cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Efeito do pH sobre a resistência à corrosão de uma liga Ti-Mo-Nb por espectroscopia de impedância eletroquímica

Larissa Dutra Pereira[1]; Gabrielle L.L. Marinho[1]; Lusiene T.S.Tannis[1]; Sinara Borborema[1]; Luiz Henrique de Almeida[2]; Caio M.F.A. Cossú[1]; Mônica Costa Rezende[1]; Wilma C.L. Pinto[1]; Ana Isabel de C. Santana[1]; Carlos Angelo Nunes[3]
1. UERJ; 2. UFRJ; 3. USP

Introdução

O titânio e suas ligas são amplamente utilizados em aplicações biomédicas devido à sua biocompatibilidade, propriedades mecânicas e resistência à corrosão. Entretanto, alterações no ambiente fisiológico, tais como mudanças no pH podem comprometer a estabilidade do filme passivo, responsável pela alta resistência à corrosão desses materiais. Nesse contexto, composições alternativas, com adição de elementos como Nb, Mo e Zr vêm sendo investigadas visando minimizar os riscos associados à possível liberação de íons que podem causar prejuízos à saúde [1-4]

Objetivos

O presente trabalho avaliar a resistência à corrosão da liga Ti-10Mo-3Nb, em solução que simula um ambiente fisiológico através da técnica de impedância eletroquímica.

Metodologia

Os ensaios foram realizados em dois meios corrosivos, com diferentes valores de pH, para avaliar a influência do pH sobre resistência à corrosão da liga Ti-10Mo-3Nb. A tabela 1, mostra a composição das soluções utilizadas nos ensaios eletroquímicos. O soro fisiológico utilizado foi adquirido comercialmente.

Tabela 1: Composição química das soluções.

Meio eletrolítico	pH	Composição
Soro fisiológico	5,9	NaCl 0,9%
Soro fisiológico acidificado	1,0	NaCl 0,9% + HCl 1,0mol/L

Os testes eletroquímicos foram conduzidos em uma célula convencional de três eletrodos. Ti-10Mo-3Nb (trabalho), calomelano saturado (referência) e platina (contra eletrodo). Para comparação testes foram realizados na amostra Ti-6Al-4V. O potencial de circuito aberto (OCP) foi monitorado durante 1800 s. Os testes de impedância eletroquímica foram obtidos na sequencia do monitoramento do OCP, usando uma faixa de frequência de 100 KHz a 7 mHz, com amplitude de 7 mV. O fluxograma apresentado na Figura 1 ilustra a sequência experimental para a realização dos testes eletroquímicos.



Figura 1: Fluxograma da sequência experimental.

Resultados e Discussão

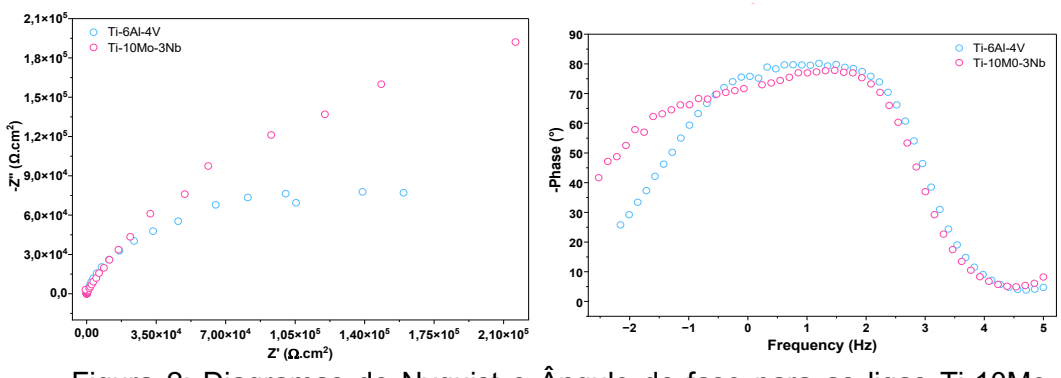


Figura 2: Diagramas de Nyquist e Ângulo de fase para as ligas Ti-10Mo-3Nb e Ti-6Al-4V. Solução: Soro fisiológico (0,9% NaCl). pH 5,9.

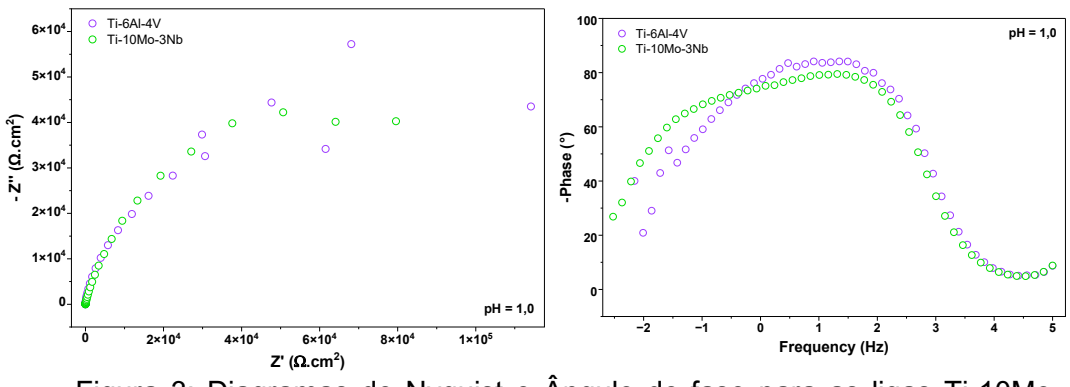


Figura 3: Diagramas de Nyquist e Ângulo de fase para as ligas Ti-10Mo-3Nb e Ti-6Al-4V. Solução: Soro fisiológico (0,9% NaCl). pH 5,9.

O efeito do pH sobre o potencial de circuito aberto é evidente tanto na liga Ti-10Mo-3Nb, quanto na liga referência (Ti-6Al-4V). Ambos os materiais mostram ângulos de fase característicos de ligas passivas, e a largura dos picos sugere a relaxação de mais de uma constante de tempo. Observa-se uma redução no módulo da impedância com a acidificação do meio, esse efeito é mais pronunciado para a liga Ti-10Mo-3Nb.

Tabela 2: Parâmetros eletroquímicos obtidos a partir dos ensaios de impedância eletroquímica.

Amostra	pH	OCP (V)	$\lvert Z\rvert_{0,007Hz}(\Omega.cm^2)$	$-\varphi(\circ)$
Ti-10Mo-3Nb	5,9	-0,442 ± 0,016	3,28 x 10^5	79,5
Ti-6Al-4V	5,9	-0,258 ± 0,010	1,78 x 10^5	84,1
Ti-10Mo-3Nb	1,0	-0,302 ± 0,033	0,98 x 10^5	77,8
Ti-6Al-4V	1,0	-0,236 ± 0,034	1,68 x 10^5	80,2

Conclusões

Este trabalho avaliou o comportamento das ligas Ti-10Mo-3Nb e Ti-6Al-4V em solução fisiológica estéril (soro fisiológico – 0,9% NaCl) no pH 5,9 e 1,0. A redução do pH provocou um deslocamento no OCP para ambas as ligas. Os diagramas de impedância obtidos em pH 5,9 apresentaram comportamento típico de ligas passivas. Por outro lado, a redução do pH (pH 1,0) promoveu uma diminuição do módulo de impedância para ambos os materiais, esse comportamento acompanhado da diminuição do ângulo de fase, sugere alterações nas características do filme passivo. Contudo, nas condições experimentais testadas, embora os resultados mostrem que as propriedades do filme passivo sejam sensíveis à quantidade de H+ no meio, não se observou evidências da formação de corrosão localizada (pites) sobre a superfície das amostras, nas condições experimentais avaliadas.

Referências e Agradecimentos

[1] MILOŠEV, I.; KOSEC, T.; STREHBLOW, H.-H. XPS and EIS study of the passive film formed on orthopaedic Ti–6Al–7Nb alloy in Hank's physiological solution. *Electrochimica Acta*, v. 53, p. 3547–3558, 2008.
[2] ASSIS, S. L.; WOLYNEC, S.; COSTA, I. The electrochemical behaviour of Ti-13Nb-13Zr alloy in various solutions. *Materials and Corrosion*, v. 59, n. 9, p. 739–743, 2008.
[3] MORAES, P. E. L.; CONTIERI, R. J.; LOPES, E. S. N.; ROBIN, A.; CARAM, R. Effects of Sn addition on the microstructure, mechanical properties and corrosion behavior of Ti–Nb–Sn alloys. *Materials Characterization*, v. 96, p. 273–281, 2014.
[4] BORBOREMA, S. et al. Influence of Mo equivalent in the corrosion resistance of Ti-10Mo-xNb alloys. *In vitro models*, 2026.

FAPERJ Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
UERJ Universidade do Estado do Rio de Janeiro 75 ZONA OESTE
FCEE Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias
LABEMM