

APLICAÇÃO DE ELEMENTOS FINITOS NA ODONTOLOGIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

APPLICATION OF FINITE ELEMENTS IN DENTISTRY: A LITERATURE REVIEW

João Victor Couto Brito¹, Dulcinéia Carlos Garcia², Silas da Silva Crispim³,
Jefferson David Melo de Matos⁴, Viviane Maria Gonçalves de Figueiredo⁵

¹Graduando de Odontologia, Centro Universitário UNILEÃO. Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. joaovcbodonto@hotmail.com

²Graduando de Odontologia, Centro Universitário UNILEÃO. Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. dulcygarcia@hotmail.com

³Graduando de Odontologia, Centro Universitário UNILEÃO. Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. silascrispim1993@gmail.com

⁴Graduando de Odontologia, Centro Universitário UNILEÃO. Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. matosjefferson19@gmail.com

⁵Doutora em Odontologia Restauradora. Professora no Centro Universitário UNILEÃO. Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. vivi_mfigueiredo@yahoo.com.br

RESUMO | Objetivo: objetiva-se com esta revisão de literatura esclarecer a aplicação da ferramenta de elementos finitos na Odontologia. **Método:** A revisão de literatura foi pautada em uma literatura específica e relevante, ou seja, artigos científicos, teses e livros sobre a temática abordada, utilizando as bases de dados das plataformas Pubmed.gov, Google.acadêmico, Scielo e outras bibliotecas virtuais. **Considerações Finais:** A Odontologia encontra no método dos elementos finitos uma forma de aprimorar a prática clínica, através de uma ferramenta computacional, para análises tensionais e estruturais nos materiais dentários e estruturas orofaciais.

Palavras-chaves: Odontologia; Mecânica; Bioengenharia.

ABSTRACT | Objective: Objective is with this literature review to clarify the application of finite elements in dentistry. **Method:** A literature review was based on a specific and relevant literature, ie, scientific articles, theses and books on the theme. This literature has been conducted on the following platforms: PubMed, Google Acadêmico, SciELO and virtual libraries. **Conclusions:** Finite elements is a method to improve clinical practice, through a computational tool to tension and structural analyses in dental materials and orofacial structures.

Keywords: Dentistry; Mechanic; Bioengineering.

INTRODUÇÃO

O método dos elementos finitos (MEF) originalmente foi criado para resolver problemas estruturais no âmbito da engenharia no qual avaliava o grau de deformação e tensão que um sólido sofria quando determinadas cargas eram impostas sobre ele. Seu uso tornou-se corrente durante a década de 60, quando o mesmo sofreu uma grande evolução e o recurso foi transferido para o computador para análises geométricas arbitrárias de materiais que são sujeitos a sofrer qualquer tipo de carga¹. Em geral o MEF é definido como um método matemático que utiliza um meio contínuo para ser dividido em diversos elementos que mantêm as características do seu original e que são descritos por equações e modelos matemáticos para chegar ao resultado desejado².

Seguindo este pensamento, a Odontologia aderiu à técnica e a emprega até hoje em diversas especialidades, encontrando na Ortodontia uma grande aplicabilidade de seus recursos³. Porém nas outras especialidades, principalmente em implantodontia e prótese dentária este recurso é de grande utilidade, quando se deseja avaliar as tensões oclusais geradas no rebordo alveolar, prevenindo reabsorções ósseas indesejadas⁴.

Com esta ferramenta computacional, complexos comportamentos biomecânicos de próteses e estruturas circunvizinhas podem ser mensurados⁵ e, para a análise, é necessária a obtenção de um modelo experimental do objeto a ser estudado, que poderá ser qualquer estrutura do sistema estomatognático². A partir disto um modelo é obtido em CAD (Computer Aid Designer) e inserido no programa de elementos finitos ANSYS 10.0 (ANSYS Inc., Canonsburg, PA, USA) e, dentro do programa, o modelo é malhado e atribuído a ele propriedades mecânicas e condições de interface para que possam ser analisadas tensões, deformações e deslocamentos, tanto no modelo completo como nas estruturas que o compõem⁶.

Assim, compreender as falhas que ocorrem na clínica odontológica é necessário, uma vez que os estudos in vitro muitas vezes não conseguem explicar tal situações e os estudos in vivo apresentam dificuldade para serem executados. O uso de

estudos in silico mostram-se como uma opção para explicar condições mecânicas odontológicas difíceis de serem reproduzidas por outros tipos de estudos. Com base no exposto, objetiva-se com esta revisão de literatura esclarecer a aplicação da ferramenta de elementos finitos na Odontologia.

REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi pautada em uma literatura específica e relevante, ou seja, artigos científicos, teses e livros sobre a temática abordada. Esta literatura foi buscada nas seguintes plataformas: Pubmed.gov, Google.acadêmico, Scielo; Bibliotecas virtuais; já os descritores utilizados nesta busca foram: Odontologia, Elemento Finito e Bioengenharia.

A aplicabilidade e tomada de resultados através do MEF na Odontologia e a busca por procedimentos operatórios satisfatórios combinaram perfeitamente para uma prática clínica mais moderna, segura e eficiente. Com isso, a implantodontia encontrou a chave para procedimentos operatórios que demandariam manejos extremamente cuidadosos e que com o método deixaram o pós-operatório seguro e com menos chances de complicações^{6,7}.

Portanto, o método dos elementos finitos pode ser realizado antes de um estudo de laboratório, como forma de projetar e conduzir uma pesquisa, para prevenir possíveis erros, sendo sua complexidade variável de acordo com as estruturas modeladas. A técnica frequentemente utilizada em estudos de bioengenharia é chamado Bio-CAD, e consiste na obtenção de um modelo virtual geométrico de uma estrutura a partir de referências anatômicas⁸.

Vem se tornado rotina na Odontologia o uso deste método associado a implantodontia, com altos índices de sucesso⁹. Os conceitos de osseointegração são os mais importantes quando se fala em implante dentário e que é definido como o contato direto do tecido ósseo com a superfície de um implante em plena função ao nível de microscopia óptica, sem interposição de tecido fibroso. Neste contexto

estrutural e funcional o método matemático vem auxiliar na simulação de condições em que o implante mucossuportado seria inviável e colocá-lo em uma condição de viabilidade¹⁰.

Com relação às próteses implantossuportadas, é importante avaliar os elementos que são colocados sobre os implantes. O tipo de material para o recobrimento, assim como infraestrutura, anatomia e dimensões em relação ao implante são preponderantes para o sucesso ou fracasso reabilitador⁷. Levando em conta as cargas tensionais sofridas pela prótese sobre implante, é possível identificar como as forças são transmitidas e suas intensidades e distribuições ao osso¹¹ com isso a resina acrílica foi mostrada em estudos que apresenta uma absorção maior de tensões como material de revestimento¹².

Propriedades do material podem ser determinadas por meio de ensaios mecânicos usando uma configuração de dureza Knoop e o módulo de elasticidade pode ser estimado produzindo um método simples e de baixo custo¹³. Isso influencia diretamente nas aplicações de cargas e como as estruturas a suportam. Existem variados tipos de forças externas como tração, compressão, cisalhamento e torque. Para simular estas variações, cargas pontuais são distribuídas através de uma área específica por meio de uma cúspide oposta simulando um dente antagonista e um ponto de aplicação de carga pode resultar em concentrações de alta tensão em nós (pontos pelos quais se comunicam os elementos) e assim é avaliado o estresse de concentração dos materiais⁸.

A visualização dos resultados pode ser feita por distribuições de dados mostrando o uso de uma escala de cores, em que cada cor corresponde a um intervalo de valores e que com base neste resultado imediato, o operador pode verificar o deslocamento da estrutura, o tipo de movimento que foi realizado, qual região tem um maior deslocamento e até a forma de redistribuir as tensões na estrutura analisada. Portanto, resultados nas análises dos elementos finitos é quase ilimitada e várias vezes torna-se intimidante, porém a facilidade de visualizar e identificar os resultados torna o método bastante acessível para a prática odontológica⁸.

O método dos elementos finitos na Odontologia

apresenta-se como uma ferramenta de grande valor para o cirurgião-dentista moderno, pois a qualidade dos seus resultados e suas implicações clínicas são extremamente satisfatórias com essa técnica. A mensuração de cargas oclusais impostas em diversos tipos de próteses, implantes ou resistências de materiais que compõem os mesmos fazem com que o profissional tenha um prognóstico favorável para a reabilitação dos seus pacientes.

A partir de um modelo matemático pode-se observar uma subdivisão de elementos constituintes em vários outros que serão descritos por equações e modelos matemáticos. E o que significa isso? A partir do momento em que o cirurgião dentista trabalha com uma equipe multidisciplinar para o uso do MEF, ele dispõe de técnicas que não fazem parte do seu cotidiano (equações diferenciais e modelos matemáticos), porém que irão trazer mensurações biomecânicas que não seriam possíveis com métodos convencionais e não trariam os mesmos resultados.

Quando um elemento de estudo é selecionado as tensões desejadas são aplicadas sobre ele, o seu comportamento é descrito por funções algébricas, em que os achados representarão a distribuição das tensões e deformações do modelo experimental². Com esta afirmação é visto que a obtenção de um modelo experimental de um elemento é de fundamental importância para o resultado final, visto que etapas são extremamente importantes e metódicas que vai desde o desenho gráfico, passa pela discretização em elementos finitos, formação da malha e distribuição das informações sobre os nós das malhas e que com isso obteremos os resultados desejados de avaliação⁸.

Por meio do MEF qualquer material ou estrutura dento-maxilo-facial pode ser modelada e os esforços analisados. Nas especialidades odontológicas, encontramos uma de suas principais vantagens que consiste no fato de poder controlar qualquer variável relacionada a um experimento, facilitando a análise dos resultados, proporcionando grandes benefícios às pesquisas científicas, o que remete ao imenso avanço tecnológico que vem para somar na prática odontológica.

Com todos esses resultados, é necessário ter em mente que o método não é totalmente incontestável e que a precisão de seus resultados também possui

limites de tolerância², porém não põe em questão a sua confiabilidade. As limitações presentes no uso da FEA consistem principalmente na incapacidade de reproduzir todos os detalhes anatômicos, em virtude das especificidades e complexidade das estruturas orais e craniofaciais. A dificuldade e imprecisão na obtenção de informações referentes às propriedades dos materiais também constituem uma deficiência. A análise de elementos finitos é uma ferramenta de extrema valia para o entendimento biomecânico, porém não substitui a realização de estudos laboratoriais e clínicos para fundamentar uma teoria científica. O uso do elemento finito contribui na explicação dos achados em estudos científicos. Outro fator importante é que os estudos em 2D são limitados quando comparados aos em 3D, por apresentarem uma limitação estrutural⁸.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, conclui-se que a Odontologia moderna encontra no método dos elementos finitos uma forma de aprimorar a prática clínica, através de uma ferramenta computacional, para obter resultados que se apresentam como satisfatórios e eficientes nos diversos procedimentos de reabilitação oral e de análises tensionais e estruturais nos materiais dentários, trazendo assim prognósticos favoráveis aos pacientes e satisfação aos mesmos.

CONFLITOS DE INTERESSES

Nenhum conflito financeiro, legal ou político envolvendo terceiros (governo, empresas e fundações privadas, etc.) foi declarado para nenhum aspecto do trabalho submetido (incluindo mas não limitando-se a subvenções e financiamentos, conselho consultivo, desenho de estudo, preparação de manuscrito, análise estatística, etc).

REFERÊNCIAS

1. Cook RD, Malkus DS, Plesha ME, Witt RJ. Concepts and Applications of Finite Elements Analysis. John Wiley & Sons, Inc; 2002.
2. Lotti RS, Machado AS, Mazzeiro ET, Landre Júnior J.

Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2006;11(2):35-43. doi: [10.1590/S1415-54192006000200006](https://doi.org/10.1590/S1415-54192006000200006)

3. Lotti RS, Mazzeiro ET, Landre Junior J. A influência do posicionamento da alça segmentada em "T" durante o movimento de retração inicial. Dental Press Ortodon. Ortop. Facial. 2006;11(3):41-54. doi: [10.1590/S1415-54192006000300006](https://doi.org/10.1590/S1415-54192006000300006)
4. Abrão GM. Análise pelo método de elementos finitos da distribuição de tensões em dentes pilares de próteses parciais removíveis classe I de Kennedy associada a implante osseointegrado [Dissertação]. Uberlândia: Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia; 2014.
5. Laganá DC. Comportamento biomecânico das estruturas de suporte e da prótese parcial removível de extremidade livre, com encaixe extracoronário rígido e semi-rígido [Tese de livre docência]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1996.
6. Pessoa RS, Oliveira SAG, Golveia VG, Marcantonio Jr E, Vaz LG. Aplicabilidade do método de elementos finitos na implantodontia. Innovations Implant Journal. 2006; 1(1): 41-7.
7. Vasconcellos AB. Estudo das tensões em prótese parcial fixa livre de metalocerâmica - método dos elementos finitos [Tese]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2011.
8. Soares CJ, Versluis A, Valdivia ADCM, Bicalho AA, Veríssimo C, Barreto BCF et al. Finite element analysis in dentistry- improving the quality of oral health care. In: Moratal D. Finite Element Analysis - From Biomedical Applications to Industrial Developments. Intech. 2012.2:25-56. doi: [10.5772/37353](https://doi.org/10.5772/37353)
9. Prados-Privado M, Prados-Frutos JC, Gehrke SA, Siles MS, José Luis Calvo Guirado JLG, Bea JA. Long-Term Fatigue and Its Probability of Failure Applied to Dental Implants. BioMed Research International. 2016:ID 8927156:1-8. doi: [10.1155/2016/8927156](https://doi.org/10.1155/2016/8927156)
10. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants . Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. Acta orthop. Scand. 1981;52(2):155-70.
11. Çiftçi Y, Canaya S. The effect of veneering materials on stress distribution in implant-supported fixed prosthetic restorations. The international journal of oral and maxillofacial implants. 2000;15(4):571-82.
12. Shalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. J prosthet dent. 1983;49(6):843-8.
13. Marshall DB, Noma T, Evans AG. A simple method for determining elastic-modulus-to-hardness ratios using Knoop indentation measurements. J Am Ceram Soc. 2006;65(10):c175-c176. doi: [10.1111/j.1151-2916.1982.tb10357.x](https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1982.tb10357.x)