



PRODUÇÃO DE MODELOS ANATÔMICOS DO OSSO TEMPORAL PARA ENSINO E TREINAMENTO CIRÚRGICO UTILIZANDO IMPRESSÃO 3D

Riuller Benethy de Araújo¹; Emerson Monteiro Rodrigues²; Rodrigo Marques de Oliveira³

1 Bolsista IFMG, Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, IFMG Campus Governador Valadares, Governador Valadares - MG

2 Orientador, Medicina, Universidade Federal de Juiz de Fora, Governador Valadares – MG

3 Orientador e Coordenador: Pesquisador do IFMG, Campus Governador Valadares; rodrigo.marques@ifmg.edu.br

RESUMO

A impressão 3D tem se destacado na medicina pela criação de modelos anatômicos que auxiliam no ensino e treinamento cirúrgico. Este projeto desenvolveu modelos do osso temporal, baseados em tomografias computadorizadas de bases internacionais, para aprimorar a formação de médicos residentes em otorrinolaringologia. Utilizando impressoras 3D do laboratório CRIE (IFMG – Campus Governador Valadares) e o polímero PLA, os arquivos DICOM foram convertidos para STL no programa 3D Slicer e configurados no Ultimaker Cura para impressão na Creality CR10. Testes de brocagem realizados por especialistas demonstraram alta fidelidade anatômica, adequada para simulações práticas. Cinco médicos residentes treinaram com os modelos, obtendo melhorias significativas em habilidades técnicas. Apesar de desafios técnicos, o projeto mostrou o potencial da impressão 3D como alternativa acessível para modelos anatômicos no Brasil, contribuindo para a formação de profissionais e o avanço da prática cirúrgica.

PALAVRAS-CHAVE: Impressão 3D, osso temporal, treinamento cirúrgico, modelos anatômicos

INTRODUÇÃO:

A impressão 3D tem revolucionado a medicina ao viabilizar modelos anatômicos personalizados e acessíveis, com impacto significativo no ensino de anatomia e no planejamento cirúrgico (ABOUHASHEM et al., 2015; MARQUES; SILVA, 2019). Na otorrinolaringologia, especialmente no estudo do osso temporal, esses modelos são fundamentais devido à precisão exigida para operar em estruturas delicadas. Tradicionalmente, utilizavam-se peças de cadáveres, mas restrições éticas e custos elevados de modelos comerciais, como os da Phacon e Replicare (R\$ 800 a R\$ 1.000), tornaram imprescindíveis alternativas acessíveis (VENTOLA, 2014; PHACON, 2022; REPLICARE, 2022).

A impressão 3D atende a essa demanda ao criar modelos específicos a partir de tomografias computadorizadas, permitindo treinamento cirúrgico realista e redução de riscos operatórios



(TAKAGAKI, 2012; ZHONG; ZHAO, 2017). No Brasil, a baixa relação de otorrinolaringologistas por habitante, como em Governador Valadares, MG (1 para 25 mil; ABORL-CCF, 2018), reforça a necessidade de soluções que ampliem o acesso a treinamentos.

Este projeto propõe o uso de impressão 3D para produzir modelos do osso temporal, aplicados a treinamentos em cirurgias de mastoide. A proposta visa reduzir custos, personalizar os modelos e melhorar as habilidades técnicas de médicos residentes, promovendo a integração entre engenharia e medicina e ampliando o uso da tecnologia no ensino e na prática médica.

METODOLOGIA:

A tecnologia de prototipagem rápida, ou impressão 3D, tem se destacado na medicina por suas aplicações inovadoras. Este estudo utilizou dados de exames de imagem e impressão 3D para produzir modelos anatômicos do osso temporal, voltados ao ensino e treinamento cirúrgico.

As tomografias computadorizadas em formato DICOM foram extraídas da base Zenodo OpenEar e processadas no software 3D Slicer, onde a segmentação isolou estruturas essenciais para o treinamento. Os arquivos foram convertidos para formato STL e configurados no Ultimaker Cura para impressão.

Os modelos foram impressos nas máquinas Creality CR10 v2 e Davincii Vinci 1.0 Pro 3-in-1, usando o polímero PLA, escolhido por sua resistência, estabilidade e densidade semelhante ao osso humano. O filamento, da marca Voolt, foi processado a 205°C, com a mesa a 60°C e uso de spray fixador Cotrim. A altura das camadas e o preenchimento (50–90%) foram ajustados para garantir precisão anatômica e resistência. A velocidade de impressão (50 mm/s) e ventilação (100%) asseguraram uniformidade e qualidade final dos modelos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

As próteses impressas passaram por uma inspeção visual e foram submetidas a testes práticos de brocagem utilizando um micro motor com brocas esféricas, cortantes e diamantada. Durante a brocagem, avaliou-se a geração do “bone pate” (pó de osso) e a resistência das peças à perfuração, parâmetros que indicam a similaridade do modelo com o osso temporal natural.

Foram feitas algumas amostras, variando-se a temperatura do bico extrusor e a velocidade de impressão. Os valores que geraram amostras com características que mais se aproximavam de um osso real foram o de 200° para a temperatura do extrusor e 60° para a mesa. As amostras mais realísticas foram impressas com 80 e 85% de preenchimento, no padrão giróide. Também foi usada o mecanismo de “arvore” para a sustentação, durante a impressão.

Valores abaixo geralmente provocavam estruturas muito filamentosas no interior da peça ou deixavam vazios em excesso. Noutra linha, temperaturas acima, geravam camadas com aspecto de derretimento em curso, produzindo uma superfície excessivamente ondulada. O interior apresentava padrões distorcidos de preenchimento, devido ao breve escoamento do polímero ao ser depositado.

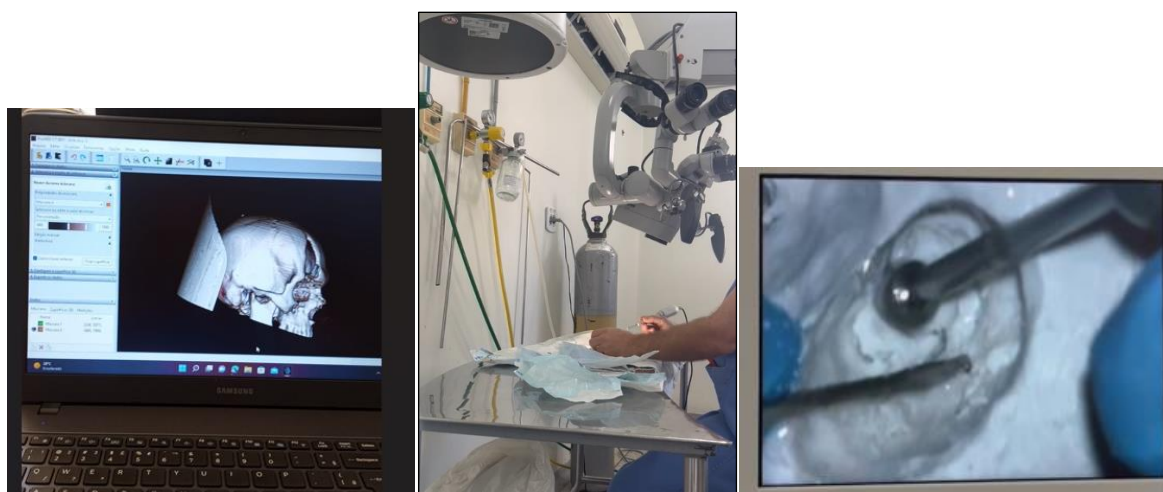


Figura 1: Da esquerda para a direita: Abertura do arquivo obtido no site da Zenodo Ear. Ambiente cirúrgico, para início da brocagem (drillagem). Detalhe da brocagem em uma das amostras do osso temporal.

A Figura 1 apresenta uma sequência que ilustra etapas fundamentais no estudo e manipulação de amostras do osso temporal, utilizadas como modelo em simulações cirúrgicas. À esquerda, vemos a abertura do arquivo digital obtido na plataforma Zenodo Ear, que serve como ponto de partida para o planejamento e a impressão 3D das amostras. No centro, é mostrado o ambiente cirúrgico preparado para dar início à brocagem, replicando condições similares às de um procedimento clínico real. À

direita, o detalhe do processo de brocagem em uma das amostras demonstra a precisão e o realismo do modelo, destacando sua aplicação prática no contexto experimental.

A Figura 2 compara duas amostras impressas em diferentes temperaturas, destacando o impacto desse parâmetro na qualidade das peças. À esquerda, observa-se uma peça impressa a 200°C, exibindo uma superfície mais uniforme e sem sinais evidentes de defeitos. Já à direita, a amostra foi impressa a 210°C, onde é possível identificar ondulações excessivas, resultado do escoamento inadequado das camadas devido à temperatura mais elevada. Essa comparação evidencia a importância do controle preciso da temperatura para garantir melhores resultados na impressão 3D.



Figura 2: Peça da esquerda impressa em temperatura igual a 200°. Amostra da direita impressa em temperatura próxima a 210° (observam-se ondulações em excesso, denunciando escoamento da camada).

A amostra com melhor resistência à brocagem, avaliada pelo Dr. Emerson Monteiro Rodrigues, foi utilizada para gravar três vídeos em HD 1080p, totalizando 15 minutos. Editados no Wondershare Filmora 11, os vídeos foram organizados em uma playlist no YouTube, disponível em <https://youtu.be/sKnuGkirjP0?si=fr5Ui4XPIZclYoRu>. Originalmente, o projeto estimou que fosse necessário um tempo maior. Porém, a equipe reavaliou, considerando que a experimentação mais relevante é a prática com a brocagem, percebida diretamente pelo residente.

CONCLUSÕES:

A pesquisa demonstrou que a impressão 3D é uma alternativa viável para a produção de modelos anatômicos do osso temporal, atendendo às necessidades de treinamento médico em XII Seminário de Iniciação Científica do IFMG – 02 a 04 de dezembro de 2024, Planeta IFMG 2024.



otorrinolaringologia. Os modelos apresentaram propriedades físicas semelhantes às do osso humano, sendo adequados para simulações práticas, como a brocagem, e contribuíram significativamente para o aprimoramento das habilidades técnicas dos residentes envolvidos.

A divulgação científica, realizada por meio de vídeos instrutivos, ampliou o alcance do projeto, tornando o conhecimento acessível a estudantes e profissionais da área médica. A tecnologia pode ser aplicada em outras especialidades, enquanto parcerias com hospitais podem ampliar seu uso, beneficiando o treinamento médico e o atendimento no SUS.

Este estudo reforça a sinergia entre engenharia e medicina, destacando o papel da impressão 3D como uma solução acessível e de grande potencial para a formação de médicos especializados.

REFERÊNCIAS:

- ABOUHASHEM, Yousef et al. The application of 3D printing in anatomy education. *Medical Education Online*, v. 20, n. 10, p. 1-3, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4609651/>. Acesso em: 9 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE OTORRINOLARINGOLOGIA E CIRURGIA CÉRVICO-FACIAL. *Censo 2018*. Disponível em: <http://www.aborlccf.org.br/imageBank/Censo-ABORL-OUT-25.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- MARQUES, Fábio Pereira; SILVA, Mirian Paiva. *RESU – Revista Educação em Saúde*, v. 7, suplemento 3, 2019.
- PHACON. Osso temporal artificial. Disponível em: <https://www.phacon.de/>. Acesso em: 23 mar. 2022.
- REPLICARE. Soluções 3D para a medicina. Disponível em: <https://www.replicare.com.br>. Acesso em: 23 mar. 2022.
- TAKAGAKI, Luiz Koiti. Tecnologia de impressão 3D. *Revista Inovação Tecnológica*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 28-40, 2012.
- VENTOLA, C. Lee. Medical applications for 3D printing: current and projected uses. *Pharmacy and Therapeutics*, v. 39, n. 10, p. 704, 2014.
- ZHONG, N.; ZHAO, X. 3D printing for clinical application in otorhinolaryngology. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, v. 274, p. 4079–4089, 2017.