

Parametrização de modelos virtuais para bioengenharia

Amanda dos Santos Carlos², Marcelo Fernandes de Oliveira¹, Leonardo Mendes Ribeiro Machado²

ascarlos@cti.gov.br, mfolivei@cti.gov.br, lmachado@cti.gov.br

**¹Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM)
Universidade de Campinas (UNICAMP)– Campinas/SP**

**²Divisão de Segurança de Sistemas de Informação – DSSI
CTI/MCTI Renato Archer – Campinas/SP**

Abstract. *Radiotherapy used to treat cancer patients in the head and neck region has serious side effects. One of these effects is radiation caries. In the present study, an anatomical geometry was developed in BioCAD for a thermodynamic analysis to evaluate the effects of ultrared and ultraviolet lasers of short pulses in root dentin for the treatment of cavities located in the context of exposure to radiotherapy. The results obtained will be used to analyze heat propagation, stress distribution in the region where the laser is applied, in order to estimate the viability and a safe exposure time to the treatment.*

Resumo. *A radioterapia utilizada para tratar pacientes com câncer na região da cabeça e do pescoço gera graves efeitos colaterais. Um destes efeitos é a cárie de radiação. No estudo presente foi desenvolvido uma geometria anatômica em BioCAD destinada a uma análise termodinâmica para avaliar os efeitos dos lasers ultravermelho e ultravioleta de pulsos curtos em dentina radicular para o tratamento de cáries situadas no contexto de exposição à radioterapia. Os resultados obtidos serão utilizados para analisar a propagação de calor, distribuição de tensão na região onde o laser é aplicado, para assim, estimar a viabilidade e um tempo de exposição seguro para o tratamento.*

1. Introdução

Os lasers são amplamente utilizados em tratamentos odontológicos como por exemplo para restauração de tecidos, melhora de clareamento e até mesmo em cirurgias. A depender do caso, a irradiação do dente ocorre com pulsos curtos de luz, que variam de acordo com o comprimento de onda e alguns parâmetros do laser. As interações de tecidos duros dentais com a irradiação a laser de alta intensidade são frequentemente induzidos por ação térmica[1].

A aplicação clínica do laser exige que o parâmetro de irradiação seja selecionado de acordo com a necessidade do tratamento para evitar danos morfológicos como carbonização da superfície do esmalte ou rachaduras, o que pode ocasionar falhas estruturais, estéticas ou até mesmo queixas pós-operatórias em pacientes[2].

Diante desse cenário, ferramentas para avaliar a viabilidade do tratamento de cáries, em pacientes que tenham sido expostos à radioterapia, por meio de laser ultravermelho e ultravioleta, são de grande importância, principalmente para evitar danos à polpa e outras partes sensíveis a variação de temperatura[3].

Dentre estas ferramentas, a simulação computacional, realizada pelo método de análise de elementos finitos (FEA), tende a ser uma solução eficiente e de custo inferior se comparada a ensaios práticos[4]. Para a realização da simulação computacional é necessário a elaboração de um modelo em BioCAD. O objetivo deste trabalho foi a elaboração de um modelo virtual, em BioCAD feito no *software* Rhinoceros®, que apresentasse características geométricas semelhantes ao modelo biológico, garantindo a comparação entre o ensaio computacional e o físico[5]. Todas as técnicas para geração deste modelo geométrico serão discutidas neste trabalho, sendo o foco do mesmo.

2. Metodologia

Para a construção da geometria foi utilizado uma estratégia de modelagens por imagens, o que assegurou a identidade biológica e garantia dos marcos anatômicos, porções da geometria que caracterizam o modelo, mesmo com suas simplificações, para a análise biomecânica[6]. O estudo teórico não basta, é preciso o uso de exemplares em mãos para um estudo mais detalhado, pois a anatomia dental apresenta diversas variações segundo razões variadas, dentre estas razões pode ser citado: miscigenação dos grupos étnicos, hábitos alimentares e mastigatórios como por exemplo famílias que habitam-se a uma alimentação baseadas em massas tem desgaste mais ameno em relação a famílias brasileiras; a perda de elementos dentais, o que acarreta na alteração da anatomia pela solicitação contínua de um dos lados[7].

Sendo assim, a construção dessas geometrias deve ser realizada seguindo os referenciais anatômicos para garantir uma análise computacional coerente. Abaixo está uma imagem com as três vistas do dente incisivo lateral inferior que a colaboradora Patrícia Aparecida da Ana enviou como referência para iniciar o estudo da geometria em BioCAD.

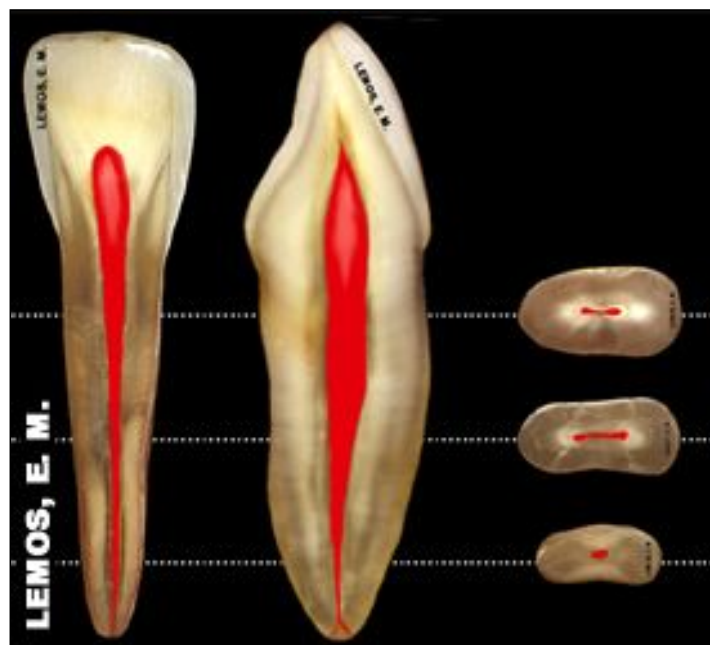


Figura 1. Geometria sugerida pela colaboradora para auxiliar na construção da geometria BioCAD do dente incisivo lateral inferior.

Para o estudo deste trabalho, foi utilizado um modelo de dente incisivo lateral inferior, dente semelhante ao incisivo central porém apresentando dimensões maiores na coroa e na raiz. Ao estudar a geometria do dente de forma mais detalhada, é sabido que o dente incisivo lateral apresenta bordas mesial e distal mais inclinadas, o que lhe confere um aspecto tendente a triangular. Ao comparar a raiz desse dente com o incisivo central observa-se uma raiz mais alongada e robusta[8]. A partir destas comparações é possível demarcar de forma mais assertiva as curvas do incisivo lateral tomando como referência não apenas a imagem do próprio dente, mas evidenciando suas diferenças com outro dente. A imagem abaixo ilustra esta diferença entre os dois dentes, incisivo central inferior à esquerda e incisivo lateral inferior à direita.

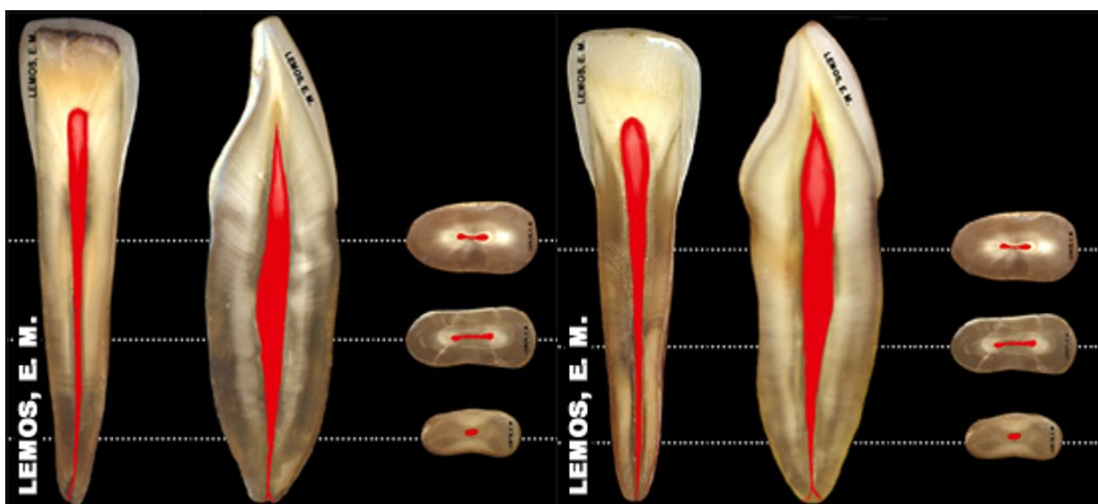


Figura 2. Comparação das geometrias dos dentes incisivo central inferior à esquerda e incisivo lateral inferior à direita.

Para o desenvolvimento do modelo computacional, utilizou-se o *software* Rhinoceros® para a criação da geometria. A priori, foi feito uma busca no banco de dados do laboratório do CTI para obter um modelo base. Dado o modelo base de uma mandíbula, observou-se a necessidade de construir o esmalte e a polpa do dente para que na simulação termodinâmica esses componentes pudessem ser analisados diante da aplicação da radiação a laser.

De início, utilizando planos de cortes, o sólido da mandíbula foi cortado para obter-se somente o dente em que a análise seria realizada. Com a geometria do dente incisivo lateral inferior em BioCAD iniciou-se a construção da geometria do esmalte.

A construção do esmalte se deu a partir das próprias linhas da geometria do dente. Tomando como referência essas linhas e os marcos anatômicos, e seguindo a sugestão da colaboradora Patricia de uma distância média de 0,8 mm entre o dente e o esmalte, gerou-se o sólido[9][10]. A figura 3 representa uma melhor visualização do esmalte gerado a partir das linhas do próprio modelo virtual do dente.

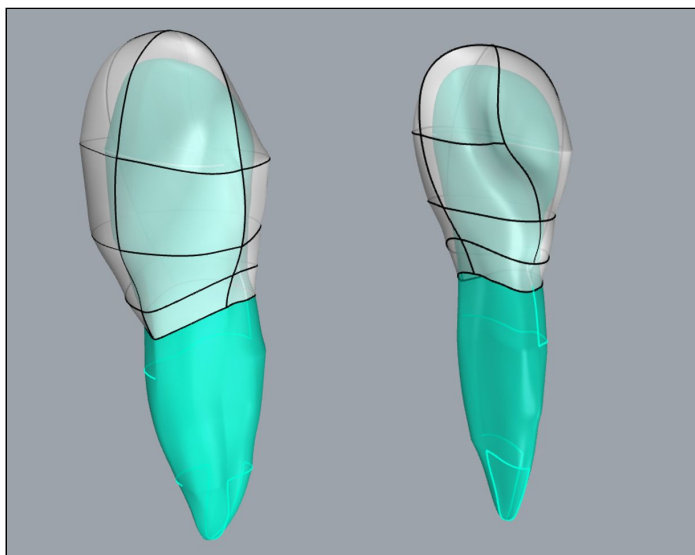


Figura 3. Geometria do esmalte do dente incisivo lateral inferior construída a partir do sólido do osso por meio do *software* Rhinoceros®.

Para a construção da polpa seguiu-se a mesma metodologia, no entanto dando um *offset* para dentro do sólido do dente. Por se tratar de um comando alinhado por vetores a reconstrução a partir desta ferramenta não foi satisfatória. Os vetores em algumas regiões do sólido ficaram desordenados gerando linhas de referências deformadas, que destoavam da geometria proposta, pois, ao contrário da representação do esmalte dentário, que seguia os marcos anatômicos do modelo base, a polpa apresentava uma relação de proporcionalidade e marcos anatômicos próprios. Abaixo segue uma imagem tirada do próprio *software* com a geometria do dente (em verde claro) e a geometria da polpa (em azul), observa-se que a polpa gerada não condiz com as imagens de referência citadas acima (Figura 1).

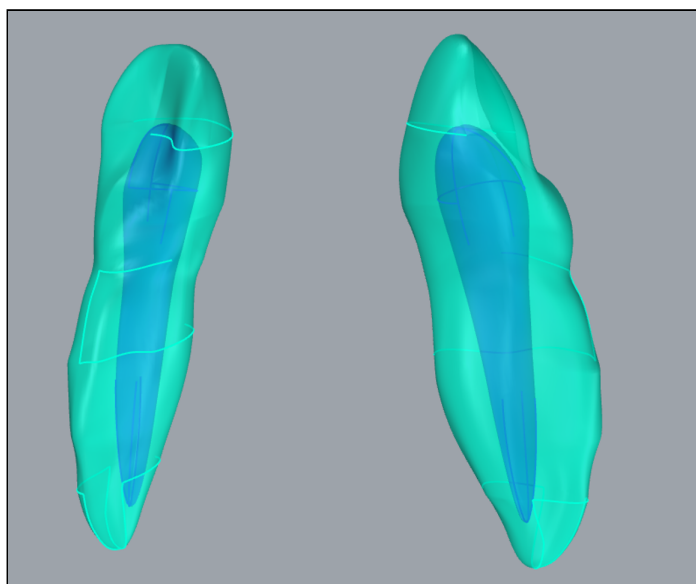


Figura 4. Geometria da polpa do dente incisivo lateral inferior construída com o comando *offset* baseado no sólido do dente.

Ao pensar em um novo método para elaborar o modelo virtual da polpa algumas alternativas surgem como opções, dentre elas, algumas já utilizadas por outros pesquisadores dentro do laboratório CTI Renato Archer. Uma das formas é por meio de um arquivo STL (estereolitografia) que pode ser obtido por meio de uma ressonância magnética ou tomografia computadorizada[11]. É um método interessante, no entanto, para este estudo não é aplicável pois não busca-se validar o dente de um paciente específico, mas sim, estudar a viabilidade de um tratamento e por isso deve-se usar modelos anatômicos genéricos para elaboração dos modelos em BioCAD.

Sendo assim, como alternativa, uma nova estratégia de construção foi utilizada a partir do uso do comando *Insert Picture*. Esse comando possibilita a construção de geometrias através de imagens. Essas eram enviadas ao diretório do *software* e ajustadas no plano de desenho que fosse mais conveniente. Com o comando *Insert Picture* foi possível construir a polpa fielmente à imagem de referência sugerida pela colaboradora Patrícia e o resultado foi satisfatório. A imagem abaixo exhibe o resultado a partir do uso do comando citado acima, em azul escuro está a representação do modelo virtual da polpa elaborado seguindo as linhas da imagem de referência sugerida pela colaboradora Patrícia.

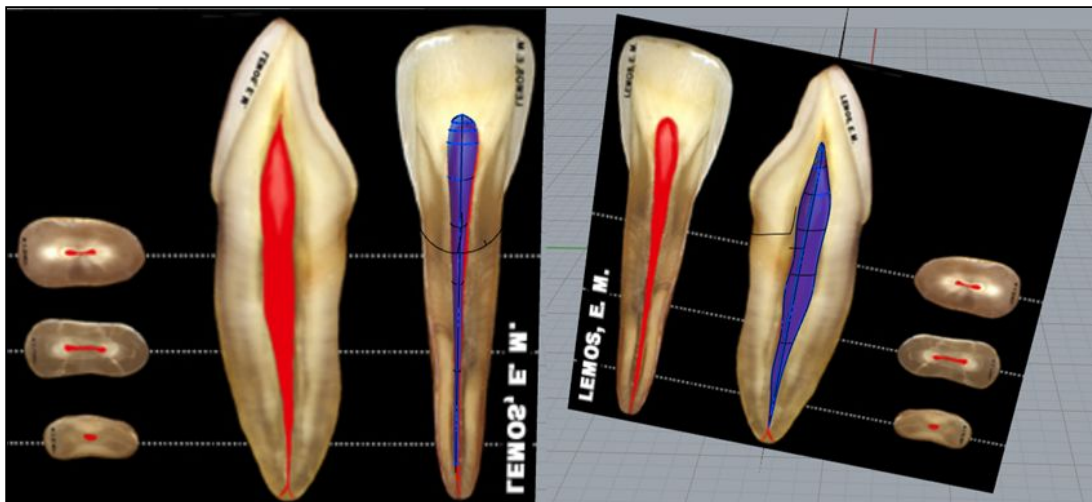


Figura 5. Geometria destaca em azul construída a partir da estratégia da construção por imagens no software Rhinoceros®.

Com a geometria finalizada, tem-se um sólido fechado através de superfícies alinhadas por suas arestas e otimizado para ser utilizado na segunda parte do estudo que é referente à simulação computacional. A validação do modelo geométrico em superfícies Non-Uniform (NURBS), um tipo de estrutura tridimensional que representa graficamente uma função matemática e pode definir com precisão formas complexas, servirá de alicerce para a análise termodinâmica por meio de elementos finitos.

3. Resultados

Como resultado, obteve-se um sólido em superfícies NURBS otimizado, com a finalidade de dar continuidade ao estudo do caso na segunda etapa, relacionada a validação da aplicação do laser e estimar um tempo de exposição seguro a este. A figura 6 representa a geometria final do modelo.

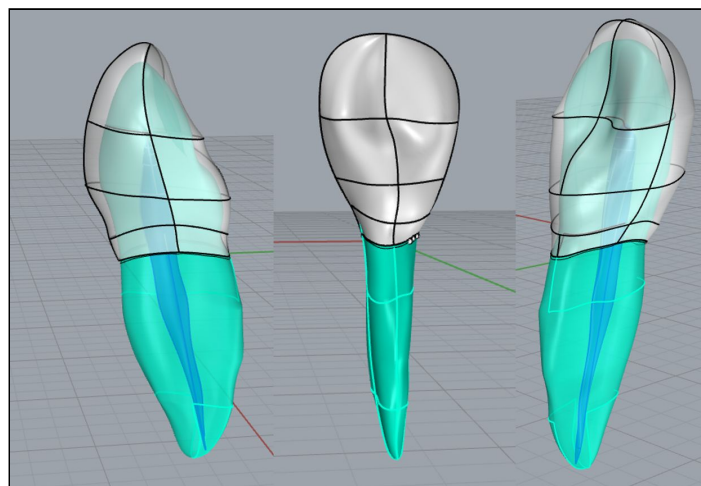


Figura 6. Geometria final padronizada e otimizada desenvolvida no software Rhinoceros®.

A construção do dente foi acompanhada por *feedbacks* da colaboradora Patrícia, para chegar-se a uma geometria ótima com destino a simulação computacional. A geometria otimizada é um passo importante para a validação da eficácia do tratamento proposto pela colaboradora. Abaixo está a representação completa do modelo finalizada com todos os componentes, esmalte, polpa, ligamento e ossos trabecular e cortical do modelo virtual.

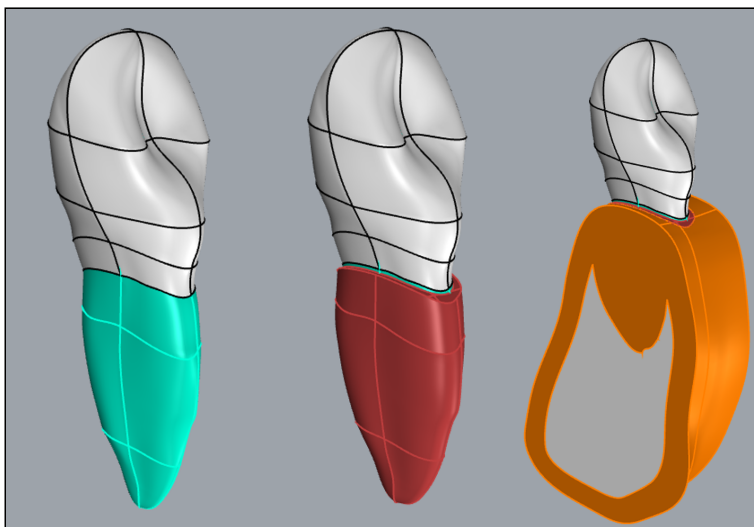


Figura 7. Geometria final padronizada e otimizada com todos os componentes do dente.

4. Conclusão

Junto aos membros da equipe foi possível desenvolver o estudo do caso proposto com satisfação. O modelo desenvolvido serviu como base para a construção da malha em elementos finitos. A divisão do trabalho foi feita de maneira equilibrada e interligada. A comunicação constante garantiu o alinhamento do estudo e bons resultados.

O uso de ferramentas computacionais elucidaram novos métodos aplicados à odontologia. O término da geometria da polpa e do esmalte, assim como todo o ajuste do restante do dente gerou um sólido fechado, pronto para ser utilizado na etapa de análise de elementos finitos. O estudo interdisciplinar enriquece ambas as áreas ao trazer inovação e funcionalidade. As análises realizadas por *softwares* foram fundamentais para o desenvolvimento de novas técnicas no campo da saúde.

5. Agradecimentos

Agradeço a oportunidade de trabalhar e a todo o suporte concedido por meu orientador Marcelo Fernandes de Oliveira e por meu coorientador Leonardo Mendes Ribeiro Machado. Agradeço também ao CTI Renato Archer, à comissão PIBIC e ao CNPq pela oportunidade da bolsa de iniciação científica e por disponibilizar todo o suporte necessário para a realização da pesquisa.

6. Referências

- [1] Ana, PA, Bachmann, L. & Zezell, DM Efeitos dos lasers no esmalte para prevenção da cárie. *Laser Phys.* 16, 865 (2006).
- [2] KINOSHITA, J.; KIMURA, Y.; MATSUMOTO, K. Estudo Comparativo da Remoção de Dentina Cariada por Er, Cr: YSGG Laser e Carisolv. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* Volume 21, Number 5, [S. l.], p. 307, out. 2003.
- [3] ANA, P. A.; VELLOSO, W.F.; ZECELL, D. M. Análise térmica tridimensional de elementos finitos de tecidos dentários irradiados com laser Er, Cr: YSGG. *Review of Scientific Instruments* 79, 093910. doi: 10.1063/1.2953526, [S. l.], p. 1-1, 29 set. 2008.
- [4] LOTTI, R. S.; MACHADO, A. W.; MAZZIEIRO, E. T.; JÚNIOR, J. L. Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial Maringá*, v. 11, n. 2, p. 35-43, mar./abril 2006, [S. l.], p. 1-1, 1 abr. 2006.
- [5] LEAL, I. O.; NORITOMI, P. Y.; IDOGAVA, H. T.; KEMMOKU, D. T. Aplicações BioCAD em Estruturas Anatômicas. XXV Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP, [S. l.], p. 1-1, 30 jun. 2017.
- [6] INTRODUÇÃO ao Estudo da Anatomia. *In: DANGELO, J. G.; FATTINI, C.A. Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar.* 3. ed. [S. l.]: Atheneu, [2007]. cap. 1.
- [7] MADEIRA, Miguel Carlos. Anatomia do Dente. *In: ANATOMIA do Dente.* 5. ed. [S. l.: s. n.], 2007. cap. Anatomia individual dos dentes, p. 31-32.
- [8] MADEIRA, Miguel Carlos. Anatomia do Dente. *In: ANATOMIA do Dente.* 5. ed. [S. l.: s. n.], 2007. cap. Anatomia individual dos dentes, p. 37-38.
- [9] VIEIRA, G. F. Atlas de Anatomia dos Dentes Permanentes: Coroa Dental. 3. ed. rev. e atual. [S. l.]: GEN | Grupo Editorial Nacional, 2018.
- [10] Nelson SJ, Ash Jr MM. Wheeler. Anatomia Dental, Fisiologia e Oclusão. 9. ed. [S. l.]: Elsevier, 2012.

[11] ROCHA, M. C. Análise das Tensões Biomecânicas no Tecido Ósseo Periodontal pelo Método de Elementos Finitos. Orientador: Prof. Adj. Dr. Fabiano Alvim Pereira. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas à Saúde) - Universidade Federal de Sergipe, Largato - SE, 2016.