

Simulação de comportamento mecânico de implantes dentários de titânio com diferentes geometrias

Thielly Machareth Ward¹; Pedro Araújo da Costa Ward¹; Claudinei dos Santos¹; Luciano Pessanha Moreira¹.

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, Universidade Federal Fluminense.

Palavras chave: *Implantes dentários; Geometria; Simulações por Elementos finitos; Titânio; Critério von Mises.*

INTRODUÇÃO

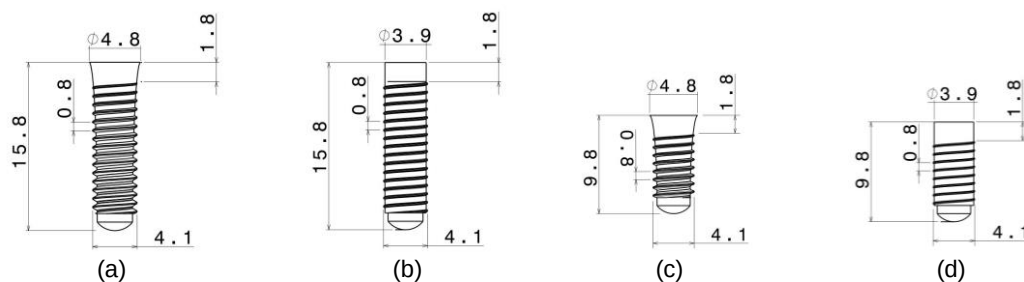
Os implantes de titânio são os mais empregados e mais investigados em toda literatura. Devido às suas propriedades mecânicas e biocompatibilidade com o osso humano, esse material apresenta uma das melhores soluções para melhorar o processo de osseointegração e vida útil do implante¹. O estudo consiste em avaliar a resposta mecânica de implantes dentários a base de titânio em duas posições extremas na mandíbula humana, terceiro molar e incisivo central, e avaliar as alterações desta resposta ao alterar a geometria do implante e mantendo o mesmo valor de carga mastigatória aplicado. O desenvolvimento da geometria, discretização da malha e aplicação do método dos elementos (MEF) foram executados com o auxílio de softwares CAD/CAE.

O critério de falha utilizado foi o critério de von Mises, devido ao titânio se tratar de um material dúctil. Este critério leva em consideração que a rede cristalina de um material se distorce sob tensão, e em algum momento, essa distorção se torna irreversível após a retirada da carga. Os níveis de tensão ultrapassam o limite elástico do material, causando o escoamento².

METODOLOGIA

Os quatro modelos geométricos (Figura 1) avaliados foram: região do terceiro molar com implantes comercial e autoral; região do incisivo central com implantes comerciais (Straumann®) e autorais. O modelo autoral foi elaborado no intuito de avaliar a variação da distribuição de tensões assim como os resultados de tensão equivalente de von Mises alterando o formato cônico do modelo comercial para um formato totalmente cilíndrico. O posicionamento do implante também é outro fator que influencia na geometria do implante, neste caso no comprimento do mesmo.

Figura 1 – Geometrias de implante: (a) comercial para 3ºmolar; (b) autoral para 3ºmolar; (c) comercial para incisivo central; (d) autoral para incisivo central.



Fonte: Próprio autor.

As propriedades mecânicas utilizadas, considerando materiais isotrópicos, elásticos e homogêneos, se encontram na Tabela 1. Outro fator importante é considerar que o osso é composto de duas distintas: camada externa (osso cortical) e camada interna (osso esponjoso).

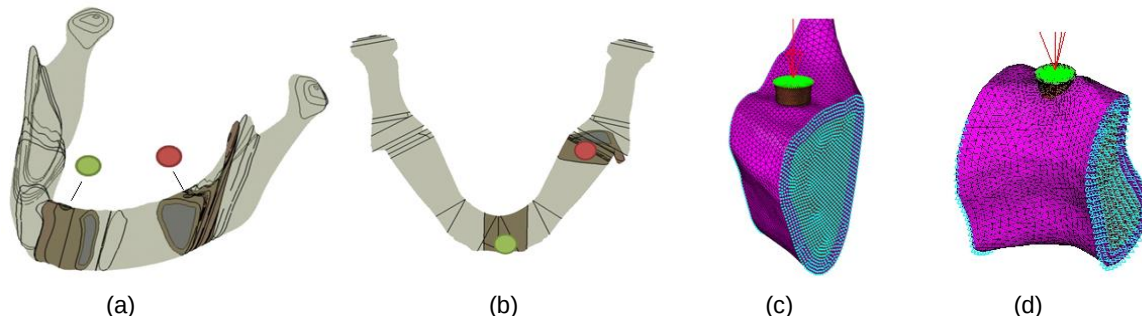
Tabela 1 – Propriedades mecânicas dos materiais que compõem o sistema de implantes, utilizados nas simulações numéricas.

Material	Módulo de Young "E" (MPa)	Coefficiente de Poisson "ν"	Limite de ruptura à flexão " σ_{yt} " (MPa)	Ref
Osso cortical	30000	0,33	-	[3]
Osso esponjoso	500	0,33	-	[3]
Titânio de alta pureza	110000	0,35	550	[4]

Fonte: Próprio autor.

Conforme Figura 2a e 2b, as simulações foram realizadas nas regiões do 3° molar (em vermelho) e incisivo central (em verde) separadamente. Nas Figuras 3c e 3d se encontram as malhas de elementos finitos e condições de contorno para os modelos de 3° molar e incisivo central respectivamente. A carga mastigatória foi considerada de 500N no sentido longitudinal do implante.

Figura 2 – Modelos geométricos: (a) Vista isométrica da mandíbula; (b) Vista superior da mandíbula; (c) Malha e condições de contorno para implante de 3° molar; (d) Malha e condições de contorno para implante de incisivo central.

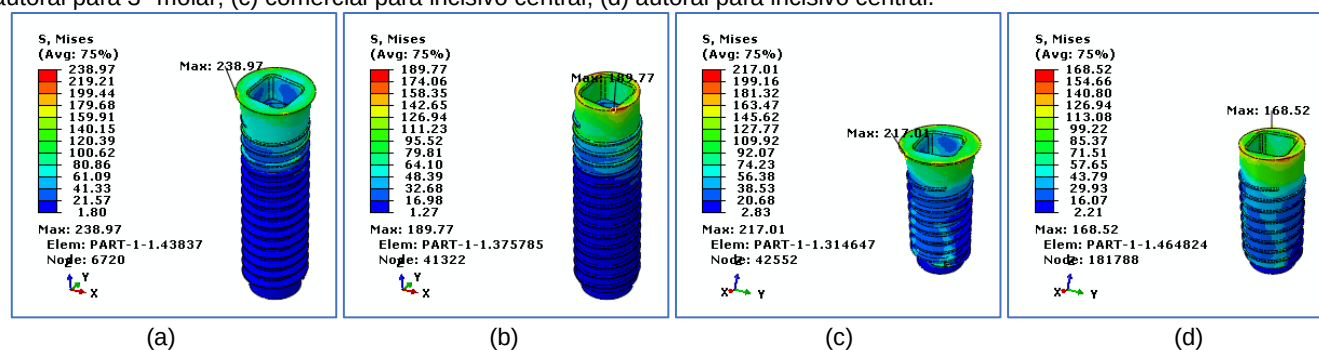


Fonte: Próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para tensão equivalente de von Mises podem ser observados na Figura 3. Como o foco do estudo são os implantes e as maiores concentrações de tensão encontram-se nos mesmos, as imagens não apresentam a mandíbula para uma melhor visualização dos resultados. Em todos os casos, os valores são bem inferiores ao limite de ruptura do titânio e há uma melhoria nos valores de tensão máxima ao alterar a geometria superior do implante, ou seja, alterando do comercial para o autoral.

Figura 3 – Distribuição de tensões pelo critério de falha de von Mises em MPa nos implantes: (a) comercial para 3° molar; (b) autoral para 3° molar; (c) comercial para incisivo central; (d) autoral para incisivo central.



Fonte: Autor (2022).

CONCLUSÕES

A geometria do implante dentário é uma característica que afeta diretamente na maneira que o mesmo responde a aplicação de determinada carga mastigatória, principalmente devido a regiões de concentração de tensões. É possível identificar maiores alterações de resultados na modificação da região superior do implante, aonde a carga é aplicada.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Fábio Costa pela concessão de arquivos de mandíbula humanas utilizada nas simulações, e aos órgãos de fomento FAPERJ e CNPq.

REFERÊNCIAS

- [1] MILONE, D. *et al.* Stress distribution and failure analysis comparison between Zirconia and Titanium dental implants. **Procedia Structural Integrity**, v. 41, p. 680-691, 2022
- [2] DOWLING, N. E. **Mechanical behavior of materials**. Fatigue of materials: introduction and stress approach. Prentice-hall, 1993.
- [3] DAGUANO, J. **Biovidros e vitrocerâmicos bioativos do sistema 3CaO.P₂O₅-SiO₂-MgO para aplicações biomédicas**: processamento e caracterizações estruturais, mecânicas e biológicas. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal de São Paulo, Lorena, 2011.
- [4] LIN, C. L.; WANG, J. C.; KUO, Y. C. Numerical simulation on the biomechanical interactions of tooth/implant-supported system under various occlusal forces with rigid/non-rigid connections. **Journal of Biomechanics**, v. 39, p. 453-463, 2006.