

## Análise de tensões numa barra sobre implantes em PEEK e em titânio – estudo com métodos sem malha

Costa R<sup>1</sup>, Figueiral MH<sup>2</sup>, Oliveira SJ<sup>3</sup>, Costa DC<sup>4</sup>, Belinha J<sup>5</sup>, Sampaio-Fernandes JC<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto, Portugal, roselinicosta@gmail.com

<sup>2</sup>Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto, Portugal, hfigueiral@gmail.com

<sup>3</sup>Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto, Portugal, susanaoliveira21@gmail.com

<sup>4</sup>Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal, danielcouthocosta@hotmail.com

<sup>5</sup>Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Portugal, job@isep.ipp.pt

<sup>6</sup>Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto, Portugal, sampaiofernandes@gmail.com

### RESUMO

A prótese híbrida é uma excelente opção de reabilitação oral, principalmente em perdas dentárias extensas, consistindo numa prótese fixa sobre uma infraestrutura implantossuportada (barra). O material usado para o fabrico da estrutura da barra é de fundamental importância, pois influencia a resposta estrutural e a distribuição de tensões durante a função mastigatória. A análise numérica, através de métodos discretos, permite obter uma aproximação do comportamento mecânico de próteses e estruturas adjacentes. Este estudo pretende analisar a resposta estrutural de duas barras implantossuportadas (sem cantilever e com cantilever de 12mm) sobre 4 implantes dentários na região da mandíbula, confeccionadas em titânio, PEEK e 30% CFR-PEEK. Nas condições experimentais testadas e com base na metodologia aplicada, conclui-se que o titânio apresenta uma melhor performance estrutural, seguido pelo CFR-PEEK e PEEK. Neste trabalho, foram utilizados dois métodos discretos, o método dos elementos finitos e um método sem malha. Os resultados numéricos obtidos confirmam que ambas as técnicas numéricas produzem soluções concordantes.

**Palavras-chave:** Métodos sem malha, PEEK, CFR-PEEK, prótese implantossuportada

### INTRODUÇÃO

A reabilitação oral é uma área da medicina dentária que tem registado uma grande evolução graças à introdução de novos materiais e tecnologias. Tem sido sugerido que o material usado para a fabricação de barras implantossuportadas é muito importante para obter sucesso clínico [1,2]. As situações clínicas são variadas e muitas vezes complexas, pelo que a simulação numérica pode oferecer uma previsão do comportamento mecânico das próteses. Este tipo de análise computacional permite verificar a resposta estrutural da barra, dos implantes e do tecido ósseo [3,4]. Nos últimos anos, o desenvolvimento de técnicas avançadas de discretização sem malha (métodos sem malha) permite que atualmente estas sejam consideradas uma alternativa válida ao método dos elementos finitos (MEF).

### MATERIAS E MÉTODOS

Esta investigação baseou-se nas análises estrutural de dois modelos de barras implantossuportadas (sem e com cantilever) fabricados em titânio, PEEK (Poli(éter-éter-cetona)) e CFR-PEEK (PEEK reforçado com fibra de carbono). Foram utilizados *softwares* específicos em várias etapas, designadamente: FEMAP (versão de estudante) e FEMAS (versão académica: cmech.webs.com) [5]. No FEMAP realizou-se o desenho das duas barras e confeção dos modelos com as seguintes características: largura da barra 36mm, espessura da barra 3mm, cantilever de 12mm (quando presente). O FEMAS foi utilizado para a análise numérica dos modelos. Nas condições de fronteira definidas, os modelos foram fixados na base dos 4 pilares que constituem os implantes da barra. Uma força  $f_1$  foi aplicada na região anterior da barra sem cantilever e uma força  $f_2$  na região posterior da barra com cantilever, ambas de 1N. Para cada simulação foram obtidos os campos de tensões equivalentes de von Mises, deformações equivalentes e deslocamentos totais. A força máxima que um material pode resistir tem como base a tensão final do material. Dado que em todas as análises os materiais foram considerados lineares elásticos, assumindo uma análise estática com linearidade geométrica, em todos os modelos foi aplicada uma força de 1N. Assim, a força máxima ( $F_{max}$ ) foi calculada através da equação (1), sendo  $\sigma_1$  é a tensão obtida com a força de 1N e  $\sigma_U$  a tensão limite do material [6].

$$\frac{1N}{\sigma_1} = \frac{F_{max}}{\sigma_U} \Rightarrow F_{max} = \frac{\sigma_U}{\sigma_1} \quad (1)$$

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das tensões de von Mises foram muito semelhantes para os diferentes materiais estudados e confirmados com as distintas análises numéricas (métodos sem malha e MEF).

### Modelo barra sem cantilever

A partir dos valores da tensão de compressão dos materiais estudados encontrados na literatura, obtiveram-se os valores da força máxima mastigatória teoricamente suportada pela região anterior da barra sem cantilever para os materiais titânio, PEEK e CFR-PEEK, nas condições analisadas. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1. É visível que PEEK não é um material adequado para resistir a médias ou altas cargas mastigatórias, em oposição a outros estudos [7,8]. Os valores máximos da tensão de von Mises e da deformação localizaram-se na região inferior da barra, próximo à porção mesial dos implantes de pré-molares. O deslocamento máximo ocorreu na região anterior da barra, no mesmo local de aplicação da força (f1).

### Modelo barra com cantilever

A deformação do cantilever é diretamente proporcional ao comprimento deste e inversamente proporcional à sua largura. Recomenda-se que a liga utilizada no fabrico da barra tenha um módulo de elasticidade maior que 80000 Mpa, sendo que o cantilever não deve exceder 20mm de comprimento quando se usam 5 ou mais implantes e 15mm com 4 implantes [9]. A força máxima mastigatória que a região de cantilever suportaria na simulação estudada é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados para a força mastigatória máxima suportada pela barra sem e com cantilever

Material da barra	Força máxima mastigatória (barra sem cantilever)	Força máxima mastigatória (barra com cantilever)
Titânio	26 N – 57 N	137 N – 384 N
PEEK	4 N – 8 N	23 N – 55 N
CFR-PEEK	5,7 N – 8 N	34 N – 55 N

Os resultados obtidos indicam que a região onde se verifica, simultaneamente, a maior tensão equivalente de von Mises e a maior deformação equivalente ocorre na parte inferior da barra, próximo à porção cérvico-distal do pilar do último implante. Como esperado, o valor máximo do deslocamento ocorre na porção distal do cantilever. O titânio apresentou a menor deformação e menor deslocamento entre os materiais estudados. Comparativamente ao PEEK puro, o CFR-PEEK apresenta uma melhor performance como material da barra com cantilever.

### CONCLUSÕES

Relativamente aos diferentes modelos de barra sobre implantes estudados, conclui-se que o titânio apresenta menor deformação e menor deslocamento, seguido pelo CFR-PEEK e o PEEK. As tensões de von Mises máximas dos diferentes materiais são muito semelhantes, o que é confirmado nas distintas análises numéricas. Os resultados obtidos nas análises do MEF confirmaram os resultados da análise dos métodos sem malha, demonstrando que estes últimos são uma alternativa viável na análise estrutural de componentes mecânicos aplicados na medicina dentária.

### REFERÊNCIAS

- [1] dos Santos, M.B., Caldas, R.A., Zen, B.M., Bacchi, A., Correr-Sobrinho, L. (2015). Adaptation of overdenture-bars casted in different metals and their influence on the stress distribution: a laboratory and 3D FEA. *Journal of Biomechanics*, 48(1), 8-13.
- [2] Bacchi, A., Consani, R.L.X., Mesquita, M.F., dos Santos, M.B.F. (2013). Effect of framework material and vertical misfit on stress distribution in implant-supported partial prosthesis under load application: 3-D finite element analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71(5), 1243-1249.
- [3] Abreu, R.T., Spazzin, A.O., Noritomi, P.Y., Consani, R.L., Mesquita, M.F. (2010). Influence of material of overdenture-retaining bar with vertical misfit on three-dimensional stress distribution. *Journal of Prosthodontics*, 19(6), 425-431.
- [4] de la Rosa Castolo, G., Guevara Perez, S.V., Arnoux, P.J., Badih, L., Bonnet, F., Behr, M. (2019). Implant-supported overdentures with different clinical configurations: Mechanical resistance using a numerical approach. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(3), 1.e1-1.e10.
- [5] Belinha, J. (2016). Manual for FEMAS M-15.1 finite element and meshless analysis software.
- [6] Costa, D.C. (2019). Biomechanical Simulation of Complex Dental Implant Solutions Using Meshless Methods. (Master's degree thesis, Universidade do Porto).
- [7] D. Garcia-Gonzalez, D., Rusinek, A., Jankowiak, T., Arias, A. (2015). Mechanical impact behavior of polyether-etherketone (PEEK). *Composite Structures*, 124, 88-99.
- [8] Sinha, N., Gupta, N., Reddy, K.M., Shastry, Y. (2017). Versatility of PEEK as a fixed partial denture framework. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*. 17(1), 80.
- [9] Gonzalez, J. (2014). The evolution of dental materials for hybrid prosthesis. *The Open Dentistry Journal*, 8, 85.