

ANÁLISE DE FALHA DE PARAFUSOS ÓSSEOS UTILIZADOS COMO IMPLANTES CIRÚRGICOS¹

Cássio Barbosa²
Ibrahim de Cerqueira Abud³
Iêda Maria Vieira Caminha²
Sheyla Santana de Carvalho⁴
Tatiana Silva Barros⁵

Resumo

Com o envelhecimento da população e a maior exposição de indivíduos ao risco de trauma na vida moderna, aumenta a frequência de intervenções cirúrgicas para a colocação de próteses e implantes em geral, tanto ortopédicos quanto dentários. Por esse motivo é importante realizar tanto a caracterização microestrutural dos materiais utilizados em implantes cirúrgicos, quanto a análise de falha de implantes retirados de pacientes por apresentarem falhas prematuras ou reações adversas no organismo, de forma a apoiar o setor produtivo nas soluções tecnológicas adequadas a garantia da qualidade dos implantes comercializados no país. O propósito deste trabalho é investigar as possíveis causas da fratura precoce de parafusos ósseos utilizados na fixação de placas usadas na correção de fraturas ósseas. Com esta finalidade, técnicas como microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram utilizadas para caracterizar a microestrutura do material (aço inoxidável austenítico) e a superfície de fratura dos parafusos implantáveis. Os resultados obtidos neste estudo permitiram a identificação do modo de fratura como fadiga, associada ao surgimento de trincas superficiais, provavelmente em decorrência de inadequado acabamento por usinagem.

Palavras-chave: Análise de falha; Implantes; Aços inoxidáveis; Microscopia.

FAILURE ANALYSIS OF BONE SCREWS USED AS SURGICAL IMPLANTS

Abstract

Ageing of the human population greater exposure of individuals to trauma risk in modern life has lead to the increase of the frequency of surgeries to install prosthesis and other types of implants, no matter orthopedic or dental. For this reason it is very important to perform the microstructural characterization of material used in surgical implants, and also the failure analysis of implants retrieved from patients with premature failure or adverse reactions, in order to support the suppliers to improve the quality of implants that are sold in the country. The purpose of this work is an investigation of the possible reasons for the premature failure of bone screws used for fitting plates used for bone fracture correction. With this aim techniques such as optical microscopy and scanning electron microscopy (SEM) were used for the characterization of the microstructure of the material (austenitic stainless steel) and also the fracture surface of the screws. The results obtained in this study allowed the identification of the fracture mode as fatigue, associated to the appearance of surface cracks, probably due to inadequate machining.

Key words: Failure analysis; Implants; Austenitic stainless steels; Microscopy.

¹ Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Engenheiro metalúrgico, D.Sc.. Tecnologista. Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; cassio.barbosa@int.gov.br.

³ Engenheiro metalúrgico, M.Sc. Tecnologista. Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁴ Engenheiro mecânico, M.Sc.. Tecnologista Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁵ Engenheiro de materiais, M.Sc.. Tecnologista. Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

1 INTRODUÇÃO

O incremento da longevidade da população brasileira e mundial nas últimas décadas tem proporcionado um crescimento significativo de cirurgias de diversos tipos, embora outros fatores, como o avanço científico-tecnológico e a maior exposição dos indivíduos a riscos de trauma, por exemplo, também contribuam para essa tendência.⁽¹⁾ Isso significa um consumo cada vez maior de implantes cirúrgicos, tanto ortopédicos como dentários, que devem apresentar características tais como: biocompatibilidade, resistência mecânica (estática e dinâmica), resistência à degradação (corrosão e desgaste), bioadesão (ao osso), facilidade de fabricação por diferentes processos termomecânicos e disponibilidade/baixo custo.^(2,3) Em geral os requisitos de composição química, microestrutura e propriedades mecânicas de implantes cirúrgicos metálicos estão estabelecidas em normas editadas por instituições de âmbito internacional como a ISO (International Organization for Standardization)⁽⁴⁾ e a ASTM (American Society for Testing and Materials),⁽⁵⁾ tendo a sua maioria sido internalizada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Os materiais mais utilizados para a fabricação de implantes cirúrgicos ortopédicos são o titânio e suas ligas, o aço inoxidável AISI-SAE 316 L e as ligas cobalto-cromo, pois são os que melhor atendem os requisitos mencionados anteriormente. Embora o titânio e suas ligas apresentem excelentes propriedades para este tipo de aplicação, seu alto custo de fabricação desencoraja seu uso em favor do aço inoxidável,⁽⁶⁾ que também pode ser utilizado satisfatoriamente. Além das propriedades intrínsecas do material, outros fatores são importantes para seu bom desempenho no organismo humano, como o projeto da peça e o acabamento superficial, pois se forem inadequados podem gerar concentradores de tensões que favorecem o surgimento de trincas, reduzindo a vida útil do implante, e o próprio modo de inserção do implante no paciente pelo cirurgião, que pode danificar o implante, introduzindo defeitos que também atuam como concentradores de tensões.⁽⁷⁻¹⁰⁾

Neste trabalho o objetivo é analisar as possíveis causas da fratura prematura de parafusos ósseos utilizados na fixação de placas usadas na correção de fraturas ósseas, utilizando técnicas como microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura (MEV) para caracterizar, respectivamente, a microestrutura do material (aço inoxidável austenítico) e a superfície de fratura dos parafusos implantáveis. Os resultados obtidos permitiram a identificação do modo de fratura como fadiga, associada ao aparecimento de trincas superficiais, provavelmente como consequência de inadequado acabamento por usinagem.

2 MATERIAIS E METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O aço inoxidável usado na fabricação do presente trabalho foi submetido à análise química por via úmida, e os resultados de composição química são mostrados na Tabela 1 e atendem às especificações.

Tabela 1. Composição química da amostra

ELEMENTOS	RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE QUÍMICA %	ESPECIFICAÇÃO DA NORMA NBR ISO 5832-1
Carbono	0,013	0,030 máx.
Silício	0,3	1,0 máx.
Manganês	1,6	2,0 máx.
Fósforo	0,015	0,025 máx.
Enxofre	<0,001	0,10 máx.
Nitrogênio	0,07	0,10 máx.
Cromo	17,2	17,0 a 19,0
Molibdênio	2,90	2,25 a 3,0
Níquel	14,1	13,0 a 15,0
Cobre	0,09	0,50 máx.
Ferro	Restante	Restante

As amostras foram submetidas à preparação metalográfica padronizada: corte, embutimento, lixamento (100 a 600 malhas), polimento (pasta de diamante de 6, 3 e 1 μm) e ataque químico (solução 10 ml ácido acético, 10 ml ácido nítrico e 15 ml ácido clorídrico com 5 gotas de glicerol).^(11,12)

Além da análise visual e microestrutural por microscopia ótica, as superfícies de fratura dos parafusos foram submetidas à análise fractográfica em um microscópio eletrônico de varredura operando a 20 kV.

3 RESULTADOS

A Figura 1 mostra o aspecto geral dos parafusos fraturados.



Figura 1. Parafusos fraturados.

Na Figura 2 é observada a microestrutura de grãos austeníticos da amostra, aparentemente isenta de outras fases, como sigma e Laves.

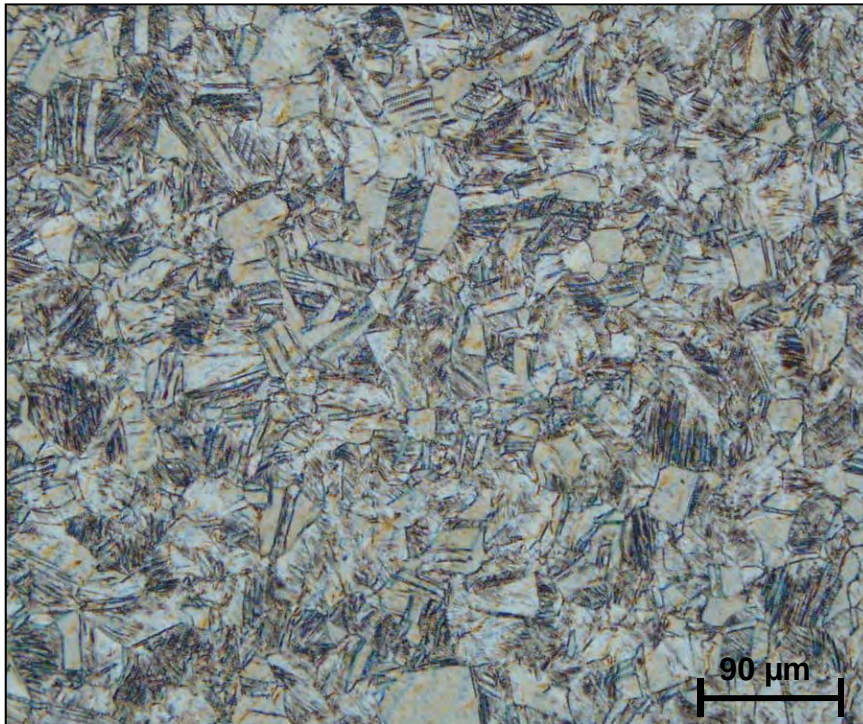


Figura 2. Microestrutura da amostra parafuso ósseo de bloqueio.

A Figura 3 evidencia a presença de trincas superficiais na rosca do parafuso ortopédico, provavelmente como consequência de acabamento superficial inadequado, que cria concentradores de tensões que propiciam a iniciação destas trincas, que se propagam sob carregamento cíclico, levando à fratura por fadiga. Esse tipo de problema, decorrente de acabamento superficial inadequado, é frequente em placas e parafusos ortopédicos comercializados no país, o que indica uma necessidade de melhoria no processamento destes produtos.

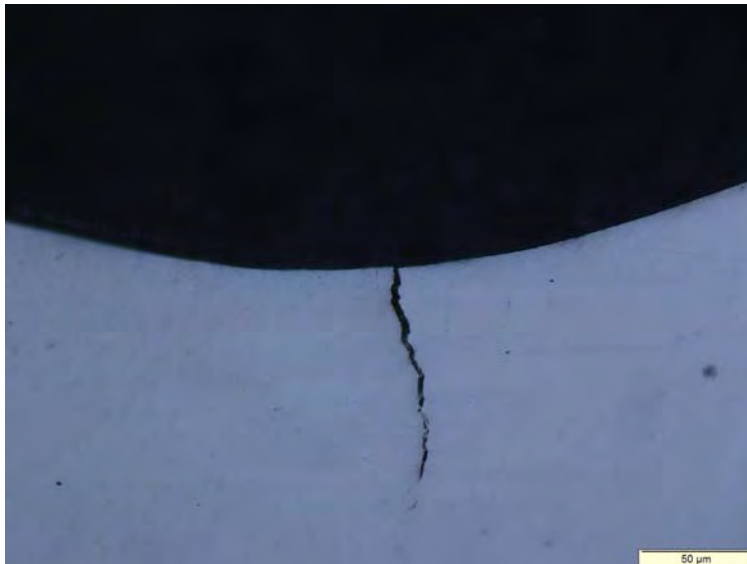


Figura 3. Trincas na superfície da rosca do parafuso. Sem ataque metalográfico.

Para a realização da análise fractográfica foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (MEV), operando a 20 kV.

A Figura 4 apresenta a superfície de fratura do parafuso com baixo aumento, evidenciando a presença de uma descontinuidade superficial que provavelmente

atuou como concentrador de tensões, favorecendo a iniciação da fratura. A Figura 5 mostra aspectos da superfície de fratura do mesmo parafuso, evidenciando a presença de estrias, características de fratura por fadiga, conjunto de linhas paralelas que evidenciam o avanço cíclico da fratura.

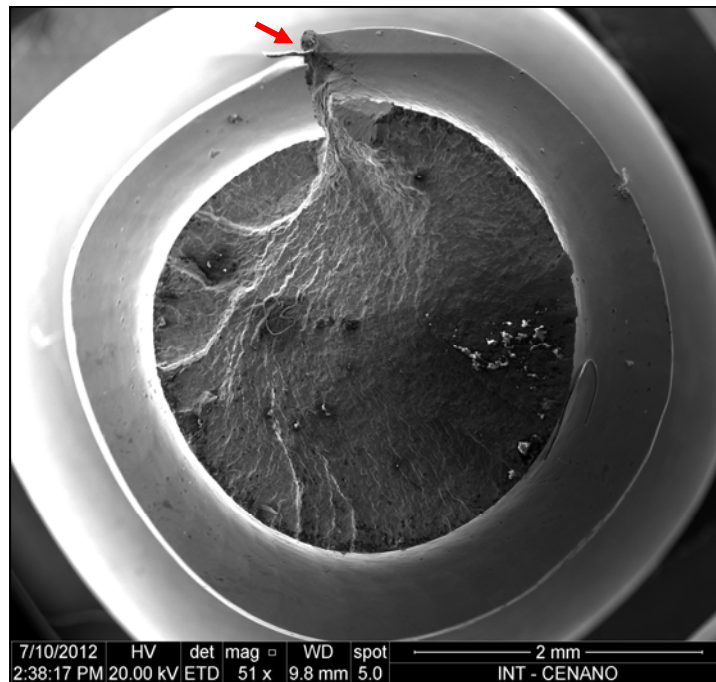


Figura 4. Superfície de fratura do parafuso: baixo aumento (MEV). A seta assinala o início da fratura; o quadrado: o local da Figura 5.

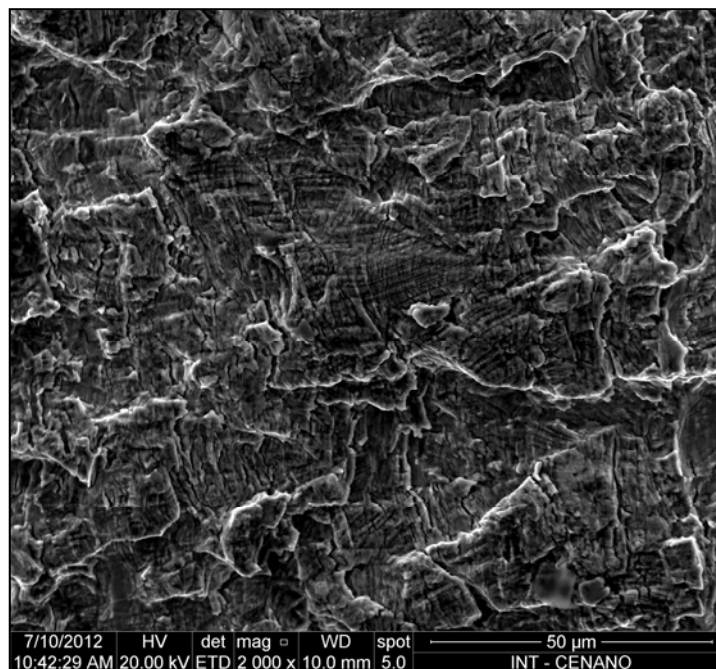


Figura 5. Superfície de fratura do parafuso com estrias de fadiga (MEV).

4 DISCUSSÃO

A composição química da amostra e a microestrutura estão de acordo com os requisitos da norma NBR ISO 5832-1: 2008.⁽⁴⁾

Entretanto, embora sejam requisitos necessários para a boa qualidade de um implante cirúrgico metálico, a composição química e a microestrutura adequadas não são suficientes para garantir um bom desempenho a este tipo de material, pois outros requisitos são igualmente importantes.

Entre estes fatores podem ser mencionados, o projeto da peça e o acabamento superficial, que, se forem inadequados, podem introduzir concentradores de tensões, que favorecem o surgimento de trincas, diminuindo a vida útil do implante devido à falha prematura. Outro aspecto também importante é o próprio modo de inserção do implante no paciente pelo cirurgião, que, se for inadequado, pode danificar o implante, introduzindo defeitos que também atuam como concentradores de tensões, com o mesmo efeito.

Assim, apesar das condições adequadas do material com o qual foram fabricados, os parafusos fraturaram, provavelmente devido ao acabamento superficial inadequado, resultante do processo de usinagem que levou ao surgimento de descontinuidades superficiais (trincas) que provavelmente atuaram como concentradores de tensões, propiciando a iniciação de trincas e, deste modo, favorecendo a propagação da fratura por fadiga.⁽⁷⁻¹⁰⁾

5 CONCLUSÕES

A falha não pode ser atribuída às características intrínsecas do material, pois tanto a composição química como a microestrutura dos parafusos fraturados atendem às especificações da norma NBR ISO 5832-1: 2008.⁽⁴⁾

Foram observadas trincas na superfície dos parafusos, provavelmente associadas à usinagem inadequada, as quais atuaram como concentradores de tensões, propiciando a iniciação de trincas e a propagação das mesmas, resultando na fratura (falha) por fadiga dos parafusos ósseos de aço inoxidável austenítico 316 L implantados no paciente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Faperj e ao CNPq pelo apoio financeiro, a Rafael de Abreu Vinhosa e Mauro de Melo Rodrigues pela preparação de amostras para análise metalográfica e ao Cenano do INT pelas imagens de MEV.

REFERÊNCIAS

- 1 AZEVEDO, C.R.F.; HIPPERT Jr., E.; “Análise de falhas de implantes cirúrgicos no Brasil: a necessidade de uma regulamentação adequada”, Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 18 (5), set-out, 2002, pp.1347 – 1358.
- 2 CAVALCANTI, E.; COELHO, S.; “Implantes Ortopédicos Temporários de Aços Inoxidáveis”, Revista Inox, ano V, nº 8, 1997, pp. 6 – 8.
- 3 BREME, J.; “Titanium and titanium alloys, biomaterials of preference”, Mèmoires et Études Scinetifiques Revue de Métallurgie, Octobre, 1989, pp. 625 – 637.
- 4 NBR ISO 5832-1: 2008 – “Implantes para Cirurgia – Materiais Metálicos – Parte 1 – Aço Inoxidável Conformado”.
- 5 ASTM F138-08 – “Standard Specification for Wrought 18Chromium-14Nickel-2.5Molybdenum Stainless Steel Bar and Wire for Surgical Implants
- 6 BROOKS, C.R.; “Heat Treatment, Structure and Properties of Nonferrous Alloys”; American Society for Metals (ASM), Metals Park, Ohio, USA, 1982, chapter 9, p.329-387.

- 7 COLANGELO, V. J.; GREENE, N.D.; “Corrosion and fracture of type 316 SMO orthopedic implants”, *Journal of Biomedical Materials Research*, volume 3, issue 2, June, 1969, p.247-265.
- 8 CAHOON, J. R. PAXTON, H.W., “Metallurgical analyses of failed orthopedic implants”, *Journal of Biomedical Materials Research*, volume 2, issue 1, June, 1968, p.1-22.
- 9 SIVAKUMAR, M.; MUDALI, U.K.; RAJESWARI, S.; “Investigation of failures in stainless steel orthopaedic implant devices: fatigue failure due to improper fixation of a compression bone plate”, *Journal of Materials Science Letters*, volume 13, issue 2, 1994, p.142-145.
- 10 TRIANTAFYLLIDIS, G.K.; KAZANTZIS, A.V.; KARAGEORGIU, K.T., “Premature fracture of a stainless steel 316L orthopaedic plate implant by alternative episodes of fatigue and cleavage decoherence”, *Engineering Failure Analysis*, volume 14, 2007, p.1346–1350.
- 11 ASTM E 3 - 01 – “Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens”.
- 12 ASTM E 407- 99 – “Standard Practice for Microetching Metals and Alloys”.