

# ESTUDO DO COMPORTAMENTO TRIBOLÓGICO DE UM AÇO-INOXIDÁVEL UTILIZADO EM APLICAÇÕES BIOMÉDICAS TRATADO COM LASER DE FREQUÊNCIA $f = 188 \text{ kHz}$

Flávio Domingues da Silva<sup>1</sup>, Prof. Dr. Ronaldo Câmara Cozza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ETEC Lauro Gomes, <sup>2</sup> Centro Universitário FEI

[flavinhdomingues@bol.com.br](mailto:flavinhdomingues@bol.com.br), [rcamara@fei.edu.br](mailto:rcamara@fei.edu.br)

**Resumo:** A Tribologia tem como principal objetivo estudar e analisar a tecnologia de duas ou mais superfícies em atrito, como por exemplo, o desgaste que ocorre entre essas superfícies. Nesse estudo analisaremos o desgaste de próteses articulares, um material que vem crescendo em virtude do envelhecimento geral da população, espera-se que essas próteses tenham uma vida útil de 15 anos, pois consiste de aço inoxidável que tem maior durabilidade por conta do óxido de cromo –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

## 1. Introdução

As próteses articulares aumentam drasticamente nas últimas décadas, mas com a preocupação referente ao desgaste dos componentes protéticos, obriga-se que os pacientes submetam-se à cirurgia de revisão. No intuito de diminuir o número de cirurgias de revisão causadas pelo desgaste dos componentes e proporcionar uma vida mais tranquila para o paciente, novas soluções são estudadas, como a dopagem ou utilização de materiais mais resistentes e a aplicação de revestimentos que melhorem as características de materiais já conhecidos na biomecânica.

As ligas metálicas, como aços inoxidáveis, mas principalmente as ligas à base de cobalto, cromo e titânio, encontram uma larga área de aplicação ortopédica, como: composição de próteses de substituição articular, de sistemas de fixação externa de fraturas ósseas, de sistemas de fixação interna, de correção cirúrgica, na composição de grampos (cobalto-cromo), de parafusos, cabos, etc. No grupo dos aços inoxidáveis (ferríticos, martensíticos, austeníticos), os austeníticos são, atualmente, os mais utilizados em cirurgia ortopédica, por não serem magnéticos. Os aços martensíticos são usados na fabricação de instrumentos cirúrgicos em razão da sua dureza, a qual está associada ao seu elevado teor em carbono.

Desgaste pode ser definido como sendo “o dano em uma superfície sólida, envolvendo perda progressiva de massa, devido ao movimento relativo entre a superfície e o contato com outro material ou materiais” [1].

Em conjunto com a definição geral dada acima, cada tipo de desgaste possui uma definição específica. O desgaste abrasivo, que é o tipo de desgaste abordado neste Projeto de Pesquisa, é definido como sendo “o desgaste devido a partículas duras, ou protuberâncias

duras, forçadas contra e movendo-se ao longo de uma superfície sólida” [2] e pode ser estudado por intermédio de ensaios de desgaste por micro-abrasão. Nesta linha, o “ensaio de desgaste micro-abrasivo por esfera rotativa” (“ball-cratering abrasion test” ou “micro-scale abrasive wear test” [3-7], em inglês) é um teste bastante difundido no meio acadêmico, embora tenha surgido no setor produtivo. O mesmo consiste no desgaste gerado em um corpo-de-prova, por uma esfera sob movimento de rotação em conjunto com partículas abrasivas (Figura 1).

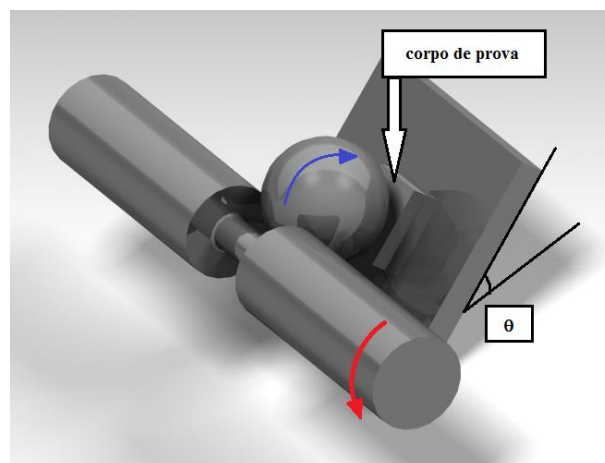


Figura 1 – Princípio de funcionamento da máquina de ensaio de desgaste micro-abrasivo por esfera rotativa livre.

## 2. Tribologia

A tribologia visa analisar a tecnologia entre duas ou mais superfícies em atrito. Esse campo vem crescendo muito, e tem como objetivo reduzir o desgaste, aumentar vida útil e confiabilidade de sistemas mecânicos e mecatrônicos, controlar (ou otimizar) o atrito.

Existem alguns aços que são resistentes à corrosão, são os aços inoxidáveis. Essa resistência se deve à presença de cromo, que permite a formação de uma película finíssima de óxido de cromo sobre a superfície do aço, que é impermeável e insolúvel nos meios corrosivos usuais.

A partir disso, o objetivo deste trabalho é estudar o comportamento tribológico de um aço inoxidável tratado com laser de frequência  $f = 188 \text{ kHz}$ .

### 3. Materiais & Métodos

Serão utilizadas amostras de aço-inoxidável tratado com laser (Figura 2).

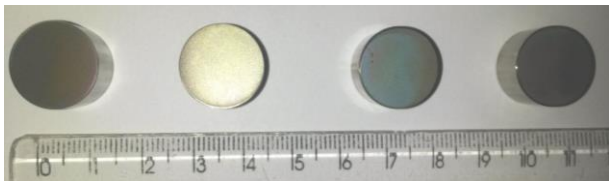


Figura 2 – Corpos-de-prova de aço-inoxidável.

Adicionalmente, serão realizados ensaios de dureza, ensaios de desgaste micro-abrasivo por esfera rotativa livre e medições de tensões residuais por difração de raios-X.

Os ensaios de desgaste micro-abrasivo por esfera rotativa serão realizados com o equipamento exibido na Figura 3.

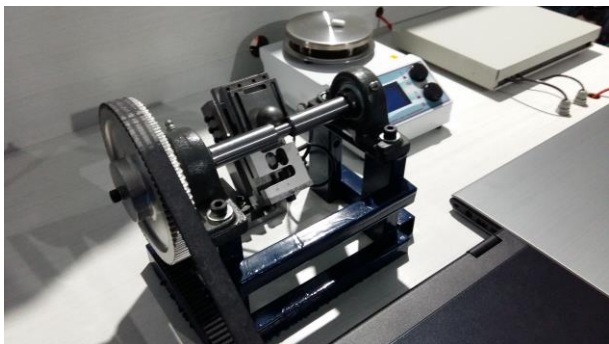


Figura 3 – Equipamento de ensaio de desgaste micro-abrasivo por esfera rotativa livre.

Dois valores de força normal foram selecionados para os ensaios de desgaste:  $N_1 = 1,25 \text{ N}$  e  $N_2 = 5 \text{ N}$ .

Os valores da rotação e do diâmetro da esfera de ensaio foram de  $n = 37,6 \text{ rpm}$  e  $D = 25,4 \text{ mm}$ , respectivamente, resultando em  $v = 0,05 \text{ m/s}$  e que, provavelmente, como publicado por Adachi e Hutchings [3], reduz ou elimina a ocorrência de efeitos hidrodinâmicos durante os ensaios.

Com base na Série de Renard R20/4 [8], foram fixadas seis distâncias de deslizamento:  $S_1 = 10 \text{ m}$ ,  $S_2 = 16 \text{ m}$ ,  $S_3 = 25 \text{ m}$ ,  $S_4 = 40 \text{ m}$ ,  $S_5 = 63 \text{ m}$  e  $S_6 = 100 \text{ m}$ . Os tempos de ensaio correspondentes são, respectivamente,  $t_1 = 200 \text{ s}$  (3 min 20 s),  $t_2 = 320 \text{ s}$  (5 min 20 s),  $t_3 = 500 \text{ s}$  (8 min 20 s),  $t_4 = 800 \text{ s}$  (13 min 20 s),  $t_5 = 1.260 \text{ s}$  (21 min) e  $t_6 = 2.000 \text{ s}$  (33 min 20 s).

Três ensaios serão realizados para cada valor de  $S$  e a ordem de ensaios será a mesma para os diferentes valores de força normal ( $N_1$  e  $N_2$ ). Esta sequência foi, por sorteio, definida como: 63 – 10 – 25 – 25 – 100 – 16 – 10 – 63 – 40 – 25 – 63 – 40 – 100 – 10 – 100 – 16 – 40 e 16 metros, o que proporciona 18 experimentos para cada valor de  $N$ .

### 4. Resultados esperados

“Desgaste abrasivo”, em muitas situações industriais é visto como “benéfico”, e não somente como uma

“avaria”. Uma vez que este tipo de desgaste faz parte do princípio de diversos processos de fabricação como, por exemplo, corte por jato d’água, retificação e polimento de moldes para injeção de termoplásticos, a continuidade de pesquisas acadêmicas envolvendo este tema torna-se importante não só em termos científicos, mas também em termos econômicos e sociais, visto que, em termos gerais, o impacto do desgaste na economia de um país fica compreendido entre 1 – 10% PIB e, entre todos os tipos de desgaste classificados, o “desgaste abrasivo” responde por, aproximadamente, 50% das situações.

Em relação às questões sociais, a AACD – Associação de Assistência à Criança Deficiente – realiza contínuos trabalhos relacionados à fabricação de aparelhos ortopédicos, os quais são repassados, gratuitamente, às pessoas. Entretanto, ainda um ponto importante a ser destacado refere-se às próteses humanas, das quais o Brasil realiza a importação no equivalente a US\$800 milhões. As Engenharias “Mecânica” e “Metalúrgica e de Materiais”, por meio da Tribologia, podem concentrar esforços no âmbito de tais mecanismos serem desenvolvidos dentro da nação, uma vez que 109 articulações são suscetíveis ao atrito e, conseqüentemente, ao desgaste.

Em vista do panorama exposto, pesquisas científicas sobre desgaste micro-abrasivo de biomateriais tornam-se importantes, não só em termos científicos, mas também em termos econômicos e sociais.

Espera-se que, com os resultados obtidos, sejam definidos materiais e tratamentos que possibilitem o direcionamento para aplicações ortopédicas, a fim de aumentar a vida útil de diferentes componentes utilizados pela medicina.

### 5. Referências bibliográficas

- [1] ASTM G77-91: Standard Test Method for Ranking Resistance of Materials to Sliding Wear Using Block-on-Ring Wear Test.
- [2] ASTM G40-96: Standard Terminology Relating to Wear and Erosion.
- [3] K. Adachi, I.M. Hutchings. *Wear* 255 (2003) 23-29.
- [4] D.A. Kelly, I.M. Hutchings. *Wear* 250 (2001) 76-80.
- [5] W.M. da Silva. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.
- [6] R.C. Cozza. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2006.
- [7] R.C. Cozza, D.K. Tanaka, R.M. Souza. *Wear* 267 (2009) 61-70.
- [8] Norma DIN 804 – Edição: Março/1977.

### Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pela realização desse projeto.

Ao Prof. Ronaldo Câmara Cozza, do Centro Universitário FEI, que se dedicou em passar as instruções de cada passo do projeto e a prática do mesmo.