

CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DE IMPLANTES DENTÁRIOS DE TITÂNIO POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA E ENSAIOS MECÂNICOS

B. Helfenstein¹, S. A. Gehrke², N. O. Muniz¹, A. L. M. Vargas³, B. A. Dedavid¹
Av. Ipiranga, 6681 – Partenon – Porto Alegre/RS – CEP: 90619-900
bruhelfenstein@hotmail.com

¹Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

²Faculdade de odontologia, Universidade Federal de Santa Maria

³Grupo de Estudos de Propriedades de Superfícies e Interfaces (GEPSI – TECNOPUC)

RESUMO

Implantes de titânio, tipo mini parafuso, com desenho diferenciado, foram ensaiados por tração e por torção para análise do comportamento da forma em relação as exigências da norma ASTM F136. Os implantes apresentaram resistência mecânica acima do exigido pela norma, sendo que 83,3% deles romperam acima da rosca, no suporte da prótese. As superfícies de fratura obtida por tração e por torção apresentaram morfologias distintas, mas ambas apresentaram fraturas frágeis. Ensaio metalográfico, difração de raios-X (XRD) e microdureza foram utilizados para caracterização microestrutural do material, quanto às fases presentes antes e após tratamento térmico. A presença da fase β , na superfície do parafuso após tempera, evidencia que o tratamento térmico poderá contribuir para a resistência mecânica e superficial do implante.

Palavras chaves: Implantes de titânio, mini parafusos, ensaios mecânicos, tratamento térmico.

INTRODUÇÃO

Implantes dentários são suportes ou estruturas metálicas posicionadas cirurgicamente no osso maxilar abaixo da gengiva. Uma vez colocados, permitem ao dentista montar dentes substitutos sobre eles. Por serem integrados ao osso, os implantes oferecem um suporte estável para as próteses ⁽¹⁾. Os implantes mais comuns são os parafusos cilíndricos e os cônicos, sendo esse último, mais comumente utilizado pela facilidade clínica de inserção e melhor estabilidade

primária. Próteses montadas sobre implantes dentários não devem escorregar e nem mudar de posição na boca. Neste contexto, a garantia de sucesso do implante está vinculada, entre outros fatores, ao desenho do parafuso, a biocompatibilidade e a resistência mecânica do material utilizado em sua fabricação ⁽²⁾.

A característica de biocompatibilidade aliada a baixa densidade, alta resistência mecânica e alta resistência à corrosão fazem do titânio não ligado Grau 2 (ASTM Grade 2) a escolha mais adequada para a implantes dentários ⁽³⁾.

O titânio possui duas fases distintas em função da temperatura, abaixo de 882,2 °C na fase α (hcp) e acima de 882, 2 °C a fase β (ccc)⁽⁴⁾. A resistência a tração e a torção do implante dependem da forma (*desing*) do parafuso, mas principalmente, das fases presentes em sua microestrutura ^(5, 6).

O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de um implante de formato diferenciado, tipo mini parafuso, fabricado de titânio não ligado quando submetido à tração e a torção. Relacionar a microestrutura e as fases presentes antes e após os tratamentos térmicos, uma vez que estas poderão influenciar no comportamento da proliferação óssea ⁽⁵⁾.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, foram analisados oito mini parafusos de titânio (ASTM Grade 2), de fabricação nacional, marca Implac - lote número 12/07. Três amostras foram ensaiadas por torção, três por tração, segundo a norma ASTM F136⁽⁷⁾ e NBR ISO 6475:1997⁽⁸⁾. Amostras rompidas foram observadas por microscopia eletrônica, e na seqüência, foram cortadas longitudinalmente, preparadas por técnicas convencionais de lixamento e polimento e atacadas com uma solução de 10 ml HF, 5 ml HNO₃ e 85 ml H₂O para os ensaios metalográficos por microscopia óptica e eletrônica de varredura, para a caracterização das fases presentes. Dois implantes foram tratados termicamente em um forno horizontal sob atmosfera protetora de argônio. A primeira amostra foi aquecida em forno (950 °C) por 30 min e resfriada em água na temperatura ambiente (T1) para têmpera, e a segunda foi aquecida em forno (750 °C) por 30 min e resfriada ao ar (T2) para recozimento.

A dureza de cada fase observada, antes e após tratamento térmico, foi obtida com um microdurômetro Vickers, com carga de 490,3 mN, e tempo de penetração de 15 segundos.

A difração de raios X foi utilizada para a confirmação das fases presentes nas amostras com e sem tratamento térmico. Utilizou-se um Difratorômetro de Raios X, com radiação K α de cobre ($\lambda = 1,5418 \cdot 10^{-9}$ m), varrendo uma faixa de ângulo de 15° a 90°, em um passo de 0,05 e tempo de 10 segundos.

RESULTADOS

Os resultados dos ensaios de tração e torção (Tab. 1) mostram que a secção A é a mais propensa a sofrer fraturas, uma vez que das seis amostras ensaiadas tanto, por torção como por tração, cinco tiveram rompimento na secção A, correspondendo 83,3% das amostras.

Tabela 1 - Resultados qualitativos dos ensaios mecânicos de tração e torção

Amostra	Força máxima		Fratura na Rosca	Fratura na secção A
	Tração (N)	Torção (Nm10 ⁻²)		
Pré carga	62	-----		
1	814			X
2	1098			X
3	794		X	
4		37		X
5		35		X
6		38		X

As fig.1 e fig. 2 mostram imagens, um mini parafuso antes e após rompimento por tração, respectivamente.

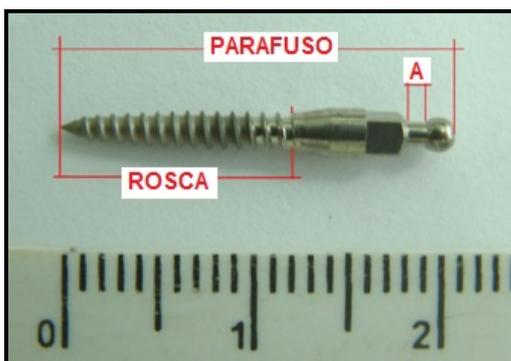


Figura 1 – Mini parafuso utilizado nos ensaios.

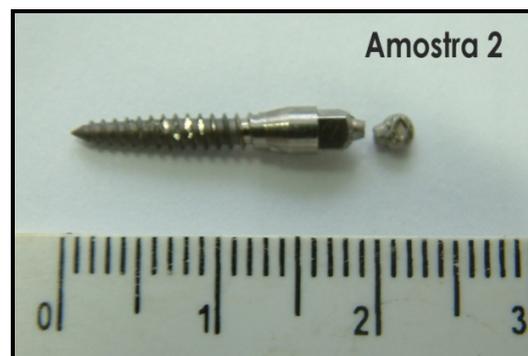


Figura 2 - Amostra fraturada por tração.

As imagens das peças rompidas, obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), mostram fratura frágil em ambos os casos (fig. 3 e fig. 4).

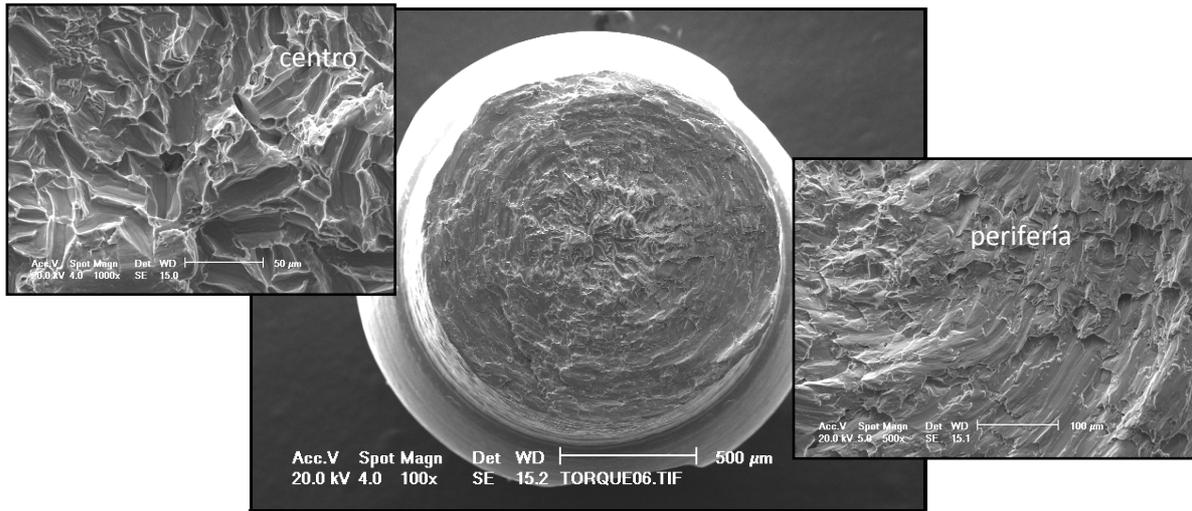


Figura 3 - Imagem da superfície fraturada por torção centro e periferia do implante.

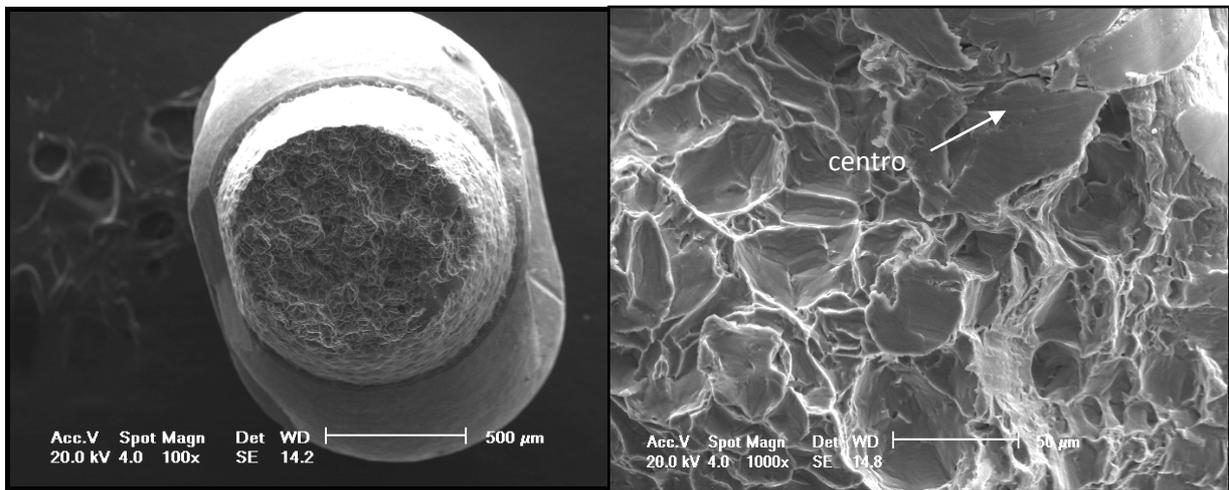


Figura 4 - Imagem da superfície fraturada por tração apresentado covas (*dimples*) na região periférica e clivagem mais ao centro. A seta indica a posição central do parafuso.

Observam-se morfologias de fratura distintas para ensaios distintos. No caso da fig. 3 (fratura por torção) observa-se estrutura típica de fadiga, contudo, na fig.4 (fratura por tração) são observadas covas transgranulares (*dimples*) e alguns grãos clivados mais ao centro do parafuso.

No parafuso fraturado na rosca (amostra 3 na tabela1) nota-se a propagação de uma trinca da periferia para o centro da peça. Todos os parafusos atingiram níveis de ruptura superiores aos mínimos previstos pela norma ASTM F543, comprovando que o dimensionamento e o formato são adequados para o nível de tensão exigido pelas as próteses dentárias.

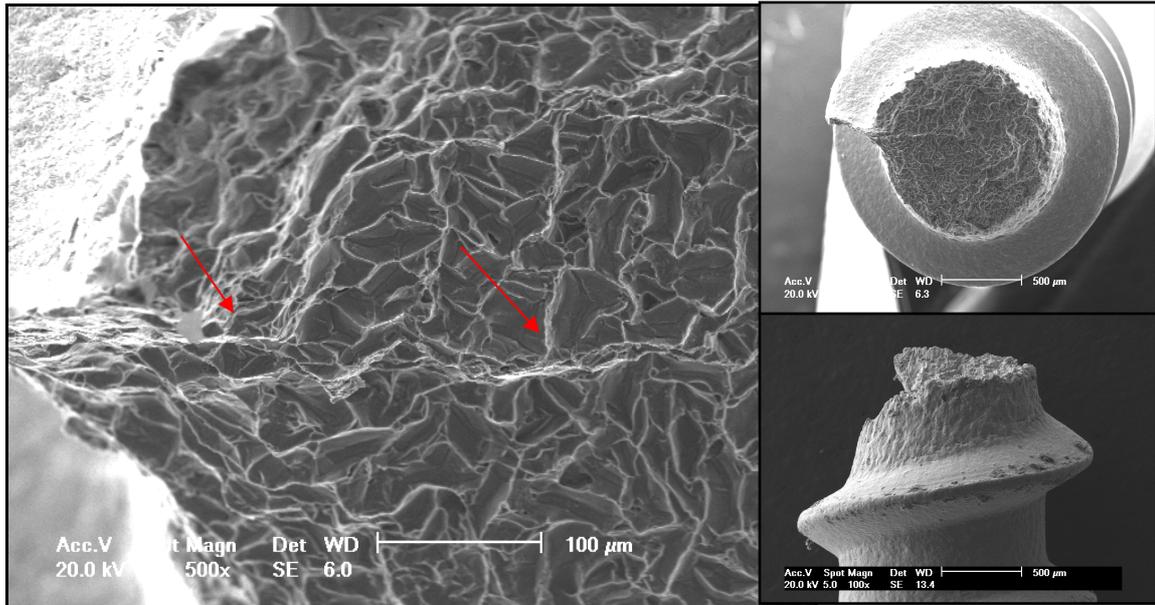


Figura 5 – Detalhe de um mini parafuso fraturados por tração, na rosca. As setas indicam a propagação da trinca da periferia para o centro.

Após o tratamento térmico T1, as micrografias ópticas (fig.5) indicaram a presença de dois tipos de microestrutura, grãos equiaxiais na periferia do parafuso (clara), e outra agulhada indicando a formação de martensita, no interior da peça.

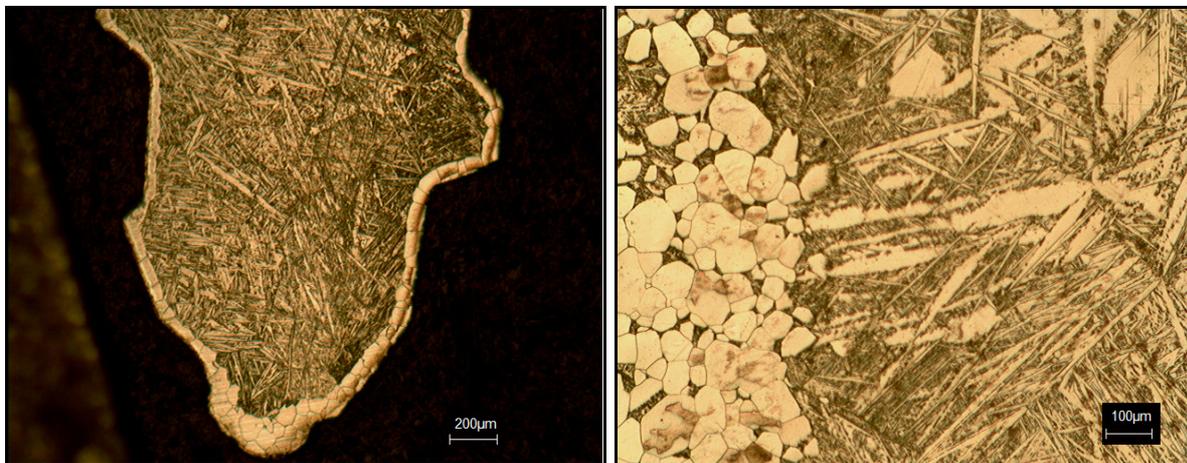


Figura 5 - Imagem da amostra após têmpera em água (T1). Observa-se em maior aumento a formação da fase (β) na periferia do parafuso

Porém a microestrutura martensítica, apresentou a mesma dureza que a parte clara da micrografia (tab. 2), indicando a formação de grãos da fase β na parte clara, uma vez que a fase martensita é sempre muito dura. A fase (β) na superfície do parafuso provavelmente foi formada pelo choque térmico que a peça (bastante

delgada) sofreu ao ser resfriada rapidamente em água (30°C), durante o tratamento térmico de têmpera.

Tabela 2 - Microdureza vickers das amostras T1, T2 e Sem tratamento.

Amostra	Fase clara (HV)	Fase escura (HV)
Sem tratamento	336	253
T1	345	345
T2	250	-----

Por outro lado, após o recozimento, tratamento térmico T2, predominou a fase mais dúctil α , conforme indica a tab. 2. Na fig. 6, pode-se perceber um aumento do tamanho do grão após o recozimento (fig. 6b) em comparação com micrografia antes do tratamento térmico (fig. 6a).

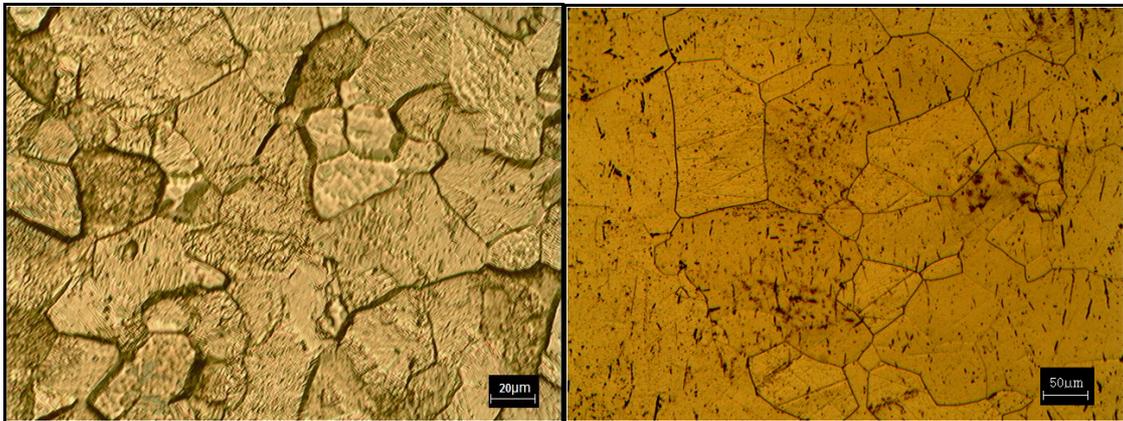


Figura 6 – Microscopia óptica da amostra antes (a) e após (b) recozimento (T2)

Os difratogramas obtidos por XRD (fig7) das amostras tratadas e não tratadas termicamente comprovam a existência da microestrutura ($\alpha+\beta$) antes do tratamento térmico, a existência acentuada da fase β (ccc) na amostra temperada em água e a predominância fase α (hcp) nas amostras após recozimento, através da observância da intensidade dos picos correspondentes aos reticulados hcp e ccc. Na amostra recozida (T2) o pico de maior intensidade corresponde à fase α (hcp) e na amostra temperada (T1) o pico de maior intensidade corresponde à fase β (ccc) comprovando as observações micrográficas.

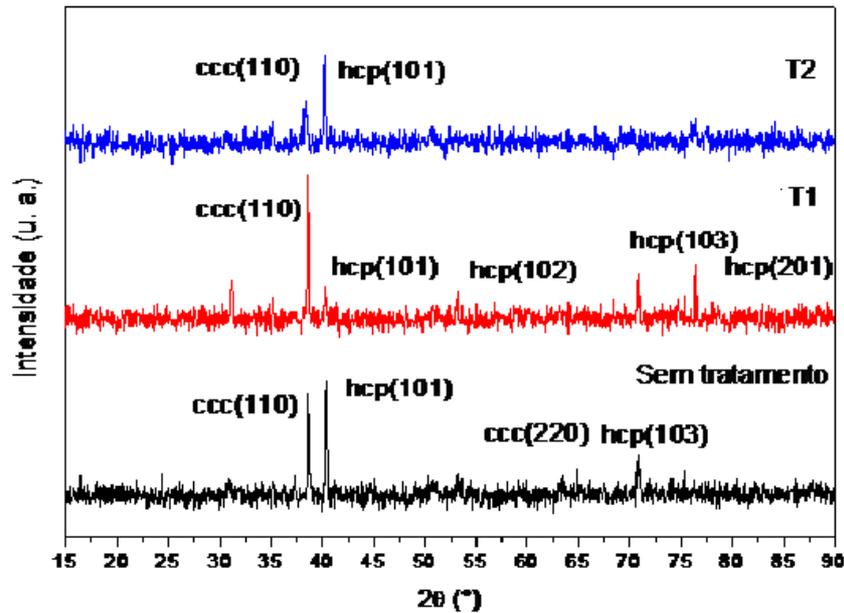


Figura 6- Difratoograma XRD das amostras T1, T2 e sem tratamento termico.

CONCLUSÃO

Todos os mini parafusos analisados atingiram níveis de resistência à tração e a torção superiores aos exigidos pela norma ASTM F543. O dimensionamento é adequado para o nível de tensão encontrado durante a maioria dos procedimentos cirúrgicos, pois os parafusos têm a tendência de fraturar acima da rosca.

As superfícies de fratura rompidas por tração e torção apresentaram morfologias distintas, mas ambas sofreram fraturas frágeis com propagação das trincas pelos contornos de grão.

Os tratamentos térmicos alteraram a porcentagem das fases α e β e conseqüentemente a dureza do material original. Houve um aumento da fase β na borda do parafuso submetido à têmpera e um aumento da fase α no parafuso recozido.

REFERÊNCIAS

1. Shimono, K., et al. The effect of growth factors for bone augmentation to enable dental implant placement: A systematic review Japanese Dental Science Review.v. 46, p.43-53, 2010.

- 2 . PRÓTESE PARCIAL FIXA SOBRE IMPLANTE, CIMENTADA OU PARAFUSADA, 2005. Disponível em: <http://www.odontologia.com.br/artigos>. Acesso em: 28 de março de 2010.
3. RATNER, D. B. et AL Biomaterials Science – An introduction to materials in medicine, Califórnia: Academic Press, p. 37-50, 1996.
4. ASM Handbook, *ASM International, Materials Park, OH 44073. v. 7, 1972.*
5. MACEDO, H.R.A. Efeito do Tratamento Térmico do Titânio sobre a proliferação de células pré-osteoblásticas. Dissertação de Mestrado, 2008, UFRGN. Disponível em http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1913. Acesso 20 de outubro de 2010.
6. CHUN, H.J. Evaluation of design parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis. *Journal of Oral Rehabilitation* v.29,p 565–574,2002.
7. ASTM F543:2002 - *Standard specification and test methods for metallic medical bone screws.*
8. NBR ISO 6475:1997 *Implantes para cirurgia - parafusos ósseos metálicos com rosca assimétrica e superfície inferior da cabeça de forma esférica - requisitos mecânicos e métodos de ensaio.*

MICROESTRUTURAL CHARACTERIZATION OF TITANIUM DENTAL IMPLANTS BY ELECTRON MICROSCOPY AND MECHANICAL TESTS

ABSTRACT

Mini screw types for titanium implants, with differentiated design, were tested for traction and torsion for behavior analysis of the shape relative to the requirements of ASTM F136. All implants showed mechanical tensile strength above by the standard requirement, being that 83.3% of them broke above the doughnut, in support of the prosthesis. Distinct morphologies in ruptured by mechanical tests, were obtained. However, both fracture surfaces showed fragile compartments. Metallographic tests, x-ray diffraction (XRD) and microhardness were used for microstructural characterization of material, before and after heat treatment. The presences of β phase in screw surface after quenching treatment proves that the thermal treatment can contribute for mechanical resistance in surface implants.

Key words: Titanium Implants, mini screws, mechanical test, thermal treatment.