

## Digitalização de baixo custo de anatomias para modelagem de próteses faciais

## Low-cost digitization of anatomies for modelling facial prostheses

### RESUMO

Carolina Pulido Arce  
[carolinaarce@alunos.utfpr.edu.br](mailto:carolinaarce@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

José Aguiomar Foggianto  
[foggianto@utfpr.edu.br](mailto:foggianto@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

O principal objetivo deste estudo é a digitalização de baixo custo de anatomias para a criação, modelagem e validação de próteses destinadas especificamente a pacientes que perderam ou possuem uma deformação na região nasal ou na região auditiva. Para isso foram selecionados três métodos de digitalização de baixo custo sendo eles, a digitalização por fotos, que consiste na criação de um arquivo tridimensional a partir de fotografias 2D; a digitalização a laser realizada pelo *Scanner NextEngine*, que é baseada no princípio de que um feixe de luz atinge uma superfície refletora e a luz é refletida de volta para a direção do digitalizador; e a digitalização por luz infravermelha na qual foi utilizado o aparelho *Kinect 360* da Microsoft, que apresenta câmeras que capturam imagens nas faixas de radiações na região infravermelha de um corpo. Os processos não se mostraram adequados para a digitalização direta de narizes e orelhas, porém o que mais se adequou à proposta do trabalho foram os obtidos na digitalização indireta a laser. Foi criada também uma biblioteca com arquivos de orelhas e narizes, obtidas por tomografias de repositórios de livre acesso, para auxiliar na modelagem das próteses.

**PALAVRAS-CHAVE:** Digitalização 3D. Área da saúde. Próteses de orelha e nariz. Correção de malha.

### ABSTRACT

The main objective of this study is the low-cost digitalization of anatomies for the creation, modeling and validation of prostheses specifically intended for patients who have lost or have a deformation in the nasal and/or auditory region. Three low-cost scanning methods were selected: photo scanning, which consists of creating a three-dimensional file from 2D photographs; laser scanning by the NextEngine scanner, which is based on the principle that a beam of light reaches a reflective surface and the light is reflected back to the digitizer's direction; and infrared scanning, in which Microsoft's Kinect 360 device was used, which features cameras that capture images in the radiation bands in the infrared region of a body. The processes were not shown to be suitable for the direct digitization of noses and ears, but what most suited the proposal of the work were those obtained in indirect laser scanning. A library was also created with files of ears and noses, obtained by tomography, to assist in the modeling of prostheses.

**KEYWORDS:** 3D scanning. Health area. Ear and nose prostheses. Mesh correction.

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

As tecnologias de baixo custo para a digitalização 3D vêm se espalhando cada vez mais no mundo moderno (ROSENMANN, 2017). Utilizadas em diversas áreas para reduzir o valor do processo, as metodologias variam bastante. Dentre os principais métodos para a digitalização de baixo custo se enquadram a digitalização a partir de fotos, a digitalização por luz estruturada (Kinect 360) e a digitalização a laser (BASSETO, 2017).

O objetivo da pesquisa foi avaliar três métodos de digitalização de baixo custo de anatomias para modelagem de próteses de nariz e orelha, sendo destinadas especificamente para a produção de próteses para pacientes que perderam ou possuem uma deformação na região nasal e na região auditiva. Foi acrescentada também a geração de modelos a partir de tomografias obtidas de repositórios de livre acesso, para a criação de uma biblioteca de narizes e orelhas para auxiliar na modelagem das próteses. Isso foi necessário visto que os resultados obtidos na digitalização de baixo custo não produziram modelos 3D com a qualidade necessária.

A digitalização 3D ou escaneamento é o método para se obter arquivos digitais a partir de objetos físicos (BASSETO, 2017). Quando se trata da digitalização de baixo custo segue-se o mesmo princípio, porém os arquivos são adquiridos por processos com um custo muito inferior em relação aos processos de digitalização convencionais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho a metodologia foi dividida em duas partes. A primeira consiste na avaliação de três métodos de digitalização de baixo custo e a segunda na correção das malhas geradas nas digitalizações. Os métodos selecionados foram a digitalização por fotos, a digitalização utilizando um Scanner a laser e a digitalização por luz infravermelha (com o uso do Kinect 360). Foi criada também uma biblioteca de orelhas e narizes, por meio de tomografias gratuitas obtidas de repositórios de livre acesso, contendo modelos prontos de orelhas e narizes para serem transformados em próteses, agilizando o processo de modelagem dos moldes das próteses.

A digitalização a partir de foto, primeiro método utilizado, é uma técnica que pode ser definida como determinação do tamanho e forma de objetos através da análise de imagens 2D salvas em aparelhos eletrônicos (SILVA, 2011). O método por foto é uma tecnologia de digitalização 3D que requer equipamentos mais baratos quando comparado a outras técnicas, como a luz estruturada (ROSENMANN, 2017).

O principal objetivo foi avaliar se esse processo era viável para a digitalização de anatomias e, a partir disso, gerar modelos 3D de orelhas e narizes. Neste método, foram digitalizadas tanto orelhas quanto narizes (Figura 1), por meio de fotos realizadas por dois telefones celulares distintos: Samsung Galaxy J2 Prime e Samsung Galaxy S5.

Figura 1. Fotos de orelha e nariz utilizadas no escaneamento.



Fonte: Autoria própria (2020).

Para a digitalização da região auditiva foi necessária a colocação de massa de modelar de cor preta nas partes mais profundas e/ou nas regiões que geravam sombras para produzir um contraste. Este procedimento foi necessário visto que, na digitalização, a orelha não se destacava da região da cabeça, não sendo possível isolar a geometria da orelha. A criação do modelo 3D consistiu na transferência das fotografias para o software gratuito RaCap Photo, disponível pela Autodesk®. A proposta do programa é captar a realidade a partir de fotos e construir automaticamente um modelo tridimensional (ARQ E TEC, 2013).

O segundo método aplicado foi a digitalização a laser e é muito comum o seu uso para a criação de arquivos tridimensionais (BASSETO, 2017). A digitalização a laser é baseada no princípio de que um feixe de luz atinge uma superfície refletora e a luz é refletida de volta para a direção do digitalizador. O sistema de digitalização escolhido foi o NextEngine Desktop 3D Scanner. Este aparelho possui uma unidade de emissão de feixes de laser, com câmeras para captá-los quando refletidos. O equipamento também apresenta uma base para o posicionamento da peça onde uma matriz de feixes de laser é projetada no objeto no centro dessa base e, grau após grau a placa gira para que o objeto possa ser digitalizado (NEXTENGINE, 2012). As imagens captadas pelos lasers são, automaticamente, inseridas no programa NextEngine e este gera o arquivo tridimensional.

Neste método de digitalização de baixo custo foram digitalizados três rostos de gesso (Figura 2), sendo somente possível a digitalização da região nasal. Os rostos de gesso foram gerados a partir de pacientes que possuíam o nariz com alguma deformação e, assim, o principal objetivo foi, através do arquivo 3D, encontrar possíveis narizes que se adequassem aos rostos. Para a digitalização a laser é recomendável a colocação de targets (adesivos coloridos) no objeto a ser digitalizado para que o programa empregado faça a correspondência entre os pontos das diferentes imagens e estime as coordenadas tridimensionais (BRENDLER, 2013).

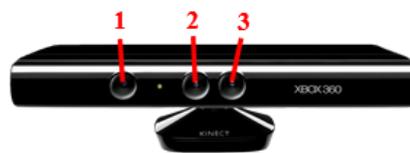
Figura 2. Rosto de gesso posicionado na base do Scanner NextEngine.



Fonte: Autoria própria (2020).

O terceiro processo adotado foi a digitalização por luz infravermelha (IR) e o dispositivo utilizado, sensor Kinect do videogame Xbox 360 da Microsoft, apresenta um emissor IR que projeta um padrão de pontos estruturado que é captado por um sensor e por meio da comparação deste padrão estruturado e o captado pelo sensor é possível construir uma imagem em profundidade, apresentando o mesmo princípio de funcionamento da tecnologia de digitalização 3D por luz estruturada. O Kinect 360 (Figura 3), consiste em uma câmera de alta qualidade (elemento 2), capaz de detectar movimentos em 3D aliando os sensores (elementos 1 e 3) para captar o objeto que estiver em frente ao aparelho. A câmera grava esta movimentação por meio de 30 fotos por segundo (FPS) (ARCE, 2017).

Figura 3. Sensor *Kinect* da Microsoft.



Fonte: ARCE, 2017.

Nas digitalizações por luz infravermelha foram escaneados orelhas e narizes e, foi utilizado o sensor Kinect 360 com auxílio do programa de digitalização Skanect.

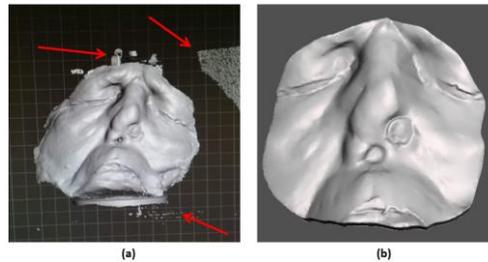
Para a utilização do Kinect 360 foi necessário um ambiente espaçoso com luz artificial e com acesso a um computador. Para o processo de digitalização, o operador, com o aparelho Kinect em mãos, deve movimentar o sensor próximo de todas as superfícies de modo com que ele consiga reconhecer a totalidade da geometria da peça e, assim, gerar uma malha contínua. Após finalizar a digitalização, o Skanect mostrará a malha gerada e, em seguida, o objeto 3D final obtido.

O escaneamento por tomografias não é considerado uma tecnologia de digitalização de baixo custo. Porém, neste estudo foi considerada pela disponibilidade de imagens tomográficas de plataformas digitais de livre acesso. O principal objetivo da criação da biblioteca de orelha e narizes por meio da digitalização por tomografias foi a criação de arquivos 3D desses órgãos para auxiliar na fabricação das próteses. Esta etapa foi necessária devido aos resultados insatisfatórios obtidos nos demais métodos de digitalização direta de orelha e nariz.

Para este método as tomografias foram adquiridas de maneira gratuita, por meio da plataforma online de livre acesso Embodi3D™ e para a reconstrução 3D do modelo foi utilizado o programa InVesalius® (AMORIM et al., 2009).

A segunda etapa da metodologia foi a correção das malhas geradas e foi utilizado, para os três métodos de digitalização e para a criação da biblioteca de orelhas e narizes, o programa gratuito Meshmixer®. Utilizado para a correção de malhas triangulares, o programa Meshmixer® conta com inúmeras ferramentas que possibilitam a correção, modelagem e o aperfeiçoamento dos modelos tridimensionais. O primeiro passo desta etapa foi a limpeza da malha gerada, no qual foram retiradas e corrigidas todas as imperfeições (Figura 4) como aberturas, furos, deformações e partes não desejadas para este trabalho.

Figura 4. Programa Meshmixer (a) malha com imperfeições; (b) malha corrigida.



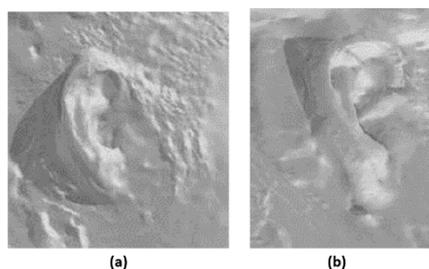
Fonte: Autoria própria (2019).

Para deixar o modelo similar com a forma do rosto de gesso foram utilizados os pincéis de formatação, também disponíveis pelo programa. Estes pincéis de modelagem são ferramentas de edição e para cada pincel foram ajustados os parâmetros como a força e o tamanho (a determinação desses parâmetros depende da experiência do operador).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A digitalização a partir de foto pode apresentar-se como uma alternativa para a digitalização de partes do corpo humano, principalmente no contexto da digitalização direta. Neste trabalho não houve diferenças relevantes nas malhas geradas pelos dois dispositivos celulares, tanto para as orelhas quanto para os narizes, considerando que foram realizados diversos testes e os resultados são apresentados a seguir

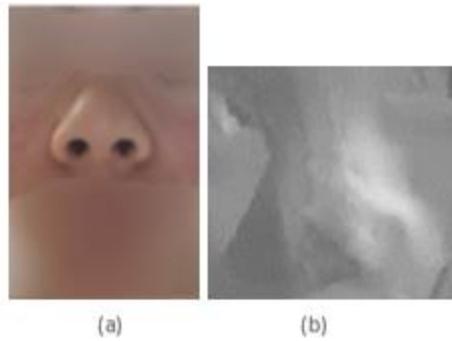
Figura 5. Resultados dos modelos de orelha gerados: (a) sem massa de modelar; (b) com massa de modelar.



Fonte: Autoria própria (2019).

Para os modelos tridimensionais da região nasal não foi necessária a colocação de massa de modelar, visto que não havia uma angulação pequena. Os resultados são apresentados nas Figura 6.

Figura 6. Fotogrametria: (a) imagem utilizada para a realização do arquivo e (b) modelo gerado.

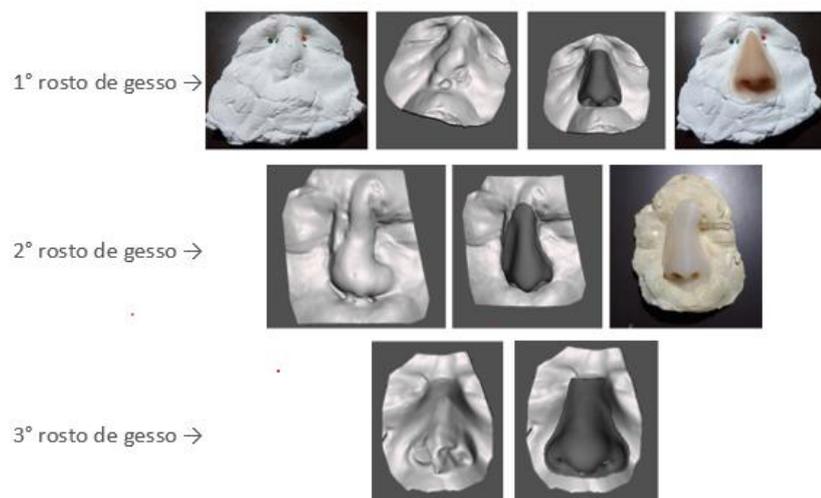


Fonte: Autoria própria (2019).

A digitalização das orelhas e dos narizes por fotografias não gerou bons resultados, por dois motivos principais: o primeiro se deu pelos detalhes geométricos da orelha, já que as fotografias nem sempre conseguem captar toda a área de interesse, gerando um modelo incompleto, não viável para este trabalho; já o segundo motivo resultou da resolução das câmeras dos dispositivos celulares, e por que nem sempre o foco da câmera conseguia ser direcionado nas regiões de interesse. A colocação da massa de modelar na região auditiva melhorou o resultado, mas não impediu que a orelha fosse gerada encostada na cabeça.

Na digitalização a laser foram criados os arquivos tridimensionais dos três rostos de gesso disponíveis e foi executada a correção da malha. Em seguida, foram testados modelos de narizes para ver qual era o mais adequado ao rosto (Figura 7). Apenas para o terceiro rosto de gesso não foi realizada a impressão da prótese de nariz para validação.

Figura 7. Digitalização do modelo e impressão do nariz de silicone.

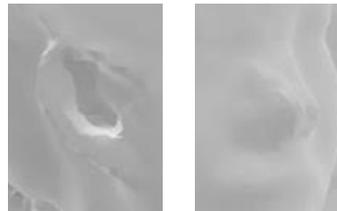


Fonte: Autoria própria (2020).

Os resultados apresentados no processo de digitalização a laser, utilizando o Scanner NextEngine, foram bastante satisfatórios. Pode-se afirmar que este método é viável para a digitalização de baixo custo de anatomias para modelagem de próteses de nariz. Neste método não foi testada a digitalização de orelhas.

No método de digitalização por luz infravermelha com o Kinect foram digitalizados rostos abrangendo as regiões auditivas e nasais. Essas regiões, por serem muito detalhadas dificultaram a realização do trabalho visto que as câmeras do Kinect 360 não possuem uma resolução apropriada para regiões com detalhes muito pequenos (Figura 8).

Figura 8. Rosto digitalizado com o Kinect 360.

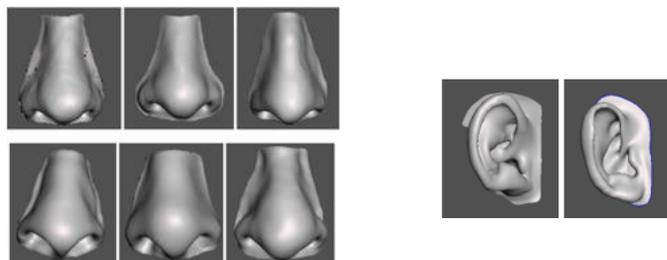


Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados obtidos pela digitalização por luz infravermelha não foram os desejados, visto que o Kinect 360 não conseguiu gerar os modelos 3D com o detalhamento necessário.

A criação da biblioteca, por meio da digitalização por tomografias, consistiu na seleção de modelos distintos de narizes e orelhas para o auxílio da produção de próteses visto que os resultados obtidos nos processos de digitalização direta foram insatisfatórios. Esses arquivos foram obtidos a partir de tomografias e depois da criação, por meio do programa InVesalius®, os modelos foram corrigidos no programa Meshmixer® e, alguns deles podem ser vistos na Figura 9.

Figura 9. Modelos de orelha e nariz gerados a partir de tomografias.



Fonte: Autoria própria (2019).

## CONCLUSÃO

É importante ressaltar que o avanço da tecnologia nas áreas médicas é de extrema importância para a melhoria da qualidade nos tratamentos e outros procedimentos médicos. A partir dos resultados obtidos pelos três métodos de digitalização de baixo custo de anatomias para modelagem de próteses de nariz e orelha, verificou-se que apenas o scanner a laser gerou modelos com o detalhamento necessário para ser usado na modelagem de próteses faciais.

O trabalho permitiu concluir que as imagens geradas a partir de tomografias computadorizadas são as que geram os melhores resultados e geraram modelos 3D de narizes e orelhas adequados a modelagem de moldes para próteses faciais

Foram utilizadas mais digitalizações de narizes do que de orelhas, isso se deu ao fato das demandas das digitalizações quando o trabalho se desenvolveu. Além disso, os narizes são os que realmente precisam de uma biblioteca ampla, visto que normalmente os pacientes não possuem tomografias com o nariz antes da mutilação. As orelhas podem ser obtidas por espelhamento usando a outra orelha do próprio paciente. A biblioteca de modelos gerados está disponível para utilização gratuita, sendo esta a contribuição desse trabalho para a melhoria da qualidade das próteses faciais.

### AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio financeiro do Cnpq, à UTFPR, ao professor orientador José Aguiomar Foggiatto e aos colegas do NUFER.

### REFERÊNCIAS

ARCE, Maria. **Digitalização 3d de baixo custo aplicada a modelagem de órteses**. 2017. Relatório final de atividades de Iniciação Científica. Técnico em Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

ARQ E TEC. Crie 3d A Partir De Fotos. **Autodesk Recap Photo**. Disponível em: <<http://www.arq-e-tec.com>>. Acesso em 22/06/2020.

BASSETO, Bianca. **Análise de sistemas de digitalização de baixo custo para utilização no desenvolvimento de órteses de membros superiores para crianças com deficiência sensório motora**. 2017. 101 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

BRENDLER, Clariana. **Método para levantamento de parâmetros antropométricos utilizando um digitalizador 3d de baixo custo**. 2013. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

Nextengine 3D Laser Scanner HD. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=x9F7Ai5tuNQ&t=217s>>. Acesso em 25/06/2020.

ROSENMANN, Gabriel. **Avaliação de sistemas de digitalização 3D de baixo custo aplicados ao desenvolvimento de órteses por manufatura aditiva**. 2017. 113 f. Dissertação (Pós-doutorado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SILVA, Fabio. **Usinagem de espumas de poliuretano e digitalização tridimensional para fabricação de assentos personalizados para pessoas com deficiências**. 2011. 192 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.