

# COMPORTAMENTO TRIBOLÓGICO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO ASTM F138

Giovanna Vitoria Rodrigues Bernardes<sup>1</sup>, Ronaldo Câmara Cozza<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI – Fundação Educacional Inaciana “Padre Sabóia de Medeiros”

giovanna.v.rodrigues@hotmail.com ; rcamara@fei.edu.br

**Resumo:** o objetivo deste trabalho consiste no estudo do comportamento tribológico do aço inoxidável austenítico ASTM F138, com tratamento superficial a laser de itérbio de fibra óptica de nano segundos em diferentes frequências. O comportamento tribológico é analisado a partir do volume de desgaste obtido no ensaio de desgaste micro-abrasivo pela técnica *ball-cratering*. Os resultados a partir do ensaio, revelaram a influência da frequência de pulso em termos de volume de desgaste e na dureza final do material.

## 1. Introdução

A tribologia está diretamente ligada ao desenvolvimento de biomateriais, pois atualmente há uma concentração de esforços para desenvolver novos biomateriais e/ou técnicas que melhorem as propriedades mecânicas. Os biomateriais podem ser definidos como dispositivos que entram em contato com os sistemas biológicos [1].

Este estudo fundamenta-se nos altos níveis de traumas e lesões causadas no dia-a-dia, onde em casos mais graves podem ser utilizados biomateriais implantáveis, como exemplo: implantes ortopédicos, próteses ósseas e até dentárias. Devido às condições tribológicas que os implantes ortopédicos estão sujeitos, podem ocorrer destacamento de material particulado, entrando em contato com fluidos corporais. As partículas metálicas liberadas no processo de desgaste podem se mover passivamente através de tecidos e/ou sistema circulatório ou transportado ativamente [2], comprometendo o biomaterial e sua biofuncionalidade.

Com o intuito de reduzir o volume de desgaste do material quando em contato com fluidos corpóreos visamos utilizar um tratamento superficial a laser de itérbio de fibra óptica de nano segundos no aço inoxidável austenítico ASTM F138, comumente utilizado em implantes ortopédicos.

O tratamento superficial tem como função promover o endurecimento por transformação via laser, que consiste no aquecimento da superfície, abaixo da temperatura de fusão, para produzir uma transformação de fase no estado sólido sem alterar o substrato. A energia absorvida pelo material é transformada em calor em um tempo curto e quando a fonte de calor é retirada, uma fase dura é formada na zona aquecida e resfriada rapidamente [3]. Como consequência, o material sofre alteração em suas propriedades mecânicas modificando principalmente a dureza, aumentando a dureza do material há um aumento na resistência ao desgaste. O tratamento superficial será realizado nas seguintes frequências: 88kHz, 188kHz, 296kHz e 350kHz.

Portanto, para verificar a eficiência do tratamento superficial, foram realizados ensaios de desgaste micro-

abrasivo pela técnica *ball-cratering*, com a utilização do equipamento tribômetro na configuração de esfera rotativa fixa.

## 2. Metodologia

No ensaio de desgaste micro-abrasivo pela técnica *ball-cratering* foram utilizados quatro corpos-de-prova tratados a laser e um quinto corpo-de-prova sem tratamento superficial, para análise comparativa.

O tratamento superficial a laser de itérbio de fibra óptica e nano segundos tem a função de promover o endurecimento do aço inoxidável austenítico ASTM F138 e como cada corpo-de-prova recebeu uma frequência de pulso diferente, cada amostra deve apresentar durezas diferentes, na Tabela I é apresentado a dureza dos corpos-de-prova e a dureza da esfera de ensaio utilizada no experimento, a qual foi temperada em óleo a 860°C e resfriada a 200°C por 1h.

Tabela I - Frequências utilizadas no tratamento superficial e dureza do material.

Corpo-de-prova	Frequência (kHz)	Dureza (HV)
1	88	204,3
2	188	215,4
3	296	226,1
4	350	239,1
5	-	199,3
Esfera de Ensaio	-	856

A técnica *ball-cratering* consiste na formação de uma cratera no corpo-de-prova, a mesma é formada durante o ensaio de desgaste micro-abrasivo com o equipamento tribômetro (Figura 1a.) na configuração de esfera rotativa fixa.

Nesta configuração a esfera é movimentada diretamente pela fixação entre eixos coaxiais e a força normal é aplicada através de uma alavanca com o valor definido pelo usuário, onde é posicionada o peso morto que age sobre a esfera. Ao lado da esfera de ensaio, está o corpo-de-prova em contato com a mesma. O contato e o movimento relativo entre esses dois elementos produzem uma força tangencial chamada de força de atrito. Além disso, na configuração de esfera rotativa fixa (Figura 1b.) é possível controlar a rotação da esfera de ensaio, a distância de deslizamento entre a esfera e o corpo-de-prova, a vazão e a concentração da solução entre o corpo-de-prova e a esfera, essa solução pode ser uma pasta abrasiva.

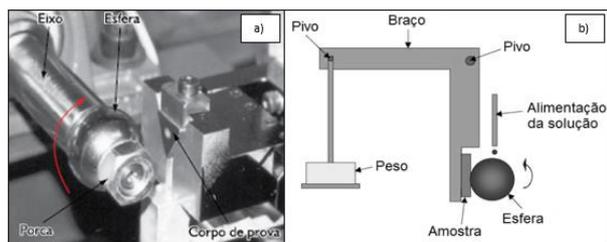


Figura 1 – a) equipamento tribômetro [4]; b) configuração esfera rotativa fixa [5].

Para o acionamento do equipamento, o eixo do motor é acionado por um motor elétrico de corrente contínua, uma potência equivalente a 30W e uma rotação de 56rpm. A esfera de ensaio foi utilizada como contra corpo durante o ensaio de desgaste micro-abrasivo, sendo seu material o aço AISI 316L. Durante o ensaio, são utilizadas duas células de carga que tem como função medir a força normal (N) e a força tangencial (T). Ambas as células de carga possuem capacidade máxima de 50 N e precisão de 0,001 N. Os demais parâmetros para a realização do ensaio podem ser observados na Tabela II abaixo.

Tabela II - Parâmetros de ensaio

Parâmetros de ensaio	Valor
Força normal (N)	1
Rotação da esfera de ensaio (rpm)	50
Velocidade periférica da esfera (m/s)	0,066
Tempo de ensaio (min)	3
Distância de deslizamento (m)	12

Durante o ensaio de desgaste micro-abrasivo uma solução química de Tampão Fosfato-Salino (PBS) é introduzida entre a esfera e o corpo-de-prova, com o objetivo de simular a composição química dos fluidos corpóreos. Todo o experimento foi conduzido sem a interrupção e a frequência de alimentação da solução química foi de 1 gota a cada 2s.

A coleta de dados resume-se ao valor do diâmetro da cratera de desgaste produzida no corpo-de-prova. O diâmetro da cratera de desgaste é obtido através do microscópio óptico e com a Equação 1 calculamos o volume de desgaste.

$$V = \frac{\pi d^4}{64R} \quad (1)$$

A equação acima é utilizada quando a condição  $d \ll R$  é atingida,  $d$  corresponde ao diâmetro da cratera e  $R$  o raio da esfera de ensaio. Vale ressaltar que, o raio da esfera de ensaio é de 12,7mm.

### 3. Resultados

A compreensão do comportamento tribológico é baseado no volume de desgaste que cada corpo-de-prova sofreu, sendo assim, na Tabela III é apresentado

os valores dos diâmetros obtidos e consequentemente o volume de desgaste de cada corpo-de-prova.

Tabela III - Dados obtidos a partir do ensaio de desgaste micro-abrasivo

Corpo-de-prova	Diâmetro da cratera de desgaste (mm)	Volume de desgaste (mm <sup>3</sup> )
1	1,35	0,0127
2	1,27	0,0102
3	1,22	0,0085
4	1,18	0,0075
5	1,43	0,0160

Na Figura 2 é apresentado um gráfico em função da frequência e do volume de desgaste do corpo-de-prova.

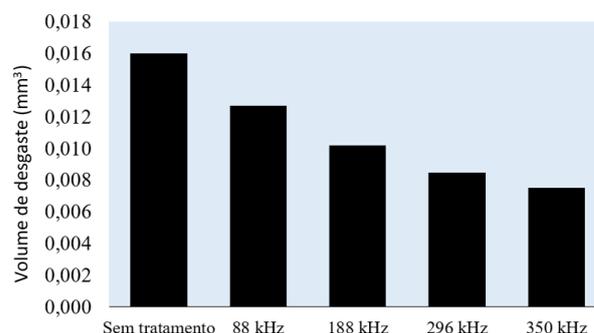


Figura 2 - Volume de desgaste x Frequência

### 4. Conclusão

Os resultados revelaram que, o comportamento tribológico do aço inoxidável austenítico ASTM F138, tratado superficialmente a laser, sofreu influência da frequência no tratamento superficial de itérbio de fibra óptica de nano segundos em termos de volume de desgaste. Quanto maior a frequência utilizada, menor o volume de desgaste, caracterizando, consequentemente, um aumento na resistência ao desgaste do corpo-de-prova.

### 5. Referências

- [1] PIRES, A. L. R. et al., *Biomateriais: tipos, aplicações e mercado*. São Paulo, Química Nova, v. 38, 2015.
- [2] OKAZAKI Y. *Effect of friction on anodic polarization properties of metallic biomaterials*. *Biomaterials* 2002; 23(9): 2071-2077.
- [3] SOARES, E. J. F. *Tratamento superficial a laser dos aços AISI 1045 e AISI 4340: transformações microestruturais*. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2005.
- [4] COZZA, R. C. et. al., *Análise comportamental dos coeficientes de atrito e desgaste de sistemas revestidos submetidos a desgaste micro abrasivo*. *Tecnologia Metalúrgica, Materiais e Mineiração*, v. 6, n. 4, São Paulo, 2010, 237-244 p.
- [5] TREZONA, R. I.; HUTCHINGS, I. M. *Three-body abrasive wear testing of soft materials*. *Wear*, 1999, 233-235; 209-221 p.

<sup>1</sup> Aluna de IC pela CNPQ. Projeto com vigência de 08/19 a 07/20.