



XVIII SIBEE

# XVIII SIBEE

**SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ELETROQUÍMICA E ELETROANALÍTICA**

**28/Agosto a 01/Setembro de 2011**

**BENTO GONÇALVES - RS - BRASIL**

**(Dall'Onder Grande Hotel)**

**Anais do XVIII Simpósio  
Brasileiro de Eletroquímica e  
Eletroanalítica - SIBEE**



Luís Frederico Pinheiro Dick et al. (Org.)

# **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica SIBEE**

1ª edição

 EDITORA  
UNIVATES

Lajeado, agosto de 2011

---

S612a

Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica (18. : 2011 :  
Lajeado, RS)

Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e  
Eletroanalítica/ Luís Frederico Pinheiro Dick et al. (Org.) – Lajeado : Ed.  
da Univates, 2011.  
1983 p.:

ISBN 978-85-98611-98-3

1. Eletroquímica 2. Eletroanalítica 3. Química física I. Título

CDU: 544:061.3

---

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Hilgemann Mendel CRB-10/1459



Coordenação e Revisão Final: Ivete Maria Hammes  
Editoração: Bruno Henrique Braun e Marlon Alceu Cristófoli

Avelino Tallini, 171 - Bairro Universitário - Cx. Postal 155 - CEP 95900-000,  
Lajeado - RS, Brasil Fone: (51) 3714-7024 / Fone/Fax: (51) 3714-7000  
E-mail [editora@univates.br](mailto:editora@univates.br) / <http://www.univates.br/editora>

**As opiniões e os conceitos emitidos no livro, bem como a exatidão,  
adequação e procedência das citações e referências, são de exclusiva  
responsabilidade dos seus autores.**

# CORROSÃO E PASSIVIDADE DAS LIGAS Ti55Ni E Ti6Al4V EM SORO RINGER LACTATO CONTENDO FLUORETO

Anelise M. Schmidt<sup>1</sup>, Denise S. Azambuja<sup>2</sup>, Rondon M. Sabino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, Caçapava do Sul - RS - Brasil; <sup>2</sup> Laboratório de Eletroquímica, Instituto de Química - UFRGS, Porto Alegre - RS - Brasil.

[aneliseschmidt@gmail.com](mailto:aneliseschmidt@gmail.com)

*RESUMO: Neste trabalho, a corrosão e a passividade das ligas Ti55Ni e Ti6Al4V foram investigados, em comparação ao Ti grau 2 e Ni, em soro Ringer lactato contendo NaF por meio de medidas eletroquímicas. Sabe-se que as ligas de titânio tem ampla aplicação na medicina devido a resistência à corrosão e osseointegração e o nitinol (Ti55Ni) apresenta propriedades de “memória” e superelasticidade. Valores de potencial de circuito aberto (PCA, após 1 hora de imersão no soro, e curvas voltamétricas (CV) do Ti, Ti6Al4V e Ti55Ni, indicaram comportamento passivo mesmo na presença de fluoreto. Ni apresentou valores de PCA e curvas voltamétricas relativos a um processo de dissolução. Diagramas de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIS) obtidos no PCA, confirmam o comportamento passivo do Ti e Ti6Al4V, no entanto, uma constante de tempo detectada nas baixas frequências para o Ti55Ni indica um processo de difusão na camada mais externa do filme.*

*Palavras-chave: Ti6Al4V, Ti55Ni, Ringer, fluoreto.*

## INTRODUÇÃO

O titânio e suas ligas tem sido amplamente utilizados na medicina em implantes ósseos e dentários devido a sua alta resistência à corrosão e capacidade de osseointegração. O nitinol (Ti55Ni), devido às suas propriedades de superelasticidade, efeito de memória e resistência a corrosão, encontra uso na área médica na fabricação de extensores cardíacos, aparelhos ortodônticos e como peça de instrumentos cirúrgicos. Devida à alta quantidade de Ni na composição da liga, muitos trabalhos tem sido realizados com o objetivo de avaliar a biocompatibilidade deste material, pois o Nitinol pode ser tóxico para os tecidos e células pela dissolução seletiva de Ni [1,2] Sabe-se que o Níquel apresenta baixa resistência à corrosão em presença de cloretos, e a passividade da liga Ti55Ni é atribuída à formação de um filme misto composto por óxidos de Ti e Ni sobre a sua superfície, onde o titânio desempenha papel importante na resistência à corrosão [3,4]

Fluoretos são muito utilizados em produtos dentários, mas podem ser íons agressivos ao titânio e suas ligas, principalmente em meios com  $\text{pH} < 6$  [5]. No entanto, conforme trabalhos anteriores, o Ti grau 2 e a liga Ti6Al4V mostram comportamento passivo em soro Ringer com lactato e na presença de fluoreto [6].

Este trabalho apresenta uma investigação eletroquímica da corrosão e do comportamento passivo do Ni, Ti grau 2 e das ligas Ti6Al4V e Ti55Ni em soro Ringer com lactato contendo fluoreto de sódio.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As medidas eletroquímicas foram realizadas em célula convencional de três eletrodos em condições ambientais. Os eletrodos de trabalho foram fios de Ti comercialmente puro grau 2, Níquel, Ti6Al4V (6% Al, 4% V) e Ti55Ni (55,2% Ni) inseridos em Teflon, com áreas expostas de 0,0177; 0,0636; 0,00785 e 0,0314  $\text{cm}^2$ , respectivamente. Estes eletrodos foram polidos com lixas 600 e 1200, desengraxados com etanol e enxaguados com água destilada. Como eletrodo de referência utilizou-se o eletrodo de calomelano saturado, sendo todos os potenciais referidos a ele, e um fio de platina foi utilizado como eletrodo auxiliar.

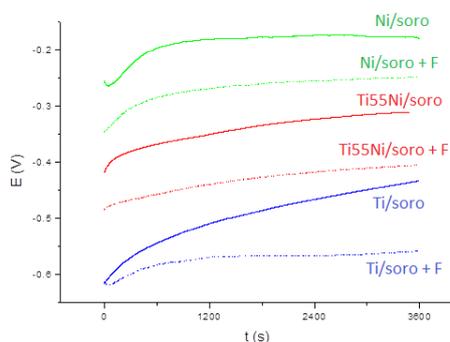
Os eletrólitos foram o soro Ringer com lactato (NaCl 0,3%; KCl 0,03%;  $\text{CaCl}_2$  0,02%; lactato de sódio 0,3%), pH 6,5 e com NaF 0,1 mol/L.

Efetou-se medidas de potencial de circuito aberto (PCA), voltametria cíclica (VC) e espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIA). As curvas voltamétricas foram realizadas com velocidade de varredura de 10 mV/s e os diagramas de EIA foram obtidos em uma faixa de frequência de 100 kHz a 10 mHz com amplitude de 10 mV. Todas as medidas foram efetuadas em aparelho PGSTAT30 da Autolab.

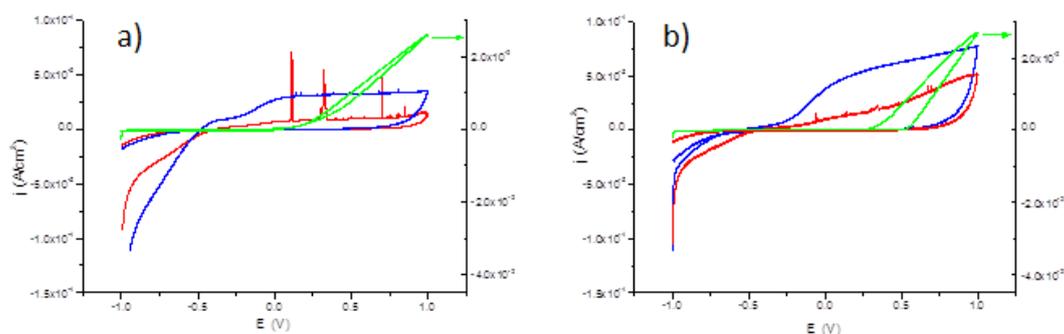
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os PCA do Ti, Ni e Ti55Ni no soro Ringer com e sem fluoreto. Observa-se para o Ti e Ti55Ni valores relativos à formação de um filme passivo mesmo na presença de fluoreto [7]. Os valores de PCA para o Ni, por sua vez, indicam um processo de dissolução do metal [8]. A liga Ti6Al4V apresenta valores de PCA similares ao Ti, indicativos da formação de um filme de óxido, conforme trabalho prévio na literatura [6].

As curvas voltamétricas da Figura 2 mostram comportamento passivo para o Ti e a liga Ti55Ni, com aumento das correntes na presença de fluoreto. As oscilações de corrente na curva do Ti55Ni podem ser atribuídas a um processo de passivação/depassivação. A liga Ti6Al4V apresenta comportamento similar ao Ti com aumento das correntes na presença de fluoreto [6]. A CV do Ni apresenta intenso processo de dissolução que inicia em aproximadamente 0,1 V e uma *histerese* característica de corrosão localizada.

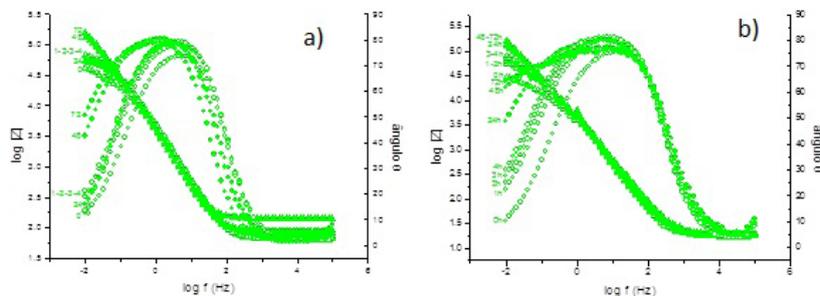


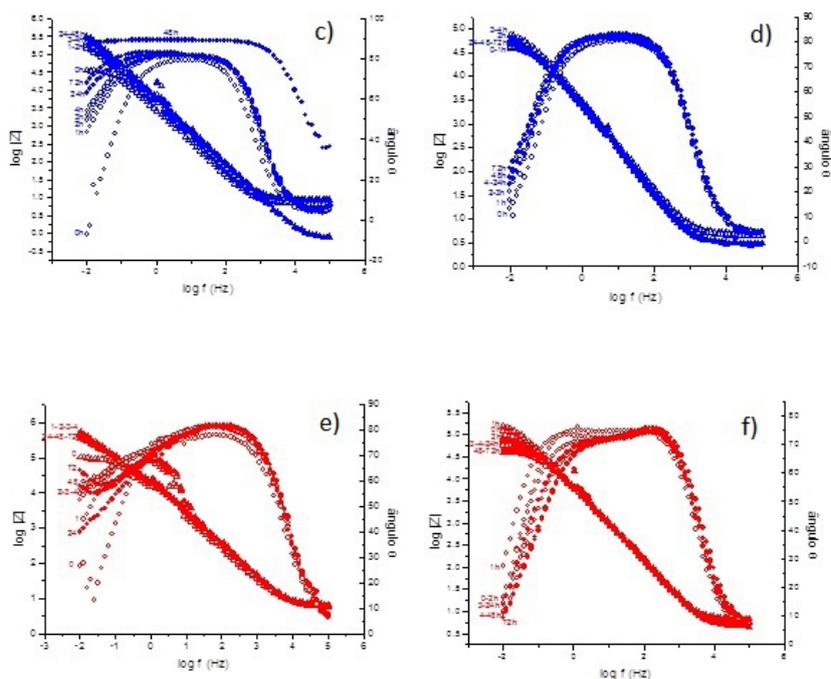
**Figura 1:** PCA do Ti, Ni e Ti55Ni em soro Ringer lactato com e sem fluoreto.



**Figura 2:** curvas voltamétricas do Ni (---), Ti (---) e Ti55Ni (---) **a)** soro Ringer; **b)** soro Ringer + NaF

Diagramas de EIA (Figura 3) foram obtidos no PCA após diferentes tempos de imersão. Os diagramas de Bode para o Ni no Ringer mostram uma constante de tempo e ângulos de fase próximos de  $45^\circ$ , nas baixas frequências, indicativos de processos de difusão. Na presença de fluoreto não houve alterações significativas. Para o Ti observa-se duas constantes de tempo sobrepostas relacionadas a um filme *duplex* com camada externa mais porosa. A liga Ti6Al4V apresenta comportamento similar, que não se altera na presença de fluoreto [6]. Os diagramas para a liga Ti55Ni também mostram a sobreposição de duas constantes de tempo, com redução dos ângulos de fase na presença de fluoreto.





**Figura 3:** Diagramas de Bode para o Ni (○), Ti (□) e Ti55Ni (△), obtidos no PCA após diferentes tempos de imersão em soro Ringer lactato (a,c,e); soro Ringer lactato + NaF (b,d,f).

## CONCLUSÕES

O Ti grau 2 e a liga Ti6Al4V apresentam comportamento passivo em soro Ringer Lactato, mesmo na presença de fluoreto. O Ni, por sua vez, mostra um processo de corrosão no soro sem alterações com a adição do NaF. Os resultados obtidos para a liga Ti55Ni podem ser atribuídos a um comportamento passivo com formação de um filme *duplex*, com camada externa contendo poros.

**AGRADECIMENTOS:** CAPES e CNPq.

## REFERÊNCIAS

- [1] SHABALOVSKAYA S. A., “Surface, corrosion and biocompatibility aspects of Nitinol”, *Biomedical Materials Engineering*, 12, 69-106, 2002.
- [2] SUN E. X., FINE S., NOWAK W. B., “Electrochemical behavior of nitinol alloy in Ringer’s solution”, *J. Of Materials Science in Medicine*, 13, 959-964, 2002.
- [3] YU S. Y., SCULLY J. R., “Corrosion and passivity of Ti13% Nb13% Zr in comparison to other biomedical implant alloys”, 53 (12), 965-976, 1997.
- [4] RONDELLI G., “Resistance tests on NiTi shape memory alloy”, *Biomaterials*, 17 (20), 2003, 1996.
- [5] RECLARU L., MEYER J. M. , “Effect of fluorides on titanium and othes dental alloys in dentistry”, *Biomaterials*, 19 (1-3), 85-92, 1998.
- [6] SCHMIDT A.M., AZAMBUJAD.S., “Fluoride ion effect on Ti6Al4V alloy passivation in lactated Ringer’s serum”, *Materials Research*, 6 (2), 239-246, 2003.
- [7] KELSALL G. H., ROBBINS D. J., “Thermodynamics of Ti-H<sub>2</sub>O-F systems at 298 K”, *J. Electroanalytical Chemistry*, 283 (1-2), 135-157, 1990.
- [8] POURBAIX M., “Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions”, NACE, Houston, 24 Ed., 1974.