

INOVAÇÃO EM RADIOTERAPIA: DESENVOLVIMENTO DE ABAIXADORES DE LÍNGUA ANATÔMICOS COM IMPRESSÃO 3D

CATILCIA RIBEIRO MEIRELES¹; CHIARA DO NASCIMENTO²; EVERTON
GRANEMANN SOUZA³

¹Universidade Católica de Pelotas – catilcia.meireles@sou.ucpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas – chiaradnascimento@gmail.com

³Universidade Católica de Pelotas – evertton.granemann@ucpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O câncer de cavidade oral, com destaque para os tumores de língua, representa um desafio crescente no âmbito da saúde pública, sobretudo em países em desenvolvimento. Essa neoplasia caracteriza-se por elevada morbidade, impacto funcional significativo e taxas de sobrevida limitadas, especialmente nos estágios mais avançados da doença SHIBOSKI et al. (2010). Segundo a Organização Mundial da Saúde –OMS (2025), estima-se que até 2030 ocorrerão aproximadamente 27 milhões de novos casos de câncer no mundo, dos quais cerca de 3% corresponderão às neoplasias da cavidade oral FERLAY et al.(2020). No Brasil, o Instituto Nacional do Câncer (INCA,2023) aponta o câncer de boca como um dos dez tipos mais incidentes entre os homens.

O tratamento oncológico frequentemente envolve a radioterapia, modalidade terapêutica que utiliza radiação ionizante para destruir células tumorais ou impedir seu crescimento, preservando tecidos saudáveis sempre que possível.Instituto Nacional do Câncer, (INCA,2025). A eficácia desse procedimento está diretamente relacionada à precisão na imobilização da área alvo. Contudo, ainda se observa a utilização de abaixadores de língua improvisados como único recurso de imobilização disponível, garantindo a contenção e o posicionamento durante o procedimento. Esses dispositivos apresentam geometrias não anatômicas, baixa reprodutibilidade, dificuldades de higienização e desconforto para o paciente, fatores que podem comprometer a acurácia do planejamento radioterápico, impactando negativamente a dose absorvida pelo volume alvo e aumentando a exposição de estruturas adjacentes PARKIN et al.,(2005); BRAY et al.,(2018).

Diante disso, o presente estudo propõe desenvolver dispositivos de imobilização da língua através da impressão 3D, visando melhorar a eficácia da radioterapia. Essa tecnologia oferece soluções acessíveis e adaptáveis à anatomia oral, permitindo não apenas inovação e cuidado humanizado, mas também garantir a reprodutibilidade nos tratamentos.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se o software Autodesk Fusion, anteriormente Fusion 360, lançado em 2013 pela Autodesk, sediada em San Francisco, EUA. A plataforma integra recursos de CAD, CAM e CAE, permitindo a modelagem tridimensional e a preparação dos arquivos para impressão. A manufatura foi realizada na impressora 3D Bambu Lab X1, lançada em 2022 pela Bambu Lab, com sede em Shenzhen, China.

Uma unidade deste modelo está disponível no laboratório de prototipagem da UCPel, permitindo que os alunos desenvolvam seus projetos.

Nos testes realizados, foram utilizados modelos de abaixadores confeccionados por manufatura aditiva, baseados em referências comerciais, como o BiteFix, dispositivo suíço utilizado em radioterapia para imobilização cabeça-pescoço, com design ergonômico que garante posicionamento reproduzível (MEDITRON, 2025). As dimensões dos protótipos seguiram a média das medidas da cavidade oral descritas por JAYAN et al. (2019), aproximando os modelos das condições anatômicas reais. Embora ainda não aplicados em pacientes, essa padronização conferiu maior confiabilidade aos testes.

Diferentes geometrias foram exploradas, incluindo formatos cilíndricos, em cunha e com canal de entrada de ar, buscando otimizar a adaptação anatômica e a consistência no posicionamento, aspectos relevantes para futura aplicação clínica.

Assim, o Autodesk Fusion foi utilizado para o desenho e preparo digital, enquanto a Bambu Lab X1 viabilizou a produção física. Para a fabricação inicial, utilizou-se PLA (ácido poliláctico), polímero termoplástico biodegradável produzido a partir de fontes renováveis, como amido de milho ou cana-de-açúcar, amplamente empregado em impressão 3D por sua facilidade de processamento, boas propriedades mecânicas e baixo custo. Por se tratar de etapa preliminar, prevê-se avaliação futura de outros materiais.

Após a fabricação dos protótipos, os dispositivos foram submetidos a testes de atenuação de radiação na unidade de radioterapia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), utilizando uma câmara de ionização sob condições padronizadas: campo de 40 × 40 cm, distância fonte-superfície (SSD) de 95 cm e energias de 6 MV e 10 MV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

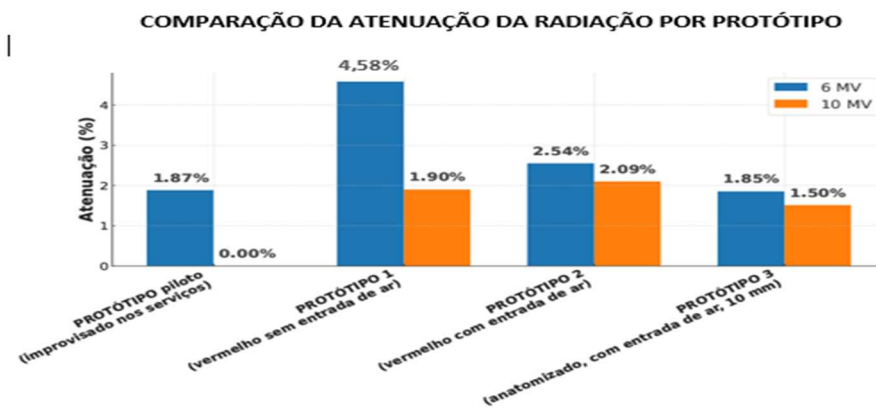


Figura 1: Comparação da atenuação da radiação (%) para os diferentes protótipos testados. Barras azuis: energia de 6 MV; barras laranjas: energia de 10 MV.

Os resultados evidenciaram que o protótipo piloto, que é improvisado e amplamente utilizado nos serviços (Figura 2-A) apresentou valores de atenuação muito próximos ao feixe sem dispositivo (1,87% a 6 MV e ausência de atenuação significativa a 10 MV), demonstrando baixo impacto na dose absorvida. Nesse contexto é importante destacar que a atenuação indica, quanto do feixe de radiação é reduzido ao atravessar um material, sendo, portanto, um parâmetro crítico para a avaliação da viabilidade clínica dos modelos. No caso dos abaixadores de língua, é fundamental que não causem atenuação significativa da radiação, pois qualquer

redução no feixe pode diminuir a dose entregue ao tumor, comprometendo a eficácia do tratamento planejado. Assim, a reprodutibilidade e o material do dispositivo devem assegurar que a dose prescrita seja efetivamente recebida pelo tecido-alvo (PINTO, 2021). Contudo, modelos improvisados não garantem reprodutibilidade, comprometendo a padronização dos protocolos clínicos. Além disso, sua fragilidade dificulta a higienização e pode levar à deterioração, aumentando o risco de contaminação e a necessidade de interromper o tratamento para confeccionar um novo abaixador.

Foram avaliados, o Protótipo 1 (Figura 2-C), o Protótipo 2 (Figura 2-D, E) e o Protótipo 3 (Figura 2-F, G, H, I). Dentre eles, o Protótipo 3, que tem uma curvatura que se encaixa na língua, com entrada de ar e 10 mm de espessura, apresentou desempenho mais próximo ao Protótipo piloto (Figura 2-A, B), evidenciando potencial de aplicação como alternativa reprodutível e segura clinicamente. Esses resultados reforçam a importância de desenvolver modelos padronizados, higienizáveis e de menor densidade, que mantenham baixa atenuação como observado no protótipo improvisado, mas com estabilidade mecânica, confiabilidade e segurança clínica, verificado nos modelos testados. Além disso, a exploração de materiais funcionais, como polímeros sustentáveis com propriedades antivirais, poderá ampliar o impacto não apenas clínico, mas também ambiental e tecnológico.

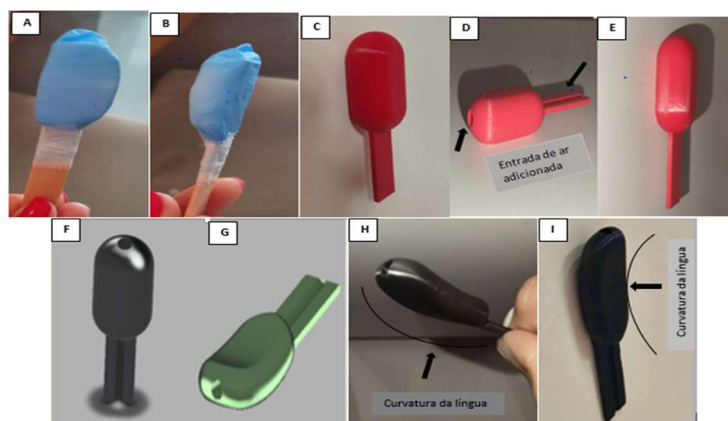


Figura 2 – Modelos avaliados nos testes de atenuação da radiação. (A, B) Protótipo piloto, utilizado rotineiramente nos serviços, feito com isopor e recoberto com látex; (C) Protótipo 1, impresso em 3D, em formato cilíndrico semelhante a geometria do protótipo piloto; (D, E) Protótipo 2, impresso em 3D, com canal interno de passagem de ar (indicado por setas); (F, G) Protótipo 3, visto por imagens obtidas durante a modelagem no software Fusion; (H, I) Protótipo 3, impresso em 3D, com formato anatômico adaptado à curvatura da língua (indicado por setas);

4. CONCLUSÕES

O presente estudo representa um avanço significativo no desenvolvimento de dispositivos auxiliares voltados à radioterapia de cabeça e pescoço, com ênfase na imobilização reprodutível da língua, fator crítico para o êxito do tratamento.

Destaca-se, ainda, a relevância de investir em estudos com materiais de menor densidade e propriedades funcionais, a fim de reduzir a atenuação do feixe de radiação em estruturas saudáveis e minimizar os efeitos adversos. A proposta

configura-se como uma inovação tecnológica de baixo custo, com alta reprodutibilidade, especialmente adequada à realidade de centros oncológicos da Região Sul do Brasil, contribuindo para soluções clínicas acessíveis e de elevado impacto social.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAY, F. et al. Global cancer statistics 2018: Globocan estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, v. 68, n. 6, p. 394–424, 2018

FERLAY, J. et al. Cancer incidence and mortality worldwide 2020: Globocan estimates. **International Agency for Research on Cancer**, 2020.

PARKIN, D. M. et al. Global cancer statistics, 2002. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, v. 55, n. 2, p. 74–108, 2005.

SHIBOSKI, C. H. et al. International Head and Neck Cancer Epidemiology: Consortium: Overview of Risk Factors for Oral Cavity and Oropharyngeal Cancers. **Head & Neck**, v. 32, n. 9, p. 1049–1065, 2010.

PINTO, Henrique da Graça. O impacto do abridor bucal na diminuição das toxicidades bucais em pacientes com câncer de cabeça e pescoço submetidos à radioterapia. 2021. 147 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

JAYAN, S.; JEYALAKSHMI, S.; GANESH, J.; MURUGESAN, R. Tongue morphometry: evaluation of morphological parameters. **SRM Journal of Research in Dental Sciences**, v. 10, n. 3, p. 129-133, 2019. Disponível em: https://journals.lww.com/srmj/fulltext/2019/10030/tongue_morphometry__evaluation_of_morphological.5.aspx.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Estimativa 2023: Incidência de cancer. Acessado em 20 abr. 2025 Online. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros/estimativa>

AUTODESK. *Fusion 360*. San Francisco: Autodesk, 2013.. Acesso em: 10 ago. 2025 Online. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360>

BAMBU LAB. *Bambu Lab X1 3D Printer*. Shenzhen: Bambu Lab, 2022. Acesso em: 10 ago. 2025 Online. Disponível em: <https://www.bambulab.com/x1>.

MEDITRON. *BiteFix: head and neck immobilization device*. Suíça: Meditron, 2025. Acesso em: 03 mar. 2025 Online. Disponível em: <https://www.meditron.ch>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Estimativas de câncer no mundo: novas incidências até 2030*. Genebra: OMS, 2025. Disponível em: <https://www.who.int>. Acesso em: 02 mar. 2025.