

UNIVERSIDADE PAULISTA

**FOTOGRAMETRIA MONOSCÓPICA PARA OBTER
MODELOS 3D POR UM DISPOSITIVO MÓVEL:
um método para fazer próteses faciais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

RODRIGO ERNESTO SALAZAR GAMARRA

SÃO PAULO

2016

UNIVERSIDADE PAULISTA

**FOTOGRAMETRIA MONOSCÓPICA PARA OBTER
MODELOS 3D POR UM DISPOSITIVO MÓVEL:
um método para fazer próteses faciais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Odontologia, sob orientação do Prof. Dr. Luciano Lauria Dib

RODRIGO ERNESTO SALAZAR GAMARRA

SÃO PAULO

2016

Salazar-Gamarra Rodrigo

Fotogrametria monoscópica para obter modelos 3D por um dispositivo móvel: um método para fazer próteses faciais/Salazar-Gamarra Rodrigo – 2016

15p. il. color.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Odontologia da Universidade Paulista, São Paulo, 2012.

Área de Concentração: Clínica Odontológica, sub área
Orientador: Dr. Luciano Lauria Dib.

1. 123D Catch. 2. 3D photography. 3. Maxillofacial rehabilitation. 4. Facial prosthetics. 5. Photogrammetry. 6. Oral rehabilitation. 7. Dib, Luciano Lauria (orientador)

RODRIGO ERNESTO SALAZAR GAMARRA

**FOTOGRAMETRIA MONOSCÓPICA PARA OBTER
MODELOS 3D POR UM DISPOSITIVO MÓVEL:
um método para fazer próteses faciais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Aprovado em

BANCA EXAMINADORA

_____ / /

**Prof. Dr. Jorge Vicente Lopes da Silva
Centro Tecnológico da Informação Renato Archer - CTI**

_____ / /

**Prof. Dra. Cintia Saraceni
Universidade Paulista - UNIP**

_____ / /

**Prof. Dr. Luciano Lauria DIB
Universidade Paulista - UNIP**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos profissionais ao redor do mundo que têm como prioridade devolver qualidade de vida aos seus pacientes.

Aos pacientes, que mesmo diante de circunstâncias que parecem impossíveis de resolver, encontram motivação e seguem em frente com a vida.

Às pessoas das Instituições e Hospitais que, mesmo na adversidade, conseguem solucionar os problemas e com isso são fonte de inspiração para todos nós.

As pessoas que entendem que *“a vida é muito curta para ser pequena”*

Benjamin Disraeli

AGRADECIMENTOS

En primer lugar a Dios y a mi familia, por ofrecerme la bendición de la vida, aprender de su ejemplo, de su amor, tenerlos incondicionalmente a mi lado y permitirme aprovechar las oportunidades que vienen haciendo realidad mis sueños.

Al profesor Luciano Dib por apostar por mí y convertirme en uno de sus proyectos, permitirme seguir creciendo no sólo como profesional sino como persona, representar esa fuente de inspiración constante, permitirme ser parte de su día a día y por mostrarme que no hay mejor proyecto de vida que ayudar a mejorar la calidad de vida de quien lo necesita.

To Rosie Seelaus because of her trust in our wishes and ideals.

A equipe da Divisão de Tecnologias Tridimensionais do Centro Tecnológico da Informação Renato Archer, liderada pelo Dr. Jorge Da Silva, pela sua amizade, por confiar em nossos ideais e oferecer uma permanente e muito importante ajuda no desenvolvimento do presente trabalho e dos muitos outros a caminho. Agradecimento especial aos queridos Airton, Amanda, Paulo, Marcelo, Pedro.

A equipe de Cirurgia e Reabilitação Bucomaxilofacial da UNIFESP com menção especial dos Dres. Joaquim Piras, Crystianne Signiemartin por nos guiar com a sua sabedoria e nos ensinar desinteressadamente e aos amigos e colegas Sergio Migliorini, Ricardo Jahn, Luiz Fernando Duarte, Daniella Lattuf, Fernando Moreno, Gustavo Tramontin, Rodrigo Bennetti, Edu Kalil, pela sua amizade e por me mostrar como uma equipe funciona.

A equipe da Cabeça e Pescoço da UNIFESP por valorar nosso trabalho multidisciplinar e nos permitir trabalhar juntos pela qualidade de vida dos nossos pacientes.

Aos doutores e amigos Paula Demétrio, Julianno Molina (C. Cabeça e Pescoço) e Rodrigo Dornelles (C. Plástica e C. Microvascular), pelo maravilhoso e admirável trabalho que fazem com os seus pacientes e porque me permitem aprender dessas experiências. Muito obrigado por confiar em mim!

A Mais Identidade por que vamos fazer coisas grandes.

A Luiz Fernando Duarte pela sua irmandade incondicional.

Às famílias Scalli, Duarte e Dib por me fazer sentir parte especial delas.

A los Doctores Gilberto Henostroza e Isabel Jankielewicz, porque los tengo siempre presentes en cada paso que camino.

A Claudio Brenner por inspirarme que hasta en la adversidad y aunque nos digan lo contrario, los sueños son alcanzables. A Javier de Lima por su alegría y ejemplo para encontrar soluciones a los problemas. A ambos por permitirme aprender tanto de ustedes en el día a día.

A José Ñaupari y Manuel Arrascue por ayudarme a consolidar el deseo por ayudar al prójimo.

A todos los Amigos de la Sociedad Latinoamericana de Rehabilitación Bucomaxilofacial por permitirme aprender de ustedes y por confiar en mí.

Aos meus queridos amigos do mestrado UNIP com quem disfrutamos aprendendo nesta etapa.

A Universidade Paulista por facilitar a estrutura para o desenvolvimento do presente trabalho. A pós-graduação da UNIP coordenada pela Prof. Dra. Cintia Saraceni e todos os docentes por confiar nos nossos ideais e contribuir com eles com o seu conhecimento e conselho. À CAPES/PROSUP pela oportunidade.

RESUMO

Introdução: O propósito do presente trabalho foi desenvolver uma nova técnica para obter modelos 3D baseada na fotogrametria monoscópica com o uso de um telefone celular e software gratuito, como método para realizar moldagens digitais em pacientes com defeitos bucomaxilofaciais e imprimir protótipos que facilitem a confecção de próteses faciais.

Material e métodos: Utilizando um telefone celular do tipo *smartphone* Samsung Galaxy Note 4 e seguindo um protocolo de captura de fotos, foi registrada a anatomia de um paciente voluntário e pelo uso do *software 123D catch*, as fotos em duas dimensões foram transformadas num modelo digital tridimensional, que foi analisado visualmente quanto a sua possibilidade de prototipagem.

Resultados: A técnica empregada de fotogrametria monoscópica gerou um modelo 3D cuja análise anatômica revelou similaridade com o rosto do paciente.

Conclusões: O método proposto demonstrou ser uma técnica alternativa da digitalização da anatomia facial com ótimo resultado para o desenho digital de um protótipo de próteses facial que pode ser imprimível e facilitar os processos de confecção de prótese. Mais estudos são precisos para avaliar custos, acurácia, comparações com diferentes técnicas e sistemas, aplicabilidade e outros.

Implicância clínica: O uso do software livre e equipamento de baixo custo oferecem uma alternativa viável para obter modelos 3D para fazer moldagens faciais digitais, imprimir protótipos de próteses faciais e facilitar os processos de confecção das reabilitações faciais, promovendo o acesso a um método de baixo custo utilizável ao redor do mundo.

Palavras chave: 123D Catch, Fotografia 3D, reabilitação maxilofacial, Próteses faciais, Fotogrametria

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 PROPOSTA.....	10
3 CONCLUSÕES.....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12

1 INTRODUÇÃO

Mutilações faciais podem acontecer devido ao tratamento do câncer e tumores benignos, trauma, infecções, ou deformidades congênitas ou adquiridas que afetam a qualidade de vida dos pacientes devido ao impacto que causa nas funções essenciais, tais como a comunicação, a respiração, alimentação e estética [1-5]. A reabilitação destes pacientes é possível utilizando próteses faciais adesivas, com implantes osseointegrados ou com cirurgia plástica-reconstrutiva. [2, 6-12]. Embora alguns resultados estéticos possam ser alcançados por meio de cirurgia plástica [13, 14], isto requer, muitas vezes, várias tentativas cirúrgicas e altos custos [15]. Na maioria dos casos no mundo todo, os defeitos da anatomia facial externa são tratados principalmente por próteses [16, 17]. Ainda assim, para a realização de uma prótese, é necessário um especialista treinado e altamente qualificado para esculpir uma forma que imita a anatomia perdida e lidar com as demoradas técnicas dos processos de fabricação.

Dentro dos processos convencionais, para fazer uma prótese facial é preciso realizar uma moldagem do defeito e uma escultura sobre ele. Com relação às moldagens, os materiais têm demonstrado alta precisão no registro detalhes de defeitos e a anatomia circundante [18-21], mas apresentam outras dificuldades e limitações [22, 23]. Alguns dos desafios estão relacionados à sensibilidade técnica do material, ao tempo de trabalho e tempo de presa, à formação e experiência para lidar com a via aérea, à ajuda de um segundo profissional para facilitar manipulações, deformação dos tecidos moles da face pelo peso dos materiais, custo de grandes quantidades de materiais, claustrofobia, entre outros [22]. Sobre as esculturas, é preciso imitar a naturalidade das estruturas anatômicas perdidas com harmonia ou simetria, porém a curva de aprendizagem para obter resultados aceitáveis é maior.

Para encarar essas dificuldades, alguns autores relataram [24, 25] casos clínicos utilizando a tomografia computadorizada (CT-Scan) [26, 27], ressonância magnética (MRI) [27, 28], impressões a laser [27, 29-32] e fotografia 3D. Essas aquisições de imagens superficiais 3D do paciente são utilizadas para imprimir modelos 3D dos defeitos [33, 35], protótipos da prótese desenhada pelo espelhamento de um lado saudável do rosto [36], protótipos de pacientes doadores saudáveis [37], ou para projetar um modelo protótipo da mufla, onde o silicone é

diretamente empacado [31, 38]. Esses relatórios representam um caminho viável para reabilitar pacientes em menos tempo, com mais eficácia, maior acurácia e menos esforço por parte do paciente e do profissional. No entanto, o uso destas tecnologias pode produzir custos ainda mais elevados em software, hardware ou outros equipamentos. Diferentes autores têm buscado alternativas para transformar soluções de baixo custo [38], mas ainda não há consenso nem conceito amplamente aceito.

Entre todos os métodos possíveis para a aquisição de imagem superficial, a fotogrametria 3D é a mais atraente, pela sua capacidade de obtenção de modelos 3D a partir de imagens 2D, pela velocidade do processo de captura, pela ausência de radiação para o paciente, pelos bons resultados e pela curta curva de aprendizagem [39- 41]. A fotografia 3D é realizada por um método chamado fotogrametria, que surgiu no século 19 em indústrias do espaço, aeronáutica, geologia, meteorologia, geografia, turismo e entretenimento. Mais recentemente, as aplicações em medicina geral têm sido relatadas. A fotogrametria permite analisar características comuns em cada imagem e é capaz de construir uma forma 3D a partir de recursos que se sobrepõem. Um algoritmo complexo, geralmente o Levenberg-Marquardt, realiza este procedimento e minimiza a soma de erros ao longo das coordenadas e deslocamentos relativos aos pontos de referência. Existem dois tipos de fotogrametria: estereofotogrametria e fotogrametria monoscópica. Na estereofotogrametria, todas as capturas 2D são feitas em simultâneo com diferentes câmeras, em diferentes alturas e ângulos relativos ao objeto/sujeito. Na técnica fotogrametria monoscópica apenas uma câmera é usada para fazer múltiplas capturas 2D sequenciais em diferentes alturas e ângulos a partir do objeto/sujeito [39-41]. A indústria tem aproveitado essa necessidade do uso da fotografia 3D para simplificar os processos convencionais na área médica, desenvolvendo produtos e sistemas de estereofotogrametria com resultados muito interessantes. Mas ao mesmo tempo estes exigem elevados custos em hardware, software e infraestrutura que, somando todas as variáveis envolvidas, poderiam custar centos de milhes de dólares, podendo não ser viáveis para muitos hospitais ou centros ao redor do mundo.

Por outro lado, para a fotogrametria monoscópica existe oferta de software gratuito com o mesmo fim (123D Catch®, Remake®, Recap360® - Autodesk Califórnia, EUA), entre vários outros. Em comparação com a estereofotogrametria, a

fotogrametria monoscópica tem sido muito pouco explorada na área médica. O alvo desses aplicativos ou softwares é genérico, com tendência à indústria do entretenimento. Recentemente 123D Catch® foi utilizado por Mahmoud (2015), por razões médicas de ensino [42], e Koban (2014), para fazer uma avaliação e análise para o planejamento de cirurgia plástica nos manequins de plástico [43]. Atualmente não existem mais referências científicas que explorem o uso da combinação de fotogrametria monoscópica e software gratuito com o alvo de facilitar o processo de fabricação de próteses faciais em seres humanos.

Em suas diversas formas, a incorporação da tecnologia 3D para facilitar o processo de confecção de próteses faciais e encarar as dificuldades atuais dos métodos convencionais tem o potencial para transformar a reabilitação, a partir de um demorado processo conduzido artisticamente para um procedimento de biotecnologia reconstrutiva [24, 44-46]. Pelo fato de que estas tecnologias 3D também oferecem a possibilidade de diminuir os custos e recursos de fabricação de próteses faciais com o uso de dispositivos móveis e software livre, justificam-se pesquisas com um alto impacto em benefício de muitos centros ao redor do mundo.

2 PROPOSTA

O objetivo deste estudo foi desenvolver uma inovadora metodologia alternativa para obter modelos 3D usando fotogrametria monoscópica por meio de um dispositivo móvel e software gratuito, como técnica para fazer moldagens faciais digitais de pacientes com defeitos bucomaxilofaciais, com o propósito final da impressão 3D de protótipos que facilitariam a confecção de próteses facial próteses.

3 CONCLUSÕES

O uso do software gratuito (123D Catch, Meshmixer) e equipamento de baixo custo (Smartphone) permitiu a geração de modelos 3D da superfície facial do paciente com qualidade satisfatória e viáveis para uma prototipagem 3D.

Os resultados obtidos no estudo demonstraram que a técnica pode ser uma alternativa concreta e um método acessível para fazer uso da tecnologia 3D na simplificação dos processos de confecção de próteses bucomaxilofacial.

A possibilidade de utilizar um *smartphone* no processo de fabricação de próteses faciais oferece uma perspectiva de alto impacto para a comunidade científica relacionada à reabilitação bucomaxilofacial.

Mais estudos são precisos para realizar comparações clínicas entre métodos, acurácia, custos, tempos, entre outros que resultem na validação do presente método.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jankielewicz I., et al. Prótesis Buco-maxilo-facial. Barcelona: Quintessence; 2003.
2. Álvarez A, et al. Procederes básicos de laboratorio en prótesis bucomaxilofacial 2da ed. La Habana; Editorial CIMEQ; 2008.
3. Mello M, Piras J, Takimoto R, Cervantes O, Abraão M, Dib LI. Facial reconstruction with a bone-anchored prosthesis following destructive cancer surgery. *Oncology Letters* 2012 (4): 682-684.
4. Karakoca S, et al. Quality of life of patients with implantretained maxillofacial prostheses: A prospective and
5. Pekkan G, Tuna SH, Oghan F. Extraoral prostheses using extraoral implants. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40:378–383.
6. Machado L, et al. Intra and Extraoral Prostheses Retained by Zygoma Implants Following Resection of the Upper Lip and Nose. *Journal of Prosthodontics*. 2015;24: 172–177.
7. Ashab Yamin MR, Mozafari N, Mozafari M, Razi Z. Reconstructive Surgery of Extensive Face and Neck Burn Scars Using Tissue Expanders. *World J Plast Surg* 2015;4(1):40-49.
8. Zhang R. Ear reconstruction: from reconstructive to cosmetic. *Zhonghua Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*. 2015 Mar;50(3):187-191.
9. Kang SS, et al. Rib Cartilage Assessment Relative to the Healthy Ear in Young Children with Microtia Guiding Operative Timing. *Chinese Medical Journal*. 2015;128(16):2209-2214.
10. Liu T, Hu J, Zhou X, Zhang Q. Expansion method in secondary total ear reconstruction for undesirable reconstructed ear. *Ann Plast Surg*. 2014;73(S1):S49-52.
11. Thiele OC, et al. The current state of facial prosthetics - A multicenter analysis. *J Craniomaxillofac Surg*. 2015;(15):130-4.
12. Ariani N, et al. Current state of craniofacial prosthetic rehabilitation. *Int J Prosthodont*. 2013;26(1):57- retrospective study. *J Prosthet Dent*. 2013;109:44-52.
13. Hickey A, Salter M. Prosthodontic and psychological factors in treating patients with congenital and craniofacial defects. *J Prosthet Dent* 2006;95:392-6.

14. Vidyasankari N, Dinesh R, Sharma N, Yogesh S. Rehabilitation of a Total Maxillectomy Patient by Three Different Methods. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2014;8(10):12-14.
15. Negahdari R, et al. Rehabilitation of a Partial Nasal Defect with Facial Prosthesis: A Case Report. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2014; 8(4): 256-259.
16. Granström G. Craniofacial osseointegration. *Oral Diseases*. 2007;13:261–269.
17. Martins M, et al. Extraoral Implants in the Rehabilitation of Craniofacial Defects: Implant and Prosthesis Survival Rates and Peri-Implant Soft Tissue Evaluation. *J Oral Maxillofac Surg* 2012; 70:1551-1557.
18. Kusum CK, et al. A Simple Technique to Fabricate a Facial Moulage with a Prefabricated Acrylic Stock Tray: A Clinical Innovation. *J Indian Prosthodont Soc*. 2014;14(S1):341-4.
19. Alsiyabi AS, Minsley GE. Facial moulage fabrication using a two-stage poly (vinyl siloxane) impression. *Prosthodont*. 2006;15(3):195-7.
20. Moergeli JR Jr. A technique for making a facial moulage. *J Prosthet Dent*. 1987 Feb;57(2):253.
21. Taicher S, Sela M, Tubiana I, Peled I. A technique for making a facial moulage under general anesthesia. *J Prosthet Dent*. 1983 Nov;50(5):677-80.
22. Lemon JC, Okay DJ, Powers JM, Martin JW, Chambers MS. Facial moulage: the effect of a retarder on compressive strength and working and setting times of irreversible hydrocolloid impression material. *J Prosthet Dent*. 2003 Sep;90(3):276-81.
23. Pattanaik S, Wadkar A. Rehabilitation of a Patient with an Intra Oral Prosthesis and an Extra Oral Orbital Prosthesis Retained with Magnets. *J Indian Prosthodont Soc*. 2012;12(1):45–50.
24. Davis BK. The role of technology in facial prosthetics. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010;18(4):332-40.
25. Grant GT. Digital capture, design, and manufacturing of a facial prosthesis: Clinical report on a pediatric patient. *J Prosthet Dent*. 2015;114(1):138-41.
26. Ting Jiao T, et al. Design and Fabrication of Auricular Prostheses by CAD/CAM System. *Int J Prosthodont* 2004;17:460–463.

27. Coward T, et al. A Comparison of Prosthetic Ear Models Created from Data Captured by Computerized Tomography, Magnetic Resonance Imaging, and Laser Scanning. *Int J Prosthodont* 2007;20:275–285.
28. Coward T, et al. Fabrication of a Wax Ear by Rapid-Process Modeling Using Stereolithography. *Int J Prosthodont* 1999;12:20-27.
29. Yoshiok F, et al. Fabrication of an Orbital Prosthesis Using a Non-contact Three-Dimensional Digitizer and Rapid-Prototyping System. *Journal of Prosthodontics* 19 (2010) 598–600.
30. Cheah CM, et al. Integration of Laser Surface Digitizing with CAD/CAM Techniques for Developing Facial Prostheses. Part 1: Design and Fabrication of Prosthesis Replicas. *Int J Prosthodont* 2003;16:435–441.
31. Cheah CM, et al. Integration of Laser Surface Digitizing with CAD/CAM Techniques for Developing Facial Prostheses. Part 2: Development of Molding Techniques for Casting Prosthetic Parts. *Int J Prosthodont* 2003;16:543–548.
32. Tsuji M, et al. Fabrication of a Maxillofacial Prosthesis Using a Computer-Aided Design and Manufacturing System. *J Prosthodont*. 2004;13:179-183.
33. Sabol J, et al. Digital Image Capture and Rapid Prototyping. *Journal of Prosthodontics* 20 (2011) 310–314.}
34. Kimoto K, Garrett NR. Evaluation of a 3D digital photographic imaging system of the human face. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2007;(34): 201–205.
35. Chen LH, et al. A CAD/CAM Technique for Fabricating Facial Prostheses: A Preliminary Report. *IntJ Prosthodont*. 1997; 10:467-472.
36. Feng Z, et al. Computer-assisted technique for the design and manufacture of realistic facial prostheses. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 48 (2010) 105–109.
37. Ciocca L, et al. Rehabilitation of the Nose Using CAD/CAM and Rapid Prototyping Technology After Ablative Surgery of Squamous Cell Carcinoma: A Pilot Clinical Report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010;25:808–812.
38. He Y, Xue GH, Fu JZ. Fabrication of low cost soft tissue prostheses with the desktop 3D printer. *Sci Rep*. 2014; 27:1-4

39. Feng ZH, et al. Virtual Transplantation in Designing a Facial Prosthesis for Extensive Maxillofacial Defects that Cross the Facial Midline Using Computer-Assisted Technology. *Int J Prosthodont* 2010;23:513–520.
40. Heike et al. 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head & Face Medicine*. 2010; 6:18.
41. Runte C, et al. Optical Data Acquisition for Computer-Assisted Design of Facial Prostheses. *Int J Prosthodont* 2002;15:129–132.
42. Mahmoud A, Bennett M. Introducing 3-Dimensional Printing of a Human Anatomic Pathology Specimen: Potential Benefits for Undergraduate and Postgraduate Education and Anatomic Pathology Practice. *Arch Pathol Lab Med*.2015 Aug;139(8):1048-51.
43. Koban KC, et al. 3D-imaging and analysis for plastic surgery by smartphone and tablet: an alternative to professional systems?. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2014;46(2):97-104.
44. Nyquist V, Tham P. Method of measuring volume movements of impressions, model and prosthetic base materials in a photogrammetric way. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1951; 9: 111
45. Savora, B.S. Application of photogrammetry for quantitative study of tooth and face morphology. *American Journal of Physical Anthropology*. 1965;23: 427
46. Adams LP, Wilding JC. A photogrammetric method for monitoring changes in the residual alveolar ridge form. *Journal of Oral Rehabilitation*.1985;12:443-450