

ESTUDO DO ACABAMENTO SUPERFICIAL DE DOIS AÇOS INOXIDÁVEIS TRATADOS A LASER PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS

Eurico Felix Pieretti^[<https://orcid.org/0000-0002-8006-4156>], UFABC, efpieretti@gmail.com

Maurício David Martins das Neves^[<https://orcid.org/0000-0002-1304-2117>], IPEN/CNEN, mdneves@ipen.br

Renato Altobelli Antunes^[<https://orcid.org/0000-0003-1540-6495>], UFABC, renato.antunes@ufabc.edu.br

Resumo. Os biomateriais fazem parte de uma classe de materiais que pertencem a um campo muito promissor, na medida em que devido à biocompatibilidade, resistência mecânica e estabilidade física e química podem ser aplicados para tratar, reparar ou substituir partes do corpo humano assegurando grandes benefícios para os pacientes, melhorando a qualidade de vida e contribuindo para a longevidade da população. Portanto, o acabamento superficial das peças é uma das etapas mais importantes na fabricação de um biomaterial para garantir sua adequação para a aplicação desejada. O presente trabalho avaliou o efeito da gravação por laser de fibra óptica nas superfícies de amostras de biomateriais produzidas com os aço inoxidáveis austenítico ISO 5832-1 e martensítico M340, por meio de análise microestrutural e caracterização de propriedades mecânicas de suas superfícies, a saber: rugosidade e micro dureza Vickers. Imagens de microscopia foram realizadas para caracterizar as mudanças na topografia das amostras tratadas a laser e apoiar os resultados obtidos.

Palavras chave: biomateriais, Tratamento superficial, Aço Inoxidável, implantes

1. INTRODUÇÃO

Os materiais com aplicações em áreas médicas, que formam uma interface com os sistemas biológicos, como meio a tratar, crescer ou substituir, tecidos, órgãos ou funções corporais, são definidos como biomateriais [1-4].

No Brasil, o aço inoxidável austenítico ISO 5832-1 é atualmente o material mais utilizado na fabricação de próteses ortopédicas. Um dos requisitos desta norma é a ausência de ferromagnetismo, que poderia causar deslocamento da prótese, no caso do paciente ser submetido a exame de ressonância magnética. Os aços inoxidáveis martensíticos são grandemente aplicados na confecção de instrumentais cirúrgicos, médico- odontológicos, entretanto são poucos os estudos encontrados caracterizando suas propriedades físicas, químicas e metalúrgicas.

Em relação às técnicas de gravação existentes, a gravação a laser tem sido bastante empregada para biomateriais metálicos, pois possibilita um elevado grau de automatização, alta velocidade de varredura, excelente reprodutibilidade, alta durabilidade e não acarreta desgaste para o ferramental. A norma ABNT NBR 12932:2010 descreve a localização da gravação em implantes numa região de baixa concentração de tensão e não deve cruzar as bordas de furos, escareamentos ou bordas de implantes e, indicada no desenho do implante [5].

Qi et al.[6] estudaram o processo de gravação em aços inoxidáveis por meio de raios laser. Eles utilizaram um laser tipo Q-switched Nd:YAG e avaliaram a influência da frequência do pulso, da energia e da velocidade na qualidade da gravação produzida. Comparando-se qualitativamente a profundidade, largura e contraste gerados pela gravação, constataram que a frequência do pulso era o parâmetro que mais afetava o contraste da gravação devido à oxidação. Leone et al. [7] verificaram tratar-se da frequência do pulso o parâmetro que mais interferia no contraste obtido nas imagens digitais das superfícies submetidas às gravações. O material que sofreu as marcações foi um aço inoxidável AISI 304. Eles observaram que a rugosidade e a oxidação da superfície gravada aumentavam em função do aumento da frequência até um dado valor e, decresciam a partir deste.

Estudos recentes para avaliar a susceptibilidade à corrosão localizada de biomateriais tratados por laser observaram oscilações de potencial desde o início do ensaio, indicativas de tendência à quebra localizada do filme passivo, seguidas por recuperação de potencial, sugerindo recuperação do filme na região atacada. Evidenciou-se que a técnica de marcação a laser apresenta efeito deletério na resistência à corrosão localizada, pois gera sulcos na superfície, causa o arrancamento de grãos e altera a sua rugosidade [8 – 10]. Este comportamento também foi encontrado realizando-se ensaios em meios contendo proteínas [11, 12].

O comportamento frente ao desgaste dos biomateriais metálicos é altamente sensível a vários fatores, entre eles: o nível médio de tensão, variáveis metalúrgicas, características da superfície e o ambiente em que estão expostos.

A falência prematura dos biomateriais, tanto para implantes e próteses ortopédicas ou odontológicas quanto para o instrumental cirúrgico, decorrente de desgaste em fluidos corpóreos, é um problema de caráter clínico e de engenharia biomédica.

2. OBJETIVO

Este trabalho avaliou os aços inoxidáveis: martensítico AISI M340 e austenítico ISO 5832-1, de aplicação biomédica, com marcações por laser de fibra óptica, por meio de caracterização de propriedades mecânicas e análise microestrutural.

3. METODOLOGIA

Amostras do aço inoxidável martensítico AISI M340 e austenítico ISO 5832-1, fundidos e trabalhados mecanicamente, foram preparadas e marcadas por feixe laser de fibra óptica. Os parâmetros de laser foram fixados, alternando-se apenas a distância do ponto focal em 230, 232,5, 235 e 240 mm.

O material de partida (padrão) e as amostras submetidas à marcação com feixe de laser foram caracterizados quanto à sua rugosidade e micro dureza.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Rugosidade

As rugosidades das superfícies texturizadas por laser foram medidas com uso de um rugosímetro marca Mitutoyo TM, para efeito de comparação as superfícies de amostras sem tratamento a laser (padrão) também foram analisadas e, os valores obtidos estão apresentados nas Tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1. Valores de rugosidades para amostras de aço inoxidável austenítico, usado como biomaterial, tratadas a laser e sem tratamento.

	Padrão	230mm	232,5mm	235mm	240mm
Ra (µm)	0,03	0,02	0,10	4,79	0,23
Rz (µm)	0,31	0,18	0,76	25,19	1,38
Rq (µm)	0,04	0,02	0,13	5,79	0,29

Todas as intensidades de laser seguem um padrão de rugosidades baixo, entretanto as amostras texturizadas a laser com o parâmetro ponto focal: 235 mm apresentou valores superiores às demais condições.

Tabela 2. Valores de rugosidades para amostras de aço inoxidável martensítico, usado como biomaterial, tratadas a laser e sem tratamento.

	Padrão	230mm	232,5mm	235mm	240mm
Ra (µm)	0,36	0,26	0,37	3,41	0,35
Rz (µm)	2,25	1,42	2,36	20,94	1,83
Rq (µm)	0,44	0,32	0,47	4,24	0,42

Todas as intensidades de laser seguem um padrão de rugosidades baixo, entretanto as amostras tratadas por laser com o parâmetro ponto focal: 235 mm apresentou valores mais elevados. Como com essa distância de ponto focal foram obtidas as maiores variações para as amostras de aço inoxidável austeníticas, essa variação nas amostras de aço inoxidável martensíticas já era esperada.

2. Micro dureza

Com o intuito de se verificar o efeito da texturização por laser no endurecimento das superfícies dos biomateriais tomados para este estudo, foram realizadas medidas de micro dureza Vickers em amostras dos referidos aços, tratadas com os parâmetros variando-se conforme anteriormente apresentados. As medidas de micro dureza (endentações) foram feitas na secção transversal das amostras tratadas em duas direções distintas, a saber: paralela e perpendicular à superfície tratada por feixe laser. Todos os pontos paralelos ao laser estão a 50 micrometros deste, e os perpendiculares se afastam de 50 em 50 micrômetros, aproximadamente. Os resultados obtidos estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Valores de micro dureza Vickers para amostras de aço inoxidável austenítico, usado como biomaterial, tratadas a laser.

	230mm	232,5mm	235mm	240mm
Paralelo	216,8	256,0	214,8	232,9
Perpendicular	191,2	214,5	192,0	215,8

Todas as amostras apresentaram um padrão de dureza alto, quando se trata da área termicamente afetada pelo laser, e ao se distanciar dessa área a dureza começa a cair.

Tabela 4. Valores de micro dureza Vickers para amostras de aço inoxidável martensítico, usado como biomaterial, tratadas a laser.

	230mm	232,5mm	235mm	240mm
Paralelo	231,8	230,3	218,5	237,6
Perpendicular	232,9	228,7	219,7	242,7

Igualmente às amostras austeníticas, as martensíticas também apresentaram um aumento de dureza nos pontos próximos da zona termicamente afetada, entretanto ao se distanciar, não se obteve um decaimento permanente da dureza, com valores semelhantes aos pontos mais próximos da área afetada, é possível que isso aconteça graças à estrutura do material, pois a martensita é uma estrutura termicamente tratada e por si só possui uma dureza elevada.

5. CONCLUSÃO

As regiões tratadas com laser apresentaram maiores valores de durezas, comparando-se com amostras do mesmo material sem tratamento. As regiões termicamente afetadas também apresentaram elevação de dureza. Efeito análogo foi observado quanto à rugosidade das amostras destes biomateriais. O conhecimento destes resultados é de grande valia, pois a maior parte das falhas são originadas nas superfícies dos biomateriais.

6. REFERÊNCIAS

- [1] HIROMOTO, S.; NODA, K.; HANAWA, T. Development of electrolytic cell with cell-culture for metallic biomaterials. **Corrosion Science**, v. 44, n. 5, p. 955-965, 2002.
- [2] ORÉFICE, R. L.; PEREIRA, M. M.; MANSUR, H. S. Biomateriais – Fundamentos e Aplicações. Cultura Médica, p.1-58, p.185-531, 2006.
- [3] WILLIAMS, D.F. Implantable prostheses. **Physics in Medicine and Biology**, v. 25, n. 4, p. 611-636, 1980.
- [4] WILLIAMS, D.F. Review: Tissue-biomaterial interactions. **Journal of Materials Science**, v. 22, n. 11, p. 3421-3445, 1987
- [5] ABNT NBR 12932: 2010, Implantes para cirurgia – Materiais metálicos – Preparação de superfície e marcação.
- [6] QI, J., WANG, K.L., ZHU, Y.M., A study on the laser marking process of stainless steel, **Journal of Materials Processing Technology**, v. 139, p. 273-276, 2003.
- [7] LEONE, C., GENNA, S., CAPRINO, G., DE IORIO, I., AISI 304 stainless steel marking by a Q-switched diode pumped Nd:YAG laser, v. 210, p. 1293-1303, 2010.
- [8] PIERETTI, E. F., **Efeito da marcação na resistência à corrosão de implantes ortopédicos produzidos em aço inoxidável ABNT NBR ISO 5832-1**. 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- [9] PIERETTI, E. F., LEIVAS, T. P., MÁXIMO, A., RAELE, M. P., DE ROSSI, W., DAS NEVES, M. D. M., **Contribuição Técnica para o 68º Congresso da ABM – 2013** – Belo Horizonte, MG, Brasil.
- [10] PIERETTI, E. F., COSTA, I., Surface characterisation of ASTM F139 stainless steel marked by laser and mechanical techniques, **Electrochimica Acta**, v. 114, p. 838 – 843, 2013.
- [11] PIERETTI, E. F., PALATNIC, R. P., LEIVAS, T. P., COSTA, I., DAS NEVES, M. D. M., Evaluation of Laser Marked ASTM F 139 Stainless Steel in Phosphate Buffer Solution with Albumin, **International Journal of Electrochemical Science**, v. 9, p. 2435 – 2444, 2014.
- [12] PIERETTI, E. F. ; COSTA, I. ; MARQUES, R. A. ; LEIVAS, T. P. ; NEVES, M. D. M. . Electrochemical Study of a Laser Marked Biomaterial in Albumin Solution. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 9, p. 3828-3836, 2014.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, Projeto chamada MCTIC/CNPq n°28/2018- Universal- N° do Processo 430231/2018-0, pela verba concedida.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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