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

Interação Microestrutura -Filme Passivo no Comportamento de Corrosão de uma Liga Multicomponente Refratária CrTiNb para Aplicações em Implantes Biomédicos

Guilherme Santos Vacchi[1,2]; David José Aviles[1,2]; João Gabriel da Cruz Passos[1,2]; Diogo Pedrino Braga[1,2]; Danielle Cristina Camilo Magalhães[1,2]; Carlos Alberto Della Rovere[1,2*]

1. Laboratório de Corrosão Munir Rachid, Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Rodovia Washington Luís, km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil; 2. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil. Contato: guilhermevacchi@ufscar.br ; rovere@ufscar.br

Introdução

A resistência à corrosão é essencial para a segurança e durabilidade dos implantes metálicos. Ligas multicomponentes refratárias CrNbTi destacam-se como alternativas promissoras devido à formação de filmes passivos protetores. Entretanto, a evolução microestrutural e a redistribuição dos elementos entre as fases podem comprometer a estabilidade desses filmes, evidenciando a importância da interação entre microestrutura, composição química do filme passivo e resistência à corrosão.

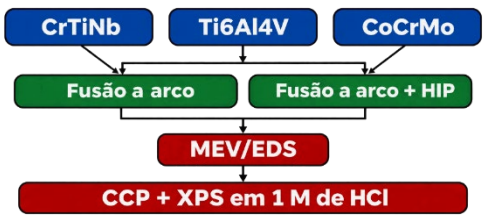
Objetivos

- Investigar a influência da evolução microestrutural e da redistribuição de Cr entre a matriz CCC e a fase Laves.
- Avaliar seus efeitos sobre a composição química e a estabilidade do filme passivo.
- Correlacionar esses fatores à resistência à corrosão da liga CrNbTi nas condições como fundida e após tratamento HIP.
- Comparar o desempenho eletroquímico da CrNbTi com as ligas biomédicas Ti6Al4V e CoCrMo.

Metodologia

Tabela 1 – Composição química das ligas CrTiNb nas condições como fundida (ASC) e após tratamento HIP.

Liga	Cr (at.%)	Vk*cv0 +	P d"*cv0 +
E tVkP d/CUE	4; .8	31,9	31,7
CrTiNb-HIP	33,7	29,8	30,7



Resultados e Discussão

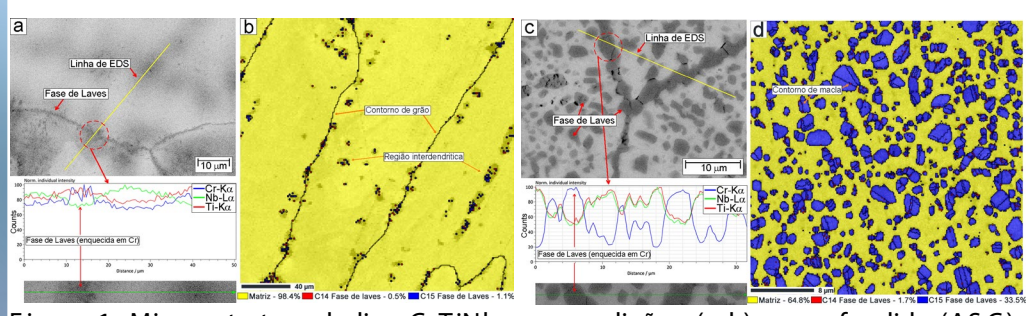


Figura 1. Microestrutura da liga CrTiNb nas condições (a,b) como fundida (ASC) e (c,d) após tratamento HIP. Micrografias MEV/BSE com perfis de composição química por EDS (a,c) e mapas de fases obtidos por EBSD (b,d).

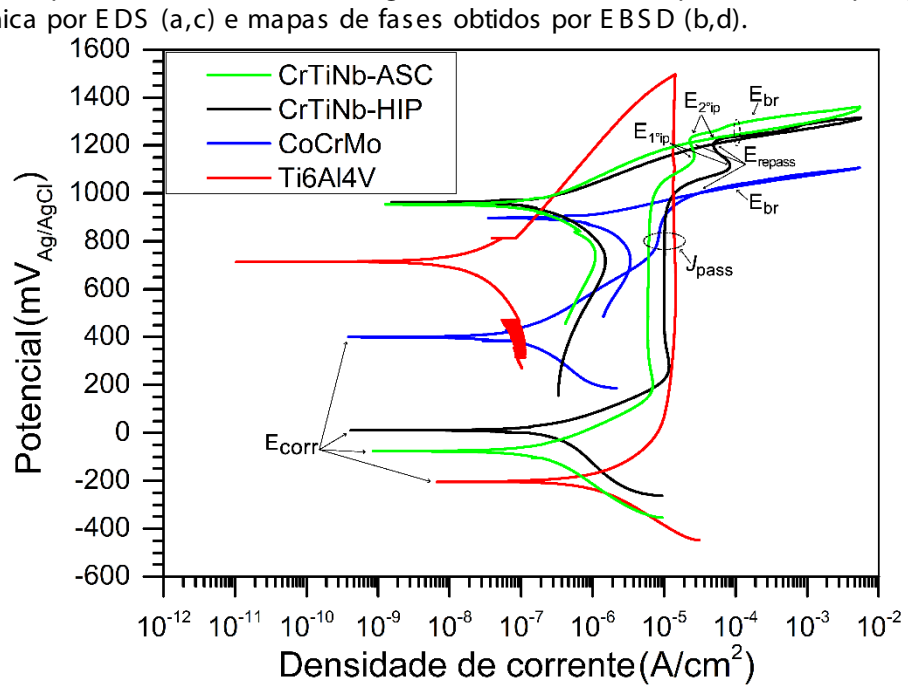


Figura 2. Curvas de polarização potenciodinâmica cíclica das ligas CrTiNb-ASC, CrTiNb-HIP, CoCrMo e Ti6Al4V.

Tabela 2 – Parâmetros eletroquímicos obtidos por polarização potenciodinâmica cíclica das ligas CrTiNb-ASC, CrTiNb-HIP, CoCrMo e Ti6Al4V em HCl 1 mol/L.

Alloy	CrTiNb-ASC	CrTiNb-HIP	CoCrMo	Ti6Al4V
E_{corr} ($mV_{Ag/AgCl}$)	-85 ± 37	-26 ± 30	397 ± 33	-191 ± 48
I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	0,26 ± 0,06	0,44 ± 0,08	0,16 ± 0,07	2,3 ± 1,5
J_{pass} ($\mu A/cm^2$)[a]	6,0 ± 0,1	11,0 ± 0,8	9,0 ± 0,8	16,0 ± 3,8
E_{break} ($mV_{Ag/AgCl}$)[b]	1290 ± 4	1235 ± 1	1038 ± 2	***
E_{repass} ($mV_{Ag/AgCl}$)	1211 ± 1	1209 ± 1	1000 ± 2	***
$\Delta_{Ebr-Erepass}$ ($mV_{Ag/AgCl}$)	79 ± 4	26 ± 2	38 ± 1	***
Corrosion rate (mpy)	0,12 ± 0,03	0,19 ± 0,03	0,074 ± 0,03	1,05 ± 0,71

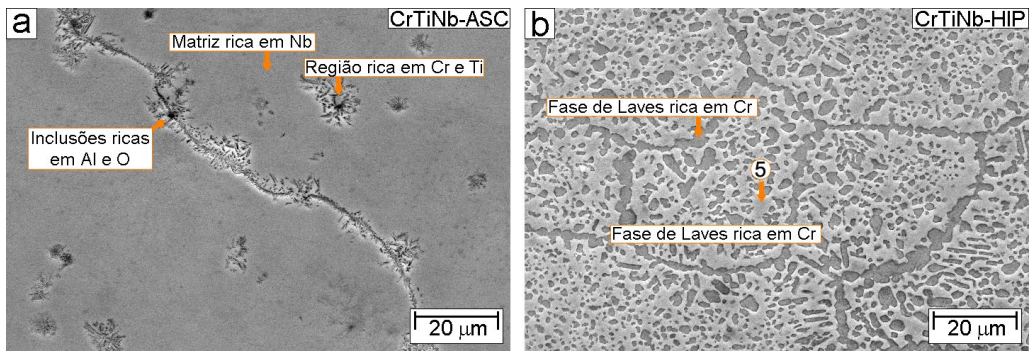


Figura 3. Micrografias das ligas (a) CrTiNb-ASC e (b) CrTiNb-HIP após polarização potenciodinâmica cíclica.

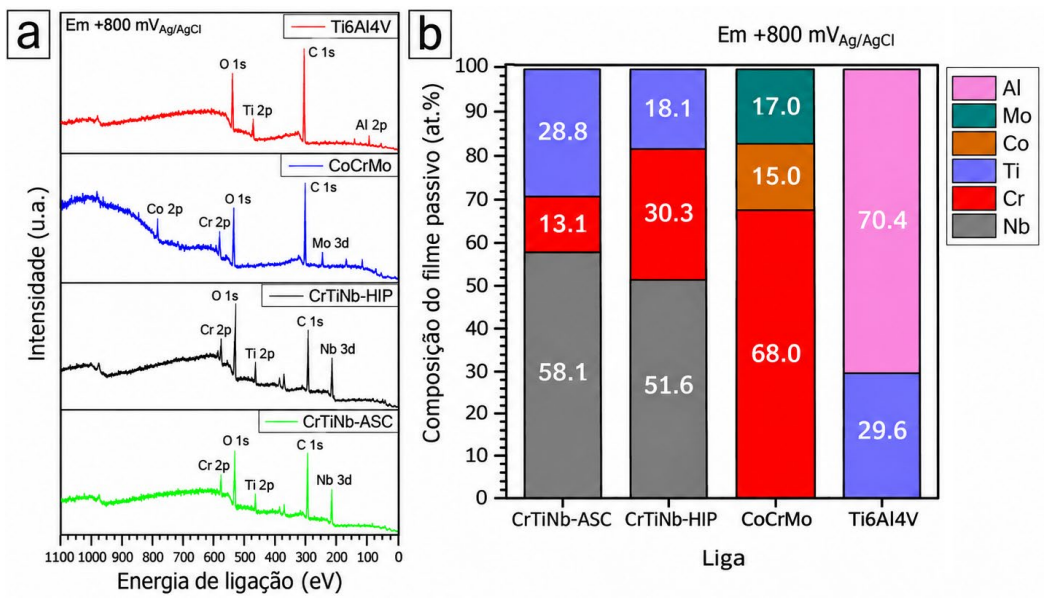


Figura 3. (a) Espectros gerais de XPS e (b) composição química dos filmes passivos das ligas CrTiNb-ASC, CrTiNb-HIP, CoCrMo e Ti6Al4V, formados a +800 $mV_{Ag/AgCl}$ em HCl 1 mol/L.

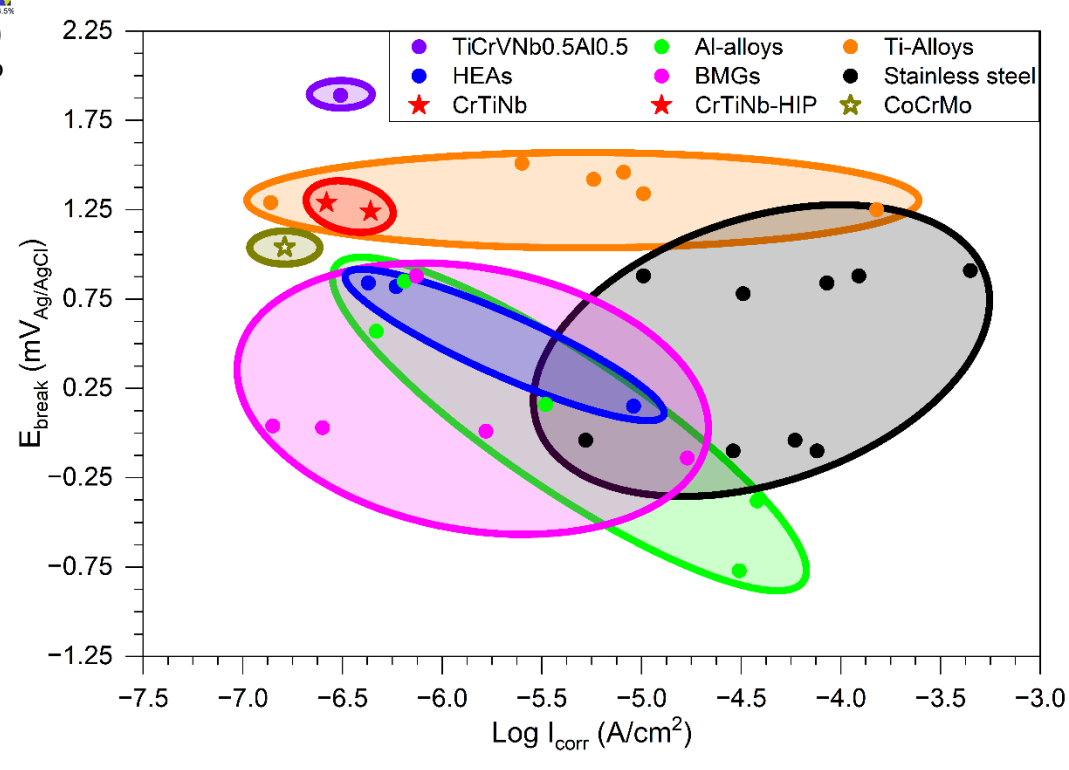


Figura 4. Comparação dos e E_{break} e I_{corr} com diferentes classes de ligas metálicas reportadas na literatura em HCl 1 mol/L.

Conclusões

- O Nb predomina nos filmes passivos da CrTiNb (51,6–58,1 at.%), evidenciando seu papel central na passivação.
- O tratamento HIP elevou a fração volumétrica de fase Laves de 1,6% para 35,2%, intensificando a partição de Cr.
- Apesar do maior teor de Cr no filme após HIP, a CrTiNb-ASC apresentou maior estabilidade eletroquímica devido ao menor teor de fase Laves.
- A CrTiNb-ASC superou a CoCrMo em estabilidade anódica e a Ti6Al4V em proteção passiva, em HCl 1 mol/L.
- A interação entre a distribuição microestrutural (da fase Laves) e a composição do filme passivo governa a resistência à corrosão da CrTiNb.

Referências e Agradecimentos

BUTLER, T. M. et al. Microstructures and mechanical properties of CrNb, CrNbTi, and CrNbTaTi concentrated refractory alloys. Intermetallics, v. 138, 107323, 2021.
ZHANG, Y. et al. Electrochemical behavior and passivation film characterization of TiZrHfNb multi-principal element alloys in NaCl-containing solution. Corrosion Science, v. 235, 112185, 2024.
CRONEMBERGER, M. E. R. et al. The effect of Nb additions on the passive behavior of NiTi shape memory alloys. Applied Surface Science, v. 679, 161244, 2025.

ufscar DEMa Departamento de Engenharia de Materiais - UFSCar LC ppgcem FAPESP CNPq CAPES GOVERNO DO BRASIL DO LADO DO POVO BRASILEIRO