

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

PAOLLA CAMACHO VALLIM

**ANÁLISE DA ACURÁCIA VOLUMÉTRICA ENTRE DOIS TIPOS
DE ESCANEAMENTO FACIAL 3D PARA CONFECÇÃO DE
PRÓTESES MAXILOFACIAIS**

SÃO PAULO

2023

PAOLLA CAMACHO VALLIM

**ANÁLISE DA ACURÁCIA VOLUMÉTRICA ENTRE DOIS TIPOS
DE ESCANEAMENTO FACIAL 3D PARA CONFEÇÃO DE
PRÓTESES MAXILOFACIAIS**

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.

SÃO PAULO

2023

Vallim, Paolla Camacho.

Análise da acurácia volumétrica entre dois tipos de escaneamentos faciais 3D para confecção de próteses maxilofaciais / Paolla Camacho Vallim. - 2023.

13 f. : il. color. + CD-ROM.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, São Paulo, 2023.

Área de concentração: Cirurgia bucomaxilofacial.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Lauria Dib.

1. Reconstrução 3D. 2. Fotogrametria. 3. Escaneamento.
I. Dib, Luciano Lauria (orientador). II. Título.

PAOLLA CAMACHO VALLIM

**ANÁLISE DA ACURÁCIA VOLUMÉTRICA ENTRE DOIS TIPOS
DE ESCANEAMENTO FACIAL 3D PARA CONFECCÃO DE
PRÓTESES MAXILOFACIAIS**

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. Luciano Lauria Dib
Universidade Paulista – UNIP

_____/____/_____
Prof. Ricardo Salgado de Souza
Universidade Paulista – UNIP

_____/____/_____
Prof. Dr. Rodrigo de Faria Valle Dornelles
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter permitido que eu chegasse até aqui, com saúde e sabedoria. Deus sempre se mostrou presente em minha vida nos momentos mais difíceis, e durante esta trajetória não foi diferente. Toda honra e glória a ele.

Agradeço a minha família (Tarcísio, Guilherme, Priscilla e Fernando) por todo o apoio e o incentivo, por todos os momentos de amparo, lágrimas e força. Essa conquista é por vocês. Agradeço ao meu marido, Tarcísio, por todas as palavras de incentivo, aconchego e amor. Sem sua ajuda, não seria possível ter chegado até aqui. Amo você.

Aos meus filhos, Guilherme e Fernando, por toda a alegria e o orgulho que me proporcionam diariamente. Por me motivarem sempre a ser uma pessoa melhor a cada dia, mesmo estando ausente devido ao trabalho em grandes e importantes etapas da vida de vocês. Amo vocês.

A minha irmã, Priscilla, que sempre esteve presente em todas as etapas da minha vida, principalmente nas acadêmicas, graças ao seu apoio tudo sempre se torna mais leve. Amo você incondicionalmente.

À Universidade Paulista – UNIP, seu corpo docente e todos os seus funcionários, que executam seu trabalho de maneira tão graciosa, com tanta paciência, entregando a nós, alunos, excelência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes), pela bolsa concedida.

Aos meus amigos de mestrado que estiveram comigo nessa caminhada tão desafiadora.

Faço um agradecimento especial aos meus colegas Guilherme Abicair e Salvatore Binasco, companheiros nessa jornada, que se mostraram sempre positivos e disponíveis em várias passagens durante este mestrado. Agradeço a paciência e o carinho de vocês e tenho plena certeza de que não teríamos alcançado resultados tão brilhantes sem essa relação de amizade que construímos.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor Luciano Lauria Dib e Doutor Rodrigo Ernesto Salazar Gamarra, por dividirem sua bagagem clínica e científica de maneira humilde e sempre incentivadora.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar análises volumétricas por meio da comparação entre dois sistemas de escaneamento facial 3D, utilizando os métodos de fotogrametria monoscópica- método Mais Identidade® (Instituto Mais Identidade, São Paulo – Brasil) e estereofotogrametria por meio da cabine Cloner® (dOne 3D, São Paulo – Brasil). Os sistemas de digitalização facial foram concebidos como instrumentos auxiliares para diagnóstico e planejamento em cirurgias maxilofaciais; contudo, há escassa compreensão sobre as conclusões e confiabilidade desses métodos, programas de software e aplicativos para digitalização facial.

Material e métodos: A face de uma voluntária foi utilizada como modelo principais da estereofotogrametria, fotogrametrias e tomada tomográfica, sendo obtida por meio de três diferentes métodos de digitalização facial para formação dos grupos experimentais: tomografia volumétrica 3D (Veraview X800® – J. Morita corporation – Japão), Fotogrametria monocópica- método Mais Identidade® (Instituto Mais Identidade, São Paulo – Brasil) e estereofotogrametria Cloner® (dOne 3D, São Paulo – Brasil). Em ambos os métodos, a captura de imagem ocorreu em condições idênticas de temperatura e iluminação artificial previamente calibrada pelo aplicativo Light Meter LM-3000® (Lightray Innovation GmbH – Alemanha). Para a realização da fotogrametria foi utilizado: um smartphone iPhone 11 Pro® (Apple Inc.); para o escaneamento facial foi utilizada a cabine Cloner® (dOne 3D, São Paulo – Brasil). Os pontos faciais foram selecionados de acordo com a literatura científica disponível em relação à face voluntária e sobrepostos por meio do OrtogOnblender® (Cicero Morais, Rodrigo Dornelles, Everton da Rosa – Brasil – 2021) um *Add on* do software Blender® (General Public License – GPL). Foi possível comparar a volumetria desses dois tipos de escaneamento facial em relação à volumetria obtida por meio do exame tomográfico realizado. Foram realizadas sobreposições das malhas geradas em seus respectivos grupos experimentais, e as medidas foram exportadas para o software Cloud X®. Os resultados da análise volumétrica demonstraram diferença significativa entre os grupos ($p < 0,0001$), após comparação das malhas 3D adquiridas através da Fotogrametria Mais Identidade® (Instituto Mais Identidade, São Paulo – Brasil) com as malhas 3D adquiridas através da cabine de escaneamento Cloner® (dOne 3D, São Paulo – Brasil). Concluiu-se que a fotogrametria monoscópica possui a característica de ser uma técnica portátil, que quando dominada oferece valores com tendência maior a zero, indicando mais veracidade nos dados que a estereofotogrametria pela Cloner. Ao mesmo tempo,

a Estereofotogrametria da Cloner possui valores médios que tendem a variar em uma faixa mais estreita, indicando mais precisão nos dados, que a fotogrametria monoscópica.

Palavras-chave: Escaneamento facial. Reabilitação. Digitalização facial. Planejamento 3D.

ABSTRACT

The objective of this study was to perform volumetric analyzes by comparing two 3D facial scanning systems, using the methods of Photogrammetry mais Identidade® (Instituto Mais identidade, São Paulo – Brazil) and scanning using the Cloner® cabin (dOne 3D, São Paulo Brazil). Facial scanning systems were designed as auxiliary instruments for diagnosis and planning in maxillofacial surgeries, however, there is little understanding of the conclusions and reliability of these methods, software programs and applications for facial scanning. Material and methods: The face of a volunteer was used as the main model for the scans, photogrammetry and tomography, being obtained through three different facial scanning methods to form the experimental groups: 3D volumetric tomography (Veraview X800® – J. Morita corporation – Japan), Photogrammetry mais Identidade® (Instituto Mais identidade, São Paulo – Brazil) and Cloner® (dOne 3D, São Paulo – Brazil). In both methods, image capture took place under identical temperature and artificial lighting conditions previously calibrated using the Light Meter LM-3000® application (Lightray Innovation GmbH – Germany). To carry out photogrammetry, the following was used: an iPhone 11 Pro® smartphone (Apple Inc), for facial scanning the Cloner® cabin was used (dOne 3D, São Paulo – Brazil). The facial points were selected according to the scientific literature available in relation to the voluntary face and superimposed using OrtogOnblender® (Cicero Morais, Rodrigo Dornelles, Everton da Rosa – Brasil – 2021) an Add-on of the Blender® software (General Public License – GPL). It was possible to compare the volumetry of these two types of facial scanning in relation to the volumetry obtained through the tomographic examination performed. The generated meshes were overlaid in their respective experimental groups and the measurements were exported to the Cloud X® software. The results of the volumetric analysis demonstrated a significant difference between the groups ($p < 0.0001$), after comparing the 3D meshes acquired through Photogrammetry Mais Identidade® (Instituto Mais Identidade, São Paulo – Brazil) compared to the 3D meshes acquired through the cabin Cloner® scanning system (dOne 3D, São Paulo – Brazil) It was concluded that monoscopic photogrammetry has the characteristic of being a portable technique which, when mastered, offers values that tend to be greater than zero, indicating that the data is more accurate than Cloner stereophotogrammetry. At the same time, Cloner stereophotogrammetry has average values that tend to vary in a narrower range, indicating more precision in the data than monoscopic photogrammetry.

Key-words: Facial scanning. Rehabilitation. Facial scanning. 3D planning.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 CONCLUSÃO GERAL.....	11
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO	12

1 INTRODUÇÃO

O escaneamento digital facial 3D é uma tecnologia em rápida evolução com uma ampla gama de aplicações nos campos de engenharia médica, industrial e animação 3D.^{1,2} Métodos convencionais para avaliação e planejamento de tratamentos maxilofaciais baseiam-se em exames radiográficos e fotografias bidimensionais (2D), que limitam a capacidade de avaliar e reconstruir o crânio e a face do paciente. O registro fotográfico tem sido importante para diversas especialidades médicas, como cirurgia plástica, dermatologia e cirurgia de cabeça e pescoço, para citar algumas. Usa-se a fotografia para o registro de antes e depois de uma intervenção cirúrgica e também para o planejamento operatório, por meio de medidas de distâncias e ângulos.³

A fotografia em duas dimensões apresenta limitações para capturar profundidade e volume de estruturas em três dimensões. Assim, procedimentos que envolvam alteração de volume após intervenção cirúrgica necessitam de outros instrumentos para avaliar essa alteração por meio da comparação de fotografias.

Diversas tecnologias foram desenvolvidas para analisar objeto em três dimensões, podendo ser divididas entre as que emitem radiação, como a tomografia computadorizada, e as que não emitem radiação, como a cefalometria 3D, topografia de Moiré, escaneamento a laser 3D e estereofotogrametria.

As tecnologias que não emitem radiação, em particular laser 3D e estereofotogrametria, têm sido cada vez mais utilizadas para obter imagens em três dimensões devido a vantagens como menor custo, portabilidade, inocuidade e rapidez da captura, armazenamento e processamento das imagens com softwares.^{4,5}

A estereofotogrametria possui vantagens em relação ao laser 3D, como a possibilidade de ser portátil, não ser necessário proteger os olhos do paciente e a capacidade de obter cor e textura do objeto.⁶ Foi descrita por Thalmann em 1944 ao tentar captar a imagem em 3D de uma face. Em 1967, essa técnica foi aprimorada e simplificada por Burke e Beard. Em 1995, Ras e colaboradores concluíram que essa técnica era adequada para registrar em três dimensões as alterações da morfologia da face. Deacon e colegas em 1999 melhoraram a técnica da estereofotogrametria ao utilizar imagens digitalizadas e programas de computador para análise.⁷

A integração de diferentes tecnologias digitais para a captura de imagens tridimensionais, como scanners extraorais e protocolos fotográficos, é imprescindível ao desenvolvimento do conceito de um paciente virtual, o qual é a síntese da geração de malha 3D personalizada. Tal conceito presta total suporte à criação de modelos de prótese fidedignos para

reabilitações faciais e reconstruções de cabeça e pescoço ocasionadas por deficiências anatômicas provenientes de processos patológicos ou traumáticos, entregando de volta ao paciente lesionado autoconfiança para o convívio social e para a realização das tarefas diárias.^{3,7}

Os sistemas de escaneamento facial relatados na literatura científica podem ser definidos de acordo com a tecnologia de escaneamento utilizada para criar um modelo tridimensional. Eles podem ser divididos em dois tipos: varredura de superfície a laser e varredura de diodo emissor de luz (LED). Além disso, com base no método de captura de dados, existem dois tipos de dispositivo que usam luz LED branca: a estereofotogrametria e os sistemas estruturados de luz.⁸

Diversas técnicas de digitalização 3D podem ser utilizadas, incluindo a fotogrametria 3D (Figura 1). A técnica da fotogrametria é o método de retirada métrica de uma fotografia, que cria um modelo 3D a partir de fotografias 2D. Esta metodologia pode ser dividida em: estereofotogrametria e fotogrametria monoscópica.

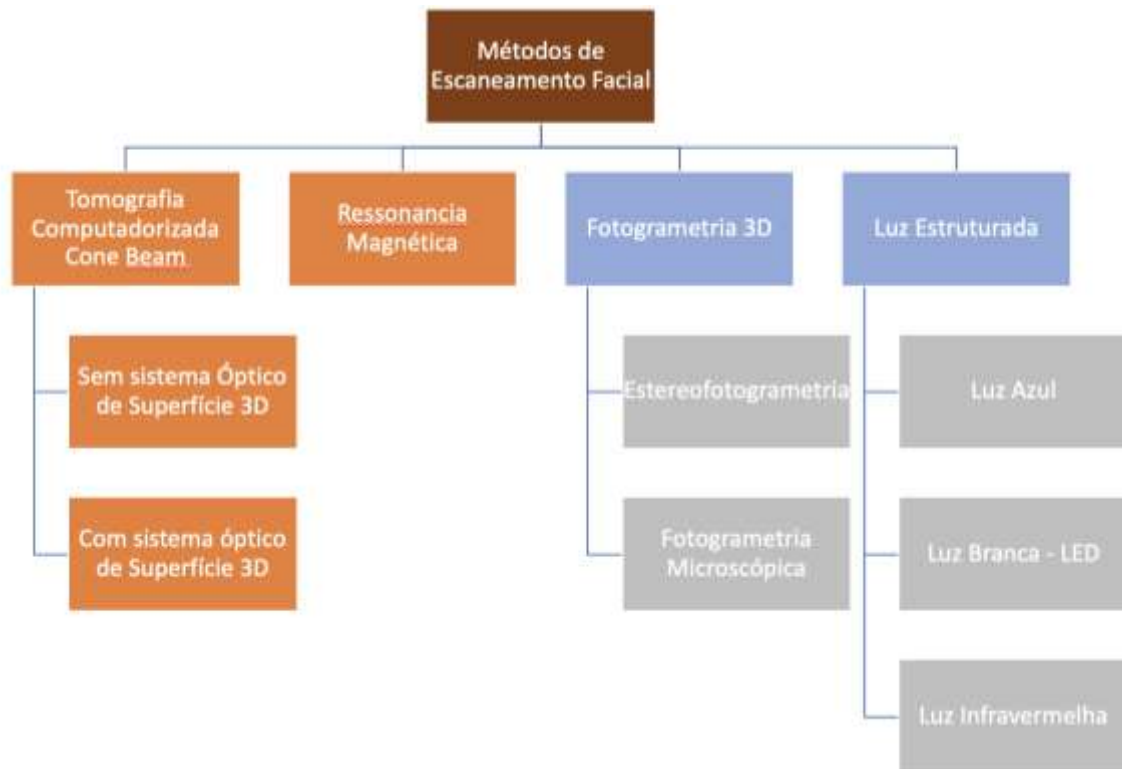
A estereofotogrametria apresenta como característica principal a presença de várias câmeras localizadas em diferentes ângulos em relação à face do paciente, onde as imagens podem ser capturadas em uma única exposição. Já a fotogrametria monoscópica utiliza uma única câmera para fazer a captura das imagens em diferentes ângulos e alturas em relação à face do paciente.^{9,10} Alguns desses métodos utilizam sistemas de alto custo ou restringem o acesso a procedimentos clínicos de rotina.^{1,2,4-7,11,12} A geração de um modelo 3D envolve o uso de software específico em que a fotogrametria monoscópica permite que o programa examine características comuns em cada imagem, sendo capaz de construir um modelo 3D a partir de características sobrepostas por um algoritmo complexo que minimiza a soma de erros sobre as coordenadas e os deslocamentos relativos dos pontos de referência¹³, registrando automaticamente os pontos comuns em cada imagem e calculando a distância entre eles. O resultado é uma sequência de pontos que pode ser transformada em uma malha tridimensional.

A técnica de fotogrametria 3D é capaz de capturar dados de superfície em cores de alta resolução e em velocidade relativamente rápida com ausência de radiação, simples treinamento e alta precisão.

Diversas inovações tecnológicas sobre programas de software para computadores, tablets e smartphones^{3,4,7,14,15,16,17,18,19} têm sido divulgadas com o intuito de criar modelos tridimensionais da face. Salazar et al.²⁰ descreveram um método para a criação de um modelo facial 3D padronizado usando um dispositivo móvel e um programa de software gratuito, agora descontinuado (123D Catch; Autodesk Inc.), por meio de fotografia convencional. A mesma equipe publicou a “Metodologia Mais Identidade (+ID)”, que possibilita a criação de modelos faciais 3D em alta precisão e resolução a partir de smartphones e programas de software de

código aberto, utilizando princípios semelhantes à fotogrametria monoscópica. Além disso, novos aplicativos para smartphones estão disponíveis e foram relatados para a realização da captura de malhas 3D.^{3,7,21} Alguns métodos empregam o princípio de varredura com luz infravermelha.^{3,21} No entanto, poucos estudos avaliaram a precisão 3D na obtenção de imagens de toda a face.^{5,6,10,11} Ainda há pouca compreensão sobre a confiabilidade desses programas de software gratuitos e aplicativos para digitalização facial. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar se há alteração volumétrica entre os diferentes métodos utilizados para digitalização facial: a fotogrametria com metodologia mais identidade® (Instituto Mais Identidade +ID), a captura de imagem de estereofotogrametria através do scanner Cloner® (dOne 3D, São Paulo – Brasil) e a tomografia computadorizada volumétrica (Veraview X800® – J. Morita Corporation – Japão). A hipótese nula é que a volumetria representada por meio das medidas obtidas pela tomografia computadorizada seja igual aos escaneamentos realizados em ambos os métodos.

Figura 1 – Métodos de escaneamento facial



Fonte: Gamarra et al. (2019)²⁰.

2 CONCLUSÃO GERAL

Pode-se concluir que ambas as metodologias atendem a necessidade de escaneamento facial 3D com alta eficiência. A fotogrametria monoscópica possui a característica de ser uma técnica portátil, que quando dominada oferece valores com tendência maior ao zero, indicando mais veracidade nos dados que a estereofotogrametria pela Cloner. Ao mesmo tempo, A Estereofotogrametria da Cloner possui valores médios que tendem a variar em uma faixa mais estreita, indicando mais precisão nos dados, que a fotogrametria monoscópica.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

- 1 Koban KC, Leitsch S, Holzbach T, Volkmer E, Metz PM, Giunta RE. 3D Bilderfassung und Analyse in der Plastischen Chirurgie mit Smartphone und Tablet: eine Alternative zu professionellen Systemen? [3D-imaging and analysis for plastic surgery by smartphone and tablet: an alternative to professional systems?]. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2014 Apr;46(2):97-104. German. doi: 10.1055/s-0034-1371822.
- 2 Ye H, Lv L, Liu Y, Liu Y, Zhou Y. Evaluation of the Accuracy, Reliability, and Reproducibility of Two Different 3D Face-Scanning Systems. *Int J Prosthodont.* 2016 May-Jun;29(3):213-8. doi: 10.11607/ijp.4397.
- 3 Nightingale RC, Ross MT, Allenby MC, Woodruff MA, Powell SK. A Method for Economical Smartphone-Based Clinical 3D Facial Scanning. *J Prosthodont.* 2020;29(9):818-825. doi:10.1111/jopr.13274.
- 4 Harris BT, Montero D, Grant GT, Morton D, Llop DR, Lin WS. Creation of a 3-dimensional virtual dental patient for computer-guided surgery and CAD-CAM interim complete removable and fixed dental prostheses: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 2017 Feb;117(2):197-204. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.06.012.
- 5 Tapie L, Lebon N, Mawussi B, Fron-Chabouis H, Duret F, Attal JP. Understanding dental CAD/CAM for restorations--accuracy from a mechanical engineering viewpoint. *Int J Comput Dent.* 2015;18(4):343-67.
- 6 Joda T, Brägger U, Gallucci G. Systematic literature review of digital three-dimensional superimposition techniques to create virtual dental patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015 Mar-Apr;30(2):330-7. doi: 10.11607/jomi.3852.
- 7 Ferrario VF, Sforza C, Miani A, Tartaglia G. Craniofacial morphometry by photographic evaluations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993 April;103(4):327-37.
- 8 Gallardo YNR, Salazar-Gamarra R, Bohner L, De Oliveira JI, Dib LL, Sesma N. Evaluation of the 3D error of 2 face-scanning systems: An in vitro analysis. *J Prosthet Dent.* 2021:S0022-3913(21)00368-1. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.06.049
- 9 Ariani N, Visser A, van Oort RP, Kusdhany L, Rahardjo TBW, Krom BP, et al. Current State of Craniofacial Prosthetic Rehabilitation. *Int J Prosthodont.* 2013;26(1):57-67. doi:10.11607/ijp.3220.
- 10 Salazar-Gamarra R, Seelaus R, da Silva JV, da Silva AM, Dib LL. Monoscopic photogrammetry to obtain 3D models by a mobile device: a method for making facial prostheses. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2016 May 25;45(1):33. doi: 10.1186/s40463-016-0145-3.
- 11 Liu S, Srinivasan M, Mörzinger R, Lancelle M, Beeler T, Gross M, et al. Reliability of a three-dimensional facial camera for dental and medical applications: A pilot study. *J Prosthet Dent.* 2019 Sep;122(3):282-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.10.016.

- 12 Metzler P, Sun Y, Zemmann W, Bartella A, Lehner M, Obwegeser JA, et al. Validity of the 3D VECTRA photogrammetric surface imaging system for cranio-maxillofacial anthropometric measurements. *Oral Maxillofac Surg*. 2014 Sep;18(3):297-304. doi: 10.1007/s10006-013-0404-7.
- 13 Kim SH, Jung WY, Seo YJ, Kim KA, Park KH, Park YG. Accuracy and precision of integumental linear dimensions in a three-dimensional facial imaging system. *Korean J Orthod*. 2015 May;45(3):105-12. doi: 10.4041/kjod.2015.45.3.105.
- 14 Rosati R, De Menezes M, Rossetti A, Sforza C, Ferrario VF. Digital dental cast placement in 3-dimensional, full-face reconstruction: a technical evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Jul;138(1):84-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.10.035.
- 15 Rangel FA, Maal TJ, Bergé SJ, van Vlijmen OJ, Plooi JM, Schutyser F, et al. Integration of digital dental casts in 3-dimensional facial photographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008 Dec;134(6):820-6. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.11.026.
- 16 Artopoulos A, Buytaert JA, Dirckx JJ, Coward TJ. Comparison of the accuracy of digital stereophotogrammetry and projection moiré profilometry for three-dimensional imaging of the face. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2014 May;43(5):654-62. doi: 10.1016/j.ijom.2013.10.005.
- 17 Amornvit P, Sanohkan S. The accuracy of digital face scans obtained from 3D scanners: An in vitro study. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Dec 12;16(24):5061. doi: 10.3390/ijerph16245061.
- 18 Knoop PG, Beaumont CA, Borghi A, Rodriguez-Florez N, Breakey RW, Rodgers W, et al. Comparison of three-dimensional scanner systems for craniomaxillofacial imaging. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2017 Apr;70(4):441-9. doi: 10.1016/j.bjps.2016.12.015.
- 19 Kook MS, Jung S, Park HJ, Oh HK, Ryu SY, Cho JH, et al. A comparison study of different facial soft tissue analysis methods. *J Craniomaxillofac Surg*. 2014 Jul;42(5):648-56. doi: 10.1016/j.jcms.2013.09.010.
- 20 Salazar-Gamarra R, Moraes C, Seelaus R, Lopes da Silva JV, Juauregui J, Dib LL. Introdução à metodologia “mais identidade”: próteses faciais 3D com a utilização de tecnologias acessíveis para pacientes sobreviventes de câncer no rosto. In: Santos EC, organizadora. *Comunicação Científica e Técnica em Odontologia 2*. Ponta Grossa; Athena; 2019. p. 251–72. doi: 10.22533/at.ed.265192903.
- 21 Germec-Cakan D, Canter HI, Nur B, Arun T. Comparison of facial soft tissue measurements on three-dimensional images and models obtained with different methods. *J Craniofac Surg*. 2010 Sep;21(5):1393-9. doi: 10.1097/SCS.0b013e3181ec6976.