Site**. Guide to Store Location Research, compilado por Curt Kornblau. Massachusetts: Addison-Wesley, 1968.83 – 93p.
23. COHEN S. e APPLEBAUM W., **Guideposts to Store Location Strategy** in Curt Kornblau.

24. CRAIG, GHOST & McLAFFERTY, S. **Models of Retail Location Process: A Review**; Journal of Retailing, 1994
25. DA COSTA, N.C.A., ABE J.M., DA SILVA FILHO J.I., MUROLO A.C. & LEITE C.F.S., **Lógica paraconsistente aplicada**, in Portuguese, ISBN 85-224-2218-4, Editora Atlas, 1999. 214p.
26. DA SILVA FILHO, J.I. & ABE J.M., **Para-Analyzer and Inconsistencies in Control Systems**, Proceedings of the IASTED *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'99)*, August 9-12, Honolulu, Hawaii, USA, 1999. 78-85p.
27. DA SILVA FILHO, J.I. & ABE J.M., **Paraconsistent analyzer module**, in *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, 346-352, 2001.
28. DA SILVA FILHO, J.I. & ABE J.M., **Para-Control: An Analyzer Circuit Based on Algorithm for Treatment of Inconsistencies**, Proc. of the *World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, ISAS, SCI 2001, Vol. XVI, Cybernetics and Informatics: Concepts and Applications (Part I), ISBN 980-07-7556-0, 199-203, Orlando, Florida, USA, 2001.
29. DA SILVA FILHO, J.I. & ABE J.M., **Para-Fuzzy Logic Controller – Part I: A New Method of Hybrid Control Indicated for Treatment of Inconsistencies Designed with the Junction of the Paraconsistent Logic and Fuzzy Logic**, Proceedings of the *International ICSC Congress on Computational Intelligence Methods and Applications - CIMA'99*,
30. DA SILVA FILHO, J.I. & ABE J.M., **Para-Fuzzy Logic Controller – Part II: A Hybrid Logical Controller Indicated for Treatment of Fuzziness and Inconsistencies**, Proceedings of the *International ICSC Congress on Computational Intelligence Methods and Applications - CIMA'99*, Rochester Institute of Technology, RIT, Rochester, N.Y., USA, ISBN 3-906454-18-5, Editors: H. Bothe, E. Oja, E. Massad & C. Haefke, ICSC Academic Press, International Computer Science Conventions, Canada/Switzerland, 106-112, 1999.
31. DAVIES R. L., **“Marketing Geography with Especial Reference to Retailing**. London: Methuen, 1976. 18p.
32. DAVIES, R.L. & ROGERS, D.S. (Edit) **Store Location and Store Assessment Research**. Chichester: John Wiley & Sons, 1984
33. DAVIES, R.L. & ROGERS, D.S., 1984
34. FERGUSON, C.E.. **Microeconomia**. Rio de Janeiro: 18ª Ed. Forense Universitária, 1994.
35. FURRER, O. & THOMAS, H., **The Rivalry Matrix: Understanding Rivalry and Competitive Dynamics**. European Management Journal, Vol. 18, nº 6, pp. 619 – 637, 2000.
36. GOLDSTUCKER, J.Jac. L., BELLENGER, D.N., STANLEY, T.J., OTTE, L.R. **New Developments in Retail Trading Area Analysis and Site Selection**. Atlanta: Publishing Services Division of Georgia State University, 1978.
37. HUFF, D.L. **A Programmed Solution for Approximating an Optimum Retail Location**, “Land Economics”, Volume 42 (1966), pág. 293-303.
38. HUFF, D.L. **A Programmed Solution for Approximating on Optimum Retail Location**. Land Economics, volume 42, 1966, pág. 293-303.
39. JOHNSON, P. **The Application of Geodemographics to Retailing**, 1998.
40. KORNBLAU, C. e BAKER, G. L. **A Guide to Evaluating Competition**. Guide to Store Location Research, Compilado por Curt Kornblau. Massachusetts: Addison-Wesley, 1968. 128-141p.
41. LA LONDE, Bernard. **Differentials in Supermarket Drawing Power**. East Lansing: Bureau of Business and Economic Research, Michigan State University, 1969.
42. MASANO, T. F. M. **Localização de Supermercados e o Comportamento do Consumidor: Estudo de Caso em São José do Rio Preto**, (São Paulo: Tese de Mestrado, USP, 1984).
43. MARKIN, R.J. **Retailing Management: A Systems Approach**. New York, MacMillan, 1971.
44. MCGOLDRICK, P.J., **Retail Marketing**. London, McGraw-Hill, 1990.
45. NELSON, R.L. **The Selection of Retail Locations**. New York: FW Dodge Corporation, 1958.
46. O'KELLY, M.E. & MILLER, H.J., 1989
47. PEIXOTO, F. e ROSA, J. A escolha de um ponto comercial. **Jornal do Comércio do Rio de Janeiro - 18 - 19 de abril - Serviço da Coppe/UFRJ**, Departamento de Geografia da UFRJ e Acomp Consultoria, 1999
48. PINDICK & RUBINFELD. **Microeconomia**. São Paulo: Makron Books, 1994. 74p.
49. PLOTKIN, M. D. **The Use of Credit Accouts and Computers in Determining Store Trading Areas**. Proceedings of AMA Conference, 1965.
50. QUELOPANA, E. M., **Conhecimento e decisão: um estudo sobre a relação entre o conhecimento e a qualidade de decisão**. Dissertação de Mestrado, FEA-USP (SP) 2003.
51. REVISTA **EXAME**, 1994 – “Ponto Comercial, saiba olhar”.
52. REVISTA **SUPERMERCADO MODERNO**, **Não entre numa gelada: aprenda a fazer a marketing para a sua loja**. Volume XV, número 9 (Dezembro, 1983), pág. 20 – 37”.

53. RICHTER, 1954 – **Guilds: locais onde comerciantes se instalavam para se proteger de impostos e taxas no séculos XIV.**
54. RICHTER, H. **Retailing; Principles and Practices.** New York: 3ª Ed. Mc Graw-Hill, 1954. 35p.
55. ROCHESTER Institute of Technology, RIT, Rochester, N.Y., USA, ISBN 3-906454-18-5, Editors: H. Bothe, E. Oja, E. Massad & C. Haefke, ICSC Academic Press, International Computer Science Conventions, Canada/Switzerland, 113-120, 1999.
56. SCHEIDEGGER, R. M., **Estratégias de ponto-de-venda**, revista da Faculdade Batista de Vitória – FABAVI (Jan. /Jun 2003) vol. 2, nº 1, ISSN I677-5988.
57. SEBRAE, IPGN – **Iniciando um pequeno grande negócio**, 2003 www.sebrae.com.br ou <http://ipgn.iea.com.br>
58. SHIMIZU, T. – **Decisão nas organizações: introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão.** 29, 30, 32, 33, 39 e 43 p. São Paulo: Atlas, 2001.
59. SILVA LIMA, R. A., **Contribuições à teoria da localização industrial** (Tese Cátedra, USP, 1964). Detalhes e discussões das Teorias de Weber e Thunen. Mais detalhes sobre a Teoria de Lugar Central podem ser verificados em: Cristaller, W. , Die Zentralen Orle in Suddentshland (Verlartg, 1993); traduzido para o inglês por C. Baskin como: Central Places in Southern Germany (Printice Hall, 1966).
60. SIMKIN, DOYLE & SAUDERS, J. **“UK Retail Store Location Assessment”**. Journal of the Market Research Society, 1985
61. SOUZA FILHO, J. C. – **Uma aplicação empírica da abordagem dos atributos no processo de escolha de um shopping center por parte dos lojistas.** FEA–USP, 2001.
62. WESLEY, A., **Definição contida em P.D. Converse**, New Laws of Retailing Gravitation, in Kornblau Curt, Guide to Store Location Research (Massachusetts: Addison Wesley, 1968). 20p.

Identificação – Resumo de Dissertação

TRABALLI, R. APLICAÇÃO DO ALGORITMO PARA-ANALISADOR NA LOCALIZAÇÃO DE NEGÓCIO, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Paulista, 2004. Área de Concentração: Gestão da Informação Linha de Pesquisa:
--

Fuzzy Modeling in Wits, ANB and Y-Axis Scores

Marinho Del Santo Jr.

Orthodontist in Private Practice, São Paulo, Brazil.

Neli R. S. Ortega

Medical Informatics, School of Medicine, University of São Paulo, Brazil.

Maurício C. Mário

Medical Informatics, School of Medicine, University of São Paulo, Brazil.

Jair M. Abe

Institute For Advanced Studies, University of São Paulo, Brazil
Dept. of Informatics, Paulista University, Brazil

Abstract. The fuzzy sets theory has addressed scientific uncertainty and imprecision and it has been constantly applied in the medical field. In Orthodontics, a definitive expert system for diagnosis of craniofacial discrepancies based upon the fuzzy theory has not been generated yet. The purpose of this study was to evaluate the fitting of subjective scores given by orthodontists in with a proposed fuzzy mathematical model. Cephalometric pre-treatment tracings of 111 patients, children and adults, were used to score three cephalometric measurements: Wits, ANB and Y Axis. Independent opinions of three orthodontists were collected, computed in scores from 0 to 10 for each variable, without requirement of allocation of each patient in pre-established categories. Intra-examiner reliability was tested and inter-examiner correlations were calculated. Moreover, fuzzy sets and fuzzy membership functions were established, with input and output parameters based upon clinical experience (MDS). Our results showed good intra-examiner reliability for two orthodontists and fair reliability for the third orthodontist, although some intra-examiner differences were statistically significant. In general, inter-examiner correlations were weak between the orthodontists and statistically significant differences demonstrated clear variety of opinions. Correlation between the given scores and the proposed fuzzy model for Wits was fair for one examiner and fair for two examiners for ANB. For Y Axis, it was good for two examiners. Statistically significant differences between the examiners were detected for all variables, except for Y Axis between two examiners. Differences were statistically significant between scores and the fuzzy model for all the variables, for all examiners. Such lack of consistency can be due to the subjectivity involved in the interpretation of the tracings and values rather than limitations of the proposed fuzzy model. Based upon our results, it is reasonable to suggest that opinions of orthodontists about craniofacial features hold great subjectivity. Furthermore, interaction among many cephalometric variables, allowed by neural mathematical modeling, might be necessary to finely interpret craniofacial asymmetries.

Keywords. cephalometric variables, fuzzy sets theory, mathematical modeling.

1. Introduction

Craniofacial morphometric studies use lateral cephalograms as their main source of information. Pertinent relationships among anatomic structures are assessed in cephalometric analyses, a powerful aid for classification, diagnosis and growth prediction of craniofacial structures. In morphometry, samples and mean values define what is normal and how far from normality single measurements might be. Such comparisons are based upon probability, which deals with well-defined events and valorize precision, specificity and consistency.

Zadeh¹ introduced the concept of uncertainty and imprecision, in which sets of events do not have precise boundaries. The fuzzy assertion, mathematical or linguistic, is not a matter of affirmation or denial, but a matter of degree. The fuzzy sets theory¹ is a method that models the uncertainty within natural language and introduces the concept of vagueness. The key notion of the theory is to grade membership, according to which a set has members who partly belonged to it.

Fuzzy membership functions show the degree that a set partly belonged to it. So, if X is a set serving as the universe of discourse, a fuzzy subset A of X is described as:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$$

Fuzzy basic structure includes four main components: 1) a fuzzyfier, which translates crisp inputs (classical measurements) into fuzzy values; 2) an inference tool, which applies fuzzy reasoning mechanisms to obtain fuzzy outputs, for instance, Mamdani tool; 3) a knowledge base, which contains fuzzy rules and membership functions and 4) a defuzzifier, which translates fuzzy outputs back to crisp values.

Mamdani's inference tool processes all rules and combines weighted consequents of all relevant rules into output fuzzy data. Defuzzification produces crisp values as result of a reasoning process and fuzzy output data is replaced by crisp output data.

Fuzzy modeling has been applied in the Orthodontic field.^{2,3,4,5,6} Orthodontists know that the departure from normality to abnormality of dental and/or skeletal patterns is gradual and smooth.⁴ Mathematic models may improve the interpretation of orthodontists about facial asymmetries and can be a useful tool for orthodontic diagnosis.^{4,5}

The purpose of this paper was to compare spontaneous scores given by orthodontists for anteroposterior and vertical discrepancies, when cephalometric tracings and measurements were considered. Furthermore, it was to evaluate the fitting of the scores given by orthodontists in with a proposed fuzzy model.

2. Materials and Methods

2.1 Fuzzy Sets and Membership Functions

Fuzzy sets were established for antero-posterior and vertical facial features.

Fuzzy membership functions were made to estimated the degree of certainty and were based upon clinical experience of the main author (MDS). Fuzzy inputs were showed in the Diagram 1 (children in A and adults in B) for Wits, in the Diagram 2 (children in A and adults in B) for ANB and in the Diagram 3 (children and adults) for Y Axis. Fuzzy membership functions and fuzzy outputs were showed in the Diagram 4 for Wits and ANB and in the Diagram 5 for Y Axis.

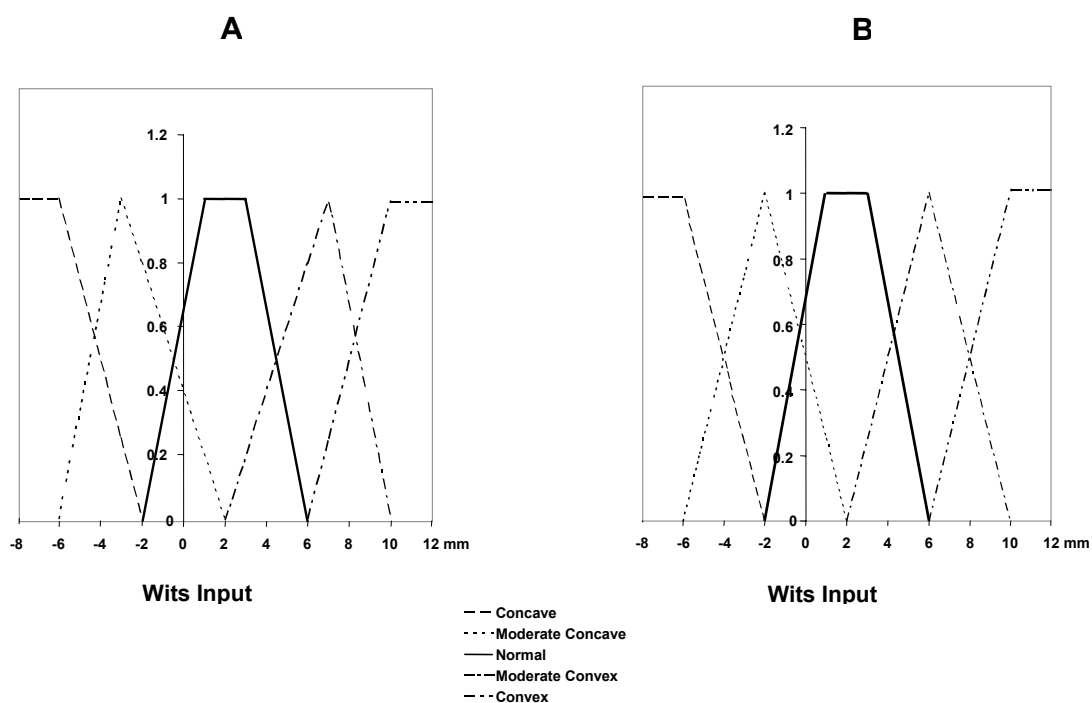
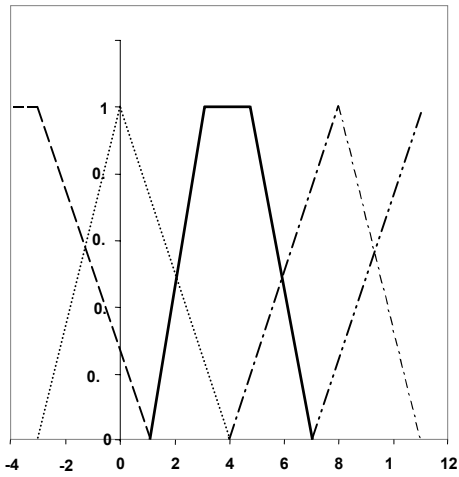


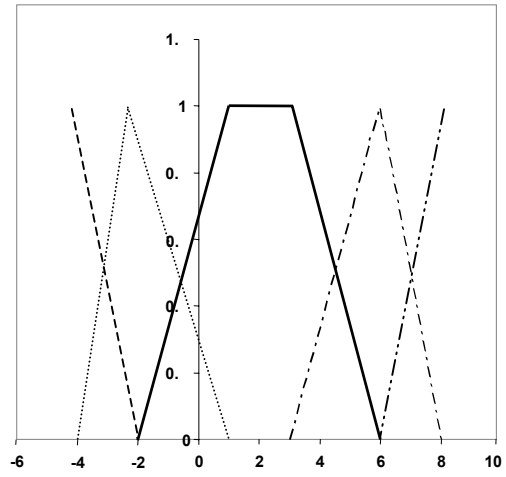
Diagram 1

A



ANB Input

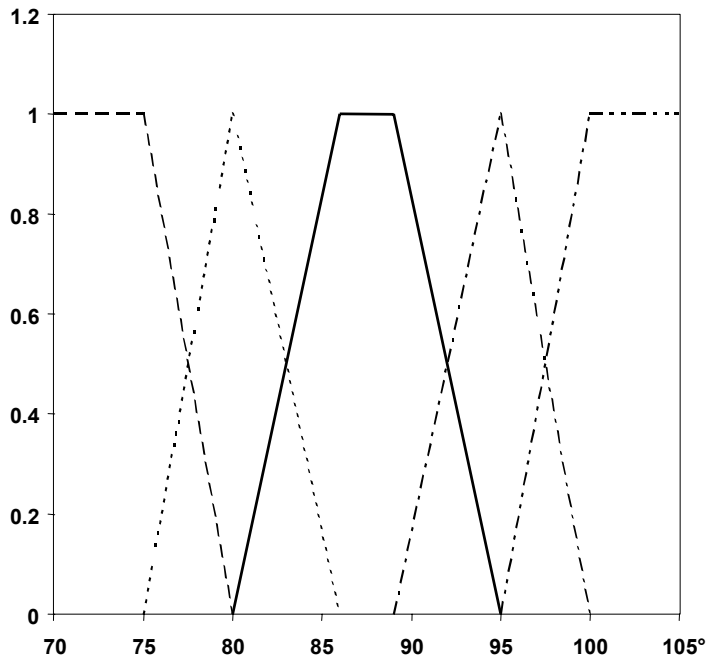
B



ANB Input

- Concave
- ... Moderate Concave
- Normal
- .- Moderate Convex
- - - Convex

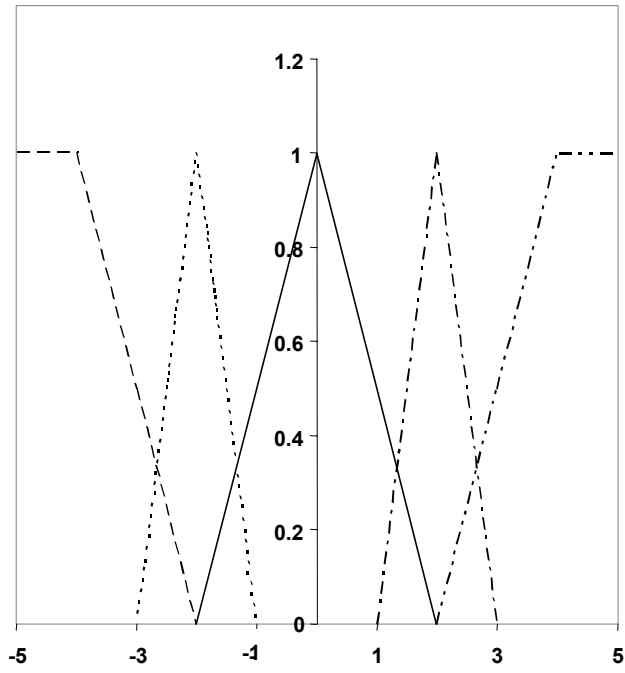
Diagram 2



Y Axis

- Short
- ... Moderate Short
- Normal
- .- Moderate Long
- - - Long

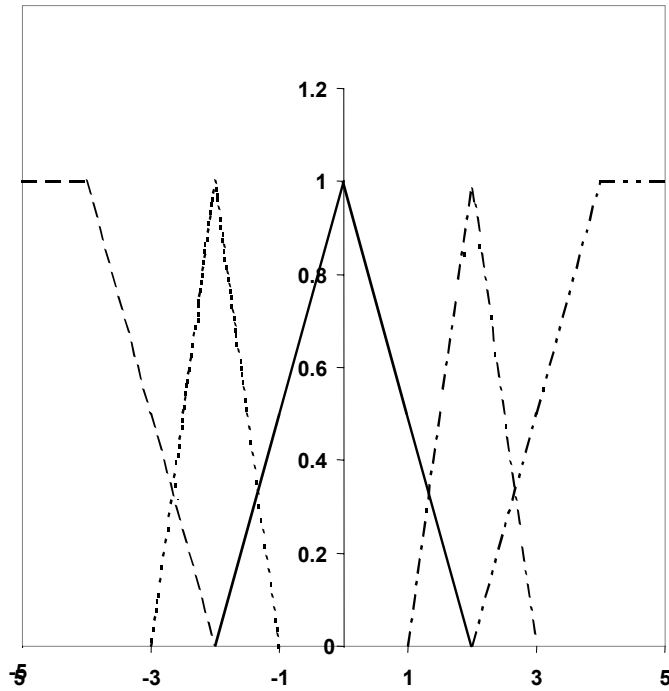
Diagram 3



Wits and ANB

- Concave
- Moderate Concave
- Normal
- Moderate Convex
- Convex

Diagram 4



Y Axis

- — Short
- - - Moderate Short
- Normal
- · - Moderate Long
- - - Lon

Diagram 5

3. Sampling

A sample of 111 patients who sought for orthodontic treatment in private practice (MDS) during the 2000/2003 period and had lateral cephalograms taken was selected. The sample was constituted by 73 children (40 boys and 37 girls, median age 12.3 year-old) and 38 adults (11 males and 27 females, median age 22.7 year-old). Cases were rejected based upon the following criteria: cephalograms presenting poor quality or taken in different X-rays machines, craniofacial major deformities or syndromes and orthodontic treatment in progress.

4. Wits, ANB and Y Axis Tracings

Wits tracings included maxillary and mandibular basal bones, upper and lower molars and incisors, occlusal plane, Wits projections on the occlusal plane and respective value. ANB tracings included maxillary and mandibular basal bones, upper and lower incisors, nasal bone, soft tissue profile, ANB angle and respective value. Y Axis tracings included posterior cranial base, nasal bone, anterior mandible and lower incisor, Y Axis and respective value.

5. Scores

Cephalometric tracings were submitted to one of the authors (MDS) and other two orthodontists to be scored. Instructions were given to all orthodontists:

- Wits score ranged from 0 to + 10, according to the degree of convexity that the patient presents, due to the relationship between maxillary and mandibular basal bones, disregarding the soft tissue profile but considering the position of the upper and lower incisors. It ranged from 0 to –10 for concave profiles.
- ANB score ranged from 0 to + 10, according to the degree of convexity that the patient presents, due to the maxillary and mandibular basal bones projections and taking into consideration the soft tissue profile. It ranged from 0 to –10 for concave profiles.
- Y Axis score ranged from 0 to +10, according to the degree of vertical anterior displacement of the patient, focusing on the Y Axis angle. It ranged from 0 to –10 for horizontal anterior displacement.

6. Statistics

6.1 Intra-Examiner Reliability

Coefficients of correlation of Pearson (Table I) and Student t-tests (Table II) were applied between score 1 and score 2, both given for tracings of twenty-five cases, evaluated in a two weeks interval.

6.2 Inter-Examiner Correlation and Fuzzy Model Inference

Coefficients of correlation of Pearson for Wits, ANB and Y Axis variables were calculated between the examiners (Tables III to V) and between the examiners and the fuzzy model (Tables VI to VIII). Wilcoxon signed rank tests were applied for Wits, ANB and Y Axis variables, between the examiners (Tables IX to XI) and between the examiners and the fuzzy model (Tables XII to XIV).

All the statistical computations were performed with the SPSS® software (Release, 10.0).

7. Results

Intra-examiner reliability was good for examiners 1 and 2, but just fair for examiner 3 (Table I). Even with good correlation, statistically significant differences between scores 1 and 2 were detected on the evaluation of ANB by examiner 1, evaluation of Wits by examiner 2 and evaluation of Wits and ANB by examiner 3 (Table II).

Coefficients of correlation of Pearson showed low to fair agreement between the examiners for all the three variables (Tables III to V), except for the good agreement between the scores given by examiners 1 and 2 for Y Axis (Table V). The coefficients of correlation were statistically significant at 0.05 level, at least.

Coefficients of correlation of Pearson showed fair agreement between the scores given by examiner 1 and the fuzzy model for Wits (Table VI), fair agreement between the examiners 1 and 2 and the fuzzy model for ANB (Table VII) and good agreement between the examiners 1 and 2 and the fuzzy model for Y Axis (Table VIII). All the correlations were significant at the 0.01 level (Tables VI to VIII).

Wilcoxon signed rank tests, applied inter-examiners for all the three variables (Tables IX to XI) or between the examiners and the fuzzy model (Tables XII to XIV), showed statistically significant differences, except for the scores given by examiners 1 and 2 for the Y Axis variable (Table XI). All the differences between

the scores given by the examiners and the fuzzy model (Tables XII to XIV) were statistically significant at the 0.001 level.

In what follows,

* Significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Significant at the 0.01 level (2-tailed)

	Wits	ANB	Y Axis
Examiner 1	0.92*	0.90*	0.99*
Examiner 2	0.96*	0.96*	0.93*
Examiner 3	0.71*	0.79*	0.85*

Table I

	Wits	ANB	Y Axis
Examiner 1	0.714	0.031*	1.000
Examiner 2	0.018*	0.265	0.714
Examiner 3	0.013*	0.020*	0.346

Table II

Wits	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Examiner 1	-	0.29**	0.55**
Examiner 2	-	-	0.23*
Examiner 3	-	-	-

Table III

ANB	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Examiner 1	-	0.50**	0.58**
Examiner 2	-	-	0.24*
Examiner 3	-	-	-

Table IV

Y Axis	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Examiner 1	-	0.92**	0.60**
Examiner 2	-	-	0.58**
Examiner 3	-	-	-

Table V

Wits	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Fuzzy Model	0.75**	0.31**	0.37**

Table VI

ANB	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Fuzzy Model	0.80**	0.72**	0.46**

Table VII

Y Axis	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Fuzzy Model	0.90**	0.93**	0.57**

Table VIII

Wits	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Examiner 1	-	0.002*	0.001**
Examiner 2	-	-	0.001**
Examiner 3	-	-	-

Table IX

ANB	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Examiner 1	-	0.003*	0.001**
Examiner 2	-	-	0.001**
Examiner 3	-	-	-

Table X

Y Axis	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Examiner 1	-	0.610	0.001*
Examiner 2	-	-	0.001*
Examiner 3	-	-	-

Table XI

Wits	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Fuzzy Model	0.001*	0.001*	0.001*

Table XII

ANB	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Fuzzy Model	0.001*	0.001*	0.001*

Table XIII

Y Axis	Examiner 1	Examiner 2	Examiner 3
Fuzzy Model	0.001*	0.001*	0.001*

Table XIV

8. Discussion

The behavior of biological systems is usually expressed by quantitative parameters, although standard mathematical models may not interpret Biology as good as we wish. In the classical Aristotelian theory, a measurement that falls into the neighborhood of the boundaries of crisp sets is taken for only one of the sets and excluded from the other, in spite of possible uncertainty involved in the decision. There is no intermediate allocation between being and nonbeing. Uncertainty increases to the maximum in the boundary, where the measurement may be regarded as equal evidence for both continuous sets but is included in one of them, based upon arbitrary decisions.

In contrary, measurements of uncertainty are part of the experimental data in the fuzzy sets theory because fuzzy logic holds the ability to model the “granularity” of fuzzy sets. In other words, a measurement is allocated in a fuzzy set with certain degree of membership.

Theoretically, the fuzzy sets theory offers prominent solutions for borderline situations, which may present unclear fitting.¹

In Orthodontics, treatment goals are better defined and achieved when the degree of discrepancy of the craniofacial skeleton is truly known. Severe discrepancies, with clear commitment of the craniofacial skeleton, necessarily demand orthopedic or surgical interventions, depending upon the growth potential of the patient. However, uncertainty about the degree of discrepancy in borderline cases may induce misdiagnoses. If

diagnosis is limited, clinical decisions may be compromised. Moreover, risks and limitations may become important.

Cephalometrics is just one of the sources used by orthodontist to make clinical decisions. Subjective evaluation of the case weights considerably in the orthodontist decision.⁴ Evaluation of cephalometric tracings and extra-oral photographs are examples of such subjectivity. Cephalometric tracings, differently than photographs, include dental information, which also influences the opinion of the orthodontist.⁴ In the present study, cephalometric tracings, including dental positioning, were used for subjective evaluation of the degree of discrepancy present in the Wits, ANB and Y Axis variables.

Wits^{7,8} measures the relationship between maxilla and mandible *per se*, eliminating the influence of the cranial base as reference and also addresses facial convexity/concavity. ANB angle is traditionally used to assess the relationship between maxilla and mandible having the cranial base as reference and translates facial convexity/concavity.⁹ Y Axis,¹⁰ the angle between the cranial base (Ba-Na) and the facial axis (S-Gn), was chosen to assess vertical facial features.

Although inclusion of other cephalometric variables than A and B points would help visual perception of antero-posterior relationships,⁴ the scope of this paper was limited to the inference by a fuzzy model of the opinion of specialists about well established cephalometric measurements. Since fuzzy modeling could theoretically offer suitable solutions for unclear allocation, no pre-established categories here provided to the examiners. Therefore, categories⁵ were not presented to the orthodontist, who had freedom to score from 0 to 10 (+ or -) how much the variable looks like off in his/her judgment.

Our results showed fair agreement between both scores given by each observer for the same tracings and values, especially for observers 1 and 2. However, statistically significant differences between scores 1 and 2 confirm lack of certainty. When scores were compared inter-observers, uncertainty was even greater. Such comparisons incorporate personal uncertainty and add the subjectivity of the opinions, probably influenced by professional education, clinical background and kind of current orthodontic practice. Our results suggest that professional experience in interpretation of cephalometric tracings and cephalometric data play important role.

When the scores for Wits were compared to the proposed fuzzy model, there was fair agreement for one of the examiners. There was fair agreement between the scores for ANB and the proposed fuzzy model for two examiners and good agreement between the scores for Y Axis and the proposed fuzzy model for two examiners. However, statistically significant differences between the examiners (inter-examiner) and between the scores and the fuzzy model were detected for all the variables, for all the examiners. The soft tissue profile tracing in ANB drawings and the simplicity of interpretation of the Y Axis drawings may explain greater consistency for such variables, either between observers or when compared to the proposed fuzzy model.

Although both methods used in this study intend to assess the same facial features, the sources of data are different: scores come from subjective evaluation of the orthodontists and the values given by the proposed fuzzy model come from mathematical modeling.

Expectation about their agreement should be conservative from the beginning and the presented results can not underestimate the potential power of fuzzy modeling to evaluate events that do not have precise boundaries.

8. Conclusion

In conclusion, our results suggest that subjective evaluation of cephalometric features varies significantly among orthodontists and interaction among many cephalometric variables, allowed by neural mathematical modeling, might be necessary to achieve better assessment of cephalometric information.

Acknowledgements

We thank Dr. Eduardo Massad, Professor, Medical Informatics, School of Medicine, University of São Paulo, Brazil for encouragement. We also thank the orthodontists Drs. Ana Cristina Vieira e Adriano Araújo for evaluating the cephalometric drawings.

References

- 1) Zadeh LA. "Fuzzy Sets". Information and Control 1965;8:338-53.
- 2) Sims-Williams JH, Brown ID, Mathewman A, Stephens CD. A computer-controlled expert system for orthodontic advice. Brit Dent J 1987;163:161-6.
- 3) Stephens C, Mackin N. The validation of an orthodontic expert system rule-base for fixed appliance treatment planning. Eur J Orthod 1998;20:569-78.
- 4) Takada K, Sorihashi Y, Stephens CD, Itoh S. An inference modeling of human visual judgment of sagittal jaw-base relationships based on cephalometry: Part I. Am J Orthod Dentofac Orthop 2000;117:140-7.
- 5) Sorihashi Y, Stephens CD, Takada K. An inference modeling of human visual judgment of sagittal jaw-base relationships based on cephalometry: Part II. Am J Orthod Dentofac Orthop 2000;117:303-11.
- 6) Akçam MO, Takada K. Fuzzy modeling for selecting headgear types. Eur J Orthod 2002;24:99-106.
- 7) Jacobson A. "Wits" appraisal of jaw disharmony. Am J Orthod 1975;67:125-38.
- 8) Jacobson A. The application of the "Wits" appraisal. Am J Orthod 1976;70:179-89.
- 9) Steiner C. Cephalometrics for you and me. Am J Orthod 1953;39:729-55.
- 10) Ricketts RM. Cephalometric analysis and synthesis. Angle Orthod 1961;31:141-56.

Identificação – Relatório Técnico

DEL SANTO JR., M., N. ORTEGA, M.C. MÁRIO, J.M. ABE, Fuzzy Modeling in Wits, ANB and Y-Axis Scores, Coleção Documentos, Série Lógica e Teoria da Ciência, IEA-USP, ISSN 16799429, No 55, 19p., 2004.

Para-Fuzzy Logic Controller

(Preliminary version)

Jair Minoro Abe

Information Technology Dept., ICET – Paulista University, UNIP
 Rua Dr. Bacelar 1212 CEP 04026-002 – São Paulo – SP – Brazil

Institute For Advanced Studies – University of São Paulo
 Av. Prof. Luciano Gualberto, Trav. J, 374, Térreo,
 Cidade Universitária CEP 05508-900 - São Paulo - SP- Brazil

Abstract. In this paper we present a logic controller based on ideas of Fuzzy logic and Paraconsistent Annotated Logic. The combination of both logics brings a new approach to fuzzy, inconsistent and paracomplete concepts. The simulations using the Aim-Spice 1.5.a software and the masks of integrated circuit of a paraconsistent system built in technical *full-custom* for a ES2-CMOS 1.2 μm digital process are also presented. This IC is compatible with the TTI family and it can be connected to Fuzzy controllers to compose the Para-Fuzzy Logic Controller. Such controller can be applied to expert systems and autonomous mobile robot's control according to an example presented in this work.

Keywords. Fuzzy logic, Paraconsistent annotated logic, logic controller, control systems

1 Introduction

In this paper we present a logic controller based on ideas of Fuzzy logic and Paraconsistent annotated logic. This hybrid system was dubbed Para-fuzzy logic controller. The Para-fuzzy operates according to the following characteristics: the paraconsistent system is composed of the algorithm Para-analyzer (see e.g. [3]). Basically, the Para-analyzer consider the lattice $[0, 1]^2$ with the order relation $(\mu_1, \lambda_1) \leq (\mu_2, \lambda_2) \Leftrightarrow \mu_1 \leq \mu_2 \text{ and } \lambda_1 \leq \lambda_2$. Given a pair (μ, λ) , μ can be intuitively read “belief degree” (or favorable evidence) and λ as “disbelief degree” (or contrary evidence). Thus, intuitively $(1, 0)$ means total belief, $(0, 1)$ means total disbelief, $(1, 1)$ total inconsistency, $(0, 0)$ means total paracompleteness, $(0.5, 0.5)$ means indefiniton, and so on. We can introduce the following concepts (all considerations are made having $0 \leq \mu, \lambda \leq 1$): Segment perfectly defined: $\mu + \lambda - 1 = 0$; Segment perfectly undefined: $\mu - \lambda = 0$; Uncertainty degree: $G_{un}(\mu, \lambda) = \mu + \lambda - 1$; Certainty degree: $G_{ce}(\mu, \lambda) = \mu - \lambda$.

The logical states (extreme and non-extreme) or output consist of 12 states according to the next figure:

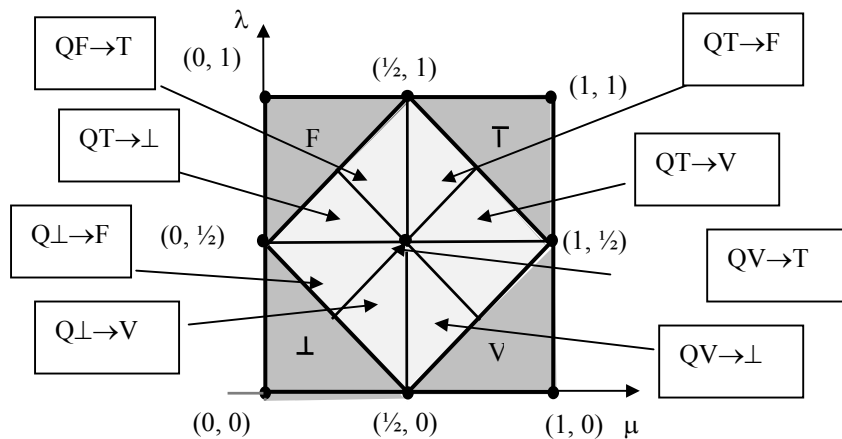


Fig 1 Output lattice

The extreme and non-extreme states are easily characterized by suitable equations.

Extreme States	Symbol	Non-extreme states	Symbol
True	V	Quasi-true tending to Inconsistent	$QV \rightarrow T$
False	F	Quasi-true tending to Paracomplete	$QV \rightarrow \perp$
Inconsistent	T	Quasi-false tending to Inconsistent	$QF \rightarrow T$
Paracomplete	\perp	Quasi-false tending to Paracomplete	$QF \rightarrow \perp$
		Quasi-inconsistent tending to True	$QT \rightarrow V$
		Quasi-inconsistent tending to False	$QT \rightarrow F$
		Quasi-paracomplete tending to True	$Q\perp \rightarrow V$
		Quasi-paracomplete tending to False	$Q\perp \rightarrow F$

Table 1. Extreme and Non-extreme states.

The uncertainty degrees generate a class of membership functions according to the output states of the figure 1 (for details see [5], [6]). We have considered triangular membership functions and in the next figure we can see the support set of the functions.

- \perp : Paracomplete
- A: Quasi-paracomplete
- B: Common region tending to paracomplete
- C: Common region tending to inconsistent
- D: Quasi-inconsistent
- T: Inconsistent

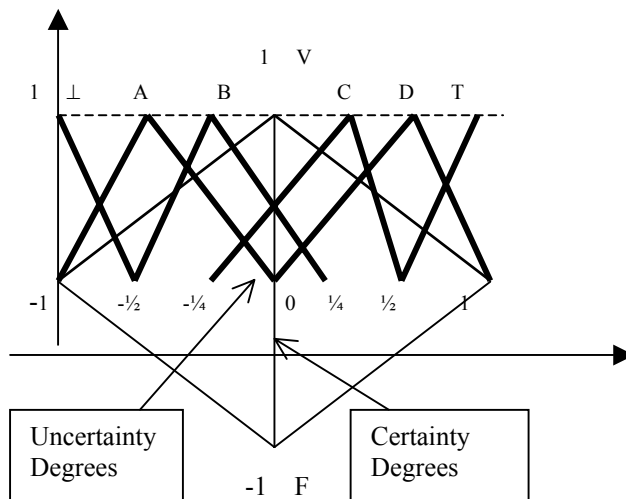


Fig. 2 Membership functions related to uncertainty degrees

Similarly we introduce the membership functions related to the certainty degree. We show the corresponding support sets.

V: True
 A: Quasi-paracomplete
 B: Common region
 tending to paracomplete
 C: Common region
 tending to inconsistent
 D: Quasi-inconsistent
 F: False

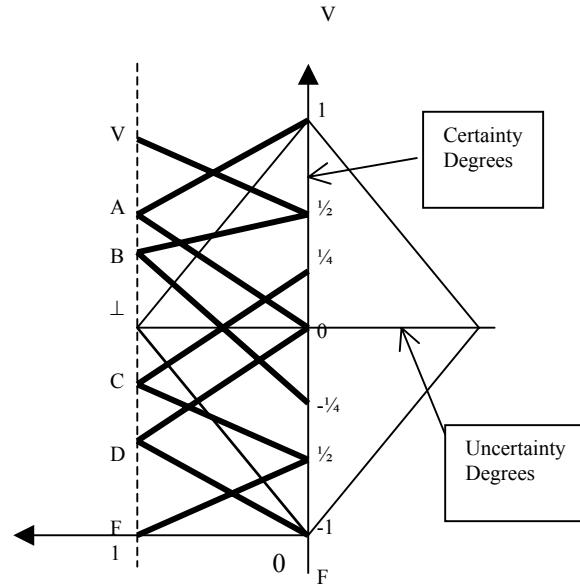


Fig. 3 Membership functions related to certainty degrees

By the fuzzy analysis made in the input signals composed of the certainty and uncertainty degrees, we get a resulting single signal value (*crisp value*).

This crisp value gives the meaning of the variable output conditions that the system needs to control by means of the resulting logic states considered in the lattice.

This junction allows the treatment of inconsistencies in a non-trivial way along with the fuzzy signals control, i.e. such control system is capable of treating fuzzy, contradictory, and/or paracomplete signals.

In the next figure we can see briefly the Para-analyzer controller.

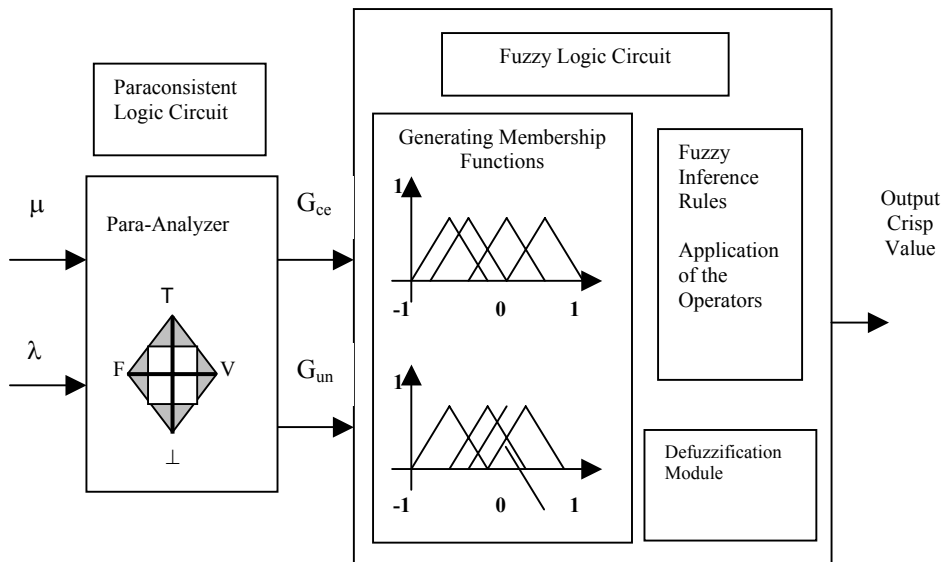


Fig. 4 Block diagram of the Para-fuzzy

2 Integrated Circuit - Simulations

As it can be seen from the Figure 4, the Para-fuzzy controller is composed basically of two main parts: the paraconsistent logic circuit and the Fuzzy logic circuit.

In this work, using microelectronic tools, a paraconsistent logic circuit was projected to be connected to any Fuzzy controller compatible with TTL system.

The paraconsistent logic circuit was simulated with the Aim-Spice 1.5.a software, in a typical 5MHz frequency. The results are presented in the Figures 5 and 6.

The logical value 1 is equivalent to +5 Volts and the logical value -1 is equivalent to -5 Volts.

The results are given by the Para-analyzer algorithm. We have the results of the simulation for obtaining the uncertainty and certainty degrees.

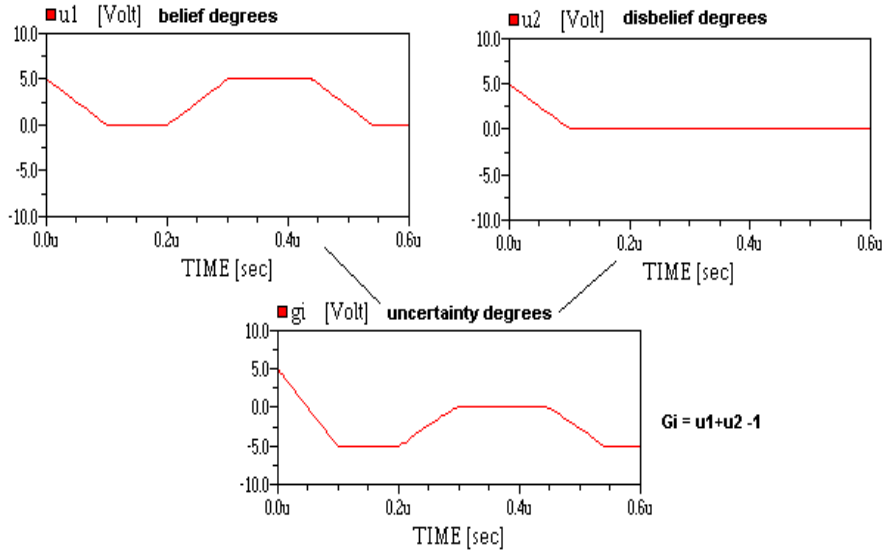


Fig. 5 Results of the simulation for obtaining the uncertainty degrees.

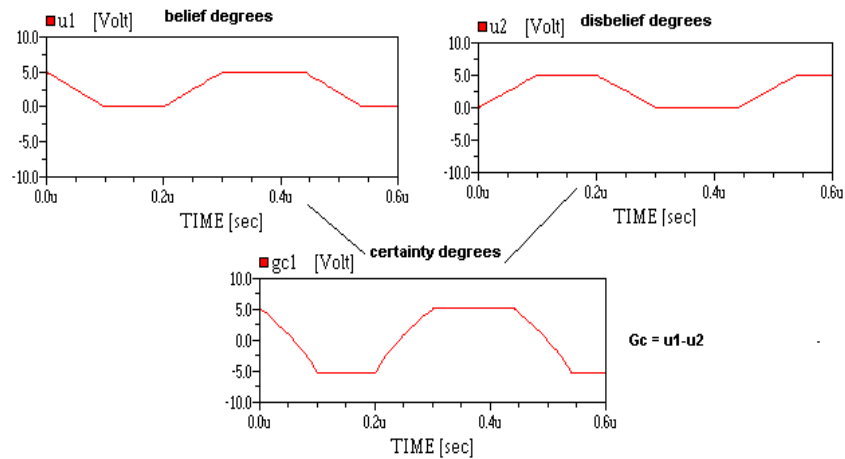


Fig. 6 Results of the simulation for obtaining the certainty degrees.

The next figure shows the layout masks for the construction of the Para-analyzer integrated circuit.

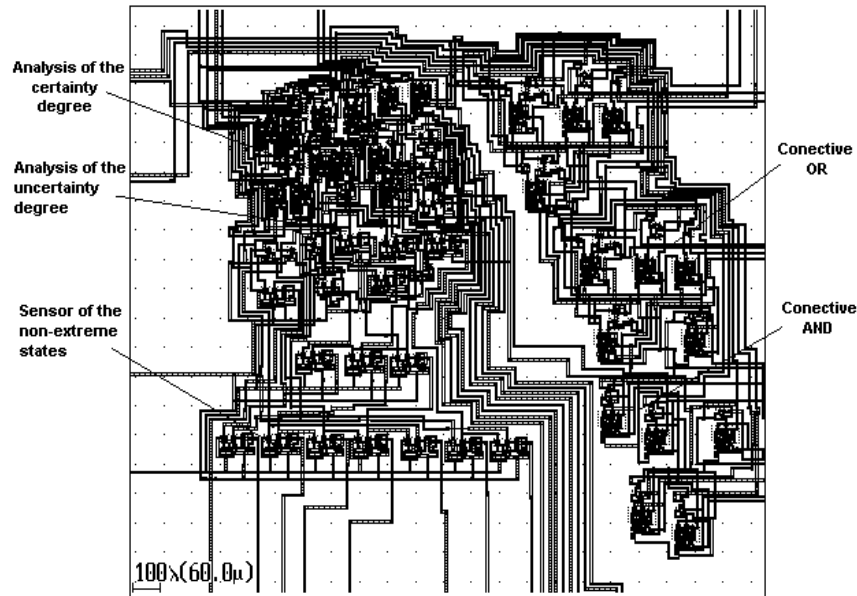


Fig. 7 Layout masks for construction of the integrated circuit

3 Conclusions

The Fuzzy logic provides an appropriate approach to vague and imprecise concepts. The Paraconsistent logic was born out of the necessity to find ways to give a non-trivial approach to contradictory sets of informations. In this work we have discussed how to handle both logics building a hybrid logic Para-Fuzzy controller able to treat fuzziness, inconsistencies and para-completeness in a non-trivial way. This type of approach makes the systems more complete, with great robustness and leading to more reliability in the conclusions creating a new way to represent uncertainty, inconsistent and/or para-complete knowledge.

As application, for instance, it could work as a main component in an autonomous mobile robot's control system that could navigate in an unknown environment with the movements oriented by means of two sensors (favorable and contrary evidences) which can generate all combinations of degrees ranging between 0 and 1 according to the output lattice seen previously. The fuzzy or contradictions generated by received signals of several and different sources of information could be treated by Para-fuzzy that could present more closely conclusive results. This application of the Para-fuzzy system opens more possibilities of increasing the application researches of the paraconsistent annotated logics in the areas of the Artificial Intelligence, Automation and Robotics.

References

- [1] J. M. Abe, "*Fundamentos da Lógica Anotada*" (Foundations of Annotated Logics), in Portuguese, Ph. D. Thesis, University of São Paulo, São Paulo, 1992.
- [2] J. M. Abe, Some Aspects of Paraconsistent Systems and Applications, *Logique et Analyse*, 157(1997), 83-96.
- [3] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, Paraconsistent analyzer module, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, 346-352, 2001.
- [4] R. Sylvan & J. M. Abe, On general annotated logics, with an introduction to full accounting logics, *Bulletin of Symbolic Logic*, 2, 118-119, 1996.
- [5] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, Para-Fuzzy Logic Controller – Part I: A New Method of Hybrid Control Indicated for Treatment of Inconsistencies Designed with the Junction of the Paraconsistent Logic and Fuzzy Logic, Proceedings of the *International ICSC Congress on Computational Intelligence Methods and Applications - CIMA'99*, Rochester Institute of Technology, RIT, Rochester, N.Y., USA, ISBN 3-906454-18-5, Editors: H. Bothe, E. Oja, E. Massad & C. Haefke, ICSC Academic Press, International Computer Science Conventions, Canada/Switzerland, 113-120, 1999.
- [6] Para-Fuzzy Logic Controller – Part II: A Hybrid Logical Controller Indicated for Treatment of Fuzziness and Inconsistencies, Proceedings of the *International ICSC Congress on Computational Intelligence Methods and Applications - CIMA'99*, Rochester Institute of Technology, RIT, Rochester, N.Y., USA, ISBN 3-906454-18-5,

Editors: H. Bothe, E. Oja, E. Massad & C. Haefke, ICSC Academic Press, International Computer Science Conventions, Canada/Switzerland, 106-112, 1999.

[7] I. Graham & P.L. Jones, Expert Systems – Knowledge, Uncertainty and Decision, *Chapman and Hall*, New York, 1988.

[8] T. Yamakawa, Fuzzy Microprocessor Rule Chip and Defuzzifier Chip, Proc. Int. *I Workshop on Fuzzy System Application*, Kyushu Inst. Tech., Fuzuka, Japan, p.p. 51-52, 1989.

[9] C. Lee Chen, Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I, *IEEE- Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, vol-20, No-2, 404-418, 1990.

[10] E. H. Ruspini, The semantics of vague Knowledge, *Revue Internationale de Systématique*, Vol.3, p.p. 387-420, 1989.

[11] L. Zadeh, Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes, *IEEE-Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, vol. SMC-3, No-1, p.p. 28-44, 1973.

Identificação – Relatório Técnico

ABE, J.M., Para-fuzzy logic controller (Preliminary version), Coleção Documentos, Série Lógica e Teoria da Ciência, IEA-USP, ISSN 16799429, No 56, 17p., 2004.
--

Paraconsistent Artificial Neural Networks: an Introduction

(Preliminary version)

Jair Minoro Abe

Information Technology Dept., ICET – Paulista University, UNIP
Rua Dr. Bacelar 1212 CEP 04026-002 – São Paulo – SP – Brazil

Institute For Advanced Studies – University of São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, Trav. J, 374, Térreo,
Cidade Universitária CEP 05508-900 - São Paulo - SP- Brazil

Abstract. In this work we sketch a new theory of artificial neural network, based on a paraconsistent annotated logic E_{τ} . Such theory, called Paraconsistent Artificial Neural Network - PANN - is built from the algorithm Para-analyzer and has as characteristics the capability of mainly manipulating uncertainty, inconsistent and paracomplete concepts. Some aspects such as capability of adaptation, velocity processing, and other useful characteristics make the PANN a promising theory.

Keywords: Neural network, paraconsistent logics, annotated logics, logical analyzer, pattern recognition

1 Introduction

The Artificial Neural Network has been extensively studied in AI so it has interesting applications mainly when the process is dynamic. For instance, it has tuned out to be an effective tool for pattern recognition. Several theories of artificial neural networks have been proposed with different characteristics. In this paper we discuss a new theory of artificial neural network based on a paraconsistent annotated logic E_{τ} .

The atomic formulas of the paraconsistent annotated logic E_{τ} is of the type $p_{(\mu, \lambda)}$, where $(\mu, \lambda) \in [0, 1]^2$ and $[0, 1]$ is the real unitary interval (p denotes a propositional variable). An order relation is defined on $[0, 1]^2$: $(\mu_1, \lambda_1) \leq (\mu_2, \lambda_2) \Leftrightarrow \mu_1 \leq \mu_2$ and $\lambda_1 \leq \lambda_2$, constituting a lattice that will be symbolized by τ . A detailed account of annotated logics is to be found in [1].

$p_{(\mu, \lambda)}$ can be intuitively read: "It is assumed that p 's belief degree (or favorable evidence) is μ and disbelief degree (or contrary evidence) is λ ." Thus, $(1.0, 0.0)$ intuitively indicates total belief, $(0.0, 1.0)$ indicates total disbelief, $(1.0, 1.0)$ indicates total inconsistency, and $(0.0, 0.0)$ indicates total paracompleteness (absence of information). The operator $\sim : | \tau | \rightarrow | \tau |$ defined in the lattice $\sim [(\mu, \lambda)] = (\lambda, \mu)$ works as the "meaning" of the logical negation of E_{τ} .

The consideration of the values of the belief degree and of disbelief degree is made, for example, by specialists who use heuristics knowledge, probability or statistics [5].

We can consider several important concepts (all considerations are taken with $0 \leq \mu, \lambda \leq 1$):

Segment DB - segment perfectly defined: $\mu + \lambda - 1 = 0$

Segment AC - segment perfectly undefined: $\mu - \lambda = 0$

Uncertainty Degree: $G_{un}(\mu, \lambda) = \mu + \lambda - 1$; Certainty Degree: $G_{ce}(\mu, \lambda) = \mu - \lambda$;

With the uncertainty and certainty degrees we can get the following 12 regions of output: *extreme states* that are, False, True, Inconsistent and Paracomplete, and *non-extreme states*. All the states are represented in the lattice of the next figure: such lattice τ can be represented by the usual Cartesian system.

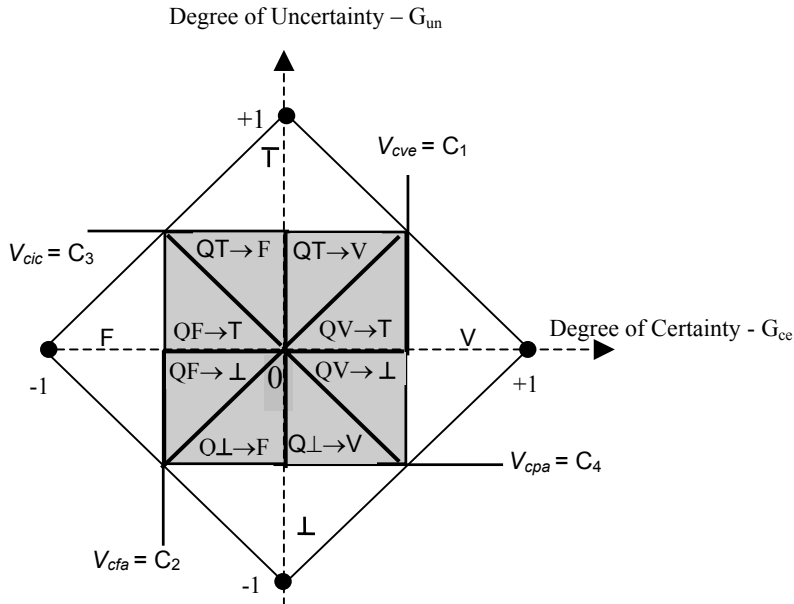


Fig. 1 - Representation of the certainty degrees and of contradiction degrees.

These states can be described with the values of the certainty degree and uncertainty degree by means of suitable equations. In this work we have chosen the resolution 12 (number of the regions considered according to the Figure 1), but the resolution is totally dependent on the precision of the analysis required in the output and it can be externally adapted according to the applications.

So, such limit values called Control Values are:

V_{cic} = maximum value of uncertainty control = C_3

V_{cve} = maximum value of certainty control = C_1

V_{cpa} = minimum value of uncertainty control = C_4

V_{cfa} = minimum value of certainty control = C_2

For the discussion in the present paper we have used: $C_1 = C_3 = \frac{1}{2}$ and

$C_2 = C_4 = -\frac{1}{2}$.

Extreme States	Symbol	Non-extreme states	Symbol
True	V	Quasi-true tending to Inconsistent	$QV \rightarrow T$
False	F	Quasi-true tending to Paracomplete	$QV \rightarrow \perp$
Inconsistent	T	Quasi-false tending to Inconsistent	$QF \rightarrow T$
Paracomplete	\perp	Quasi-false tending to Paracomplete	$QF \rightarrow \perp$
		Quasi-inconsistent tending to True	$QT \rightarrow V$
		Quasi-inconsistent tending to False	$QT \rightarrow F$
		Quasi-paracomplete tending to True	$Q\perp \rightarrow V$
		Quasi-paracomplete tending to False	$Q\perp \rightarrow F$

Table 1. Extreme and Non-extreme states.

2 The Paraconsistent Artificial Neural Cells

In the paraconsistent analysis the main aim is to know how to measure or to determine the certainty degree concerning a proposition, if it is False or True. Therefore, for this, we take into account only the certainty degree G_{ce} . The uncertainty degree G_{un} indicates the measure of the inconsistency or paracompleteness. If the certainty degree is low or the uncertainty degree is high, it generates an indefinición.

The resulting certainty degree G_{ce} is obtained as follows:

If: $V_{cfa} \leq G_{un} \leq V_{cve}$ or $V_{cic} \leq G_{un} \leq V_{cpa} \Rightarrow G_{ce} = \text{Indefinición}$

For: $V_{cpa} \leq G_{un} \leq V_{cic}$

If: $G_{un} \leq V_{cfa} \Rightarrow G_{ce} = \text{False}$ with degree G_{un}

$V_{cic} \leq G_{un} \Rightarrow G_{ce} = \text{True}$ with degree G_{un}

The algorithm that expresses a basic Paraconsistent Artificial Neural Cell - PANC - is:

**/Definition of the adjustable values */*

$V_{cve} = C_1$ * maximum value of certainty control * /

$V_{cfa} = C_2$ * / minimum value of certainty control * /

$V_{cic} = C_3$ * maximum value of uncertainty control * /

$V_{cpa} = C_4$ * minimum value of uncertainty control* /

** Input /Variables * /*

μ, λ

** Output /Variables **

Digital output = S_1

Analog output = S_{2a}

Analog output = S_{2b}

**/Mathematical expressions */*

begin:

$0 \leq \mu \leq 1$ e $0 \leq \lambda \leq 1$

$G_{un} = \mu + \lambda - 1$

$G_{ce} = \mu - \lambda$

**/ determination of the extreme states */*

if $G_{ce} \geq C_1$ then $S_1 = V$

if $G_{ce} \geq C_2$ then $S_1 = F$

if $G_{un} \geq C_3$ then $S_1 = T$

if $G_{un} \leq C_4$ then $S_1 = \perp$

If not: $S_1 = I$ – Indetermination

$G_{un} = S_{2a}$

$G_{ce} = S_{2b}$

A PANC is called *basic* PANC when given a pair (μ, λ) is used as input and resulting as output: G_{un} = resulting uncertainty degree, G_{ce} = resulting certainty degree, and X = constant of Indefinition, calculated by the equations $G_{un} = \mu + \lambda - 1$ and $G_{ce} = \mu - \lambda$

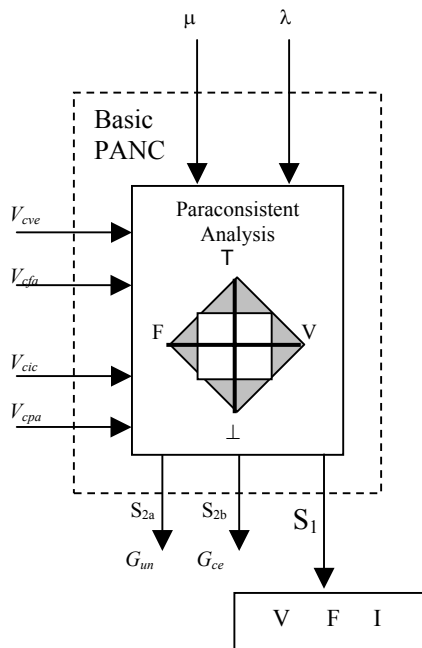


Fig. 2 - The Basic Paraconsistent Artificial Neural Cell

3 The Paraconsistent Artificial Neural Cell of Learning

A Paraconsistent Artificial Neural Cell of Learning – PANC-I is obtained from a basic PANC.

In this learning Cell, sometimes we need the action of the operator Not in the training process. Its function is to do the logical negation in the resulting output sign. For a training process, we consider initially a PANC of Analytic Connection the one not undergoing any learning process.

According to the paraconsistent analysis, a cell in these conditions has two inputs with an Indefinite value $\frac{1}{2}$.

So, the basic structural equation yields the same value $\frac{1}{2}$ as output, having as result an indefinition. For a detailed account see [4].

4 The Learning of a PANC-I

The learning cells can be used in the PANN as memory units and pattern sensors in primary layers. For instance, a PANC-I can be trained to learn a pattern by using an algorithm. For the training of a cell we can use as pattern real values between 0 and 1. The cells can also be trained to recognize values between 0 and 1.

The learning of the cells with extreme values 0 or 1 composes the primary sensorial cells. Thus, the primary sensorial cells consider as pattern a binary digit where the value 1 is equivalent to the logical state True and the value 0 is equivalent to the logical state False. The appearance of the input 0 repeated times means that the resulting belief degree is going to increase gradually in the output reaching the value 1. In these conditions we say that the cell has learned the falsehood pattern.

The same procedure is adopted when the value 1 is applied to the input repeated times. When the resulting belief degree in the output reaches the value 1 we say that the cell has learned the truth pattern. Therefore a PANC can learn two types of patterns: the truth pattern or the falsity pattern. In the learning process of a PANC, a learning factor can be introduced (LF) that is externally adjusted. Depending on the value of LF, it gives the cell a faster or slower learning. In the learning process, given an initial belief degree $\mu_r(k)$, we use the following equation to reach $\mu_r(k) = 1$, for some k.

So, for truth pattern we have

$$\mu_r(k+1) = \frac{(\mu_1 - \mu_r(k)_c)LF + 1}{2}$$

where $\mu_r(k)_c = 1 - \mu_r(k)$, and $0 \leq LF \leq 1$. For falsity pattern, we have

$$\mu_r(k+1) = \frac{(\mu_{1c} - \mu_r(k)_c)LF + 1}{2}$$

where $\mu_r(k)_c = 1 - \mu_r(k)$, $\mu_{1c} = 1 - \mu_1$, and $0 \leq LF \leq 1$

So we can say that the cell is completely learned when $\mu_r(k+1) = 1$.

If $LF = 1$, we say that the cell has a natural capacity of learning. Such capacity decreases as LF approaches 0. When $LF = 0$, the cell loses the learning capacity and the resulting belief degree will always have the indefinition value $\frac{1}{2}$.

5 Unlearning of a PANC-I

Even after having a cell trained to recognize a certain pattern, if insistently the input receives a value totally different, the high uncertainty makes the cell unlearn the pattern gradually. The repetition of the new values implies in a decreasing of the resulting belief degree.

Then, the analysis has reached an indefinition. By repeating this value, the resulting belief degree reaches 0 meaning that the cell is giving the null belief degree to the former proposition to be learned.

This is equivalent to saying that the cell is giving the maximum value to the negation of the proposition, so the new pattern must be confirmed.

Algorithmically, this is showed when the certainty degree G_{ce} reaches the value -1 . In this condition the negation of the proposition is confirmed. This is obtained by applying the operator Not to the cell. It inverts the resulting belief degree in the output.

From this moment on the PANC considers as a new pattern the new value that appeared repeatedly and unlearning the pattern learned previously. By considering two factors, LF – learning factor and UF – unlearning

factor, the cell can learn or unlearn faster or slower according the application. These factors are important giving the PANN a more dynamic process.

6 Practical Results

The graphic below presents the result of the learning PANC using the learning algorithm seen in an application of a pattern to the sinusoid form used as input:

$$\text{sign}[30] = (\text{Sin} ((i \times \text{Pi}) / 180))$$

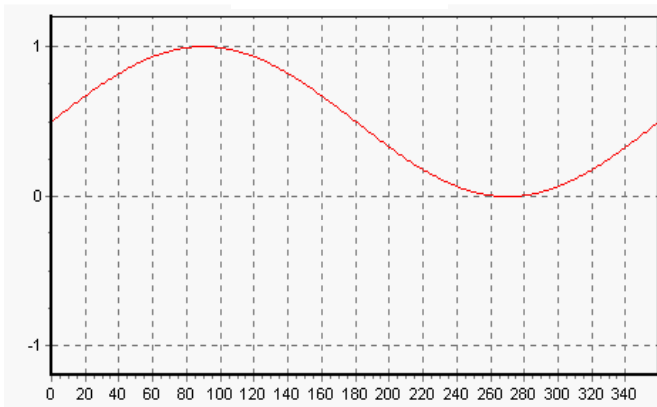


Fig. 3 - Pattern versus number of steps

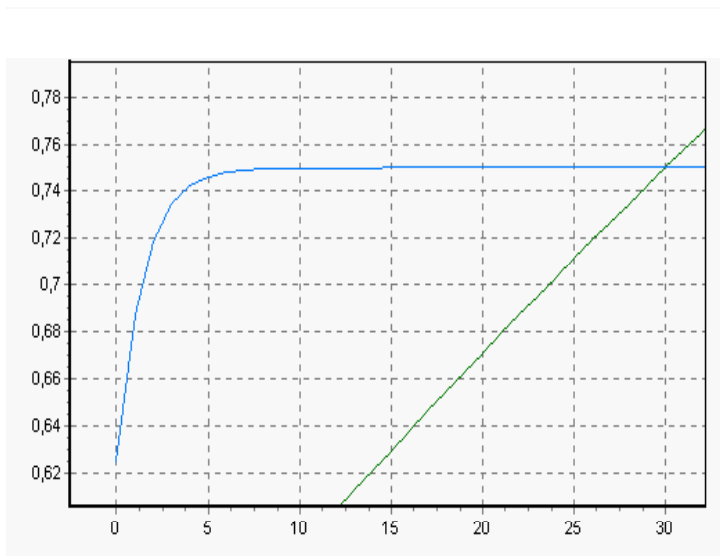


Fig. 4 – Learning cell behavior

The figure 3 displays pattern versus number of steps by applying the equation and we have: $\text{sign} [i] = (\text{Sin} ((i \times \text{Pi}) / 180) + 1) / 2$

The figure 4 displays the pattern versus number of steps for learning, showing that the cell has learned the applied function as input pattern after 30 steps.

7 Conclusion

The Paraconsistent Artificial Neural Network is a new theory capable of dealing with uncertainty, contradictory and paracomplete signs, giving a nontrivial treatment to them. It has been applied to pattern recognition, in particular in speech and image recognition. As a major improvement, we have a better processing velocity, external adjustments, and others. We think that the theme discussed here opens a new field of research in the artificial network area. We hope to say more in forthcoming papers.

References

- [1] J. M. Abe, “*Fundamentos da Lógica Anotada*” (Foundations of Annotated Logics), in Portuguese, Ph. D. Thesis, University of São Paulo, São Paulo, 1992.
- [2] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, Para-Analyzer and Inconsistencies in Control Systems, Proceedings of the IASTED *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'99)*, August 9-12, Honolulu, Hawaii, USA, 78-85, 1999.
- [3] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, Paraconsistent analyzer module, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, 346-352, 2001.
- [4] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, *Fundamentos das Redes Neurais Paraconsistentes – Destacando Aplicações em Neurocomputação*, in Portuguese, Editora Arte & Ciência, ISBN 85-7473-045-9, 247 pp., 2001.
- [5] A. P. Dempster, Generalization of Bayesian inference, *Journal of the Royal Statistical Society, Series B-30*, 205-247, 1968.
- [6] R. Hecht-Nielsen, *Neurocomputing*. New York, Addison Wesley Pub. Co., 1990.
- [7] T. Kohonen, *Self-Organization and Associative Memory*. Springer-Verlag, 1984.
- [8] B. Kosko, *Neural Networks for signal processing*. USA, New Jersey, Prentice-Hall, 1992
- [9] R. Sylvan & J. M. Abe, On general annotated logics, with an introduction to full accounting logics, *Bulletin of Symbolic Logic*, 2, 118-119, 1996.
- [10] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks Architectures, Algorithms and Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1994.

Identificação – Trabalho Relatório Técnico

ABE, J.M., Paraconsistent Artificial Neural Networks: an Introduction (Preliminary version), Coleção Documentos, Série Lógica e Teoria da Ciência, IEA-USP, ISSN 16799429, No 56, 17p., 2004.

TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Sistema automatizado de triagem e monitoração de vítimas de desastres, baseado na lógica paraconsistente anotada

Autor: Marcos Paulo Sigg

Orientador: Dr. Jair Minoro Abe

Resumo: O projeto consiste na elaboração de um dispositivo eletrônico junto à cada vítima removida da zona de desastre e aguardando transporte aos centros médicos, e um software de análise de dados e tomada de decisão.

Este dispositivo envia periodicamente, através de ondas de rádio, os sinais vitais da vítima para um computador central que processa estas informações e decide qual vítima deve ser encaminhada para atendimento naquele momento, levando em consideração a criticidade de seu estado clínico e suas chances de sobrevivência.

O objetivo deste projeto de Iniciação Científica é desenvolver o software de tomada de decisão com base nos dados coletados.

1. Justificativa

Nos tempos atuais, com a concentração demográfica cada vez maior e uma parcela cada vez maior da população residindo em áreas de risco, o risco de desastres naturais, acidentes tecnológicos e, mais recentemente, crimes variados e cada vez mais sofisticados contra a população civil causarem um grande número de vítimas, obriga a população e as organizações responsáveis pelo atendimento a este tipo de incidente a estarem constantemente preparadas e reagirem de forma muito rápida, atuarem com eficiência extrema e obterem um alto percentual de sobrevivência entre as vítimas.

Freqüentemente, as autoridades não possuem em seu corpo de funcionários, recursos humanos suficiente para atenderem às vítimas de desastre de forma adequada, gerando uma movimentação de profissionais de outras áreas, aumentando o custo operacional e diminuindo a eficácia no atendimento prestado.

As equipes de atendimento a desastres têm acesso a diversos algoritmos de triagem de vítimas, cada um com suas vantagens e desvantagens. Estes algoritmos sempre geram algum tipo de pontuação que é utilizado para determinar quais vítimas devem ser removidas de área de desastre e transportadas para os hospitais e centros de atendimento médico.

Todos estes algoritmos têm uma falha em comum, eles não levam em consideração a evolução clínica da vítima, tornando falha e imediatista a avaliação da equipe responsável por determinar qual vítima deve ser encaminhada ao atendimento médico.

Outro problema identificado nas técnicas de triagem atualmente empregadas é que todo o processo é manual, demandando um grande volume de recurso humano para prestar o atendimento pré-hospitalar às

vítimas que estão sendo removidas da cena de desastre e manter uma monitoração adequada das vítimas que já estão aguardando o transporte aos hospitais.

O sistema proposto visa suprir estas duas deficiências:

- Gerar uma análise dos sinais vitais das vítimas que apoiará a equipe médica no acompanhamento da evolução clínica das vítimas e na tomada de decisão sobre a prioridade no encaminhamento para o atendimento médico adequado;
- Permitir às equipes responsáveis pelas vítimas que se dediquem ao atendimento, pois fará a monitoração dos sinais vitais de forma constante de cada vítima e avisará qualquer mudança no quadro clínico.

2. Introdução

Inicialmente, introduzimos algumas definições:

Desastre: Acontecimento calamitoso, o que ocorre de súbito e ocasionando grande dano ou prejuízo.

Catástrofe: Acontecimento súbito de conseqüências trágicas e calamitosas. Grande desastre ou desgraça, calamidade.

Triagem: Seleção, escolha, separação.

Vítima: Pessoa que sofre algum infortúnio, ou que sucumbe a uma desgraça, ou morre num acidente, epidemia, catástrofe, guerra, revolta, etc.

Seguem as mesmas definições, conforme o entendimento do serviço especializado:

Desastre: Toda ocorrência onde o número de vítimas supera a capacidade do corpo de socorristas em prestar atendimento simultâneo a todas as vítimas.

Catástrofe: O mesmo que desastre.

Triagem: Processo no qual é definida a ordem de prioridade de atendimento às vítimas de acordo com o estado clínico e chance de sobrevivência.

Vítima: Todas as pessoas que estavam presentes no local e no momento em que ocorreu o evento que originou a situação de desastre.

2.1 Visão geral sobre o atendimento a desastre

Hoje em dia, uma cena de desastre é dividida em três áreas, conforme a figura a seguir:



Figura 1. Classificação das áreas em uma cena de desastre

- **Área quente:** Compreende a região afetada pelo desastre, possui alto risco de acidentes e por esta razão, seu acesso deve ser restrito ao pessoal equipado e preparado para lidar com o risco em questão;
- **Área morna:** Constitui uma zona de transição entre as áreas quente e fria, possui risco moderado de acidente e seu acesso deve ser limitado às equipes de pronto-atendimento;
- **Área fria:** É uma área em torno da área quente, tão ampla quanto seja necessário para evitar mais vítimas e instalar a infra-estrutura necessária para o atendimento às vítimas lá encontradas. A área fria deve ser isolada e seu acesso restrito aos profissionais envolvidos no atendimento ao desastre.

Quando a organização responsável pelo atendimento a desastres é acionada, inicia-se uma série de procedimentos. O primeiro deles é enviar uma equipe ao local informado para que a situação seja avaliada, se determine a gravidade da catástrofe e a quantidade e tipos de recursos necessários para o atendimento.

Esta primeira equipe também é responsável por isolar a área e determinar os locais onde as zonas de triagem e o posto médico avançado serão instalados. Ela deve providenciar a segurança da área quente para que as equipes de triagem e remoção possam penetrá-la e iniciar a triagem e remoção das vítimas, a primeira equipe também deve planejar e providenciar o fluxo de viaturas para a movimentação das mesmas. Ela é a equipe responsável pela coordenação do atendimento até que um grupo especializado chegue e assumo o controle do trabalho.

Assim que a equipe de triagem chega ao local, ela deve penetrar a área quente e classificar as vítimas visíveis, normalmente conforme o fluxograma abaixo:

S.T.A.R.T

(Simple Triage and Rapid Treatment)

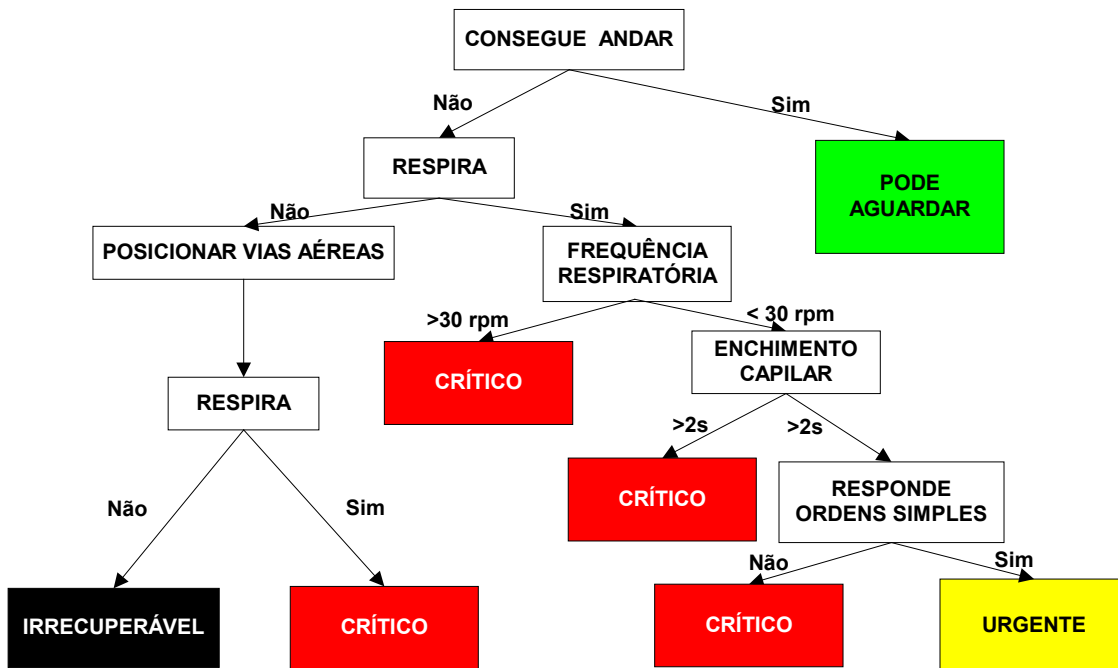


Figura 2. Algoritmo START de triagem de vítimas

Conforme a equipe de triagem prossegue com seu trabalho, as equipes de remoção começam e encaminhar as vítimas para as áreas de triagem referentes às suas cores de classificação, sendo a prioridade definida na seguinte ordem:

- Vítimas vermelhas (“*crítico*”) em primeiro lugar;
- Vítimas amarelas (“*urgente*”) em segundo;
- Vítimas verdes (“*pode aguardar*”) em terceiro;
- Vítimas pretas (“*irrecuperável*”) por último.

Após todas as vítimas visíveis e acessíveis serem retiradas, começa o trabalho de busca e remoção de vítimas em locais de difícil acesso, até que se tenha certeza que não há mais ninguém na área quente.

As vítimas que chegam às zonas de triagem recebem os primeiros-socorros dos socorristas destacados em cada uma das áreas e passam por constantes triagens a fim de se perceber mudanças em seus quadros clínicos e, caso necessário, removê-los para uma nova área de triagem.

No momento que uma viatura capacitada para o transporte de vítima chega ao local do desastre, a equipe médica responsável elege qual vítima deve ser transportada, de forma que se consiga salvar o maior número de vítimas. Este processo se repetirá até que todas as vítimas sejam encaminhadas para o atendimento médico.

3. Objetivos

Com o avanço da Informática, Inteligência Artificial e Robótica, pode-se, hoje em dia, criar aplicações extremamente úteis na área de atendimento pré-hospitalar, enfatizando o atendimento a desastres. Neste projeto, pretendemos desenvolver um software que processará os sinais vitais advindos de várias vítimas, transmitidos por dispositivos eletrônicos a serem desenvolvidos e que terá como principal função estabelecer uma ordem de encaminhamento ao atendimento médico especializado, conforme seu estado clínico e chance de sobrevivência, utilizando-se parâmetros de acordo com órgãos internacionais especializados (American Heart Association, The United Nations Disaster Assessment and Coordination e outros).

O software será desenvolvido com recursos da linguagem Delphi ou Borland C++ Builder e deverá fornecer ao seu usuário funcionalidades para controle e estatísticas de vítimas, viaturas, material e corpo de atendimento. Também deverá fornecer uma lista de vítimas, ordenada por suas prioridades de atendimento e chances de sobrevivência, projetando-se a sua próxima posição na lista de acordo com sua base histórica de classificação.

4. Método

A metodologia a ser empregada será composta de discussões com o orientador e com o Grupo de Lógica Paraconsistente e Inteligência Artificial da UNIP, seminários dirigidos, pesquisa bibliográfica, interação com a Associação do Grupamento de Resgate Civil, Serviço de Atendimento Médico de Urgência, Defesa Civil da Cidade de São Paulo, Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo e contatos com especialistas da área.

5. Referências bibliográficas

- [1] J. M. Abe, “*Fundamentos da Lógica Anotada*” (Foundations of Annotated Logics), in Portuguese, Ph. D. Thesis, University of São Paulo, São Paulo, 1992.
- [2] J. M. Abe, Some Aspects of Paraconsistent Systems and Applications, *Logique et Analyse*, 157(1997), 83-96.
- [3] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, Paraconsistent analyzer module, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, 346-352, 2001.
- [4] R. Sylvan & J. M. Abe, On general annotated logics, with an introduction to full accounting logics, *Bulletin of Symbolic Logic*, 2, 118-119, 1996.
- [5] J. I. Da Silva Filho & J. M. Abe, Para-Fuzzy Logic Controller – Part I: A New Method of Hybrid Control Indicated for Treatment of Inconsistencies Designed with the Junction of the Paraconsistent Logic and Fuzzy Logic, Proceedings of the *International ICSC Congress on Computational Intelligence Methods and Applications - CIMA'99*, Rochester Institute of Technology, RIT, Rochester, N.Y., USA, ISBN 3-906454-18-5, Editors: H. Bothe, E. Oja, E. Massad & C. Haefke, ICSC Academic Press, International Computer Science Conventions, Canada/Switzerland, 113-120, 1999.

- [6] Para-Fuzzy Logic Controller – Part II: A Hybrid Logical Controller Indicated for Treatment of Fuzziness and Inconsistencies, Proceedings of the *International ICSC Congress on Computational Intelligence Methods and Applications* - CIMA'99, Rochester Institute of Technology, RIT, Rochester, N.Y., USA, ISBN 3-906454-18-5, Editors: H. Bothe, E. Oja, E. Massad & C. Haefke, ICSC Academic Press, International Computer Science Conventions, Canada/Switzerland, 106-112, 1999.
- [7] I. Graham & P.L. Jones, Expert Systems – Knowledge, Uncertainty and Decision, *Chapman and Hall*, New York, 1988.
- [8] T. Yamakawa, Fuzzy Microprocessor Rule Chip and Defuzzifier Chip, Proc. Int. *1 Workshop on Fuzzy System Application*, Kyushu Inst. Tech., Fuzuka, Japan, p.p. 51-52, 1989.
- [9] C. Lee Chen, Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I, *IEEE- Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, vol-20, No-2, 404-418, 1990.
- [10] E. H. Ruspini, The semantics of vague Knowledge, *Revue Internationale de Systématique*, Vol.3, p.p. 387-420, 1989.
- [11] L. Zadeh, Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes, *IEEE-Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, vol. SMC-3, No-1, p.p. 28-44, 1973.
- [12] S.O. Rezende, Sistemas Inteligentes – Fundamentos e Aplicações, Coordenadora: S.O. Rezende, Manole, 525p., ISBN 85 204 168 7, São Paulo, 2003.

Sites:

The United Nations Disaster Assessment and Coordination (UNDAC)

<http://www.reliefweb.int/undac>

American Heart Association

www.americanheart.org

Defesa Civil do Estado de São Paulo

www.defesacivil.sp.gov.br

Serviço de Atendimento Médico de Urgência – SAMU

dtr2001.saude.gov.br/samu

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo

www.polmil.sp.gov.br/ccb/

Identificação – Projeto de Iniciação Científica

Orientando: Marcos Paulo Sigg

Nível: Estágio de Iniciação Científica (Bolsista da UNIP).

Local: Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – UNIP (Campus Bachelar)

Título: “Sistema Automatizado de Triagem e Monitorização de Vítimas de Desastres Baseado na Lógica Paracnsistente Anotada”

Origem: Curso Engenharia da Computação – Campus Bachelar - ICET – UNIP

Período: 08/2004 a 07/2005..

Área de Concentração: Gestão da Informação

Linha de Pesquisa:

TRABALHOS NÃO PUBLICADOS

Transporte Ferroviário de Passageiros na Região Metropolitana de São Paulo: Aspectos da Qualidade.

Criação de Atributos para gestão da qualidade no Transporte Ferroviário de passageiros na região Metropolitana de São Paulo.

Engº Francisco Pierrini
Juliana Sevilha Gonçalves de Oliveira
Profº Dr. José Benedito Sacomano
Universidade Paulista –UNIP
Programa de Mestrado em Engenharia de Produção

Resumo

Este artigo trata sobre a criação de atributos da qualidade dos serviços prestados no transporte ferroviário urbano de passageiros na região metropolitana de São Paulo. Procurou-se demonstrar que ao enfoque tradicional dos sistemas de transportes urbanos de passageiros, ora subsidiados, em especial a ferrovia, pode ser dada uma maior transparência em relação aos serviços prestados a população, tal como é feito para o modal rodoviário. Estabelece-se uma similaridade de tratamento das metodologias. Objetivou-se neste trabalho ressaltar como foram criados, sob a ótica do usuário os atributos de serviços prestados à população para a gestão com qualidade, definindo cada etapa da viagem, desde a entrada pelo usuário ao sistema até sua respectiva saída, custo total, sendo cada atributo composto por grupos e cada grupo composto dos diversos itens mais expressivos em relação ao processo “Ciclo de Prestação do Serviço”.

Transporte Ferroviário de Passageiros na Região Metropolitana de São Paulo: Aspectos da Qualidade.

Criação de Atributos para gestão da qualidade com foco no Usuário.

1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Transportes Urbanos tem por finalidade proporcionar mobilidade à população e permitir o seu acesso às diversas atividades existentes na área urbana. Entre os deslocamentos urbanos, o que mais motiva a produção de viagens é a casa-trabalho, que permite ao trabalhador obter os recursos necessários à sua subsistência e realizar a produção da economia local. O transporte urbano sobre trilhos, especificamente o trem impõe-se, por se constituir num meio de transporte seguro, confortável, confiável, rápido e de grande capacidade de transporte de pessoas, em tese, com uma tarifa acessível. Sendo o trem um transporte de massa, embora o cenário atual indique que a maior parte da população é transportada via ônibus, torna-se necessário observar como a demanda do sistema de trens e a qualidade dos serviços prestados poderão se comportar caso o sistema venha a ser revitalizado completamente.

2. JUSTIFICATIVA

O enfoque dado ao trabalho justifica-se, em aspecto geral, pelo grau de importância desses sistemas, ônibus, metrô e trem, dentro do contexto sócio-econômico das grandes cidades brasileiras. Em função da política social para o setor de transporte ferroviário de passageiros, as tarifas dos trens foram sendo defasadas, e posteriormente foram recuperadas até o limite das tarifas dos ônibus nos corredores concorrentes aos sistemas de trens. Para o transporte ferroviário urbano de passageiros a relevância do trabalho reside no fato de se termos uma maior qualidade nos serviços prestados a população, associada a uma política tarifária mais realista e justa, poderá trazer benefícios tanto para a empresa quanto para o usuário. Por outro lado, um outro cenário se alia ao anteriormente descrito, dado pela tendência a concessão dos serviços de transporte, em especial o transporte sobre trilhos.

3. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a criação de atributos para a gestão da qualidade, a ser aplicado no transporte ferroviário de passageiros na região Metropolitana de São Paulo, considerando o comportamento dos serviços, estabelecendo um tratamento de similaridade à metodologia atualmente aplicada ao sistema de ônibus.

4. CONCEITOS SOBRE QUALIDADE EM SERVIÇOS

Gianese&Corrêa(1994) abordam a questão da qualidade em serviços inserida num contexto amplo de Administração Estratégica, enfocando as operações para satisfação do cliente.

Apontam alguns fatores responsáveis pelo aumento da demanda por serviços, tais como:

- desejo de melhor qualidade de vida;
- mais tempo de lazer;
- urbanização;
- mudanças demográficas;
- mudanças sócio-econômicas;
- aumento da sofisticação dos consumidores;
- mudanças tecnológicas.

Os serviços exercem forte influência sobre outros setores da economia, principalmente o industrial, sumarizado nas categorias: diferencial competitivo, suporte à manufatura e geradores de lucro.

Os serviços que uma empresa oferece funcionam como uma arma competitiva, dentro de um pacote de produtos e serviços. Dentre as dimensões a partir da qual uma empresa pode montar suas opções estratégicas têm-se os serviços associados ao produto, como suporte a projeto, assistência técnica, crédito, entre o valor percebido e o preço pago pelo produto. Sob esse aspecto, grande parte do valor percebido é composta por serviços, conforme demonstra a seguinte figura 1:

Modelo de análise do valor fornecido ao consumidor

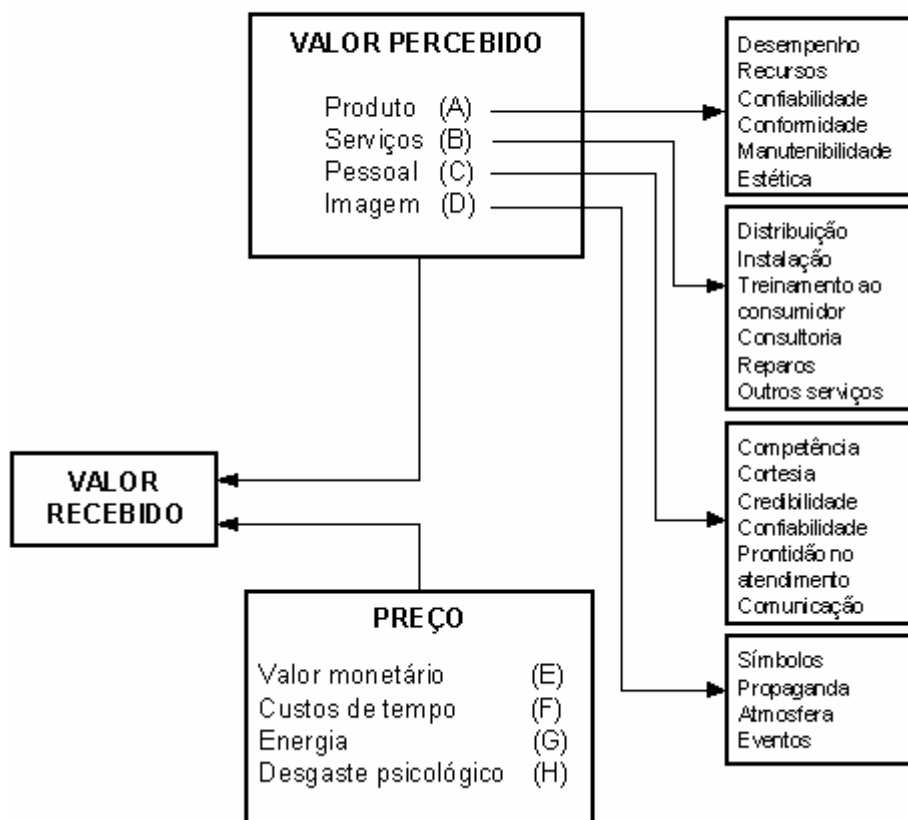


Figura 1. Fonte: Giansi & Corrêa, 1994.

5. ATRIBUTOS DE SERVIÇO PARA A GESTÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE PASSAGEIROS.

5.1 Indicadores Operacionais

A Companhia Paulista de Trens Metropolitanos - CPTM, concessionária dos serviços ferroviários de transporte de passageiros, no anseio de atender as exigências e necessidades das pessoas que se deslocam diariamente dentro da RMSP – Região Metropolitana de São Paulo, vem constantemente investindo em melhorias físicas (trens, estações, via permanente, instalações elétricas, sinalização e outras) e humanas (capacitação dos empregados na excelência do atendimento). Estes investimentos foram capazes de expressar resultados práticos, conforme pode ser notado em pesquisa desenvolvida pela ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos (figura1), que mensura o nível de satisfação dos usuários

com o transporte público (trens, metrô, ônibus e lotações regulares e irregulares), comparando-o com o transporte individual motorizado (carro).

Modo de Transporte	% de usuários (*) que acham excelente / bom			
	2000	2001	2002	2003
Carro particular			96	97
Metrô			90	93
CPTM (linha C – Sul)			78	79
CPTM (linha E – Expresso Leste)			76	78
CPTM (demais linhas)			56	57
EMTU (corredor S. Mateus/Jabaquara)			90	82
EMTU (ônibus metropolitano)			64	69
SP Trans (ônibus capital de S. Paulo)			51	55
Lotação regulamentada			67	69
Lotação irregular			48	35

(*) Pessoas que declararam ter usado cada modo, pelo menos uma vez, nos últimos três meses.

Figura 1 – Avaliação dos modos de transporte realizada pela ANTP

Essa pesquisa demonstra que o nível de satisfação dos usuários da CPTM aumentou consideravelmente, porém ainda existem diversas possibilidades de melhorias, apontadas pelos próprios usuários através de sugestões e/ou reclamações registradas na Central de Atendimento ao Usuário (por telefone, e-mail e balcões de atendimento), Ouvidoria (telefone, cartas e e-mail) e estações (pessoalmente). Estas manifestações são referentes aos mais diversos assuntos.

Entre eles temos: atrasos, intervalos, lotação, limpeza e condição dos trens; estrutura, serviços disponíveis e limpeza das estações; qualidade do atendimento, asseio e postura dos empregados; falta de informação; presença de vendedores ambulantes e pedintes; e outros.

Conforme Denton (1990), uma forma de monitorar os processos de um serviço, é através de sua estruturação em atributos, que deverão possuir índices com limites de controle, para acompanhamento e mensuração aplicando-se as ferramentas estatísticas. Ao realizar o constante acompanhamento, pode-se de imediato atuar nos casos que estiverem fora do limite especificado e desenvolver ações para que o processo continue sendo desenvolvido dentro do controle estabelecido.

Nas diversas atividades da CPTM, definimos os atributos para os processos que interferem diretamente no atendimento e percepção de usuários e sociedade, portanto comprometendo diretamente a imagem da Companhia. Para definição destes atributos levou-se em consideração pesquisas realizadas junto aos usuários, buscando atender às suas exigências, bem como atender às leis e diretrizes do transporte coletivo, do tráfego e da segurança. Além disso, a experiência desta metodologia tem efetivo resultado positivo em outras operadoras de transporte de passageiros sobre trilhos do Brasil e do Mundo, como por exemplo, o Metrô de Madri, a rede de trens RENFE – Rede Nacional de Ferrocarril- da Espanha, a RATP da França (Operadora dos trens e Metrô e sistema de ônibus) de Paris, o Metrô de São Paulo, entre outras.

Os atributos definidos para utilização na CPTM são: Regularidade, Confiabilidade, Atendimento, Segurança Pública Operacional, Segurança Operacional, Rapidez, Conforto, Utilidade e Preço.

5.2 Definição dos Atributos de Serviço

Os atributos são as características do serviço de transporte que, percebidos pelo usuário, servem de base para a avaliação do serviço em todas as suas etapas.

Estes atributos estão calcados nas diversas etapas que o usuário tem “contato” durante sua permanência dentro do sistema, desde o momento que chega a estação até o momento em que sai, na sua estação de destino.

O conjunto de etapas de atendimento ao usuário, durante sua viagem é chamado de Ciclo de Consumo de Serviço no Transporte (figura 2). É nesse ciclo que se pode observar

claramente o dever da Companhia em produzir viagens com qualidade, pois é em cada uma dessas etapas que o usuário percebe e avalia o serviço prestado.

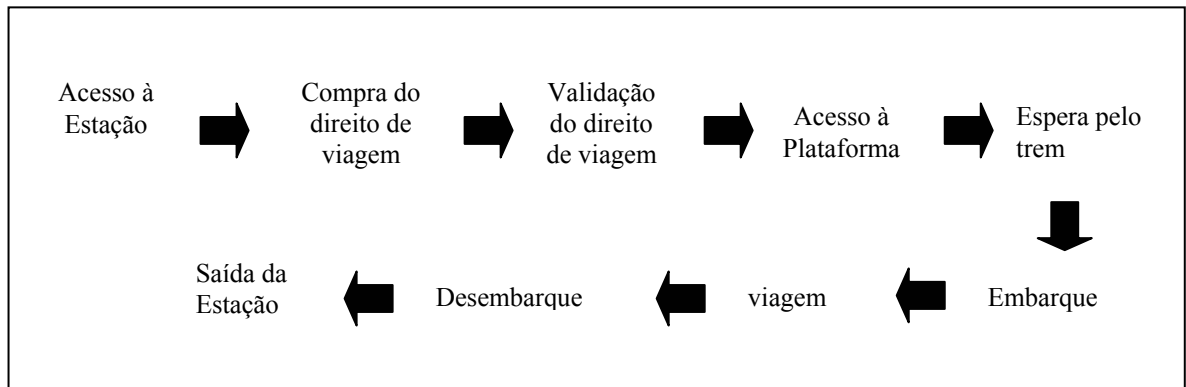


Figura 2– Ciclo de Prestação do Serviço

Cada uma das etapas do ciclo do serviço tem uma série de itens agregados, a saber:

A. ACESSO À ESTAÇÃO:

- Abertura da estação
- Identificação Externa
- Acesso iluminado e livre de ambulantes pedintes
- Acesso limpo e desobstruído
- Ausência de Evasão
- Integração e transferências

B. COMPRA DO DIREITO DE VIAGEM:

- Indicação de bilheteria
- Informação de bilhetes e tarifas
- Bilhetes disponíveis
- Troco disponível
- Tempo de fila
- Atendimento cordial
- Segurança

C. VALIDAÇÃO DO DIREITO DE VIAGEM:

- Bloqueios disponíveis e seguros
- Indicação de sentido (Entrada/Saída)
- Acesso a usuários com mobilidade reduzida e com direito a gratuidades
- Verificação de fluxo
- Ausência de evasão

D. ACESSO À PLATAFORMA:

- Informações sobre destinos e plataformas
- Equipamentos de acesso às plataformas disponíveis
- Condições de segurança em equipamentos e instalações

E. ESPERA PELO TREM:

- Comunicação visual e sonora
- Segurança pública
- Iluminação
- Acomodações
- Condições de conservação e limpeza
- Tempo de espera do trem

F. EMBARQUE:

- Parada do trem na plataforma
- Tempo de abertura e fechamento das portas do trem
- Orientação no embarque
- Atendimento aos usuários com mobilidade reduzida
- Sinalização de porta e partida do trem

G. VIAGEM:

- Tempo de viagem
- Ausência de ambulantes e pedintes

- Manutenção da ordem pública
- Emissão de avisos ao público
- Lotação
- Ambiente do salão dos carros do trem
- Portas fechadas

H. DESEMBARQUE:

- Parada do trem na plataforma
- Atendimento a usuários com mobilidade reduzida
- Orientação no desembarque
- Tempo de abertura e fechamento das portas do trem
- Sinalização de portas

I. SAÍDA DA ESTAÇÃO:

- Acesso iluminado e livre de ambulantes
- Equipamentos disponíveis, inclusive para usuários com mobilidade reduzida.
- Indicação de serviços e arredores
- Indicação de acesso à rua
- Acesso limpo e desobstruído
- Informações de horário de funcionamento
- Ausência de riscos de acidente
- Integração e transferência

Aspectos como a cortesia no atendimento, rapidez e a disponibilidade do serviço são exemplos de atributos considerados na avaliação desses serviços.

A seguir a abrangência e a definição dos atributos de serviço definidos pela CPTM.

5.3 Regularidade

Define-se pelo efetivo cumprimento das programações dos serviços, horários e intervalos estabelecidos para a operação comercial normal. Está relacionado à regulação do

tráfego de trens, ao cumprimento dos intervalos e dos horários de funcionamento dos serviços prestado pela CPTM.

O resultado esperado e os indicadores de desempenho para este item podem ser resumidos da seguinte forma:

Resultado Esperado	Indicadores de Desempenho
Ter regularidade de intervalo entre trens	Relação entre o intervalo realizado e o intervalo programado entre trens
Realizar as viagens programadas	Relação entre as viagens realizadas e as viagens programadas
Cumprir o tempo de viagem programado	Velocidade média comercial

5.4 Confiabilidade

Define-se pela confiança no funcionamento do sistema, evitando-se interrupções na prestação dos serviços e também no cumprimento das programações e horários e compromissos estabelecidos, oferecendo alternativas à continuidade dos serviços. Reflete a confiança que o usuário tem de que chegará ao seu destino sem interrupções ou atrasos na viagem.

Está relacionado ao bom funcionamento dos equipamentos, curto tempo de restabelecimento do serviço e alternativa de continuidade das viagens.

O resultado esperado e os indicadores de desempenho para este item podem ser resumidos da seguinte forma:

Resultado Esperado	Indicadores de Desempenho
Não ter ocorrências de interrupções de viagens	Quantidade de ocorrências de interrupções de viagens (transbordo, evacuações ou reboques).
Quando houver interrupções de serviço, os tempos de interrupção serão curtos.	Tempos medidos nas ocorrências de interrupções (ocorrências notáveis)
Ter disponibilidade de equipamentos operacionais	Relações entre equipamentos programados e disponíveis (quantidade e/ou tempo)
Se não for possível o atendimento, será oferecido um serviço alternativo.	Quantidade de ocorrências desta natureza

5.5 Atendimento

Define-se pela capacidade de agir prontamente, com segurança e cortesia, nas rotinas e situações de emergências que envolvem os usuários, fornecendo informações e orientações, e agindo com rapidez para restabelecer a normalidade à situação. Está relacionado à agilidade e cortesia no trato com os usuários em qualquer situação, incluindo desde simples informações até o atendimento de emergências.

O resultado esperado e os indicadores de desempenho para este item podem ser resumidos da seguinte forma:

Resultado Esperado	Indicadores de Desempenho
Reduzir a quantidade de manifestações reclamatórias	Quantidade de manifestações reclamatórias por milhão de passageiros transportados
Reduzir as reclamações de usuários sobre a adequação e clareza dos equipamentos de	Quantidade de manifestações reclamatórias específicas por milhão de passageiros

comunicação visual	transportados.
--------------------	----------------

5.6 Segurança Pública Operacional

É a capacidade de oferecer o serviço com garantia de ordem pública para a preservação da integridade pessoal e privacidade do usuário durante o consumo deste serviço e durante sua permanência nas dependências da Companhia.

Está diretamente relacionado à presença e atuação do Corpo de segurança nas estações, nos trens, faixa de domínio de vias, pátios e oficinas.

O resultado esperado e os indicadores de desempenho para este item podem ser resumidos da seguinte forma:

Resultado Esperado	Indicadores de Desempenho
Reduzir as quantidades de ocorrências públicas	Quantidade de ocorrências públicas por milhão de passageiros transportados
Reduzir ocorrências de roubos às bilheterias das estações	Quantidade de roubos às bilheterias das estações
Reduzir as ocorrências de roubos a usuários	Quantidade de roubos a usuários

5.7 Segurança Operacional

É a capacidade de oferecer o serviço com garantia de preservação da integridade pessoal do usuário durante o consumo do serviço e durante sua permanência nas dependências da Companhia. Na prática é o resultado de um sistema seguro de controle de tráfego dos trens e a atuação eficiente dos empregados envolvidos em todas as etapas do processo do serviço prestado ao usuário.

5.8 Rapidez

Define-se pelos tempos de deslocamento nas estações e nas viagens nos trens, englobando a compra do direito de viagem, ultrapassagem dos bloqueios, acesso às plataformas, percurso, parada nas estações e transbordo entre trens nas estações de transferência. Está relacionado com o tempo total gasto pelo usuário desde quando ele acessa a estação de origem até o momento de saída na estação de destino.

5.9 Conforto

É o bem estar do usuário, nas instalações do sistema, nas estações e nos trens, considerando a limpeza, higiene, composição e decoração do ambiente, temperatura, ventilação, iluminação, número de pessoas nas plataformas e nos trens, disponibilidade de equipamentos e procedimentos para atendimento aos usuários com necessidades especiais (mobilidade reduzida). Considerando-se o serviço de forma ampla, este atributo vai além da disponibilidade de lugares no trem, incluindo a percepção e avaliação do usuário quanto à limpeza, iluminação, ventilação e outras características que proporcionem o bem estar nas dependências da CPTM.

5.10 Utilidade

É a facilidade de utilização do sistema de transporte e de sua integração com outros modos, considerando o uso da cidade, os equipamentos de acesso ao sistema, transferências no próprio sistema e com os demais modos de transporte. Está relacionado à conveniência do usuário na utilização do serviço da CPTM, considerando as facilidades de acesso às estações (a pé ou por outros meios de transporte) e a proximidade do seu destino (escola, trabalho, lazer, residência, etc).

5.11 Preço

É o valor que o usuário paga pelo uso do transporte, considerando o valor agregado aos serviços prestados e a sua percepção relativa aos outros modos de transporte e serviços congêneres. Está diretamente ligado à relação custo-benefício que o serviço proporciona.

Na prática, é a comparação que o usuário faz, da tarifa paga em relação à sua renda familiar (seu poder aquisitivo), em relação à tarifa de outros modos de transporte e em relação à qualidade agregada no serviço oferecido.

6. Conclusão:

A CPTM é uma empresa do Governo do Estado de São Paulo, vinculada à Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos - STM e é responsável pela operação do serviço de transporte coletivo sobre trilhos na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. Com 270 quilômetros de rede operacional, transporta cerca de 1,3 milhão de passageiros em dia útil. Para cumprir sua missão e garantir, assim, o direito de transporte seguro, rápido e confortável à população, está transformando sua rede num sistema de transporte de alta capacidade, investindo em expansão, na melhoria de suas vias, suas instalações e de seus equipamentos. Treinando e dando melhor capacitação aos seus empregados e modernizando os seus métodos de gerenciamento administrativo e operacional. Assim, a razão essencial do trabalho de toda a organização é atender aos seus usuários. Baseado em pesquisa de avaliação realizada junto aos usuários, estabeleceram-se nove atributos de serviço que traduzem a percepção e o meio pelo qual os usuários podem avaliar os serviços. Foi estabelecidos o Ciclo de Serviço no Transporte Metropolitano, metas e os indicadores de desempenho. A expansão do sistema metro-ferroviário deve, portanto, considerar a captação de investimentos, com continuidade, e a sua aplicação em projetos de extensão, recuperação e modernização da malha ferroviária existente. Mas é fundamental a gestão do empreendimento, com foco nas necessidades dos usuários, garantindo a qualidade na prestação dos serviços e assegurando a demanda existente, possibilitando a sua expansão para outros patamares de qualidade e a captação de novos usuários.

Referências Bibliográficas.

GIANESI, Irineu G. N. & CORRÊA, Henrique Luiz. Administração Estratégica de Serviços – operações para a satisfação do cliente. São Paulo: Atlas. 1994.

**ALOUCHE, Peter. O transporte metrô-ferroviário nas regiões metropolitanas.
Revista dos Transportes Públicos. São Paulo, n.82.**

DENTON, Keith D. - Qualidade em Serviços - Makron Books, 1991.

EDUCAÇÃO TELEINTERATIVA: VANTAGENS E DIFICULDADES

Costa Neto, Pedro Luiz de Oliveira, Prof. Dr.*

Resumo: Nos últimos anos o Brasil presenciou um considerável desenvolvimento nas atividades de ensino à distância por meio de videoconferência Internet. Essas atividades, entretanto, se concentraram quase exclusivamente no setor acadêmico, com algumas aplicações específicas em empresas. O grande desafio de oferecer, sem maiores problemas de preparação, condições de aprendizado, em larga escala, para corporações com muita gente não familiarizada com tecnologia e localizada em muitos pontos distantes, permanecia sem uma solução eficaz. O objetivo deste artigo é relatar experiências que estamos realizando com a Educação Teleinterativa, pioneira em nosso país, configurado uma estratégia inovadora de aprendizagem. Um projeto piloto foi previsto de outubro a dezembro de 2002 e oferece experiências que são relatadas e discutidas no presente texto.

Palavras chave: transmissão satelital, interatividade, economia de escala

INTRODUÇÃO

O autor trabalha desde 1995 no campo da educação à distância, sendo durante os primeiros cinco anos no âmbito da Universidade de São Paulo, a mais importante do Brasil em produção científica, e o tempo restante como consultor autônomo nessa área. Dessa forma, além de atuar em diversos projetos e participar de vários congressos relacionados ao tema, tem acompanhado atentamente o desenvolvimento da educação à distância no mundo e, em particular, no Brasil.

Essa observação permanente mostra que houve, desde meados da década de 90, um crescimento exponencial das ações nesse importante campo de atividades, em decorrência de dois fatores básicos: o incremento das possibilidades tecnológicas e a conscientização para o fato de que a educação à distância pode produzir resultados equivalentes ou até mesmo melhores que o modelo tradicional presencial, desde que adequadamente utilizada.

De fato, num país do porte do Brasil, com enorme área geográfica, distribuição desigual do desenvolvimento e enormes lacunas a preencher quanto a educação e treinamento, em particular no que diz respeito à educação continuada, aí incluídas as necessidades corporativas, as possibilidades que a educação a distância oferece para acelerar o atendimento dessas necessidades chegam a ser de natureza estratégica. O próprio Ministro da Educação do governo recém-empossado no País, referindo-se às universidades públicas, coloca à sua pasta o desafio de "trabalhar para aumentar as vagas, principalmente por meio do ensino à distância. Nossa idéia é dobrar em poucos anos o número de vagas"(Folha de São Paulo, 2003).

Entretanto, o autor tem observado que a maioria dos novos esforços para dotar o país de soluções no campo da educação à distância tem se valido, principalmente, de duas mídias preferenciais: a Internet e a videoconferência, sendo este o bem conhecido sistema que permite o trânsito recíproco de vídeo e áudio entre os recintos em que se encontram os participantes das sessões. À Universidade Federal de Santa Catarina coube o pioneirismo de utilizar essa tecnologia em cursos de pós-graduação à distância, havendo hoje vários outros programas dela se valendo, como os usados para a certificação de professores nos estados de São Paulo e Paraná.

Já o uso da Internet como ferramenta assíncrona e capilar de prover o ensino à distância está disseminado por todo o território nacional. O surgimento de diversos aplicativos de apoio a essa modalidade, como o Learning Space, o WEBCT e outros desenvolvidos no próprio país, tem facilitado a proliferação de soluções via Internet para cursos à distância, como também no apoio a atividades presenciais.

A popularidade dessas ferramentas, entretanto, deixou em relativo esquecimento as soluções por via satelital, talvez também relegadas a segundo plano devido ao aparentemente alto custo dos canais de

*Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto – Professor Titular da Universidade Paulista – Programa de Mestrado em Engenharia de Produção – Rua Alves Guimarães, 408/104 – 05410-000 – São Paulo, SP, Brasil, politeia@uol.com.br

satélite. É nessa possibilidade que têm se centrado os esforços do autor no sentido de oferecer soluções alternativas que atendam às necessidades que as outras propostas não têm resolvido a contento.

A TRANSMISSÃO SATELITAL

Conforme pode ser verificado em (Costa Neto, 03/2002 e 06/2002), o autor teve participação ativa em vários ciclos de teleconferências usando a transmissão satelital e tendo como público-alvo entidades e pessoas espalhadas por todo o território brasileiro. Na teleconferência, a transmissão de vídeo e áudio se dá somente no sentido do estúdio gerador para as salas remotas de recepção, mas, em compensação, não há restrição para o número dessas tele-salas, desde que localizadas no campo de abrangência do satélite.

Nessas experiências, entretanto, não se configurou um processo de educação à distância — nem era essa a intenção — mas sim interessantes oportunidades para a apresentação e o debate de idéias e conceitos para um público vasto, cobrindo larga extensão territorial. A interatividade entre os participantes e os palestrantes era feita, via de regra, por fax, sendo as melhores perguntas selecionadas para alimentar o debate ao vivo que, em geral, ocupava a parte final dos programas.

Essa forma de interatividade, se por um lado suficiente para animar as teleconferências tradicionais, certamente não o seria se pretendesse realizar, apenas com esse recurso, atividades de educação e treinamento à distância. Tal convicção nos incentivou a buscar formas de interatividade que se demonstrassem eficazes para o aproveitamento das possibilidades fornecidas pela via satelital para o provimento de atividades de educação e treinamento à distância.

O fato de existirem, em países mais desenvolvidos, sistemas sendo utilizados e oferecidos que atenderiam às nossas expectativas, sua utilização era inviabilizada pelo alto preço que os fornecedores estabeleciam para a compra ou aluguel desses equipamentos. A solução foi desenvolver uma alternativa própria, conforme será visto na seqüência.

A IMPORTÂNCIA DA INTERATIVIDADE

Em (Costa Neto, 05/2003), consideramos serem três as principais palavras-chave da educação à distância:

a) Mudança do paradigma instrucional

Esta palavra-chave é de cunho pedagógico e está na base do fato de que a educação à distância pode substituir e/ou complementar a educação tradicional com iguais ou mesmo melhores resultados. A mudança consiste em se passar do paradigma clássico e milenar, que tem o processo educacional centrado na figura do professor e no verbo ensinar, para uma nova condição instrucional. Inúmeros estados mostram que o êxito do aprendizado nos moldes clássicos está muito relacionado com a excelência pedagógica e didática do docente, mas a realidade é que, no geral, uma parcela pequena dos conteúdos apresentados é efetivamente absorvida pelos alunos.

O novo paradigma, sobre o qual se assenta a filosofia da educação à distância, consiste em centrar o foco na figura do aluno, devidamente instalado em um bem planejado e assistido ambiente de aprendizagem, bem como no verbo aprender e, mais do que isso, aprender a aprender. Essa revolução conceitual que, de resto, também pode se aplicar ao ensino presencial, torna pedagogicamente viáveis as iniciativas de educação à distância.

b) Interatividade

Esta palavra-chave é de cunho comunicacional e, consideramos também, psicológico. Nenhum sistema de educação à distância poderá ser eficaz se não dispuser do adequado grau de interatividade, de modo a que os educandos possam, sempre que necessário, recorrer ao professor ou ao sistema educativo para resolver suas carências. As formas pelas quais a interatividade se processa são bastante variadas, tais como mecanismos de *chat* e *forum*, consultas telefônicas, etc. No sistema

pedagógico objeto do presente trabalho, veremos que são utilizadas três formas de interatividade, nada impedindo que outras venham a ser acrescentadas.

c) Economia de escala

Esta palavra-chave, evidentemente de cunho econômico, está diretamente ligada à viabilização dos projetos de educação à distância como negócio, pois, em geral, os investimentos a fazer não são desprezíveis e o porte do projeto deve ser tal que o efeito da economia de escala o torne passível de realização com os recursos financeiros disponíveis. O não reconhecimento da importância desta questão tem, a nosso ver, levado muitos bonitos projetos de educação à distância ao fracasso, quando não contemplados com apoios institucionais ou governamentais.

No presente artigo, sem desmerecer a importância das outras palavras-chave, centraremos nossa atenção na questão da interatividade, por ser o elemento inovativo que desejamos relatar. De fato, o processo pedagógico à distância que denominamos inicialmente Teleconferência Interativa e, após, Educação Teleinterativa, tem como diferencial o uso de soluções de *hardware* e *software* utilizadas pela primeira vez no Brasil para efeito de educação à distância.

A EDUCAÇÃO TELEINTERATIVA

Este processo busca, em essência, estender grandemente o alcance das aulas tradicionais, dotando-as de um planejamento meticuloso e o apoio de todas as ferramentas pedagógicas desejáveis. É um processo que poderíamos chamar de presencial-virtual.

O professor dá sua planejada aula a partir de um estúdio, que poderá também comportar alunos presenciais, situação não praticada em nosso caso. Dentre os recursos de que dispõe, há: *power-point*, vídeo, DVD, câmara de documentos, e outros podem ser agregados. As aulas são preparadas com antecedência, com auxílio de uma coordenação pedagógica, de modo a produzir-se um roteiro, que deverá ser seguido pelo professor. Esse roteiro prevê os trechos de aula, as perguntas a serem feitas pelo professor, os espaços para responder perguntas verbais, os tempos para avaliação pelos alunos e os intervalos. O professor é assistido, durante as preleções, por uma pequena equipe técnica cujas funções incluem, entre outras, a de despreocupá-lo quanto a aspectos de apresentação visual das aulas.

As tele-salas de aula, onde os alunos participam, se espalham por toda a região geográfica abrangida pelo satélite. Cada tele-sala tem antena parabólica, receptor de sinal, microcomputador, televisão ou telão com canhão de projeção e telefone móvel.

O microcomputador é dotado de *software* de apoio para enviar ao estúdio, via Internet ou por algum outro meio, as informações emanadas dos alunos no processo de interatividade. Essas informações são digitadas em um terminal interativo que cada aluno recebe ao adentrar na sala e enviadas por sinal de rádio a uma base acoplada ao microcomputador. Um terminal interativo e a base de recepção de sinais são mostrados na Figura 1



Figura 1. Terminal interativo e base de recepção de sinal

Com esses equipamentos, se executa a primeira das três formas de interatividade que temos utilizado no processo de Educação Teleinterativa:

1. Interatividade síncrona professor-alunos-professor, através dos terminais, aí embutidas três funções relativas ao processo pedagógico:

a) Feedback para o professor, que, a cada pergunta, pode avaliar o desempenho dos alunos como um todo, pelo histograma das respostas, reforçando algum tema, se for o caso;

b) Avaliação dos alunos, caso aplicável, pois o banco de dados existente registra todas as informações quanto ao seu desempenho (esta função não foi utilizada no caso descrito em 5);
(Note-se que também se pode fazer a avaliação do professor, da disciplina e do processo pedagógico através dos próprios terminais).

c) Animação, talvez a mais importante das funções, por manter os alunos participativos e interagindo com o processo, evitando ou minimizando a possibilidade de tédio e/ou desatenção.

2. Interatividade síncrona aluno-professor-alunos, por meio de voz: os alunos podem se candidatar a fazer perguntas verbais apertando a tecla "?" do terminal, caso em que seus nomes e localidades são registrados no monitor do professor, que dará voz a quem determine no momento adequado, sendo a pergunta e a resposta ouvidas por todos os participantes.

3. Interatividade assíncrona aluno-monitor ou professor-aluno via Internet, após as sessões, caso persistam dúvidas.

São as seguintes as principais vantagens desse processo:

- Cumprir o papel da aula tradicional, com as vantagens proporcionadas pelo sistema interativo
- Facilidade de agregação de conteúdo pelo professor
- Possibilidade de avaliação permanente
- Facilidade e baixo custo de implementação das tele-salas de aula
- Economia de escala

Há também a considerar algumas dificuldades:

- A exigência de muitos pontos remotos, dificultando a coordenação. É importante estabelecer um canal de comunicação eficaz com todos os pontos da rede;
- A necessidade de conseguir o comprometimento dos responsáveis pelos pontos remotos, garantindo a qualidade do processo;
- A manutenção do alto nível dos cursos para manter o público cativo com o tempo;
- Cuidadosa formatação pedagógica, para manter a atratividade dos cursos.

A experiência que realizamos indica que as vantagens suplantam, decididamente, as dificuldades.

Comparativamente com outros processos de educação à distância, a Educação Teleinterativa também acumula vantagens. Em (Rocha, 2002), foi feita uma avaliação conjunta dos sistemas de videoconferência, Internet, Internet com *streaming* de vídeo e o presente processo, conforme transcrito na Tabela 1.

Mídia \ Aspectos	Internet	Video-conferência	Educação Teleinterativa	Streaming
Investimento	Baixo	Médio	Alto	Baixo
Rentabilidade	Baixa	Discutível	Alta	A apurar
Economia de escala	Média	Baixa	Alta	Média
Tempo de implementação	Médio	Médio/Alto	Pequeno	Baixo
Agregação de conteúdo	Trabalhosa	Relativamente complexa	Simples	Simples
Interatividade	Mediante e-mail e chat	Visual	Mediante hardware e software	Mediante e-mail e chat
Abrangência	Média	Pequena	Grande	Média
Aplicabilidade	Geral	Pós-graduação, tele-reuniões	Extensão, cursos abertos	Geral
Amigabilidade	Específica a internautas	Média	Grande	Boa para internautas
Capilaridade	Grande	Pequena	Média	Grande
Principal veículo	Web	Linha telefônica de banda larga	Satélite	Web
Uso no Brasil	Generalizado	Universidades e grandes empresas	Incipiente	Incipiente

Tabela 1: Comparação entre sistemas

O PROJETO FUNDACENTRO

Quando nos propusemos a escrever este artigo, o projeto que agora se descreve estava em início de realização. Não sabíamos ainda quais seriam os seus resultados, mas tínhamos a convicção de que haveria interessantes comunicações a fazer a respeito dessa experiência. De fato, o projeto se realizou entre outubro e dezembro de 2002, com pleno sucesso, apesar das dificuldades pontuais que ocorreram e que eram esperadas, devido ao pioneirismo de realização.

O projeto, executado para a Fundacentro - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, constou da realização de seis cursos à distância, com 12 horas cada, totalizando 72 horas de atividades. Na Figura 2 é mostrado o professor no estúdio, durante uma das tele-aulas.

Mais informações podem ser obtidas no endereço eletrônico www.fundacentro.gov.br/ecdsst.



Figura 2: Professor no estúdio

As aulas foram transmitidas para 14 tele-salas no âmbito da Fundacentro, situadas nas cidades de Brasília-DF, Belém-PA, Belo Horizonte-MG, Campinas-SP, Campo Grande-MS, Curitiba-PR, Florianópolis-SC, Porto Alegre-RS, Recife-PE, Rio de Janeiro-RJ, Salvador-BA, Santos-SP, São Paulo-SP, Vitória-ES. Na Tabela 2 são mostradas as frequências de alunos e na Tabela 3, as avaliações, realizadas a partir dos próprios terminais interativos.

CURSO	INSCRITOS	OUVINTES	CERTIFICADOS EMITIDOS
1º	341	21	305
2º	398	32	376
3º	376	37	302
4º	419	104	444
5º	522	112	471
6º	505	137	550

Tabela 2 - Frequências aos cursos à distância

Item	Nota	% Excelente + Bom
Professor melhor avaliado	9,07	90,7
Média professores	8,33	80,8
Professor pior avaliado	7,77	73,3
Conteúdo melhor avaliado	8,95	93,6
Média conteúdos	8,26	80,8
Conteúdo pior avaliado	7,90	71,6
Processo de EAD	8,08	77,3
Total geral	8,40	82,4

Tabela 3 - Avaliações dos cursos à distância

O sucesso desse projeto pioneiro trouxe-nos a convicção de que a Educação Teleinterativa pode ser considerada uma alternativa válida às demais modalidades de educação à distância, mormente quando o público-alvo a ser atingido é grande, geograficamente espalhado e desprovido de maior sofisticação tecnológica, como é o caso do Brasil.

O PROJETO RENAET

A fim de nos valermos das potencialidades de Educação Teleinterativa e contribuir para suprir as demandas por educação continuada e treinamento que sabemos existir no País, decidimos empreender o projeto da RENAET - Rede Nacional de Educação Teleinterativa. Esse projeto tem a pretensão de não depender de apoios institucionais, sendo auto-sustentável. Sua missão é "fornecer para todo o País educação continuada e treinamento à distância de qualidade utilizando transmissão por satélite e interatividade eficaz".

Para tanto, dispomos já de equipamentos próprios que foram utilizados no caso da Fundacentro, em especial material de estúdio (câmara, mesa de comando, microfones, câmara de documento, etc.), *software* de apoio, 500 terminais interativos e um número suficiente de bases de recepção. Com o objetivo de viabilização da rede, juntaram-se diversos colaboradores e quotistas, com aporte de trabalho voluntário e/ou quotas de participação financeira.

O modelo conceitual da RENAET é apresentado na Figura 3.



Figura 3: Concepção da RENAET

Os fornecedores de conteúdo são escolas, faculdades, consultores, especialistas, professores, sempre com qualidade compatível com os objetivos de excelência do projeto.

As entidades associadas complementam a rede. Elas serão as divulgadoras locais da RENAET, arregimentando os alunos e administrando as tele-salas de aula, sempre em estreito contato com a organização do sistema.

Note-se que a figura acima admite intersecções. Assim, por exemplo, entidades associadas podem também ser fornecedoras de conteúdo, etc.

Outras informações a respeito da RENAET podem ser obtidas no site www.renaet.com.br

As atividades foram desenvolvidas para permitir o início das aulas em outubro de 2003 envolvendo, dentre outras: consolidação da estrutura do negócio, formação da rede de parceiros remotos, definição dos conteúdos a oferecer, escolha do fornecedor de satélite e *uplink*, localização do estúdio, elaboração de contratos, revisão e aperfeiçoamento do *software*, divulgação e certificação.

Um bem elaborado material de apresentação, incluindo um CDROM, tem sido encaminhado às entidades associadas, enfatizando as vantagens de participar da RENAET: visibilidade perante a

comunidade, maior disseminação local do conhecimento, ganho financeiro e a possibilidade de ser também fornecedor de conteúdo, dentre outras.

Com isso, diversas entidades já manifestaram o seu interesse, com variados graus de disposição para participar imediatamente. Dentre essas, há a se destacar o caso da Faculdade de Tecnologia e Ciências, da Bahia, que participa com seus atuais cinco *campi* no Estado e se propõe a ampliar essa participação para até cerca de 30 tele-salas.

Entretanto, não há, a rigor, uma limitação absoluta à expansão de rede. Estamos contemplando trabalhar inicialmente com um número médio de 500 alunos por disciplina, mas estimamos que esse número possa ser ampliado em cerca de 50% sem maiores restrições. Em princípio, para efeito de uma expansão ilimitada, vemos, a rigor, os seguintes problemas:

- Diminuição de possibilidade de atender solicitações de perguntas verbais pelos alunos;
- Saturação do canal de envio das mensagens eletrônicas das tele-salas ao computador central;
- Surgimento de parceiros remotos menos preparados para atender às necessidades de apoio local.

Esses e outros aspectos do projeto, vários deles possivelmente ainda imprevisíveis, estão sendo objeto de um processo de aprendizado que tem se revelado extremamente interessante e desafiador.

CONCLUSÕES

Com o presente trabalho, buscamos oferecer aspectos que julgamos interessantes da educação à distância no Brasil. Sendo este um país de dimensões continentais, necessita de soluções compatíveis com o seu porte e com as suas especificidades.

Os sistemas presentemente mais utilizados que se valem de novas tecnologias, a vídeo-conferência e a Internet, proporcionam formas de educação à distância que atendem públicos e situações específicas, deixando em aberto um vasto campo de possibilidades par a educação à distância proporcionada pela via satelital.

Embora haja já algumas iniciativas de educação à distância sendo realizadas no País por essa via, que consideramos adequada para atender às grandes demandas existentes, nenhuma delas se vale da metodologia que denominamos Educação Teleinterativa. Estamos, portanto, propondo uma nova solução que, acreditamos, muito acrescentará a esse processo de atendimento das necessidades.

Devido ao fato de que a Educação Teleinterativa pode atingir os mais longínquos rincões, não exige sofisticação técnica nem mudança de hábitos por parte dos alunos e, devido à economia de escala, pode oferecer ensino e treinamento a um preço muito acessível, esperamos, com essa metodologia, cumprir a missão estabelecida para a RENAET, de promover uma efetiva democratização do conhecimento em nosso país.

REFERÊNCIAS

- Costa Neto, P.L.O. - (03/2002) - Teleconferências no ensino : êxitos e desafios - Intertech 2002 - Santos, SP.
- Costa Neto, P.L.O. - (06/2002) - Teleconferencias en Brasil: realizaciones y desafíos - Virtual Educa 2002 - Valencia - Espanha.
- Costa Neto, P.L.O. - (09/2002) - Novas Telecnologias para a Segurança e Saúde no Trabalho - V Semana de Pesquisa da Fundacentro - São Paulo, SP.
- Costa Neto, P.L.O. - (03/2003) - Educação à Distância por Teleconferência Interativa - ICECE 2003 - Santos, SP.
- Folha de São Paulo, 25/01/2003
- Rocha, A.A. e Costa Neto, P.L.O. - (09/2002) - Educação Continuada e à Distância para a Área Tecnológica" - IX Congresso Internacional de Educação à Distância - ABED - São Paulo, SP.

**CATALYTIC EFFECTS OF RUTHENIUM AND OSMIUM
SPONTANEOUS DEPOSITION ON PLATINUM SURFACES
TOWARDS METHANOL OXIDATION**

S. H. Bonilla^b, C. F. Zinola^a, J. Rodríguez^a, V. Díaz^c, M. Ohanian^c, S. Martínez^c, B. F. Giannetti^b

^aLaboratorio de Electroquímica Fundamental, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Iguá 4225, CP 11400 Montevideo, Uruguay.

^bLaboratório de Fisicoquímica Teórica e Aplicada, LAFTA, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista, Dr. Bacelar 1212, CEP 04026 002 São Paulo, Brazil.

^cInstituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, J. Herrera y Reissig 565, CP 11300, Montevideo, Uruguay.

ABSTRACT

The influence of ruthenium and osmium spontaneous deposition on polycrystalline platinum in sulfuric acid was studied by electrochemical conventional techniques. The inhibition of the hydrogen adatom voltammetric profile by the foreign adatoms was used to calculate the degree of surface coverage of ruthenium, osmium and a mixture of both metal ions from solution of different compositions. Methanol adsorption and oxidation were compared on bare platinum, platinum/ruthenium, platinum/osmium and ternary compounds considering the efficiency for methanol oxidation per hydrogen adatoms displaced by the foreign metal on platinum.

Keywords: Ruthenium, Osmium, Platinum, Electrocatalysis, Voltammetry

INTRODUCTION

Electrochemical energy conversion is a topic of technological importance with main course developments arising from novel anodic electrocatalysts. The efficiency of these electrochemical devices is mostly conditioned by the surface topography and composition of the substrates, which in the case of fuel cells are platinum or platinum alloys [1, 2]. However, the development and characterization of poison-resistant catalysts is of tremendous interest in this technology. The microscopic structure of these electrode surfaces is also required to complement the understanding of the electrochemical reactivity developed from these modified platinum electrocatalysts [3].

The influence of the surface structure of electrodes in processes involving anodic oxidation of fuels is a topic of fundamental studies during the last decades [4, 5]. The main advances have been achieved due to the progress in the use of single crystal electrode surfaces in electrochemical studies and the development of surface sensitive hybrid techniques for the *in-situ* and *ex-situ* analysis of the electrocatalytic processes [6-9].

A number of procedures have been proposed to change the structure and composition of electrode surfaces in fuel cells. Underpotential deposition and surface decoration of different metal atoms on platinum electrocatalysts lead to an enhanced surface reactivity upon anodic oxidation of fuels such as methanol [10-13]. The study of metal early stages deposition has long tradition in Electrochemistry, being the process mainly governed by the nature of the substrate and foreign metals and by the electrode potential. In spite of being the equilibrium potentials with the new metal easily reached, underpotential deposition produces dramatic changes in the electrode surface properties [14-16].

Ruthenium and osmium depositions on platinum are of special interest to methanol anodic oxidation on fuel cells and were firstly reported in the early sixties [17, 18]. Among the different ways to deposit ruthenium or osmium on platinum [17-22], that of spontaneous deposition is attractive because of its simplicity and the fast surface concentration plateau reached after several seconds. However, some confusion between this chemisorption process and underpotential deposition has occurred in the literature [23-25]. Despite the reversible behavior of underpotential deposited non-noble metals on noble metal substrates, the films formed by spontaneous deposition normally do not dissolve easily from the metal surface. They are very stable and normally change to stable hydroxides and oxides when the electrode potential is increased. In the case of ruthenium,

osmium, palladium, rhodium, etc, it is not required that the work function of the foreign metal has to be higher than that of the substrate.

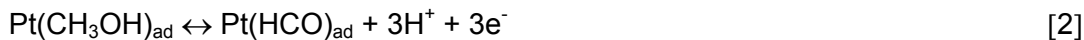
The focus of this paper is on ruthenium, osmium and their combined depositions on platinum because of their well-known catalytic activity in a variety of surface reactions and complex formations [25-28]. Even so, all of them were focalized on their effect on methanol oxidation in solution, without considering the role of adsorption prior to oxidation. Therefore, the study of sub or monolayers of ruthenium or osmium on platinum allows us to understand the role of the surface composition of the electrocatalysts on the methanol oxidation. In this sense, interesting and fundamental papers have been performed about ruthenium and osmium deposition on platinum single and polycrystalline (*pc*) surfaces [5, 6, 8, 29]. The *ex-situ* examination of the electrode surfaces by *STM* images, specially in the case of Pt(111) surfaces, at the submonolayer levels shows the formation of islands [30] with maximum 0.20 ML coverage for ruthenium (at 120 s of exposure) and 0.15 ML coverage for osmium (at 60 s of exposure). Depending on the osmium coverage the island diameter varies from 2 to 5 nm [6], but in the case of ruthenium [30] the islands appear to be uniformly distributed along the surface with an average value of 3 nm. The island density increases with ruthenium coverage values, but in the case of osmium there is no optimum island size [6, 7]. On the other hand, the knowledge on the foreign metal adatom concentration and the nature of the deposited species at potentials of interest is important for the understanding of the mechanism of methanol oxidation. Thus, interfacial and surface analysis techniques were used for this purpose [8, 9, 31] but normally for electrodeposited and melted phases of these metals with platinum.

An understanding of methanol adsorption and oxidation processes on modified platinum electrodes can lead to a deeper insight into the relation between surface structure and reactivity in electrocatalysis. It is well-known that the main impediment in the operation of a methanol fuel cell is the fast depolarization of the anode in the presence of traces of adsorbed carbon monoxide. The promotion effect has been mainly discussed based on either the “ligand effect” [32] or the “bifunctional effect” [33].

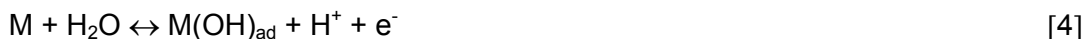
The adsorption of methanol will be mostly on platinum free sites;



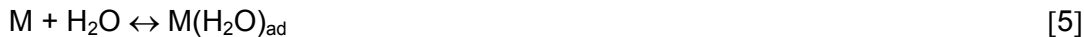
After increasing the electrode potential methanol adsorbates oxidize to [33, 34];



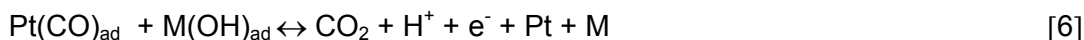
The bifunctional mechanism proposes that a foreign metal, *M*, promotes the water decomposition at lower potentials.



or



These species also promotes the complete oxidation of the organic adsorbate by a re-combination of these species (from reactions [2]-[3] and reactions [4]-[5]) through a Langmuir-Hinshelwood mechanism [35]. For example;



According to the ligand effect, the energy level of the modified substrate is changed to weaken the bond energy of the carbon monoxide adsorbate to facilitate its oxidation.

The best choice of the alloying or co-deposited elements depends on which step of the latter mechanism is the rate determining step (normally reaction [6]). Since different results have been obtained with ternary and quaternary combinations of these metals with rhodium, molybdenum and iridium [3, 35, 36], we have explored the methanol adsorbate formation and oxidation on some metal combinations.

EXPERIMENTAL

Electrochemical experiments were carried out at room temperature in a micro flux three-electrode cell using different *pc* platinum wires as working electrodes. The electrochemical set-up was completed using a large-area-platinum counter electrode and a reversible hydrogen reference electrode (*RHE*). The 1 M H₂SO₄ supporting electrolyte was prepared from J.T.Baker reagent with Millipore treated water (18.2 MΩ cm resistivity).

The real surface area of the *pc* platinum electrodes ranges from 0.22 to 0.28 cm². They were calculated from the integration of the hydrogen-atom voltammetric profile after double layer correction. All potentials in the text are referred to the *RHE* scale.

The 0.5 mM ruthenium-containing solution was prepared from RuCl₃·3H₂O (Aldrich-Sigma) in 0.2 M sulfuric acid, whereas the 0.5 mM osmium-containing solution from OsCl₃·xH₂O (Aldrich-Sigma) in 0.2 M sulfuric acid solutions. They were used as a source of ruthenium and osmium aquo-complex ions, respectively. They were prepared without local large salt concentrations in order to avoid precipitations and polymerization. The immersion time (considered as the time in contact with the metal-containing solution) for ruthenium was 120 s and for osmium was 60 s. The calculation of the degree of surface coverage (θ) by the foreign metal on *pc* platinum reaches 0.25 ML. Also a solution composed by 0.5 mM ruthenium-cation + 0.5 mM osmium-cation in 0.2 M sulfuric acid was used to prepare the ternary Pt/Ru/Os surfaces. Ternary Pt / Ru / Os systems were prepared as follows:

Method 1) (Pt/Ru/Os); a first ruthenium spontaneous deposition was performed after a 120 s immersion in an acidic 0.5 mM Ru³⁺ solution, followed by osmium deposition during a 60s immersion in an acidic 0.5 mM Os³⁺ solution.

Method 2) (Pt/Os/Ru); a first osmium spontaneous deposition was performed by 60 s immersion in an acidic 0.5 mM Os³⁺ solution, followed by ruthenium deposition during a 120s immersion in an acidic 0.5 mM Ru³⁺ solution.

Method 3) (Pt/Ru-Os); simultaneous osmium + ruthenium spontaneous deposition by immersion in an acid solution of 0.5 mM Os³⁺ + 0.5 mM Ru³⁺. The immersion times were specified in the text in each case.

Methanol solution oxidation was studied by chronoamperometric plots at 0.70 V on each modified platinum surface and by linear sweep voltammetry scanning the potential from 0 to 0.80 V at 0.01 Vs⁻¹ both in 0.5 M methanol + 1 M sulfuric acid.

The electrocatalytic activity of the new composed platinum surfaces was also checked in the case of methanol surface oxidation by stripping experiments. The stripping voltammetric oxidation of methanol residues was performed on the different surfaces. In each case, a potential holding at $0.10 \text{ V} \leq E_{ad} \leq 0.35 \text{ V}$ during 10 min was applied to adsorb methanol. Afterwards, and holding the potential at the same value, the methanol containing solution was replaced with the supporting electrolyte to eliminate any diffusion contribution from methanol. Immediately after, the potential was scanned from E_{ad} to 0.05 V and subsequently towards positive values up to 1.50 V at 0.10 Vs⁻¹ to obtain the whole

stripping voltammogram of methanol residues in the supporting electrolyte. The pictures in the paper are only shown for $E_{ad} = 0.25$ V because they exhibit the highest oxidation extent of methanol residues onto free *pc* platinum surfaces during preliminary tests.

RESULTS AND DISCUSSION

On the spontaneous deposition of ruthenium and osmium on pc platinum

Platinum surfaces were modified by osmium and ruthenium spontaneous deposition in order to reach only θ values lower than 0.25. After modifying the surface by immersion in a fixed salt solution, the new electrodes were subjected to three voltammetric cycles between 0.05 and 0.80 V in the supporting solution to stabilize the surface.

The changes in the voltammetric profile of *pc* platinum performed at 0.1 Vs^{-1} caused by ruthenium adatoms are depicted in Figure 1(a). In this case potential values higher than 0.80 V were avoided to impede ruthenium oxidative desorption from surface. The comparison between this new profile with that of *pc* platinum, evidences a partial inhibition of the hydrogen electroadsorption reaction by the foreign adatoms. Furthermore, it is likely that ruthenium species adsorb on the same surface sites as hydrogen adatoms, since the voltammetric features of the latter are not potential shifted. However, the hydrogen electroadsorption peak at ca. 0.2 V is slightly negatively displaced.

In the case of a freshly prepared solution, the adsorption of ruthenium on platinum from $\text{Ru}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ occurs through the specific adsorption of chloride [25]. Thus, by simply taking the depletion of the hydrogen-adatom voltammetric profile and assuming that one Ru^{3+} species adsorbs onto three platinum atoms, the formation of metal ruthenium adsorbates involves three electrons. Values of θ calculated in this way show comparable results with the ones estimated by Auger Spectroscopy for single crystal [25] upon similar conditions of immersion time and concentration of the metal solutions. After 120 s of immersion in 0.5 mM RuCl_3 + 0.2 M sulfuric acid at open circuit the values of θ ranges from 0.22 to 0.25 after cycling only up to 0.80 V. In the case of a two-three days aged ruthenium containing solution, it has been demonstrated [37] by spectrophotometric and ion exchange resin experiments that the hydrolysis of ruthenium containing species in acid media leads to $\text{RuO}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$ (ruthenyl species). The kinetics of adsorption on *pc* platinum is similar but not the mechanism. However, after the three voltammetric incursions up to 0.80 V the degree of surface coverage by ruthenium on platinum yields the same results. It has been observed that traces of chloride in the $\text{RuO}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$ diluted acidic solution

increases solubility. However, as in the case of osmium containing solutions, polymerization can be also observed only when large local concentrations of Os^{3+} during the solution preparation occur.

The chemical state of ruthenium on platinum, especially during methanol oxidation, was also investigated by a number of surface techniques [38-40] providing evidence of the formation of metal ruthenium and oxides such as; RuO_2 , RuO_3 , RuO_4 and Ru_2O_3 depending on the cycling potential.

On the other hand, ruthenium containing solutions aged for more than 1 month were also studied. According to the literature [37, 41] the oxidation of ruthenyl species can easily produce perruthenate ions, RuO_4^- , which are stable in acid and alkaline solutions. The spontaneous deposition of ruthenium on platinum from perruthenate ions is also possible. In fact, after three cycles from 0.05 to 0.80 V at 0.10 Vs^{-1} , ruthenium adlayers with $\theta = 0.22$ can be obtained.

Figure 1(b) evidences the voltammetric changes of the *pc* platinum/sulfuric interface at 0.10 Vs^{-1} produced by osmium adlayers. As a difference with deposited ruthenium it seems that there are no preferred platinum surface sites to osmium deposition. In this respect, the hydrogen adatom contour exhibits a smooth current distribution with larger currents near the hydrogen evolution reaction. There are, however, some discrepancies about this fact as explained in the Introduction section. In the case of using a freshly prepared $\text{Os}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ solution values of $\theta = 0.20$ were obtained after 60 s of immersion time. This solution is rapidly oxidized to an electrolyte composed by H_2OsCl_6 species, which is able to adsorb on platinum yielding, after three cycles in the 0.05 to 0.80 V range, the same value of θ . Contrary to the case of ruthenium further solution oxidations of osmium salts are not observed in acid media.

Moreover, and as a difference to the case of ruthenium spontaneous deposition on platinum, anodic and cathodic contributions can be observed ca. 0.7 V. According to the literature, they can be the components of a redox couple related to the surface oxidation of osmium to OsO_2 , confirmed through spectroscopic data [6]. Therefore, the voltammetric contour up to 1.50 V is obviously needed in the case of *pc* platinum as shown below.

The total recovery of the *pc* platinum surface is an important factor to consider in electrocatalysis. According to Janssen and Moolhuysen [21] cyclic voltammetric profiles of foreign rared metals on platinum can be used to distinguish between relative stable or unstable modified electrode systems for catalysis. An electrochemical interface was considered to be unstable when metal adatoms are completely removed after one cycle up

to 1.6 V. The complete remotion of ruthenium and osmium from the platinum surface is only quantitative after several cycles between 0.6 and 1.5 V. Thus, in our experience, the hydrogen region must be avoided, since either hydrogen adsorbates or molecular hydrogen can reduce metal ions on platinum [25, 42].

To check for the voltammetric features of foreign metals oxidation on platinum, voltammetric runs were performed with upper potentials larger than 0.80 V. Figure 2 shows the cyclic voltammetric profile of ruthenium spontaneous deposition on *pc* platinum when the upper potential limit is extended up to 1.50 V. As found before, when immersion times of 120 s are used, ruthenium species partially inhibits the hydrogen electro-sorption reaction. Otherwise, it has to be noticed that the use of aged instead of freshly prepared ruthenium containing solutions did not show differences on the voltammetric curves or in the catalytic activity towards methanol oxidation (see below).

Figure 2 shows the slow increase of the oxidation current near 0.6 V (in the inset of the Figure) probably due to the formation of RuO_2 and RuO_3 surface species detected by XPS measurements [9, 39, 43, 44]. According to these measurements metallic ruthenium is no longer seen for potentials larger than 0.80 V, but the increase in the amount of surface oxides is evident. After extending the potential towards more positive values, the partial inhibition of the oxygen electro-sorption reaction is clear as a lower reduction charge density is observed in the reverse scan. Moreover, a sudden increase in the current previous to the oxygen evolution reaction is also depicted in the same figure. In the case of a freshly prepared solution, Iwasita *et al.* [25, 42] proposed that chloride can be specifically adsorbed on Pt(111), and Ru^{3+} acts only as the counter-ion. Figure 2 shows the oxidative desorption of chloride as a breakpoint from 1.4 V as shown elsewhere by other authors [6]. However, in that paper it is also stated that at low potentials (below the potential of zero charge of Pt(111) in diluted sulfuric acid) and after metallic ruthenium is deposited, the desorption of chloride occurs. This is not totally true since during subsequent anodic scans the breakpoint at 1.4 V can be also observed.

Figure 3 shows the adsorption of osmium-containing species on *pc* platinum when the potential limit is extended up to 1.5 V at 0.10 Vs^{-1} . In the first positive going potential scan, the inhibition of the oxygen-electrosorption is also evidenced, due to the presence of metallic osmium and osmium-oxygen containing species at a sub monolayer level. According to results found by XPS core-level spectra [9] and contrary to the case of ruthenium, metallic osmium can be found in the whole potential range, *i.e.*, also up to 1.4

V. The nature of the oxidized species of osmium is OsO_2 in the entire potential region from 0.05 to 1.50 V, but with only 25 % of a metallic osmium monolayer [9].

As in the case of Pt(111) surfaces [6] our results on *pc* platinum confirm the voltammetric features found for osmium surface species. An anodic/cathodic current contribution (see inset in Figure 3) can be seen from 0.7 to 0.9 V assigned to the Os/OsO_2 redox couple which it seems to be a quasi-reversible system. This can be better observed when the potential is scanned only up to 0.9 V (not shown in this paper). When the potential is extended up to 1.5 V, the osmium submonolayer is oxidatively transformed as a new species at 1.1 V. This peak was observed before by Wieckowski *et al.* [6] on Pt(111) and was assigned to an intermediate state between Os^{4+} and Os^{8+} species according to the binding energies from the observation in XPS measurements. Moreover, it is also seen in Figure 3 that the oxidation peak of osmium species is only observed in the first positive going potential scan, probably due to the dissolution of Os^{8+} adatoms at 1.50 V. During the second cycle (see inset in Fig. 3) the shoulder just prior to oxygen electroadsorption reaction, located between 0.70 and 0.85, is better observed. This fact makes us think that the total dissolution of osmium-oxygen containing species is not possible in a single cycle.

On the spontaneous deposition of binary combinations on pc platinum

The electrochemical response of ternary Pt / Ru / Os systems in the hydrogen adsorption potential region was studied previous to methanol oxidation. The comparison of each voltammetric profiles run from 0.05 to 0.80 V at 0.10 Vs^{-1} for the different surfaces (obtained as explained in the Experimental Section) are shown in Figure 4.

From the observations of Figure 4, some conclusions can be extracted. First of all, the similarities between voltammetric profiles of surfaces covered by osmium containing species and those of ternary systems are clear. The broad pattern of the hydrogen potential region and the lack of well defined peaks for the three curves resemble that of a solely osmium deposition. It seems that osmium species governed the deposition process when it is deposited before or after ruthenium. On the other hand, a detailed analysis of the voltammetric profile showed a slightly enhanced of the so-called third anodic peak of the hydrogen region in the case of osmium firstly adsorbed and ruthenium and osmium co-adsorbed on platinum (Figures 4 (b) and (c)). This observation makes us think that osmium species adsorbs in a non-uniform layer, making possible the adsorption of hydrogen as the third anodic peak. This has been also verified by STM images and XPS

measurements on Pt(111) by Wieckowski *et al.* [7]. The authors found that osmium deposition on a platinum single crystal occurs in a non-uniform mode with preferential deposition on edges of terraces and defects. These data were also found on Pt(110) and Pt(100) based on other *STM* images [7].

The values of θ resulting from the calculations of the voltammetric hydrogen adatom region in curves (a), (b) and (c) of Figure 4 were 0.25, 0.22 and 0.23, respectively.

In the case of the deposition using Method 3, the increase of the immersion time produces the depletion of the oxygen electroadsorption reaction (Figure 5). The characteristic osmium oxidative peak located at 1.1 V in the presence of ruthenium adatoms is shifted towards more positive potentials, resulting in more stable osmium species on *pc* platinum. The anodic shoulder just before oxygen electroadsorption reaction, typical of Pt/Ru or Pt/Os binary systems, only appears for immersion times higher than 600 s. The degree of inhibition of oxygen electroadsorption reaction is proportional to the immersion time as well as to the extent of chloride oxidative desorption. In this case, increasing times of spontaneous deposition requires several potential cycles to desorb the metal from platinum.

Methanol oxidation on bare Pt, Pt/Ru, Pt/Os and ternary combinations.

One of the factors limiting the practical development of methanol fuel cells is the poisoning of platinum anodes during operation. Although this reaction is fast on bare platinum, carbon monoxide appears as an intermediate in the reaction and poisons the surface. It is well known the better performance of binary catalysts compared to bare platinum due to the bifunctional model for the fuel oxidation mechanism [45-48]. Thus, cyclic voltammetry and chronoamperometric plots of methanol in solution and residues adsorbate oxidation on the different platinum modified surfaces were studied in this work.

On one hand, methanol oxidation in solution was studied using 0.5 M methanol + 1 M sulfuric acid by linear sweep voltammetry on different platinum substrates. Figure 6 shows a comparison between the first positive going potential scans within the 0.05 to 0.80 V range performed at 0.01 Vs⁻¹ on *pc* Pt, Pt/Ru, Pt/Os and Pt/Ru-Os (obtained according to Method 3).

Some interesting features can be detailed here. In the case of Pt/Ru and bare platinum we can state that the onset of methanol solution oxidation on Pt/Ru at potentials applicable in the case of fuel cells (ca. 0.6 V), is slightly lower than that obtained in the case of bare platinum, *i.e.* 30 mV. On the other hand, the currents observed at higher

potentials (ca. 0.7 V) are almost similar on both electrodes but with different slopes. A cross point at 0.72 V is observed, from which methanol oxidation on bare platinum exhibits larger currents.

On the other hand, the onset potential for methanol oxidation of the Pt/Os presents the lowest value of all the explored surfaces, *i.e.* 0.40 V. Also at 0.60 V the current value is comparable to that of bare platinum. The surface prepared by Method 3 curves shows the lowest current values of all the studied surfaces. This means that the surface is not able to exhibit active platinum sites for methanol oxidation because they are compromised for ruthenium and osmium interactions with platinum.

The reverse scan (not shown in the figure) presents for all of the studied surfaces higher current values at 0.01 Vs⁻¹. The literature about methanol solution oxidation reports lower currents in the reverse scans when higher potential sweep rates are used (0.05 to 0.10 Vs⁻¹) [25, 29].

These results were also attractive for ethanol oxidation studies on Pt(100)/Ru surfaces [27]. It has been found that in 0.1 M ethanol the currents for the oxidation occurs on Pt(100)/Ru ca. 0.2 V before than that on bare Pt(100). Also the reverse cathodic sweep occurs with larger currents because the potentiodynamic scan was performed at low scan rates (0.02 Vs⁻¹).

Since the electrooxidation of methanol on platinum is an electrocatalytic process, the formation of methanol residues on the different surfaces has to be analyzed. The selected adsorption potentials for the organic molecule were $0.10 \leq E_{ad} \leq 0.35$ V in 0.5 M methanol + 1 M sulfuric acid solution. Figure 7 and 8 exhibit the first cathodic and subsequent anodic voltammetric stripping profiles of methanol oxidation residues produced on *pc* Pt, Pt/Ru, Pt/Os and Pt/Ru/Os (prepared by Method 1), Pt/Os/Ru (prepared by Method 2), and Pt/Ru-Os (prepared by Method 3 using an immersion time of 60 s). The curves were compared with each voltammogram of modified platinum in the supporting electrolyte (1 M sulfuric acid) to consider the foreign metal dissolution during potential cycling (not shown in this case). It is important to note that the residual charge density attained within the hydrogen region is the same for all the substrates. This means that even in the presence of ruthenium and osmium adatoms, the final coverage by hydrogen adatoms is the same independently of the explored surface. The same behavior is observed for the ternary systems.

Both figures show that the charge density involved in the oxidation of methanol residues is lower in the case of the modified surfaces than on bare *pc* platinum within the

0.7 to 0.9 region. It seems that the oxidation potential range for methanol on the modified platinum surfaces extends up to 1.5 V. As it was found before [49-51] for carbon monoxide adsorption and electrooxidation on Pt (110) and nanodispersed platinum modified by ruthenium adsorption, a new form of adsorbate was detected assigned to carbon monoxide chemisorbed on ruthenium islands. Therefore, two current contributions for methanol residues oxidation was found in this paper as it is shown in Figure 9. This has been also observed by Iwasita *et al.* [16] using *RHEED* patterns studying carbon monoxide electrooxidation. The island structure of ruthenium changed after surface oxidation of the molecule, reflecting the mobility of this metal on platinum.

The oxidation charge density of methanol residues found typically for the case of *pc* platinum is decreased because of the presence of the oxidation of the foreign admetal. However, to really conclude about the efficiency of the modified platinum surface towards methanol oxidation, a comparison between methanol adsorption (in the hydrogen adatom region) and oxidation (in the 0.40-0.65 up to 1.50 V according to the case) must be considered. In this way, the rationalized quotient between the charge of methanol adsorbate oxidation ($Q_{O,M}$) and the real amount of hydrogen displaced only by methanol ($Q_{H,M}$) was considered to evaluate the "oxidation efficiency" of each modified surface. For this purpose, the involved charges were calculated from graphics; $Q_{H,M}$ (with area shown with vertical grids) and $Q_{O,M}$ (denoted as transversal grids). In order to improve the visualization, hydrogen atoms displaced by ruthenium are also shown as horizontal grids. Table 1 shows the values of the stated charge densities and their ratio for the different platinum surfaces.

According to data in Table 1, Pt/Os and Pt/Ru surfaces show a larger efficiency towards methanol oxidation than *pc* platinum. Therefore, in spite of having methanol less platinum sites to adsorb than on bare platinum, the influence of the foreign metal as a new catalyst is evidenced through the larger values of oxidation charges. Besides, in the case of a simultaneous deposition of ruthenium and osmium on platinum, the efficiency for methanol oxidation is higher than Pt/Os and Pt/Ru surfaces. On the other hand, this effect is not traduced for the subsequent deposition of ruthenium and osmium (and vice versa). In this case, the ratio between $Q_{O,M}$ and $Q_{H,M}$ is lower than one. Two situations account for this behavior, or the occupation of the foreign admetals inhibits the adsorption of methanol in the hydrogen adsorption region or the catalytic activity of the ternary system is lower than expected. This can be evaluated by subtracting the hydrogen charge density left by the foreign metals and that left by methanol. Considering the data of Table 1, we can see

that the real factor that is affecting the efficiency towards methanol oxidation is the real catalytic effect of the surface, since the surface concentration of hydrogen adatoms are nearly the same.

It has to be said that for the simultaneous adsorption of ruthenium and osmium, the value of the ratio between the oxidation charge for methanol and that of hydrogen atoms replaced by the alcohol, is the largest of all. It seems that there is a synergetic effect of both adatoms towards methanol oxidation (per the same amount of adsorbed hydrogen). This kind of results has been previously found by other authors [3, 46] for ternary (Pt-Ru-Os) and quaternary (Pt-Ru-Os-Ir) alloys at different temperatures. The improved performance of these catalysts can be explained by the bifunctional mechanism for methanol oxidation and the primary role of both metals is the decrease of the onset potential for the water decomposition. However, the interaction between foreign metals on platinum as a contribution to explain this kind of behavior can not be discarded.

Methanol oxidation current transients at a constant potential provide more detailed information about the oxidation kinetics on the different substrates. We have performed the chronoamperometric curves in 0.5 M methanol + 1 M sulfuric acid solutions on bare platinum, Pt/Ru, Pt/Os and Pt/Ru-Os surfaces. The selected potential was 0.70 V, where oxygen containing species are present in all the study surfaces. A background experiment was also performed in the absence of methanol (only with supporting electrolyte) to check for the double layer charging component at each potential. When subtracting this current contribution, we can calculate the early stages of the methanol oxidation rate at 0.70 V. Each plot shows a typical diffusion control mechanism for a dissolved molecule oxidation process. This assumption was based on the linear behavior found for the current transient vs. the reciprocal of square root of time (Figure 10). Data taken from the linear regression of the current transients (within the 1.7 to 3.2 s^{-1/2} domain) were used to calculate the rate of methanol oxidation. These values for the different surfaces were estimated from the ratio between the slope of the current transient curve at zero time and the observed maxima current. The Pt/Ru-Os surfaces exhibit the highest values of methanol oxidation rates (2.3 s⁻¹) followed by Pt/Ru (1.8 s⁻¹). The rate for methanol oxidation on Pt/Os is 1.7 s⁻¹, similar to that of Pt/Ru, whereas for bare platinum the lowest value was found (1.1 s⁻¹). Again, the “synergetic effect” between ruthenium and osmium is evidenced in these experimental conditions.

SUMMARY

The promotion of surface modifications of *pc* platinum by the spontaneous deposition of ruthenium, osmium or their combinations results in new active surfaces with specific activities towards the oxidation of methanol. Despite the lot of research on the ruthenium modified platinum single crystal surfaces, there is still a necessity of solving the complex mechanism of metallic chemisorption and specially the understanding of the nature of active surface sites able to oxidize methanol residues. Therefore, this work will be continued on the three basal platinum single crystal surfaces to analyze the problem of methanol adsorption on binary and ternary platinum systems with active foreign metals as ruthenium, osmium, tungsten and molybdenum.

CONCLUSIONS

Ruthenium and osmium surface coverages on *pc* platinum did not show significant variation in their values for different aged solutions after cycling three times between 0.05 and 0.80 V in 1 M sulfuric acid. The average values found also for the ternary systems are ca. 0.25 ML.

The formation of surface oxidized species of ruthenium and osmium on *pc* platinum found in 1 M sulfuric acid, already corroborated using surface spectroscopic techniques, seems to be the responsible of the electrocatalytic activity of the modified platinum towards methanol oxidation.

Using a microflux cell it was possible to study the influence of ruthenium and osmium (and their combinations) on the formation and oxidation of methanol residues. It was clearly seen that the peak of methanol residue oxidation previous to oxygen electrosorption reaction is minimized in the case of a modified platinum surface. Even so, when the methanol adsorbates oxidation is normalized with respect to the relative amount of hydrogen displaced by methanol, the modified platinum surfaces (platinum/ruthenium, platinum/osmium and platinum/ruthenium-osmium) show higher oxidation efficiencies.

Current transients for methanol oxidation and methanol stripping oxidation charges showed that platinum/ruthenium and platinum/osmium surfaces exhibit nearly the same electrocatalytic activity. On the other hand, the surface prepared by the co-adsorption of ruthenium and osmium on platinum exhibits the best performance under these experimental conditions.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was financially supported by DINACYT – IDB Projects. S.H.B. wishes to thank PDT 16/02 for the fellowship granted. C.F.Z. is a researcher at PEDECIBA - United Nations.

FIGURE LEGENDS

Figure 1- Cyclic voltammetric profiles of (a) ruthenium and (b) osmium adlayers (dashed lines) on *pc* platinum (solid lines) in 1 M sulfuric acid between 0.05 and 0.80 V at 0.10 Vs^{-1} . The foreign metal adlayers were prepared according to the experimental section.

Figure 2.- Cyclic voltammetric profile of spontaneous deposition of ruthenium (dashed line) performed from 0.05 to 1.50 V at 0.1 Vs^{-1} (first and sixth cycles) compared to *pc* platinum (continuous line) in 1M sulfuric acid. In the inset the details of the 0.55-1.1 V region are depicted.

Figure 3.- Cyclic voltammetric profile of spontaneous deposition of osmium (dashed line) performed from 0.05 to 1.50 V at 0.1 Vs^{-1} (two first cycles) compared to *pc* platinum (continuous line) in 1M sulfuric acid. In the inset the detail of the 0.6-1.2 V region is depicted.

Figure 4.- Cyclic voltammetric profiles of metal adlayers (short dotted lines) obtained by: (a) method 1; (b) method 2; and (c) method 3 (60 s immersion time) on *pc* platinum compared with bare platinum (continuous line) at 0.10 Vs^{-1} in 1 M sulfuric acid.

Figure 5.- Cyclic voltammetric profiles of *pc* platinum after simultaneous Os + Ru deposition process (Method 3 in the text) by immersion in $0.5 \text{ mM Os}^{3+} + 0.5 \text{ mM Ru}^{3+} + 0.2 \text{ M sulfuric acid}$ at 0.10 Vs^{-1} in 1 M sulfuric acid. Immersion times; 0 s (solid line), 60 s (dashed line) and 600 s (dotted line).

Figure 6.- Positive potential going scans of methanol oxidation on different prepared surfaces in $0.5 \text{ M methanol} + 1 \text{ M sulfuric acid}$ at 0.01 Vs^{-1} ; (continuous line) bare *pc* platinum; (dotted line) Pt/Ru; (dash-dotted line) Pt/Os, (dashed line) Pt/Ru-Os (obtained after 60 s of immersion).

Figure 7.- First cathodic and subsequent anodic voltammetric profiles of methanol oxidation residues produced at $E_{ad} = 0.25 \text{ V}$ in 1 M sulfuric acid at 0.10 Vs^{-1} on: (dashed line) bare *pc* platinum; (dotted line) Pt/Ru; (short dashed line) Pt/Os superimposed to the repetitive voltammogram of *pc* platinum in 1 M sulfuric acid (continuous line).

Figure 8.- First cathodic and subsequent anodic voltammetric profiles of methanol oxidation residues produced at $E_{ad} = 0.25 \text{ V}$ in 1 M sulfuric acid at 0.10 Vs^{-1} onto: (dashed line) bare *pc* platinum; (dotted line) Pt/Ru/Os produced by Method 1; (dash dotted line) Pt/Os/Ru produced by Method 2; (short dashed line) Pt/Ru-Os produced by Method 3 with an immersion time of 60 s superimposed to the repetitive voltammogram of *pc* platinum in 1 M sulfuric acid (continuous line).

Figure 9.- First cathodic and subsequent anodic voltammetric profiles of: (dashed line) Pt/Ru; (continuous line) Pt/Ru with methanol adsorbed at $E_{ad} = 0.25$ V; (dash-dotted line) *pc* platinum at 0.10 Vs^{-1} in 1 M sulfuric acid. The vertical arrows show the double current contribution for methanol residues oxidation.

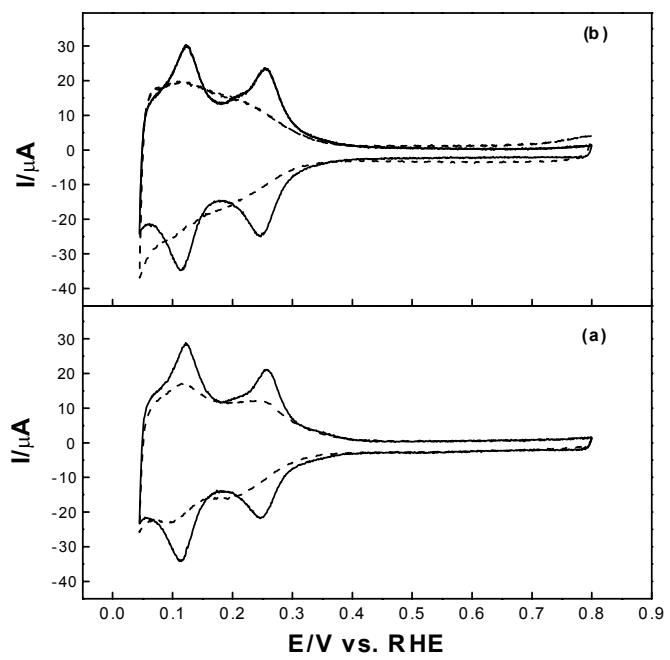
Figure 10.- Current transients for 0.5 M methanol solution oxidation + 1M sulphuric acid performed at 0.70 V onto (continuous line) bare *pc* platinum; (dashed line) Pt/Os, (dotted line) Pt/Ru-Os and (dash dotted line) Pt/Ru electrode surfaces.

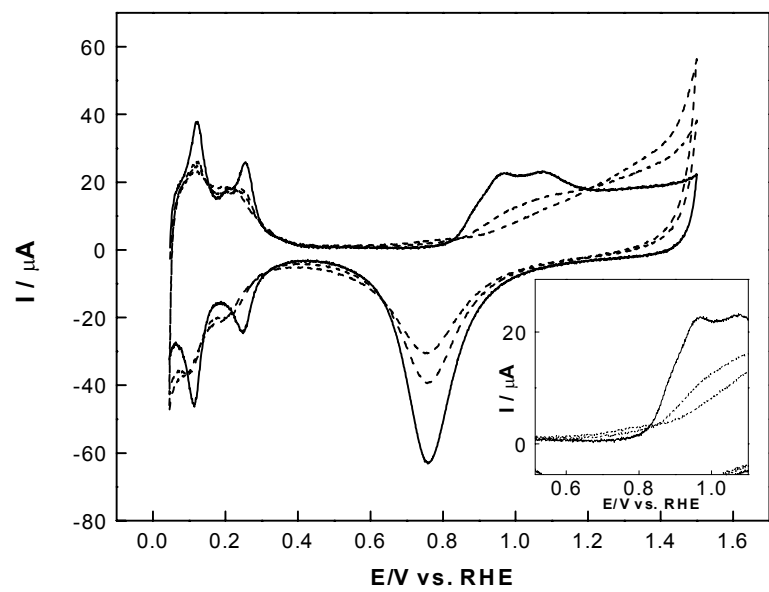
REFERENCES

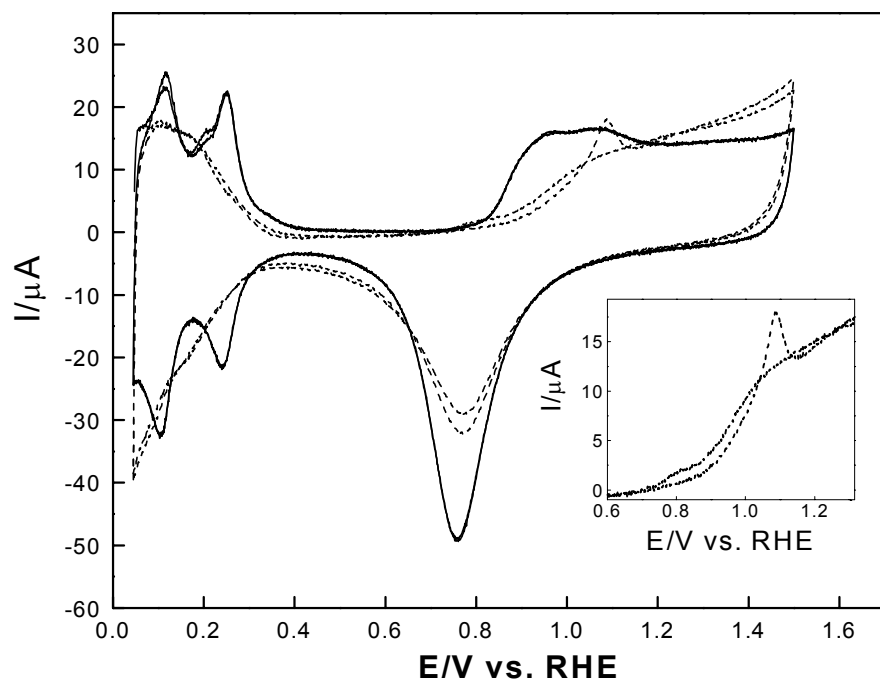
- 1.- S. J. C. Cleghorn, X .Ren, T. E. Springer, M. S. Wilson, C. Zawodinski, T. A. Zawodinski, S. Gottesfeld, *Int. J. Hydrogen Energy* **22** (1997) 1137.
- 2.- A. J. Appleby, F. R. Foulkes, *Fuel Cell Handbook*, Von Nostrand Rheinhold, New York (1989).
- 3.- B. Gurau, R. Viswanathan, R. Liu, T. J. Lafrenz, K. L. Ley, E. S. Smotkin, E. Reddington, A. Sapienza, B. C. Chan, T. E. Mallouk, S. Sarangapani, *J. Phys. Chem. B* **102** (1998) 9997.
- 4.- H. Gerischer, D. M. Kolb, J. K. Sass, *Adv. Phys.* **27** (1978) 437.
- 5.- K. A. Friedich, K. P. Geyzers, A. J. Dickinson, U. Stimming, *Surf. Sci.*, **402-404** (1998) 571.
- 6.- C. K. Rhee, M. Wakisaka, Y. V. Tolmachev, C. M. Johnston, R. Haasch, K. Attenkofer, G. Q. Lu, H. You, A. Wieckowski, *J. Electroanal. Chem.* **554-555** (2003) 367.
- 7.- A. Crown, A. Wieckowski, *Phys.Chem.Chem.Phys.* **3** (2001) 3290.
- 8.- T. Frelink, W .Visscher, J. A. R. van Veen, *Langmuir*, **12** (1996) 3702.
- 9.- R. Liu, H. Iddir, Q. Fan, G. Hou, A. Bo, K. L. Ley, E. S. Smotkin, Y.E. Sung, H. Kim, S. Thomas, A. Wieckowski, *J. Phys. Chem. B* **104** (2000) 3518.
- 10.- A.T. Hubbard, J.L. Stickney, S.D. Rosasco, M.P. Soriaga, D. Song, *J. Electroanal. Chem.* **150** (1983) 165.
- 11.- P.A. Thiel, T. E. Madey, *Surf. Sci. Rep.* **7** (1987) 211.
- 12.- N. M. Marković, P. N. Ross Jr., *Surf. Sci. Rep.* **45** (2002) 117.
- 13.- D. M. Kolb in; H. Gerisher, C. W. Tobias (eds.), *Advances in Electrochemistry and Electrochemical Engineering*, Wiley-Interscience, Vol. 11, New York, 1978.
- 14.- S. Szabó, I. Bakos, *J. Electroanal. Chem.* **230** (1987) 233.

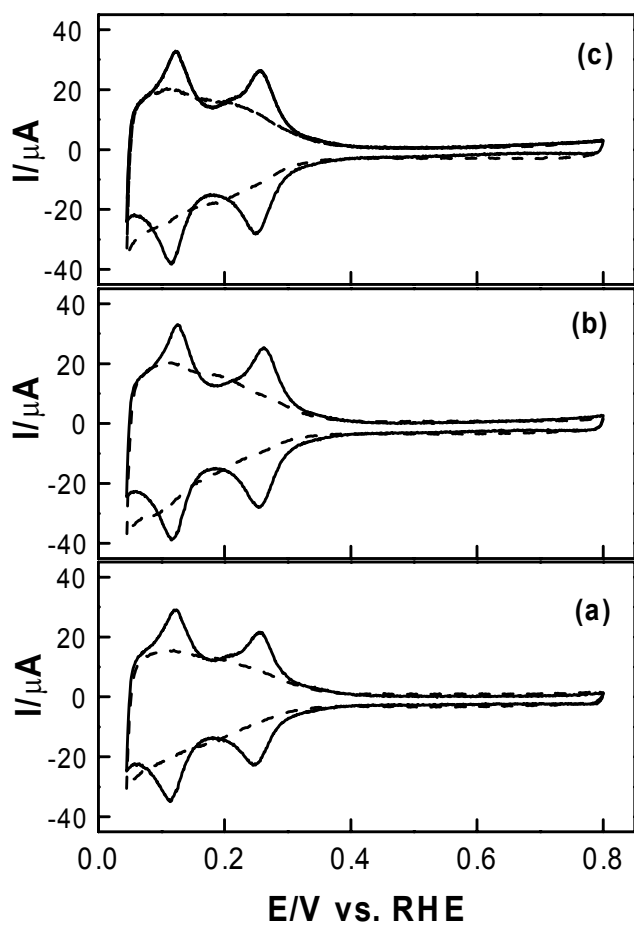
- 15.- R. R. Adzić in; H. Gerisher, C. W. Tobias (eds.), *Advances in Electrochemistry and Electrochemical Engineering*, Wiley-Interscience, Vol. 13, New York, (1984).
- 16.- W. F. Lin, M. S. Zei, M. Eiswirth, G. Ertl, T. Iwasita, W. Vielstich, *J. Phys. Chem. B* **103** (1999) 6968.
- 17.- A. N. Frumkin, B. I. Podlovchenko, *Ber. Akad. Wiss. USSR* **150** (1963) 34.
- 18.- J. O. M. Bockris, H. Wroblowa, *J. Electroanal. Chem.* **7** (1964) 428.
- 19.- M. Watanabe, S. Motoo, *J. Electroanal. Chem.* **60** (1975) 259.
- 20.- O. A. Petrii, V. D. Kalinin, *Rus. J. Electrochem.* **35** (1999) 627.
- 21.- M. M. P. Janssen, J. Moolhuysen, *Electrochim. Acta* **21** (1976) 869.
- 22.- J. C. Davies, B. E. Hayden, D. J. Pegg, M. E. Rendall, *Surf. Sci.* **496** (2002) 110.
- 23.- P. Waszczuck, J. Solla-Guillon, H. S. Kim, Y. Y. Tong, V. Montiel, A. Aldaz, A. Wieckowski, *J. Catal.* **203** (2001) 1.
- 24.- D. M. Kolb, *Surf. Sci.* **500** (2002) 722.
- 25.- T. Iwasita, H. Hoster, A. John-Anacker, W. F. Lin, W. Vielstich, *Langmuir* **16** (2000) 522.
- 26.- P. Waszczuck, T. M. Barnard, C. Rice, R. I. Masel, A. Wieckowski, *Electrochem. Comm.* **4** (2002) 599.
- 27.- V. D. Colle, M. J. Giz, G. Tremiliosi-Filho, *J. Braz. Chem. Soc.* **14** (2003) 601.
- 28.- E.V. Spinace, A. O. Neto, M. Linardi, *J. Power Sources* **129** (2004) 121.
- 29.- F. Colom, M. González-Tejera, *J. Appl. Electrochem.* **24** (1994) 426.
- 30.- A. Crown, I. de Moraes, A. Wieckowski, *J. Electroanal. Chem.* **500** (2001) 333.
- 31.- F. Rodríguez, T. Morante, C. R. Cabrera, *J. Electroanal. Chem.* **571** (2004) 15.
- 32.- T. Frelink, W. Visscher, J. A. R. van Veen, *Surf. Sci.* **335** (1995) 353.
- 33.- M. Watanabe, S. Motoo, *J. Electroanal. Chem.* **60** (1975) 267.
- 34.- T. E. Shubina, M. T. Koper, *Electrochim. Acta* **47** (2002) 3621.

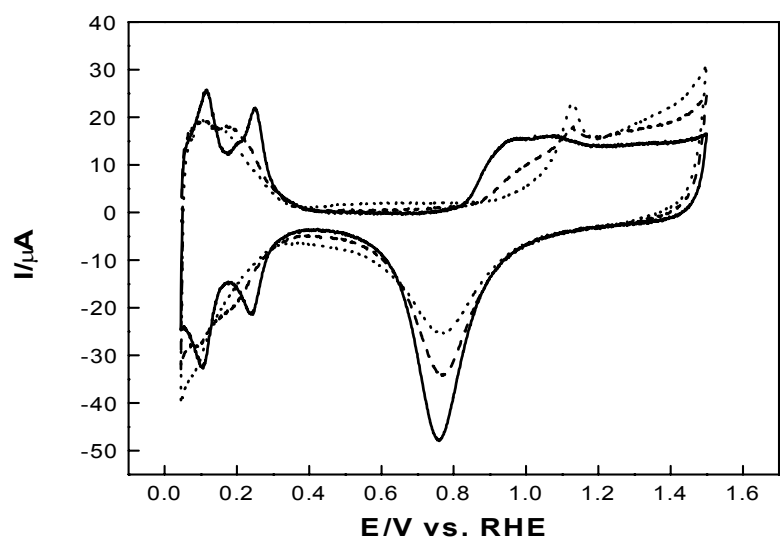
- 35.- E. Reddington, A. Sapienza, B. Gurau, R. Viswanathan, S. Sarangapani, E. S. Smotkin, T. Mallouk, *Science* **280** (1998) 1735.
- 36.- K. L. Ley, R. Liu, C. Pu, Q. Fan, N. Layarovska, C. Segre, E. S. Smotkin, *J. Electrochem. Soc.* **144** (1997) 1543.
- 37.- F. P. Gorstema, J. W. Cobble, *J. Am. Chem. Soc.* **83** (1961) 4317.
- 38.- C. T. Hable, M. S. Wrighton, *Langmuir*, **9** (1993) 3284.
- 39.- J. Mc. Breen, S. Mukerjee, *J. Electrochem. Soc.* **142** (1995) 3399.
- 40.- H. Kim, I. Rabelo de Moraes, G. Tremiliosi-Filho, R. Haasch, A. Wieckowski, *Surf. Sci.* **474** (2001) L203.
- 41.- W. P. Griffith, *The Chemistry of the Rarer Platinum Metals: Osmium, Ruthenium, Iridium and Rhodium*, Wiley-Interscience (1967).
- 42.- D. Cao, S. H. Bergens, *Electrochim. Acta* **48** (2003) 4021.
- 43.- A. Hamnett, B. J. Kennedy, F. E. Wagner, *J. Catal.* **124** (1990) 30
- 44.- C. Cattaneo, M. I. Sánchez de Pinto, H. Mishima, B. A. López, D. Lescano, L. Cornaglia, *J. Electroanal. Chem.* **461** (1999) 32.
- 45.- Z. D. Wei, S. H. Chan, *J. Electroanal. Chem.* **569** (2004) 23.
- 46.- K. Lasch, L. Jörissen, J. Gauche, *J. Power Sources* **84** (1999) 225.
- 47.- T. Kanaguchi, W. Sugimoto, Y. Murakami, Y. Takasu, *Electrochem. Comm.* **6** (2004) 480.
- 48.- J. C. Davies, B. E. Hayden, D. J. Pegg, *Surf. Sci.* **467** (2000) 148.
- 49.- C. Lu, C. Rice, R. I. Masel, P. K. Babu, P. Waszczuk, H.S. Kim, E. Oldfield, A. Wieckowski, *J. Phys. Chem. B* **106** (2000) 9581.
- 50.- Y.Y. Tong, H. S. Kim, P. K. Babu, P. Waszczuk, A. Wieckowski, E. Oldfield, *J. Am. Chem. Soc.* **124** (2002) 468.
- 51.- M. Götz, H. Wendt, *Electrochim. Acta* **43** (1998) 3637.
- 52.- S. Sriramulu, T. D. Jarvi, E. M. Stuve, *J. Electroanal. Chem.* **467** (1999) 132.

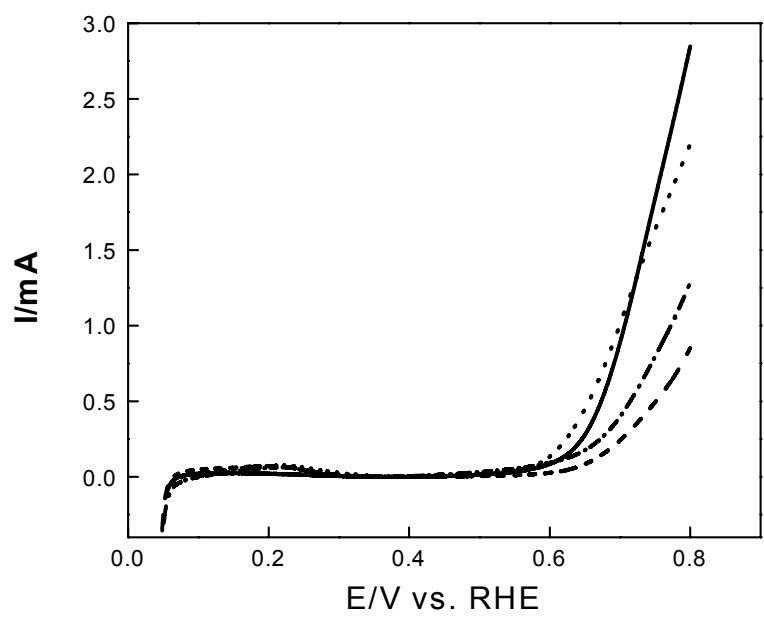


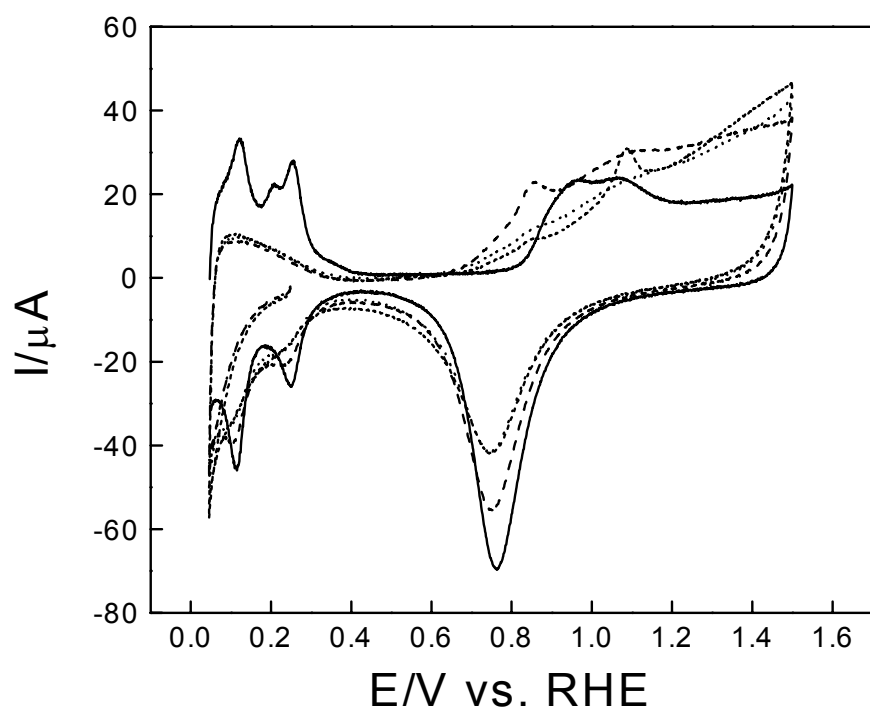


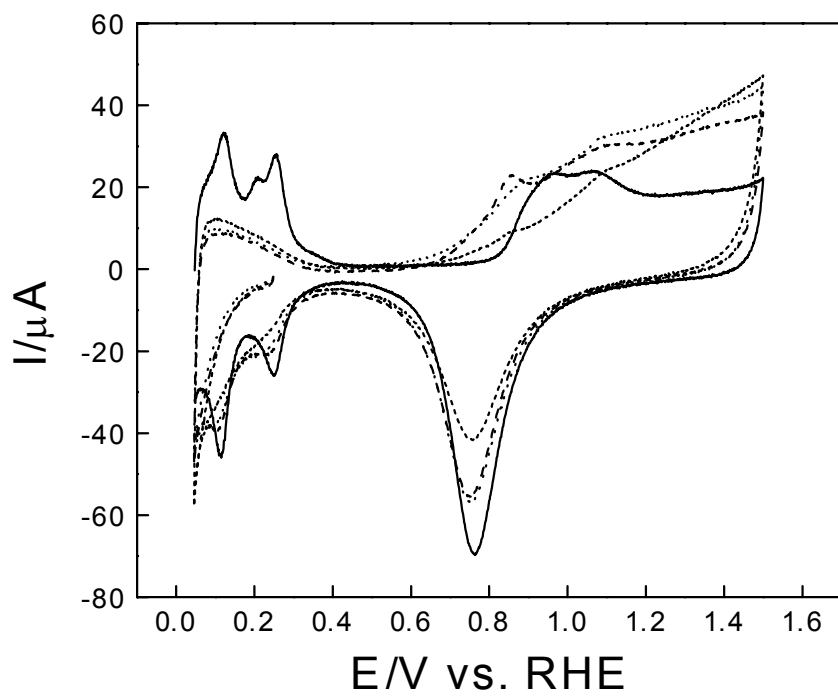


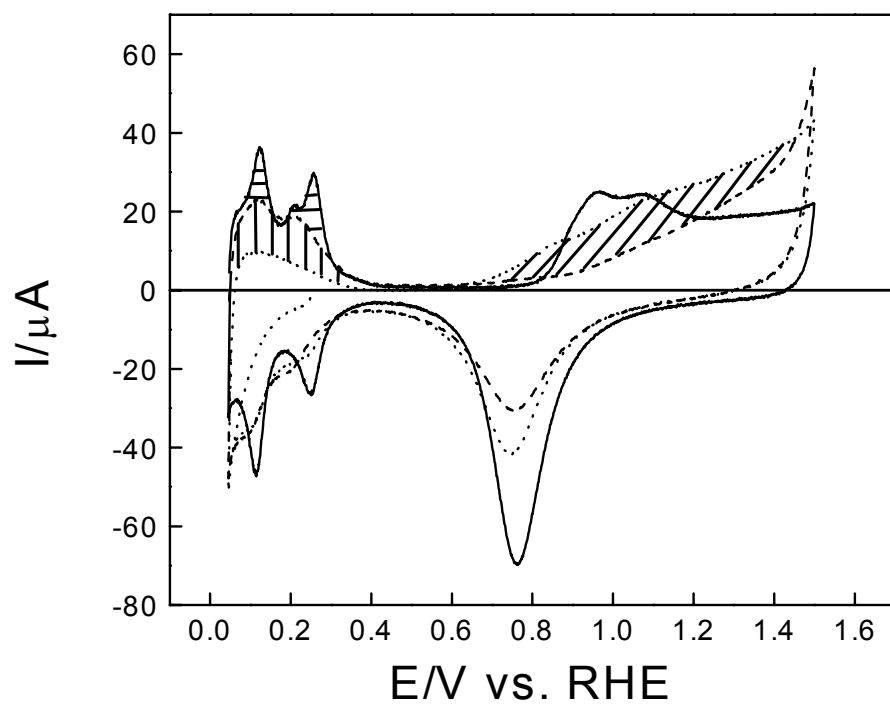












Trabalho Publicado em Revista de Circulação Internacional, com Arbitragem.

S. H. Bonilla, C. F. Zinola, J. Rodríguez, V. Díaz, M. Ohanian, S. Martínez, B. F. Giannetti :
"CATALYTIC EFFECTS OF RUTHENIUM AND OSMIUM SPONTANEOUS DEPOSITION ON
PLATINUM SURFACES TOWARDS METHANOL OXIDATION", *J. Coll. Suf. Sci*, in press (2005).
ISSN 0927-7765.

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*

Electrochemical kinetic study of surface layer growth on natural pyrite in acid medium

B.F. Giannetti, C.M.V.B. Almeida and S. H. Bonilla

LaFTA – Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista,
R. Dr. Bacelar 1212, Cep 04026-002, São Paulo, Brazil

Abstract

This paper presents electrochemical experiments on natural pyrite that combine potentiostatic and voltammetric techniques. X-ray microanalysis is used as an auxiliary technique. The layer growth on pyrite surface is conducted in a wide range of pH and potential range: $3.4 \leq \text{pH} \leq 5.9$ with $E = 0.80 \text{ V}$ (versus SHE), and $0.80 \text{ V} \leq E \leq 1.00 \text{ V}$ with $\text{pH} = 4.5$ (versus SHE) in acetic acid-acetate buffer. This work is unique for two reasons: (1) phenomenological model about layer growth is applied and mathematical-physic consistence is verified and (2) Meyer's hypotheses of chemical mechanism is used to explain kinetic parameters of the phenomenological model.

Introduction

The physical and chemical properties of the pyrite surface play a decisive role on its use as a component in solar energy collectors [1, 2], as a depolarizer anode for hydrogen production [3], as a cathode in high energy density batteries [4], as a filter to reduce heavy metals release to the environment [5-7] and as a potential material to be used in developing Eco-technologies [8]. The pyrite response to the environment frequently involves surface oxidation processes. Its abundance in earth's crust as well as its reactivity motivates geochemical and hydrometallurgical researches.

In the literature many propositions are found related to pyrite oxidation. It is interesting to note that in each decade prevails one kind of interpretation. In 60's Sato [9] and Woodcock [10] proposed an oxidation process of chemical nature. Among the several pioneer researches of Peters and Majima's work [11] is remarked since is the first that describes the formation of sulfate by electrochemical process. The seventies were productive in research and interpretation [12-15]. It was concluded that sulfate and sulfur formation were electrochemical processes [12, 13], as well as was suggested that sulfate and sulfur belongs to independent reactions [14]. Also the two phases model of Meyer [15], used in this work, was proposed. In the 80's the dominating hypothesis was that of the unique intermediate to interpret the mineral oxidation. Mishra and Osseo-Asare [16] proposed a reaction for the anodic dissolution of pyrite: the thiosulfate formed sulfate (in the presence of oxidants or anodic condition) or could decompose to elementary sulfur and bisulfite. The results [16] were in agreement with the experimental observations shown at several works [13, 14, 17] and with conclusions of Biegler and Swift [14]: sulfur is not an intermediate for sulfate generation. A new intermediate was suggested in the 90's: the polysulfide as the intermediate for sulfate and sulfur formation [18]. The detection of polysulfide was made by Mycroft et al [18] employing Raman spectroscopy and was confirmed by other researches [19, 20]. A discussion about the electrochemical role of polysulfide on pyrite systems can be found in [21]. Sulfur could be formed from chemical decomposition of thiosulfate or other sulfocompounds in acid medium [15, 16, 18]. Moreover, in general lines, several authors [14-16] are in agreement with the hypotheses of oxisulfur species production on the electrode surface. This oxisulfur species has not been identified until now, but this fact was not an impediment for different speculation, in which $S_2(OH)_2$ [15], $FeS_2(OH)$ [14] and $Fe(OH)_2.S_2(OH)_2$ [16] were the proposed compounds. Meyer's work [15] was the first paper found in the literature that developed these ideas in detail with a kinetic approach. This work was confirmed, recently, by a FTIR SEC (Fourier Transformed Infra Red – Spectroelectrochemical Technique) study of the anodic oxidation of pyrite [22]. Hence, it is highly desirable to obtain some information on the reactivity of pyrite surfaces, under imposed as well as natural conditions. Examination of the literature

[21 and references therein] related to FeS_2 oxidation evidences that three main points have been focused on: (i) the nature of the oxidation reactions and their products, (ii) the decomposition mechanism of disulfide into sulfur and sulfate, and (iii) the determining factors in the mineral degradation.

Results reported in [21] contribute to the understanding of question (i), with (photo)electrochemical experiments on pyrite electrodes in acetic acid-acetate buffer conducted in order to clarify the main oxidation reactions and the nature of the products. The present research concerns to question (ii). The results and discussion presented in [21] served as a starting point to propose a kinetic model for pyrite oxidation in the present work. The mechanistic point of view presented in Meyer's work [15] was adopted and the phenomenological kinetic model used by Zhu et al. [23] was applied to explain the oxidation results obtained in acetic acid-acetate buffer.

Experimental procedures

A three-electrode cell was employed for the electrochemical measurements. As the reference electrode the reversible hydrogen electrode, placed in a separate compartment connected by a Luggin-Haber capillary-tip to the rest of the cell, was used. A platinized platinum helical wire in its own compartment was used as counter electrode.

Working electrodes were constructed with single crystals of natural pyrite (Itararé-SP-Brazil), presenting a cubic habit with edges no larger than 4 mm. The working electrodes were mounted in a polyester resin with colloidal silver electrical contacts, with vertical configuration to minimize gas accumulation. The electrodes constructed to carry out the electrochemical experiments showed only one face of the cubical sample exposed (Fig. 1a). When electrochemical measurements were combined with microscopy characterization, the electrodes presented two neighboring faces exposed (Fig. 1b). One of these faces was protected with a paint layer used in the surface finishing industry, removed with solvent after the electrochemical experiment. This construction permits not only the lateral observation of the electrode surface by

scanning electron microscopy (SEM) but also the microanalysis of film profile (using energy dispersive X-ray, EDX) without mechanical damage.

The diffraction pattern and the optical properties observed (isotropy of polarized reflected-light) of samples are characteristics of the isometric crystal system. The X-ray diffraction showed that the mineral is not completely crystalline. Measurements of density were carried out using a pycnometer of helium gas. The relative density obtained, fewer less (4.667) of relative density of pyrite (5.020), points to possibility of other phases present.

Observations of polished sections by reflected-light microscopy, evidenced fractures filled with other minerals. Basically, Mg, Ca, Ba, Al, C and Si were detected into the fracture inclusions by X-ray microanalysis. These elements predominate in the host rock and correspond to carbonates (of calcium and magnesium) and minerals of the filosilicates group (for example, talc, serpentine, etc). The influence of these minerals on the electrochemical behavior of the surface is not significant. Without considering the trace elements present in fractures, the samples showed a purity of 99.9 %.

Various working electrolytes, (x) M H_3CCOOH - (1-x) M H_3CCOONa buffer solutions were prepared: (x) = 0.95 (the resulting pH was 3.4), (x) = 0.80 (pH = 4.1), (x) = 0.50 (pH = 4.5), (x) = 0.30 (pH = 5.0) and (x) = 0.05 (pH 5.9). Analytical grade reagents and Mili-Q quality water were used. The electrochemical cell was thermostated at 24 ± 1 °C.

Electrochemical experiments were carried out using an standard set-up: a conventional commercial potentiostat, commanded and registered by computer. The following routine was conducted before each experiment: deaeration of the cell with ultra-pure nitrogen, wet grinding of the working electrode on 600 grit silicon carbide paper, rising with purified water and immersion in the electrolyte at open circuit for one minute. Every electrochemical experiment was initiated at the open circuit potential, E_{oc} . Potentials quoted in this text are referred to the standard hydrogen electrode (SHE).

Results and discussion

Initial considerations

To quantify the influence of the positive scan limit on the pyrite oxidation, it was necessary to solve some inherent difficulties of the system complexity.

The first obstacle is related to the exponential profile of current a_I (Fig. 2). The lack of well-defined current peaks on the anodic scan make impossible to obtain, by direct measure, the oxidation charge of each participant reaction (see the involved equations on table 1). However, it was possible to determine the charges of each anodic reaction by employing the reduction charges. To carry out the indirect evaluation of the anodic charges, it is necessary to know the reactions' stoichiometry and, preferably, the chemical composition of reactants and products. But, unfortunately, not all the chemical species involved in the electro-transformation of FeS_2 , are exactly known, in especial, the composition of the iron oxide and the polysulfide [21].

The generated oxides probably present mixed iron oxidation states as well as various hydration degrees [21, 23-25]. For this reason a simplification was adopted and only $\text{Fe}(\text{OH})_3$ was considered in the iron oxide-hydroxide composition. The reduction charge of $\text{Fe}(\text{OH})_3$ produced spontaneously in the air (or during grinding) and electrochemically is obtained from integration of peaks c_i' and c_i , respectively (Figs. 3, 2 and table 1) [21]. For cathodic charge determination, the completeness of iron hydroxide reduction at 0.05 V was admitted. This assumption is based on the analysis of the voltammograms registered for different positive potential limits, $E_{\lambda a}$, in which the cathodic potentiodynamic profiles attained a minimum current value at 0.05 V. For this reason, the value of 0.05 V was considered the limit between the reduction processes in peaks c_i and c_{ii} (Fig. 2), and between c_i' and c_{ii}' (Fig. 3).

For the iron polysulfide reaction, charge evaluation is more complex. Experimental evidences show that Fe_2S_7 corresponds to a mean value of polysulfides stoichiometry, which consists of coexisting chains of different lengths [21]. It is important to remember that in the working solution, the extent of polysulfide formation was detected at potentials more positive than 1.0 V and was higher at 1.25 V [21].

Thus, it seems reasonable to disregard the presence of Fe_2S_7 or another polysulfide compound since the potential sweep do not exceed the 1.05 V value.

Other considerations were necessary to evaluate the $E_{\lambda a}$ influence on the $\text{Fe}(\text{OH})_3$, S and SO_4^{2-} formation. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ and S were produced during grinding and reduced at peaks c_i' and c_{ii}' (Fig. 3), respectively (table 1). In addition to reduction of elementary sulfur at c_{ii}' , decomposition of FeS_2 , leading H_2S and the formation of H_2 [21] also occur. In this way, it is necessary to subtract charge c_i' from c_i to determine the quantity of iron hydroxide actually formed during the electrochemical experiment. Analogously, to determine the quantity of sulfur generated during the potential scan, subtraction of c_{ii}' charge had to be done from c_{ii} . All the Qc_i and Qc_{ii} values presented in this work were corrected according to this criterion. The same considerations were successfully used to quantify sulfur, sulfate and iron hydroxide formed on arsenopyrite [26] and pyrite [24, 25, 27].

The film characteristics

The potential program applied consists in subjecting the electrode to a potential scan from the open circuit potential (E_{OC}) up to a selected value E and hold this potential during time lapses, t. Fig. 4 depicts the typical curves of anodic charge variation with time for several applied potentials. The total anodic charge, Q_a , was calculated by determining the area below the I/E and the I/t curves (the first registered during the potential scan of the potential program and the latter registered during the potentiostatic holding of the potential program).

Immediately after applying the potential program, a scan from E towards negative direction up to -0.45 V was carried out. The cathodic potentiodynamic profiles include the current peaks c_i and c_{ii} .

Curves $Qc_i(t)$ determined for different E values are presented in Fig. 5. Qc_i values are proportional to the quantity of $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formed during the oxidation process. The behavior of Qc_i as function of the anodic time (Fig. 5) evidences the attainment of a constant value. The lapse of time it takes to attain the constant value depends on the selected E. For example, for an E value of 0.90 V, 1300 seconds are necessary.

Probably, this fact occurs when the formation rate of $\text{Fe}(\text{OH})_3$ and dissolution rate equals, characterizing a steady state.

With Q_a , Q_{c_1} and $Q_{c_{II}}$ values the number of FeS_2 moles involved in equation (4) and (5) of table 1 (Fig. 6) were determined. The number of moles of FeS_2 oxidized at 0.80 and at 1.0 V via equations (4) and (5) (table 1) as function of the time is shown in Fig. 6. All the curves obtained for $0.80 \text{ V} \leq E \leq 1.00 \text{ V}$ are similar to those of Fig. 6. It is verified that sulfate formation reaction occurs more intensively than sulfur formation reaction in this potential range. The film formed, in this experimental condition, does not protect the FeS_2 surface [28]. The non-protective nature of the elemental sulfur is due its molar volume ($32.7 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$) higher than that of pyrite molar volume ($24 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$) [29]. According to Lawson [29], when more than 27 % of mineral is oxidized by means of equation (4) (table 1) the film generated will undergo tension and break. Besides that, the sulfur formed during pyrite oxidation does not behave as an electrical insulator being actually electrochemically active [29]. With the objective of examining the lateral profile of the mineral surface after the electrochemical oxidation, the pyrite sample was held for 4000 seconds at 0.90 V and after that, the cross-section was observed by microscopy and micro analyzed.

Fig. 7 shows the micrograph of the lateral profile of the oxidized mineral surface together with the mapping of S and Fe atoms. The image evidences a porous surface and two different phases, the external one of about $8 \mu\text{m}$ and the mineral bulk. The composition of the external phase can be represented by Fe_xS_y , where $Y/X < 2$. In the direction of the mineral surface, this region becomes poorer in sulfur and richer in iron. For better understanding, an schematic representation of the surface observed is presented in Fig. 7.

These results suggest that the film is constituted by two phases: one porous composed with $\text{Fe}(\text{OH})_3$ and S and other compact, which stoichiometry (Fe_xS_y) changes with the depth.

Kinetic of film growth

The results presented in Fig. 4 and the film characteristics are interpreted according the parabolic kinetic model, developed for electrochemical condition by Haycock

[30]. The parabolic rate equation was used to describe the kinetics of the transpassive oxidation of pyrite by Zhu et al. [23] in alkaline medium.

It is worthy to attention that the solely use of mathematical considerations to support the selection of the most adequate model should be avoided, and special emphasis should be put on verifying the physical meaning of the parameters involved [31]. For this reason mathematical and physic consistency is discussed.

According to the parabolic kinetic model the film is constituted by two phases: one porous and the other compact. The growth of the compact phase is controlled by ions transport through the solid phase. At this stage the quantity of consumed substrate would present a parabolic relation. Simultaneously, a second process overlaps the first one, consisting in the degradation of the new phase formed. This degradation process occurs at a constant rate and could generate the porous phase. The parabolic law of the film growth is [32]:

$$Q_a = k_L t + k_P/k_L - k_P/k_L \exp(- Q_a k_L/k_P) \quad (6)$$

where k_L is the linear constant linear rate and k_P the parabolic constant rate.

When the Q_a value is high enough the third term becomes negligible and consequently, the charge variation is linear with the oxidation time. This behavior is observed in Fig. 4. The evaluations were made for values higher than 3000 seconds. In this way, from the linear slope of the curves of Fig. 4 the rate constants for each potential applied, k_L , are obtained. The intersection of the curves at y-axis results in the k_P/k_L values. Finally, with the calculated k_P/k_L and k_L values, the parabolic rate constants (k_P) for each potential E applied were evaluated.

From experiments carried out at 0.80 V, in the temperature range from 22-65 °C, the rate constants values showed in Fig. 8 were obtained. The verification of Arrhenius equation by k_L and k_P is indicative of the applicability of equation (6).

The activation energies experimentally obtained were 113 and 52 kJ mol⁻¹ for k_P and k_L , respectively. These activation energy values are higher than those expected for diffusion controlled process in solution, normally 10 kJ mol⁻¹ [33]. Moreover, the value of 113 kJ mol⁻¹ for the parabolic process is similar to that obtained by

Gulbransen e Wysong [34] assigned to the motion of ions into an oxide layer [31]. These results allow concluding that the degradation of the Fe_xS_y film is not controlled by ions transport in solution and that the formation of the new phase involves ions transport through the film. For this reason k_p should be associated with ion diffusion in solid phase and with k_L charge transfer reactions.

Zhu et al. [23] determined the activation energy values of $66.17 \text{ kJ mol}^{-1}$ and $38.67 \text{ kJ mol}^{-1}$ for the parabolic and for the linear rate process, respectively. Probably, the dissimilar mineral origin and/or experimental conditions may be responsible for the different results. Even so, both the works present the same 2:1 activation energies relation.

Fig. 9 shows the k_L dependence on applied potential. This behavior can be described by the following empirical equation:

$$k_L = A \exp(E B) \quad (7)$$

where $A = 2.32 \times 10^{-8} \text{ mC s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ and $B = 15.45 \text{ V}^{-1}$.

The parilinear kinetic behavior was observed at several pH values ($3.4 \leq \text{pH} \leq 5.9$) for $E = 0.8 \text{ V}$. The resulted k_L values are plotted as a pH function in Fig. 10. From these data the empirical equation $\log k_L(\text{pH})$ was derived:

$$\log k_L = -1.82 + 0.25 \text{ pH} \quad (8)$$

Zhu et al. [23] described with a general empirical equation the $k(T,E,\text{pH})$ behavior, where k could be k_L or k_p . Equations (7) and (8) are specific cases of the empirical equation obtained for Zhu et al. [23]: temperature and pH for the first equation and temperature and potential for the latter. The constants derived from the general empirical equation were not presented in [23]. For this reason, no correlation is possible between the empirical parameters.

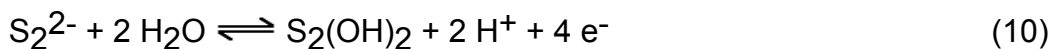
Mechanism of oxidation reaction

In order to propose the mechanism of pyrite oxidation a summary of the experimental observations is presented:

- (a) After anodization a film with a compact phase underlying a porous one is formed on the pyrite surface:
 $\text{FeS}_2(\text{substrate surface})/\text{Fe}_x\text{S}_y(\text{compact layer})/\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{S}(\text{porous layer})$.
- (b) The dependence of charge on oxidation time is interpreted by the parilinear model, in wide range values of pH and potential values ($3.4 \leq \text{pH} \leq 5.9$ for $E = 0.8 \text{ V}$ and $0.80 \text{ V} \leq E \leq 1.00 \text{ V}$ for $\text{pH} = 4.5$).
- (c) The activation energy value for the linear process (52 kJ mol^{-1}) indicates that this stage is activation-controlled.
- (d) The linear rate constant presents an exponential relationship with the oxidation potential, according to the equation $k_L = 2.32 \cdot 10^{-8} \exp(E/15.45)$, where k_L is given in $\text{mC s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ and E in V.
- (e) The $\log k_L(\text{pH})$ function has a linear expression according to the empirical equation $\log k_L = -1.82 + 0.25 \text{ pH}$.

In order to mechanistically explain the experimental results (specially the $k_L(E)$ relationship (Fig. 9) as well as the $\log k_L(\text{pH})$ (Fig. 10)) Meyer's hypotheses [15] were used. Thus, according to Meyer [15] the anodic process involves two phases: in phase (I) the Fe(II) to Fe(III) ion oxidation occurs, and in phase (II) the oxidation of S_2^{2-} involving intermediates, like $\text{S}_2\text{O}_2^{2-}$ and $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, takes place. From the sulfur intermediate species, S and SO_4^{2-} would be generated, and $\text{S}_2(\text{OH})_2$ acid is formed at the initial stage.

The reactions developed in phases (I) and (II) are, respectively [15]:



It is assumed that the potential is due to two contributions, E_I and E_{II} that correspond to two layers placed in series. Thus,

$$E = E_I + E_{II} \quad (11)$$

where E_I would control the ion $Fe(II)$ oxidation reaction, equation (4), according to the Butler-Volmer-Erdey-Gruz equation

$$j_I = k_I P_I \exp(E_I - \alpha_I F/R T) \quad (12)$$

where P_I is a function of the activities of the reaction products and reagents and the other symbols have the usual meaning in electrochemistry.

Considering that S_2^{2-} oxidation, equation (5), is in equilibrium or more probably in pseudo-equilibrium, E_{II} is associated to the nerstian potential,

$$E_{II} = (R T/2 F) \ln(P_{II} [H^+]) \quad (13)$$

where P_{II} is the quotient of products and reagents activities, with exception of hydrogen ion.

Isolating E_I and E_{II} from Eq. (12) and (13) respectively, and substituting and rearranging their expressions into Eq. (11), an expression of j_I as function of the applied potential is finally obtained:

$$j_I = \{(k_I P_I)/(P_{II} [H^+])^{\alpha_I/2}\} \exp(E - \alpha_I F/R T) \quad (14)$$

To adapt Meyer's model [15] to the experimental conditions it was necessary to integrate Eq. (14) with respect to the anodization time,

$$Q_a = \{(k_I P_I)/(P_{II} [H^+])^{\alpha_I/2}\} \exp(E - \alpha_I F/R T) t + C \quad (15)$$

where C is an integration constant.

Comparing the Eq. (6), developed by Haycock [30] and (15) obtained from the integration of Meyer's equation [15], it is verified that

$$k_L = \{(k_I P_I)/(P_{II} [H^+]^{\alpha_I/2})\} \exp(E - \alpha_I F/R T) \quad (16)$$

and

$$C = k_P/k_L \quad (17)$$

If the proposed hypotheses were consistent, that is, if the film has two phases, the A and B parameters of the empirical equation obtained from experimental data, Eq. (7), could be calculated by using the theoretical equation $k_L(E)$, Eq. (16). In this way, $A = (k_I P_I)/(P_{II} [H^+]^{\alpha_I/2})$ and $B = \alpha_I F/R T$.

The activities of the involved reagents and products are unknown, so the values of P_I and P_{II} cannot be evaluated. For this reason, A value can not be determined. On the other hand, B value is possible to be calculated by admitting a value for α_I . Assuming $\alpha \cong 0.5$, a value comparable to the experimental value of $B \cong 15$ is calculated, Eq. (7).

Using the theoretical expression of k_L , Eq. (16), it is possible to verify the value of α_I . This equation can be expressed in the logarithmic form and predicts a linear relationship between $\log k_L$ and pH, at constant potential:

$$\log k_L = D + (\alpha_I/2) \text{pH} \quad (18)$$

where D is a constant according to

$$D = \log(k_I P_I/ P_{II}) + (E - \alpha_I F)/(2.3 R T) \quad (19)$$

From the comparison of Eq. (8), empirical, with the Eq. (18), theoretical, the value of transfer coefficient, $\alpha_I = 0.5$ was determined. The experimental behavior of $\log k_L =$

$f(\text{pH})$, Fig. 10, confirms the validity of Eq. (16) and, consequently, of the proposed model for the system in study. The decrease of k_L with the decrease of pH, according to the mechanism, is due to the equilibrium displacement of equation (5), resulting in a lower dissolution of the compact film Fe_xS_y .

Values of Tafel coefficient of pyrite in acid medium are frequently found in literature [14, 15, 35, 36]. For the mechanism proposed, the Tafel coefficient is equal to $dE/d\log j = (2.3 R T)/(F \alpha I)$ [15], which permits the calculation of αI . Table 2 confronts the αI results from literature [14, 15, 35, 36] with the present result. The comparison between the obtained value of the transfer coefficient and the calculated from literature data enables to affirm that the mechanism proposed can explain pyrite oxidation in several acid media.

The plausibility of the model of two phases proposed is also reinforced by the pyrite behavior under illumination [21]. Under this condition, the occurrence of iron and disulfur oxidation of FeS_2 as consecutive reactions was discarded.

The proximity between E_{OC} and the nerstian potentials of the electrodes $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{H}^+, \text{Fe}^{2+}$ and $\text{FeS}_2/\text{S}/\text{Fe}^{2+}$ as well as the semiconductor characteristics of the sample, indicates that the process is controlled by the transport of holes in the interface [21]. In this way, the reactions involved in the mechanism must be represented, preferably, with holes acceptors.

One question must be considered when the reactions of the two-phase mechanism are written: what is the chemical composition of the intermediates involved in the formation of S and of SO_4^{2-} ? The presence of sulfoxy species as intermediates participating in pyrite oxidation has been reason of speculation of several authors [14, 15, 37]. These chemical species were not directly detected, but it was suggested that the compounds $\text{S}_2(\text{OH})_2$ [15], $\text{FeS}_2(\text{OH})$ [14,37] and $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot \text{S}_2(\text{OH})_2$ [37] were formed on the mineral surface. For these reason, equations (4) and (5) were rewritten for an intermediate I, unknown until now, but common in the formation of S and SO_4^{2-} .





Going further in the proposed model

The suitability of the presented model is restricted to the experimental conditions imposed. In other words, the discussion does not pretend to provide a complete explanation of the mechanism of the FeS₂ oxidation. In particular, the behavior of the electrode under favored conditions for iron polysulfide formation was not approached here, although the most likely stoichiometry of the metallic polysulfide and discussion of the general reactions were proposed in [21].

An experimental observation that was not further discussed was the missing of linearity of the Q_a vs. t curve, for anodization times higher than 4000 seconds at 65 °C, which suggests a change of the mechanism with temperature. Other characteristic of the system that was not approached in this paper is the different oxidation reactivity of the sites Fe²⁺ and S₂²⁺ in FeS₂. In literature a broad outlook of possible hypotheses were proposed: simultaneous dissolution of the both sites [9], preferential release of disulfide [17, 37, 38], more intensively removal of metal [16, 39-44] and change of the preferential oxidation [45]. Probably, the results until the work of Pang et al [45] related the oxidation of pyrite under a partial view, since they were based on initial or advanced experimental conditions of the oxidation process. In this work, the mineral electrode was subjected to stationary behavior and oxidation at high potentials. Under this experimental condition, the compact phase near the surface is richer in iron than in sulfur (as it was shown in Fig. 7). The extent of the kinetic model is limited in explaining the different reactivity of the iron and disulfide in FeS₂. On other hand, Pang et al [45], even without establishing the kinetic of the reaction under the point view of an electrochemical mechanism, made an elucidative description of the characteristic that an oxidation model must have to enable predictions on the change of reactivity in pyrite.

The limitation of the model discussed evidences the complexity of the oxidation mechanism.

Summary and conclusions

The charge values obtained as well as the microanalyses by X-ray show that the film produced at constant potential, have two phases: (i) a shallow porous one, formed basically, by $\text{Fe}(\text{OH})_3$ and S, and (ii) a deeper compact one, without a well-defined stoichiometry (represented by Fe_xS_y where $Y/X < 2$).

The kinetic growth of the film was quantified according the parilinear model, in a wide range of pH and potential values. Initially, the film growth rate presents parabolic kinetic passing for a linear kinetic. The linear relation of the oxidation charge with time is explained in this way: the phase Fe_xS_y has constant thickness, since the interface $\text{Fe}_x\text{S}_y/\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{S}/\text{electrolyte}$ corrodes at the same rate of the formation of the internal interface, $\text{FeS}_2/\text{Fe}_x\text{S}_y$.

The obtained activation energy related to the formation of the interface $\text{FeS}_2/\text{Fe}_x\text{S}_y$ and the dissolution of the interface $\text{Fe}_x\text{S}_y/\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{S}/\text{electrolyte}$, are characteristics of a process non controlled by mass transport in solution.

The k_L , parameter of the parilinear model, was expressed as function of the applied potential and pH:

- (i) $k_L = A \exp(E/B)$, where $A = 2.32 \times 10^{-8} \text{ mC s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ and $B = 15.45 \text{ V}^{-1}$,
- (ii) $\log k_L = -1.82 + 0.25 \text{ pH}$.

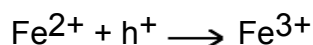
The potential and the pH influence on k_L showed that the rate constant of the oxidation of the interface $\text{Fe}_x\text{S}_y/\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{S}/\text{electrolyte}$ is an apparent constant.

The Meyer's two phases mechanism, adapted for the experimental conditions used, allows the deduction of the functions $k_L(E)$ and $\log k_L(\text{pH})$:

- (i) $k_L = \{(k_I P_I)/(P_{II} [\text{H}^+])^{\alpha_1/2}\} \exp(E - \alpha_1 F/R T)$
- (ii) $\log k_L = \log(k_I P_I / P_{II}) + (E - \alpha_1 F)/(2.3 R T) + (\alpha_1/2) \text{ pH}$

The confrontation between empirical and theoretical equations permitted to determine $\alpha_1 F/R T = 15.45 \text{ V}^{-1}$ and $\alpha_1/2 = 0.25$. Both expressions resulted in a α_1 value of 0.5, also confirmed employing the Tafel coefficients obtained by several authors.

According to the kinetic model proposed to explain the corrosion of the $\text{Fe}_x\text{S}_y/\text{electrolyte}$ interface, it is proposed that the oxidation of the Fe(I) to Fe(II)



and the reaction, probably next to equilibrium, involving S_2^{2-} occurs simultaneously

$$S_2^{2-} + 4 h^+ + 2 OH^- \rightleftharpoons I$$

producing an intermediate I, chemically unknown. In a later stage, I would form several sulfo species ($S_2O_2^{2-}$ and $S_2O_3^{2-}$, among others) that would produce S or SO_4^{2-} . The model suitability was not only corroborated by the experimental behavior of $k_L = f(E)$ and $\log k_L = f(pH)$, but also by the fact that the oxidation mechanism of Fe(II)/Fe(III) were not consecutive to the others reactions, in agreement with the photo-selectivity of the corrosion of pyrite observed in the literature.

Acknowledgements

Financial support from Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, is gratefully recognised. Special thanks to the physician C.A. Fillipini ("Engenharia de Materiais" of Pirelli) for assistance with the SEM and EDX measurements, to the chemist C. Pappini ("Laboratório de Tecnologia de Combustíveis" of IPEN) for densities determination and to Professor D. Atencio and physician F.M. de Souza Carvalho ("Laboratório de Difração de raios-X" of "Instituto de Goeciências", USP) for the assistance in diffraction pattern interpretation and optical microscopy observation.

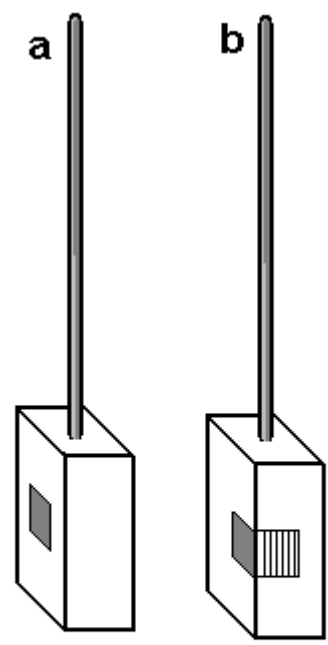
References

- [1] H. Gerischer, J. Electroanal. Chem, 58 (1975) 265.
- [2] G. C. Chen, J. M. Zen, F. R. F. Fan and A. J. Bard, J. Phys. Chem. 95 (1991) 3682.
- [3] S. B. Lalvani and M. J. Shami, J. Electrochem. Soc., 133 (1986) 1364.
- [4] C. A. Vicent, "Modern Batteries", Edward Arnold, London, 1984, p.182.
- [5] C.M.V.B. Almeida and B.F. Giannetti, Proceedings of the VI Southern Meeting in Mineral Processing, Rio de Janeiro, Brazil, 2 (2001) 373.

- [6] W.A. Moreira, S.H. Bonilla, T. Rabóczkay, C.M.V.B. Almeida and B.F. Giannetti, Proceedings of the VI Southern Meeting in Mineral Processing, Rio de Janeiro, Brazil, 2 (2001) 521.
- [7] W.A. Moreira, B.F. Giannetti, T. Rabóczkay, S.H. Bonilla and C.M.V.B. Almeida, Proceedings of the XII SIBEE Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica, Gramado, Brazil, Apr.2001.
- [8] B.F. Giannetti, S.H. Bonilla and C.M.V.B. Almeida, J. Cleaner Prod., 12 (2004) 361.
- [9] M. Sato, Econ. Geol., 55 (1960) 1202.
- [10] J. T. Woodcock, Proc. Australas. Inst. Min. Metall, 47 (1961) 198.
- [11] E. Peters and H. Majima, Can.Metall. Quarterly, 7 (1968) 111.
- [12] T. Nagai and H. Kiuchi, J. Inst. Min. Metall. Japan, 90 (1974) 1040.
- [13] L. K. Bailey and E. Peters, Can. Metall. Quarterly, 15 (1976) 333.
- [14] T. Biegler and A. D. Swift, Electrochim. Acta, 24 (1979) 415.
- [15] R.E. Meyer, J. Electroanal. Chem., 101(1979) 59.
- [16] K.K. Mishra e K. Osseo-Asare, J. Electrochem. Soc., 135(1988)2502.
- [17] M. B. Goldhaber, Am. J. Sci., 283 (1983) 193.
- [18] J. R. Mycroft, G. M. Bancroft, N. S. McIntyre, J. R. Lorimer and I. R. Hill, J. Electroanal. Chem., 292 (1990) 139.
- [19] S. B. Turcotte and R. E. Bennet, J. Electroanal. Chem., 347 (1993) 195.
- [20] X. Zhu, J. Lin, D. M. Bodily and M.E. Wadsworth, J. Electrochem. Soc., 140 (1993) 1927.
- [21] B.F. Giannetti, S.H. Bonilla, C.F. Zinola, T. Rabóczkay, Hydrometallurgy, 60(2001)41.
- [22] I. V. Chernyshova, J. Electroanal. Chem., 558 (2003) 83.
- [23] X. Zhu, J. Lin, M.E. Wadsworth, Colloids Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 93(1994)201.
- [24] C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti, J. Solid State Electrochem., 6 (2002) 111.
- [25] C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti, Electrochem. Commun., 4 (2002) 985.

- [26] C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 5 (2003) 604.
- [27] C. M. V. B. Almeida and B. F. Giannetti, *J. Electroanal. Chem.*, 553C (2003) 27.
- [28] B. F. Giannetti, T. Rabockai and B. R. de Figueiredo, *An. Assoc. Bras. Quim.*, 43 (1994) 121.
- [29] R.T. Lowson, *Chem. Rev.*, 82(1982)461.
- [30] E.W. Haycock, *J. Electrochem. Soc.*, 106(1959)771.
- [31] B. F. Giannetti, C. M. V. B. Almeida, S. H. Bonilla and T. Raóczkay, *Chem. Educator*, 8 (2003) 1.
- [32] D.W. Price, G.W. Warren e B. Drogen, *J. Appl. Electrochem.*, 16(1986)719.
- [33] S. Glasstone, K.J. Laidler e H. Eyring, "The Theory of Rate Processes", McGraw-Hill, Londres, (1941)525.
- [34] E.A. Gulbransen e W.S. Wysong, *J. Physik. chem.*, 51(1947)1087.
- [35] J.D. Klein e R.T. Shuey, *Geophysics*, 43(1978)1222.
- [36] S. Kunori e F. Ishii, *Nippon Kogyo Kaishi*, 79(1963)35.
- [37] H. Tamura, K. Goto and M. Nagayama, *Corros. Sci.*, 16 (1976) 197.
- [38] G. W. Luther III, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51 (1987) 3193.
- [39] A. N. Buckley and R. Woods, *Appl. Surface Sci.*, 27 (1987) 437.
- [40] A. N. Buckley, *Aust. J. Chem.*, 40 (1987) 231.
- [41] B. E. Conway, J. C. H. Ku and F. C. Ho, *J. Colloid Interface. Sci.*, 75 (1980) 357.
- [42] D. Fornasiero, V. Eijt and J. Ralston, *Colloids Surfaces*, 62 (1992) 63.
- [43] D. Brion, *Appl. Surface Sci.*, 5 (1980) 133.
- [44] S. Chander and A. Briceno, *Minerals and Metallurgical Processing*, 4 (1987) 171.
- [45] J. Pang, A. Briceno and S. Chander, *J. Electrochem. Soc.*, 137 (1990) 3447.

[Figures





-  **exposed pyrite surface**
-  **exposed and protected pyrite surface**

Fig. 1

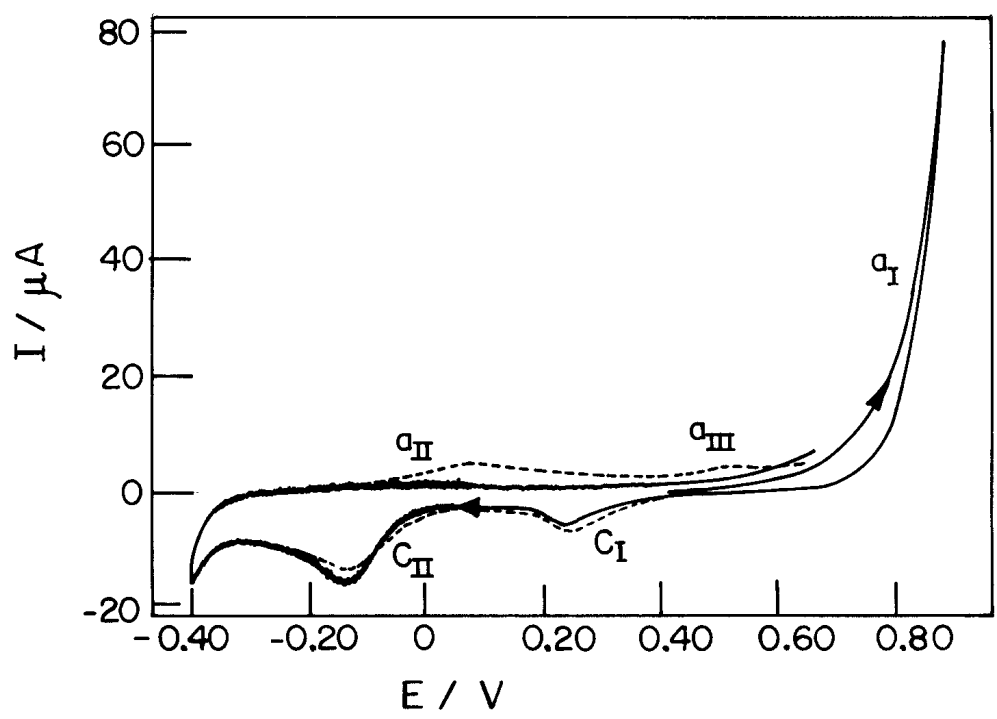


Fig. 2

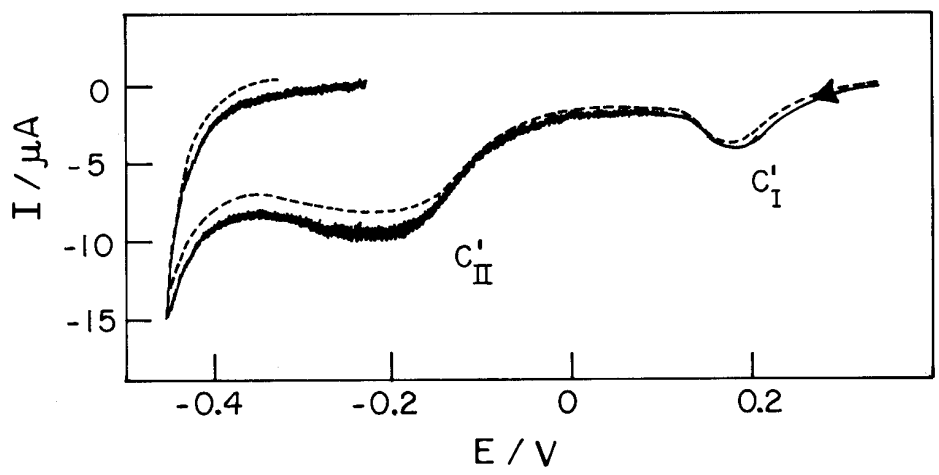


Fig. 3

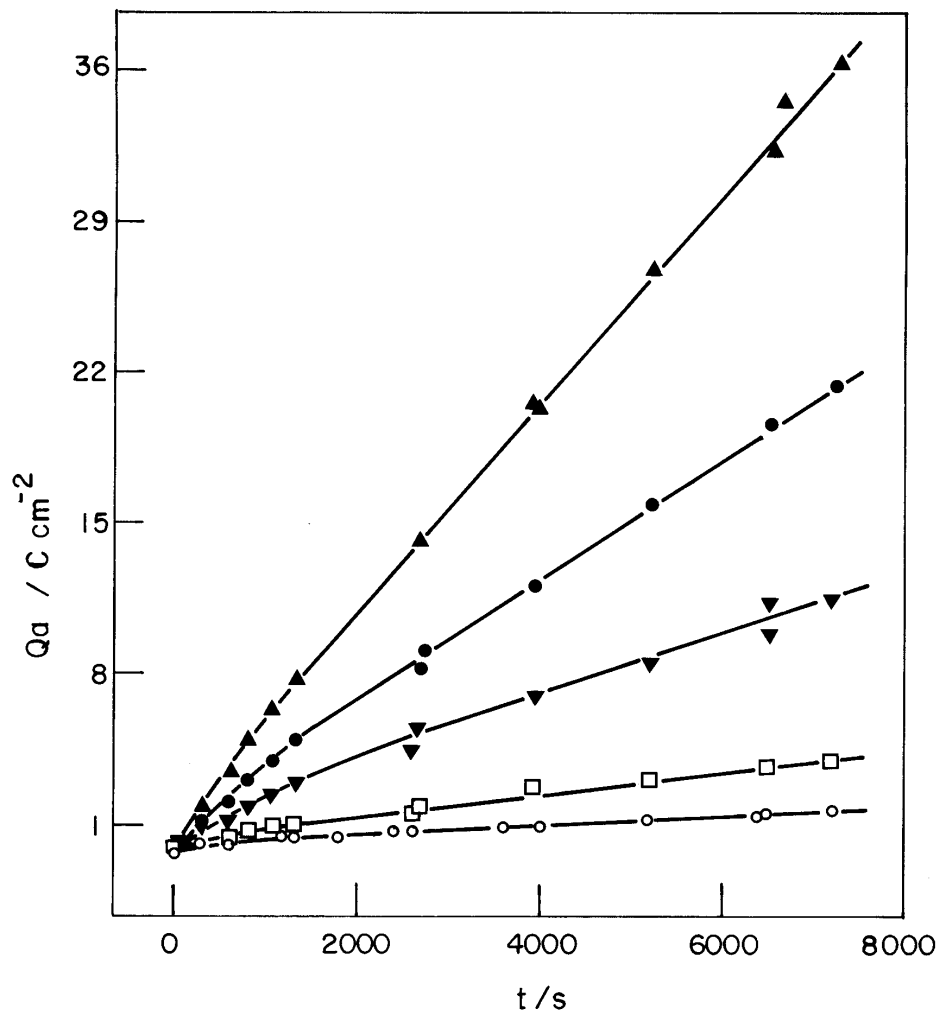


Fig. 4

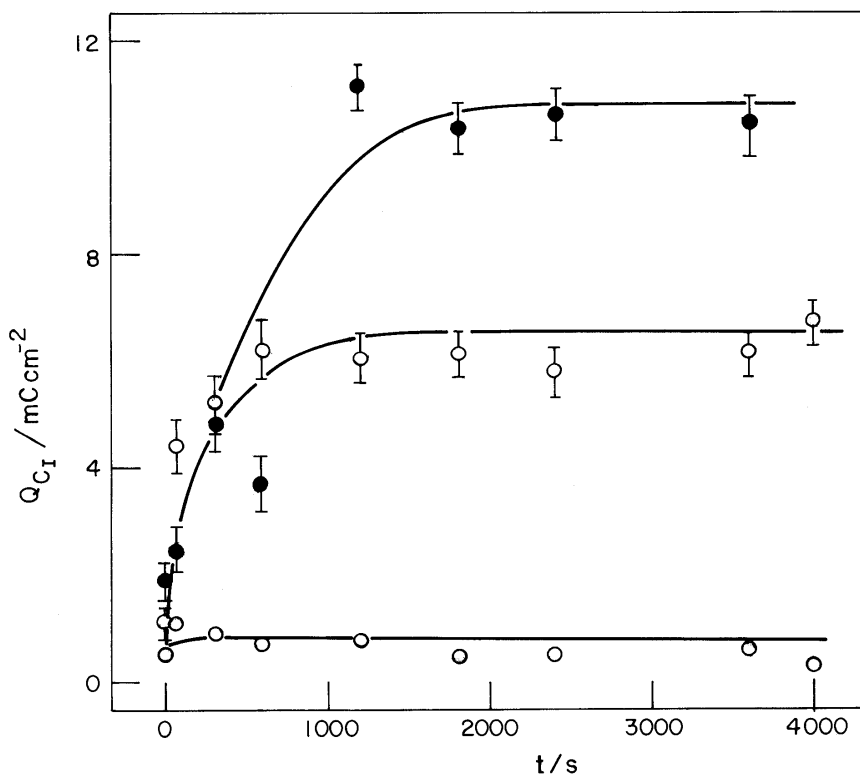


Fig. 5

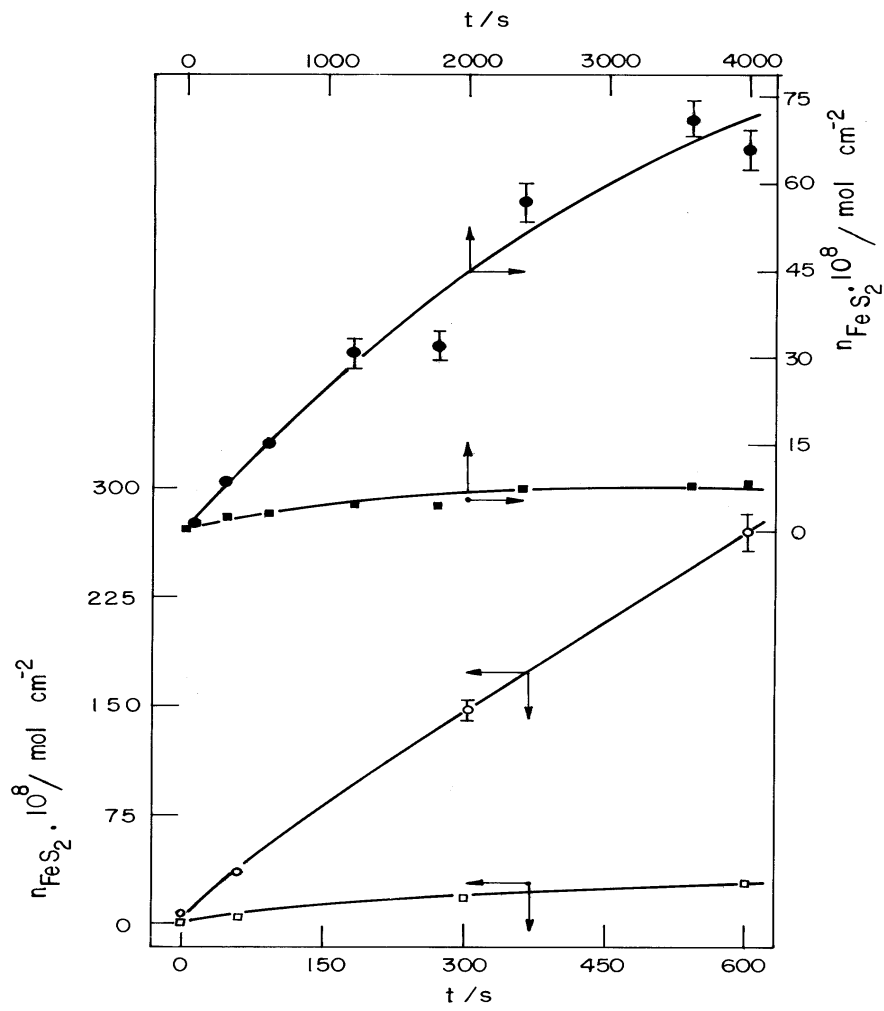


Fig. 6

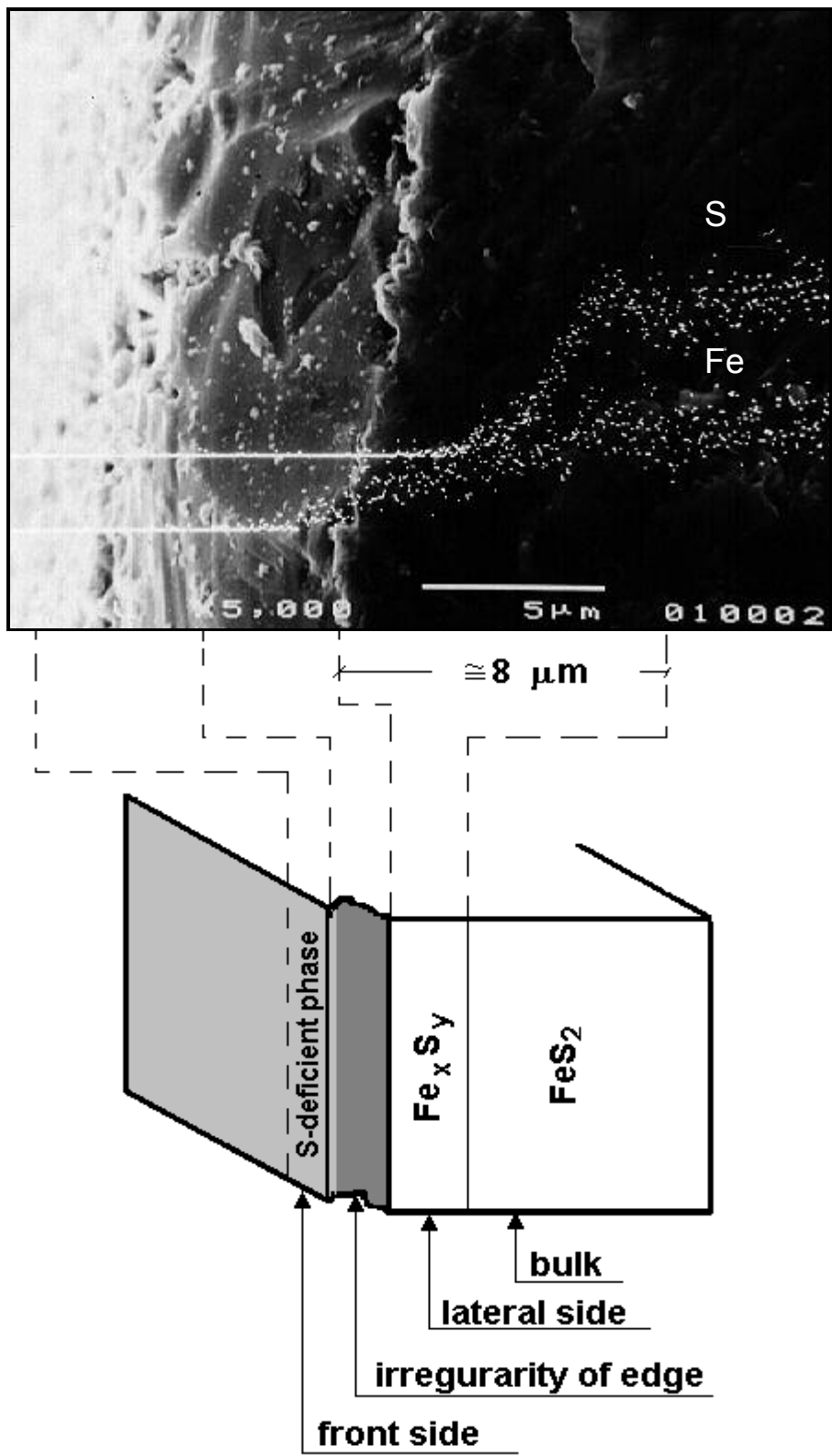


Fig. 7

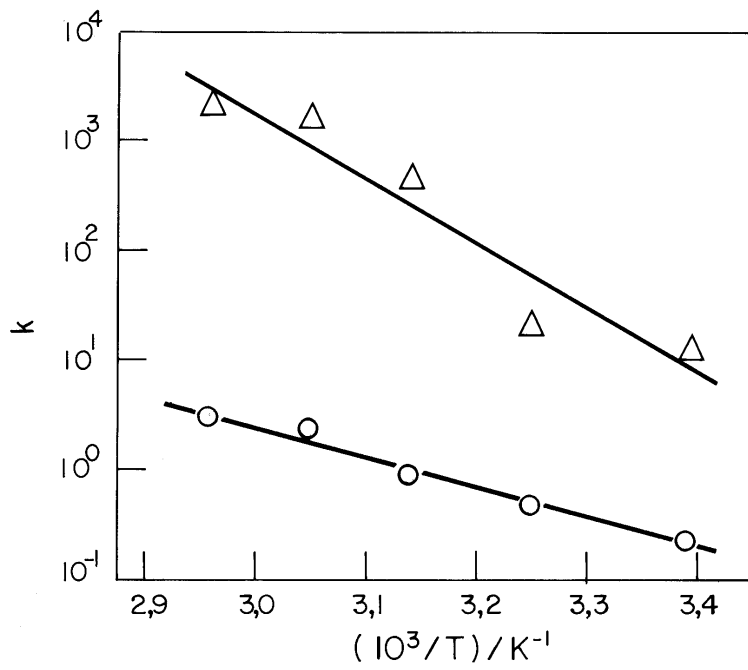


Fig. 8

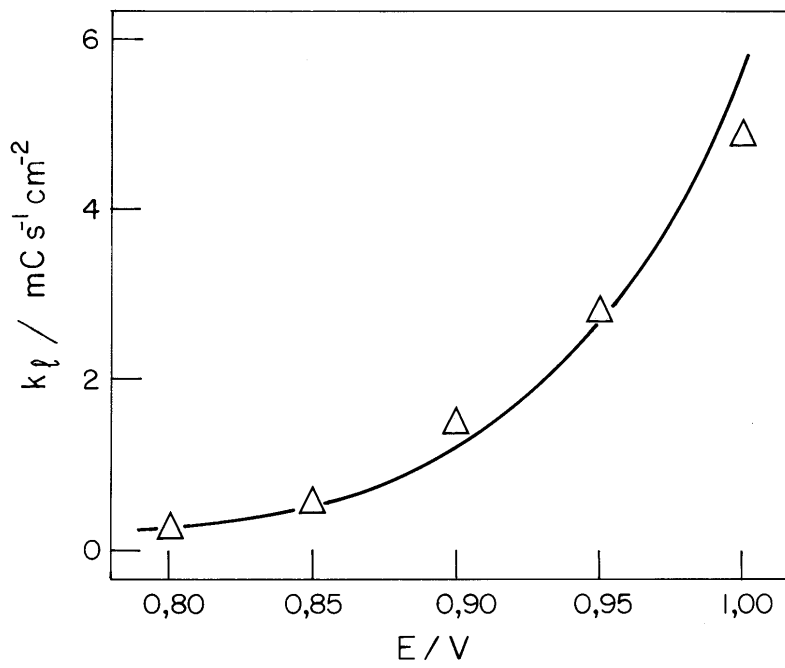


Fig. 9

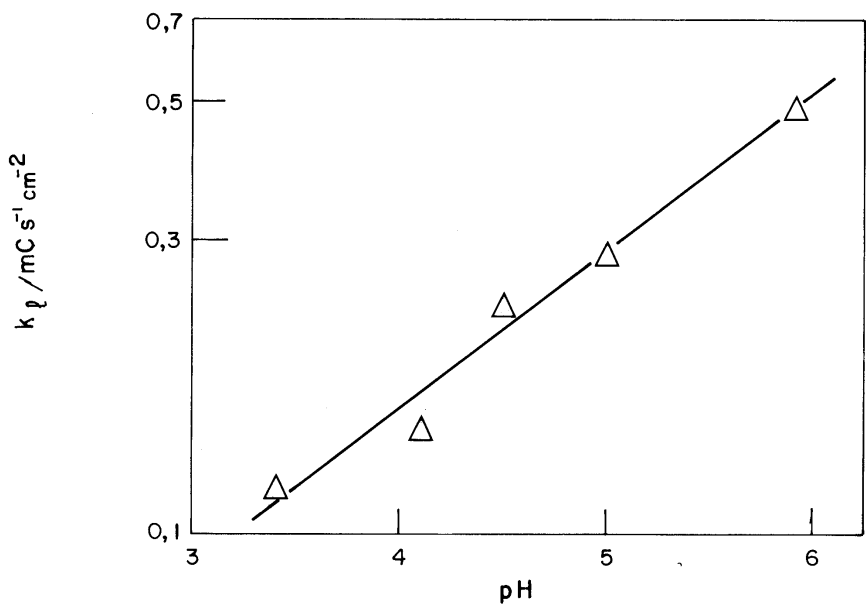


Fig. 10

Tables

Table 1. Main electrochemical reactions in the working potential range and their respective current notation.

		Cathodic current (*)	Anodic current (*)
$\text{Fe(OH)}_3 + 3 \text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}$	(1)	cl, cl'	al, all
$\text{FeS}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{FeS} + \text{H}_2\text{S}$	(2)	cII, cII'	
$\text{S} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}$	(3)	cII, cII'	all
$\text{Fe}^{3+} + 2 \text{S} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{FeS}_2$	(4)		al
$\text{Fe}^{3+} + 2 \text{SO}_4^{2-} + 16 \text{H}^+ + 15 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{FeS}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$	(5)		al

(*) Notation of the currents showed in figures 1 and 2.

Table 2. Comparison between transfer coefficient of to two phase mechanism, obtained with $dE/d\log j$ values found in literature and from the results of k_L .

$(dE/d\log j)/ \text{mV decade}^{-1}$	Ref.	α_1
80-110	[15]	0.74-0.54 (*)
90-105	[14]	0.66-0.56 (*)
~120	[35, 36]	~0.49 (*)
xxxxxx	this work	~0.5 (**)

(*) The value of α_1 was calculated using the equation $\alpha_1 = (2.3 R T) / \{(dE/d\log j) F\}$ [7].

(**) The value α_1 was obtained by comparing the Eq. (8) with the Eq. (18).

Figure captions

Fig. 1. (a) Electrode for electrochemical experiments with one face exposed and (b) electrode for combined electrochemical/microscopy experiments, with one face exposed and one face protected with surface finishing paint.

Fig. 2. Voltammogram of pyrite in acetate-acetic buffered solution (pH = 4.5) for quiescent (---) and stirred (—) solutions; the initial potential, E_i , coincides with the open circuit potential, E_{oc} ; negative limit potential, $E_{\lambda C} = -0.45$ V; final potential, $E_f \cong E_{I=0}$ (zero current potential); scan rate, $v = 20$ mV s⁻¹; geometric area, $A = 12.5$ mm².

Fig. 3. Voltammogram of pyrite for quiescent (---) and stirred (—) solutions; $E_i = E_{oc}$; $E_{\lambda C} = -0.45$ V; $E_f \cong E_{I=0}$; $v = 20$ mV s⁻¹; $A = 12.5$ mm², pH = 4.5.

Fig. 4. Dependence of the total anodic charge on the oxidation time t , for pyrite at different potentials, E : (○) 0.80 V; (□) 0.85 V; (●) 0.90 V; (●) 0.95 V and (●) 1.00 V.

Fig. 5. Plots of reduction charge of Fe(OH)₃ versus oxidation time, at different applied potentials: (○) 0.80 V; (○) 0.90 V and (●) 1.00 V

Fig. 6. Effect of the oxidation time on the number of moles of FeS₂, keeping potential constant, in the formation of: (■) S and (●) SO₄²⁻ at 0.8 V, and (□) S and (○) SO₄²⁻ at 1.0 V.

Fig. 7. Micrograph (SEM) of the side-view of pyrite electrode after electrochemical oxidation ($E = 0.90$ V and $t = 4000$ s) and line profile analyses (EDX) of S and Fe.

Fig. 8. Arrhenius plot of (Δ) parabolic (k_P/mC^2 cm⁻⁴ s⁻¹) and (○) linear (k_L/mC cm⁻² s⁻¹) rate constant against the reciprocal of temperature.

Fig. 9. Correlation of experimental results (k_L versus E) and curve obtained from empirical equation (equation 7 in the text).

Fig. 10. Comparison of experimental results (k_L versus pH) and empirical curve obtained from empirical equation (equation 8 in the text).

Review Copy

Trabalho Publicado em Revista de Circulação Internacional, com Arbitragem.

B. F. Giannetti, C. M. V. B. Almeida e S. H. Bonilla: "Electrochemical kinetic study of surface layer growth on natural pyrite in acid medium", J. Coll. Surf. Sci. (2005) in press, ISSN 0927-7765

Área: *Produção e Meio Ambiente*

Linha de Pesquisa: *Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial*