

## Análise de Falha de uma PTQ - Prótese Total de Quadril

Patrícia Ortega, Laboratório de Engenharia Biomecânica-UFSC, [patricia.ortega.cubillos@posgrad.ufsc.br](mailto:patricia.ortega.cubillos@posgrad.ufsc.br)  
Daniel Hissatomo Shirasawa, Laboratório de Engenharia Biomecânica-UFSC, [danielhshirasawa@gmail.com](mailto:danielhshirasawa@gmail.com)  
Ari Digiácomo Ocampo Moré, Laboratório de Engenharia Biomecânica - UFSC, [arimore@terra.com.br](mailto:arimore@terra.com.br)  
Carlos Rodrigo de Mello Roesler, Laboratório de Engenharia Biomecânica-UFSC, [r.roesler@ufsc.br](mailto:r.roesler@ufsc.br)

**Resumo.** O presente trabalho apresenta resultados preliminares da análise da falha de uma prótese de revisão modular utilizada em uma Artroplastia Total de Quadril (ATQ). No procedimento cirúrgico a prótese, fabricada em Liga de Titânio, foi fixada ao osso hospedeiro por cimentação em uma paciente de 72 anos. A prótese fraturou após 18 meses em uso clínico. Os métodos empregados no presente estudo foram análise macro e microfractográfica, metalografia, ensaio de dureza e análise química. As radiografias da paciente após a fratura foram examinadas com o auxílio de um cirurgião ortopedista. Os resultados indicaram falha por fadiga na região de mudança de seção transversal da haste femoral, na região de acoplamento entre o cone e a haste. Portanto, a falha aconteceu pela concentração de tensões na conexão entre os módulos (cone e haste). A solicitação mecânica nesta região da haste foi agravada pela falta de apoio proximal devido à reabsorção óssea da paciente e ao atrito existente entre o cone e a haste.

**Palavras chave:** prótese de revisão de quadril, análise de falhas, artroplastia total de quadril.

### 1. INTRODUÇÃO

A artroplastia total de revisão de quadril é um procedimento cirúrgico de substituição da articulação protética artificial primária por outra, devido, principalmente, a perda de massa óssea proximal. Na artroplastia total de revisão é comum utilizar próteses modulares, apresentando cabeça modular e/ou haste femoral modular (Kurts *et al.* 2007; Iorio *et al.* 2008; Peltet *al.* 2014). As hastes modulares permitem a restauração do comprimento da perna intra-operação, restauração da compensação e versão femoral. (Peltet *al.* 2014; Restrepo *et al.* 2011).

A principal desvantagem destes componentes está associada à fratura na conexão entre os módulos (LAKSTEIN *et al.*, 2011) e o aumento no risco de desalinhamento da prótese (Alberton *et al.* 2002; Wetters *et al.* 2013).

Outra característica preponderante em cirurgias ATQ de revisão é o uso de próteses cimentadas com polimetilmetacrilato (PMMA) em pacientes idosos e com qualidade óssea pobre (Lima *et al.* 2006). Portanto, o presente trabalho visa analisar as causas da falha de uma prótese de quadril de revisão cimentada em uma paciente idosa, para comparar seus resultados com as informações apresentadas na literatura.

### 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A prótese fabricada na Liga de Titânio Ti-6Al-4V foi recebida após ter sido explantada e esterilizada. Para a realização da análise de falhas foram feitas análises macro e microfractográficas, análises metalográficas, medidas de dureza e análise química. Simultaneamente foram interpretadas as radiografias da paciente após a fratura.

Inicialmente a composição química foi obtida por espectroscopia de emissão óptica no espectrofotômetro Foundry Master PRO de acordo com a norma ASTM E1508-12<sup>a</sup>. Para a análise metalográfica as amostras foram cortadas e preparadas de acordo com as normas ASTM E3-11 e ASTM E407-07e1. Posteriormente para a caracterização microestrutural e análise fractográfica foram utilizados o estereoscópio Optika, o microscópio óptico Nikon Eclipse-LV100 e o microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM-6390LV. Finalmente as medidas de dureza Brinell foram obtidas em durômetro de bancada segundo norma ASTM E10-14.

### 3. RESULTADOS

A Figura (1) apresenta a radiografia da fratura da haste femoral da prótese de quadril, a mesma permite observar que a paciente teve uma reabsorção óssea no local da conexão da prótese entre o cone e a haste. Este fenômeno aumenta a solicitação da prótese nesta região. A vista lateral da prótese de revisão fraturada pode ser observada na Fig. (2). A parte proximal da haste exibe o cone usado para garantir o posicionamento da prótese durante sua inserção. Na Fig. (2) pode-se observar que o plano de fratura é transversal à haste, bem como o fato de que há deficiência na massa óssea da paciente no fêmur proximal, não possibilitando o apoio da haste femoral nesta região gerando uma solicitação do tipo viga em balanço.



Figura 1. Radiografia da prótese implantada.

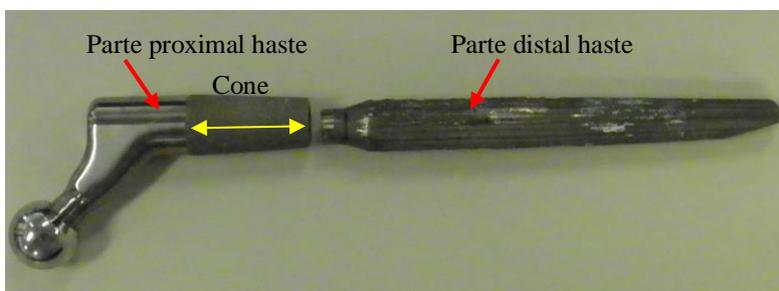


Figura 2. Prótese de quadril após fratura.

As macrografias da vista transversal da haste, tanto da parte proximal como da parte distal se observam na Fig. (3). Nelas é possível identificar a existência de zonas amassadas ocasionadas pelo atrito entre as partes após a fratura como se observa na região B. Também é possível evidenciar o local de nucleação da trinca (seta vermelha) na área submetida à tensão trativa na menor seção transversal do eixo longitudinal da haste. Nesta região também ocorre o limite da interferência (conexão) entre o cone proximal e a parte distal da haste. Finalmente na Fig. (3) se observam os três planos da fratura final indicados pela linha e as setas brancas, este fato indica que teve uma resistência do material quando a solicitação, que gerou mais de um plano de fratura.

Na Figura (4), apresentam-se as micrografias das regiões analisadas A e B, que estão na parte distal da haste e das regiões C e D, que se encontram na parte proximal (haste e cone) como indicado na Fig. (3). As micrografias permitem concluir que os micromecanismos da falha são simultaneamente *dimples* equiaxiais (mecanismo de fratura dúctil) e estrias (mecanismo de falha por fadiga). A região B da Fig. (4) é uma zona que se encontra amassada em função do posicionamento das partes da haste após a fratura (Fig. (1)), que gerou atrito entre as mesmas. Na região D também observa-se a propagação de trincas secundárias que são formadas possivelmente pela coalescência dos *dimples*.

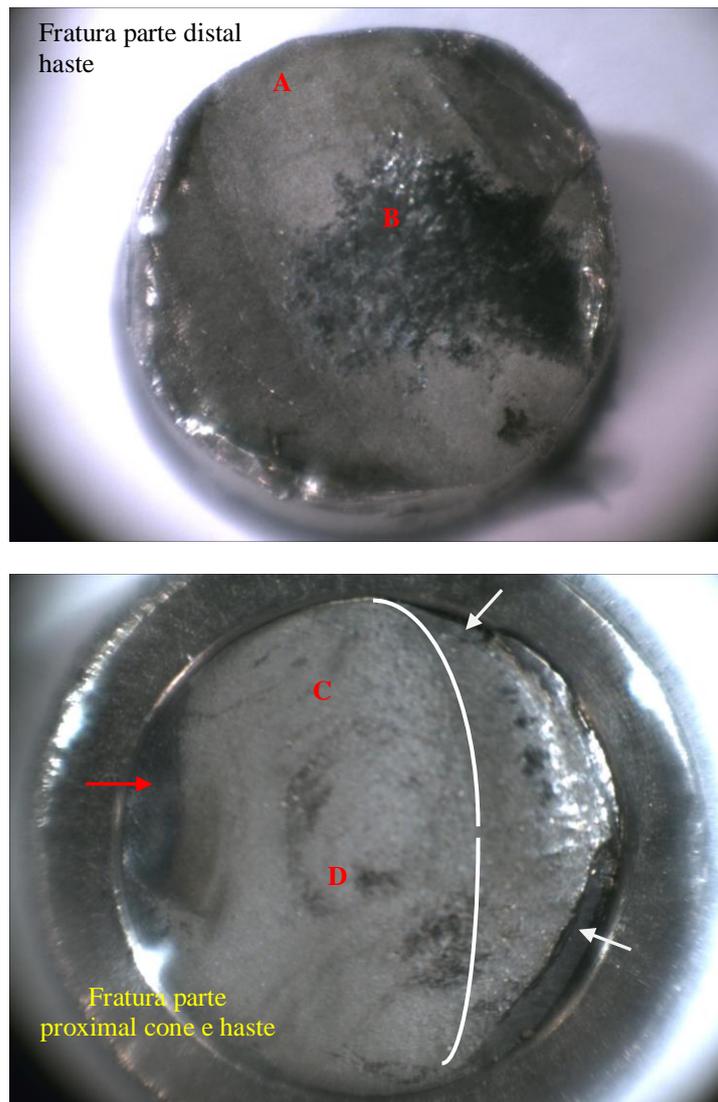


Figura 3. Fractografia – vista frontal da parte distal e proximal da haste.

Para verificar a qualidade do material de fabricação da prótese, a caracterização do material foi realizada. Através deste estudo se comprovou que as composições químicas da haste e do cone se encontram dentro dos limites estabelecidos para as ligas de titânio Ti6Al4V usadas em implantes cirúrgicos segundo as normas ASTM F136-13 e ASTM F620-11. As porcentagens de Vanádio, alumínio foram 4% e 6,3% respectivamente. As concentrações de Oxigênio, Nitrogênio, Hidrogênio e Ferro também respeitaram os limites normativos. Portanto, ambos componentes foram fabricados da mesma liga.

Por outra parte, ao realizar a análise microestrutural na região transversal tanto da haste como do cone foi evidenciada uma microestrutura refinada formada por uma fase de alfa  $\alpha$  primária recristalizada e uma fase  $\beta$  contendo  $\alpha$  circular (Fig. (5)). A microestrutura foi, possivelmente, obtida através de forjamento e tratamento térmico. Esta microestrutura é conhecida como bimodal e é usada por fabricantes de próteses internacionais, porque na atualidade existem estudos que apontam sua alta resistência à fadiga se comparada, com a microestrutura composta de matriz alfa com glóbulos dispersos de fase beta utilizada normalmente. Finalmente o ensaio de dureza aponta que a mesma apresenta valores similares para a haste e cone, fato que ratifica que ambos componentes da prótese foram fabricados da mesma liga.

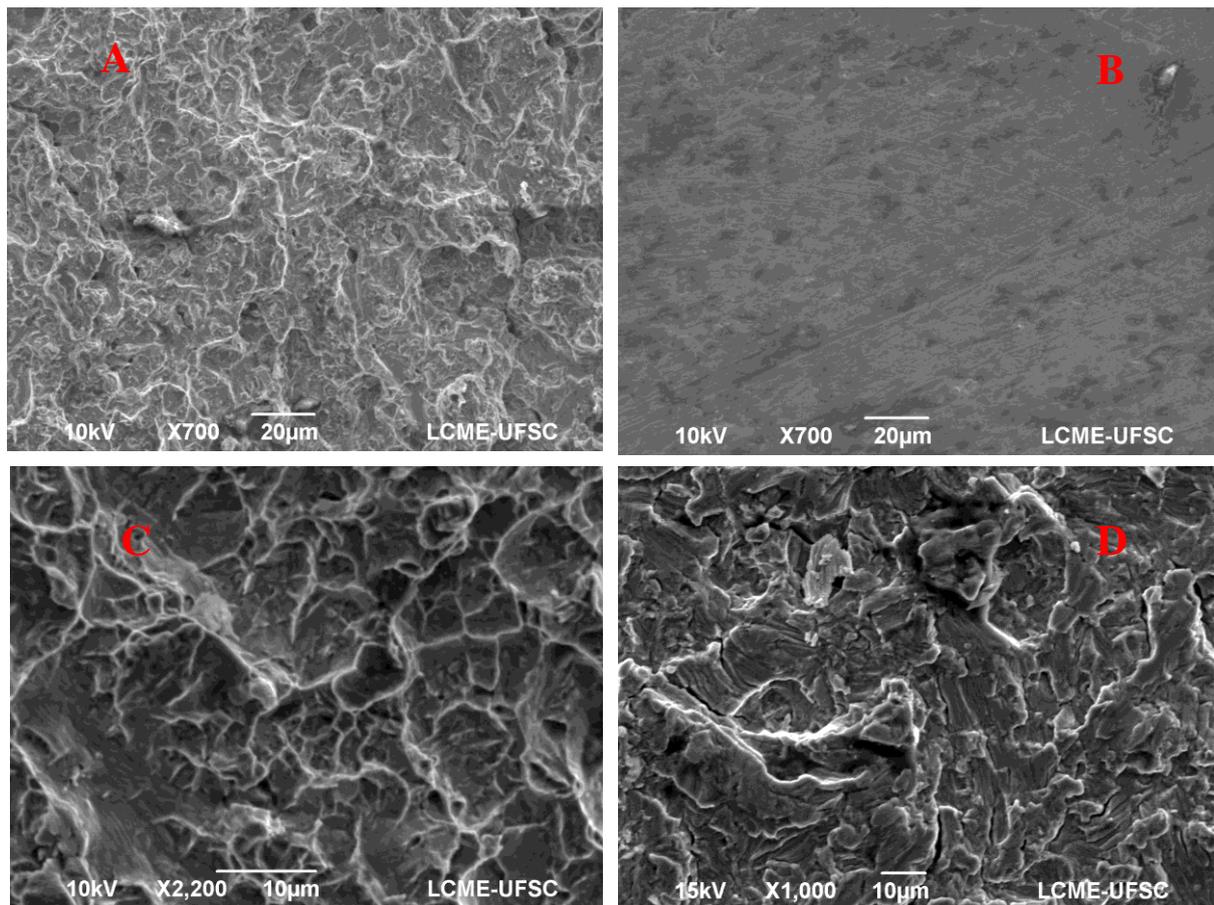


Figura 4. Micrografias da falha, A. Dimples na parte distal ,B. Região amassada, C. Dimples na parte proximal, D. Dimples, estrias e trincas secundárias na parte proximal.

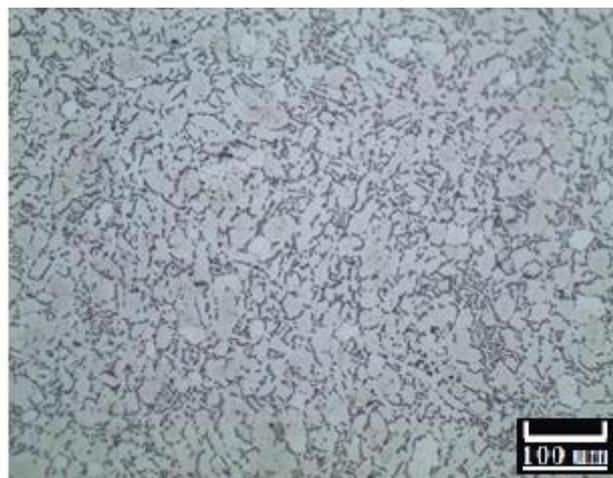


Figura 5. Microestrutura seção transversal da haste. Microestrutura bimodal da liga Ti6Al4V. Ataque Kroll. 500x.

## 5. CONCLUSÕES

A pesquisa permitiu apontar que a falha aconteceu simultaneamente por fadiga e fratura dúctil. As análises permitiram estabelecer que existem 3 fatores preponderantes para a nucleação e propagação da trinca: a concentração de tensões na conexão entre haste e cone, o atrito entre as mesmas e a reabsorção óssea da paciente nesta região que transferiu todas as solicitações à prótese aumentando as tensões trativas na menor seção resistente da haste. Portanto, o presente estudo de caso ratificou o exposto por outros autores que assinalaram a conexão da haste e o cone como o local preferencial de falha nas próteses modulares.

Quanto ao material o estudo mostrou que a haste e o cone da prótese modular foram fabricados de uma liga de titânio com microestrutura bimodal usada em próteses importadas que garante uma ótima resistência a fadiga. Desta forma a qualidade do material não influenciou a fratura precoce do componente.

## 6. REFERÊNCIAS

- ASTM E3-11 “Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens”.ASTM International,West Conshohocken, PA, USA. 2014.
- ASTM E10-14“Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials”.ASTM International,West Conshohocken, PA, USA. 2014.
- ASTM E407 - 07e1 “Standard Practice for Microetching Metals and Alloys”.ASTM International,West Conshohocken, PA, USA. 2007.
- ASTM E1508 - 12a “Standard Guide for Quantitative Analysis by Energy-Dispersive Spectroscopy”.ASTM International, West Conshohocken, PA, USA. 2012.
- ASTM F136-13 “Standard Specification for Wrought Titanium-6Aluminum-4Vanadium ELI (Extra Low Interstitial) Alloy for Surgical Implant Applications”. ASTM International, (UNS R56401).
- ASTM F620-11 “Standard Specification for Titanium Alloy Forgings for Surgical Implants in the Alpha Plus Beta Condition”.ASTM International, West Conshohocken, PA, USA. 2014.
- Alberton, G. M., High, W. A., &Morrey, B. F. (2002).“Dislocation after Revision Total Hip Arthroplasty an Analysis Of Risk Factors and Treatment Options”. The Journal of Bone & Joint Surgery, 84(10), 1788-1792.
- Gomez L. (2010) “*O quadril*”. 1ª Edição.
- Iorio, R., Robb, W. J., Healy, W. L., Berry, D. J., Hozack, W. J., Kyle, R. F., Stamos, V. P. (2008). “Orthopaedic Surgeon Workforce and Volume Assessment for Total Hip and Knee Replacement in the United States: Preparing For an Epidemic”. The Journal of Bone & Joint Surgery, 90(7), 1598-1605.
- Kurtz, S., Ong, K., Lau, E., Mowat, F., & Halpern, M. (2007).“Projections of Primary and Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States from 2005 to 2030”. The Journal of Bone & Joint Surgery, 89(4), 780-785.
- Lakstein, D., Eliaz, N., Levi, O., Backstein, D., Kosashvili, Y., Safir, O., & Gross, A. E. (2011).“Fracture of Cementless Femoral Stems at the Mid-Stem Junction in Modular Revision Hip Arthroplasty Systems”.The JournalofBone& Joint Surgery, 93(1), 57-65.
- Lima, A. M., Pécora, J. R. (2006)“Infeções em próteses articulares”. Revista do Joelho-Sociedade Brasileira de Cirurgia do Joelho, São Paulo, 5ª Edição.
- McBride, T. J., & Prakash, D. (2011).“How to Read a Postoperative Total Hip Replacement Radiograph”. Postgraduate Medical Journal, 87(1024), 101-109.
- Pelt, C., Madsen, W., Erickson, J., Gililland, J., Anderson, M., & Peters, C. (2014).“Revision Total Hip Arthroplasty With a Modular Cementless Femoral Stem”.The Journal of Arthroplasty.
- Restrepo, C., Mashadi, M., Parvizi, J., Austin, M. S., &Hozack, W. J. (2011). “Modular Femoral Stems for Revision Total Hip Arthroplasty”. Clinical Orthopaedics and Related Research®, 469(2), 476-482.
- Wetters, N. G., Murray, T. G., Moric, M., Sporer, S. M., Paprosky, W. G., & Della Valle, C. J. (2013). “Risk Factors for Dislocation after Revision Total Hip Arthroplasty”. Clinical Orthopaedics and Related Research®, 471(2), 410-416.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ, a FINEPe ao LCME.

## 8. ABSTRACT

This analysis focused in finding the causes, which occasioned the failure in a cemented hip prosthesis. Manufactured in titanium alloy, the prosthesis was worn by a 72 years old female patient and it fractured after 18 months of treatment. The methods applied were macro and micro fractography, metallography, hardness testing and chemical composition analysis. The patient’s radiography, after event of the fracture, was analyzed as well. The results indicated failure by fatigue caused by the section reduction on the stem, which acted as a high stress concentrator. In addition, the patient’s low bone density has increased the stress applied on the failure section.

## 9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.