

# AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DE AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 PARA APLICAÇÃO COMO TRANSDUTOR ELETROQUÍMICO EM BIOSSENSORES DE RELEVÂNCIA MÉDICA

## Área

Bioquímica e Biotecnologia

ISBN 978-85-85905-21-7

## Autores

Faria, R.A.D. (UFMG) ; Soares, R.B. (UFMG) ; Heneine, L.G.D. (FUNED) ; Matencio, T. (UFMG) ; Lins, V.F.C. (UFMG)

## Resumo

Dada a importância dos biossensores em diagnósticos na área de saúde, particular interesse se tem nos transdutores eletroquímicos devido à possibilidade de se obter dispositivos de baixo custo e alta performance. Neste trabalho aço inox AISI 304 foi estudado como substrato transdutor a partir do estudo de sua corrosão em meios comumente utilizados em biossensores. Resultados de Polarização Potenciodinâmica Anódica, Cronoamperometria e Microscopia Óptica revelaram que o aço tende a sofrer menor corrosão em tampão Tris-HCl e maior degradação em solução de Hanks e eletrólito. Quando avaliada a capacidade de detecção do biossensor por Espectroscopia de Impedância Eletroquímica frente a um analito de interesse médico, o dispositivo gerou um aumento de 95% em sua impedância.

## Palavras chaves

Biossensor; Aço inoxidável AISI 304; Transdutor

## Introdução

Biossensores são dispositivos analíticos compostos por um elemento de reconhecimento biológico que ao entrar em contato com um analito de interesse geram um sinal mensurável quantitativo ou semiquantitativo (IUPAC, 1999). Entre os componentes do sensor, o transdutor tem fundamental importância, pois converte o sinal de detecção do alvo em um sinal de saída mensurável na forma de eletricidade, calor, variação de massa, etc (MONOŠÍKA, STREĎANSKÝB e ŠTURDÍKA, 2012). Entre os tipos de transdução, a eletroquímica tem despertado especial interesse por permitir a obtenção de respostas sensíveis e altamente específicas, permitindo o uso sistemas do tipo "point-of-care", com detecções rápidas, simples e materiais baratos (PERUMAL e HASHIM, 2014; TURNER, 2013). Especialmente na área médica, dispositivos de medição rápida e precisa têm sido bastante requeridos, pois permitem o diagnóstico precoce de doenças, evitando o agravamento do quadro clínico de pacientes (JIN et al., 2016). Neste contexto, esta pesquisa propôs avaliar a aplicação de aço austenítico AISI 304 como substrato transdutor eletroquímico em biossensor para diagnóstico de acidente ofídico, uma vez que aços inoxidáveis são fortes candidatos à aplicação em biossensores devido à alta resistência à corrosão, biocompatibilidade e baixo custo (REZAEI et al., 2016; MARIOTTO et al., 2011). Para tanto, a resistência à corrosão do aço foi avaliada em meios comumente empregados em biossensores, quais sejam: um tampão de armazenamento (Tris-HCl 0,01M), eletrólito para medidas de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (Tris-HCl 0,01M + KCl 0,1M) e uma solução sintética que simula as condições naturais do sangue (solução de Hanks).

## Material e métodos

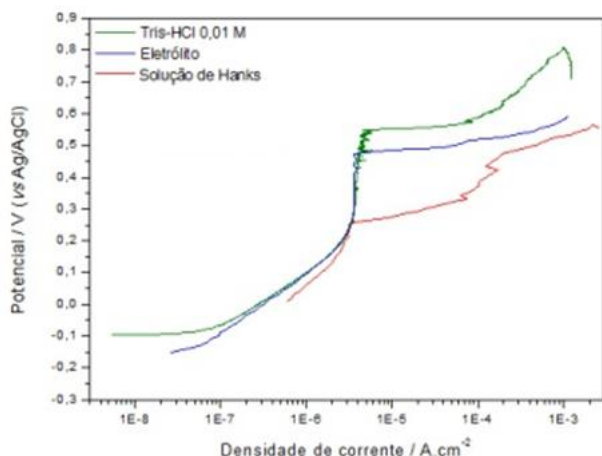
A uma chapa de aço inoxidável austenítico AISI 304, de área igual a 1 cm<sup>2</sup> e espessura de 0,5 mm, foi soldado um fio de cobre por descarga capacitiva. O sistema foi eletricamente isolado por embutimento com resina epóxi e a área exposta do aço foi lixada com lixas d'água de SiC de granulometrias de 400, 600, 800 e 1200 mesh. Após este procedimento, o material foi levado a banho ultrassônico por 10 minutos respectivamente em acetona e água deionizada. Após o preparo do material, sua resistência à corrosão foi avaliada em meios que condizem com a condição real de trabalho de biossensores: tampão Tris-HCl 0,01M pH 7,4; eletrólito (tampão Tris-HCl 0,01M pH 7,4 acrescido de KCl 0,1M como eletrólito suporte) e solução de Hanks. Para tanto, Polarização Potenciodinâmica Anódica foi empregada, após a estabilização por 1 h do potencial de circuito aberto (OCP), usando-se velocidade de varredura de 1 mV/s com limite de corrente de 10E-3 A/cm<sup>2</sup> após atingir o potencial de pite. Cronoamperometria foi usada para avaliar a estabilidade do filme de óxido no substrato por 16h nos diferentes meios aplicando-se potencial obtido a partir da região passiva no ensaio de polarização. Por fim, o aço foi funcionalizado conforme protocolo experimental descrito por Faria (2017) e foi exposto a veneno de serpente do gênero Bothrops (10 ug/mL) por 20 minutos. A capacidade de detecção do analito botrópico foi avaliada pela técnica de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica numa faixa de frequências de 10.000 a 0,01 Hz, com amplitude de potencial de 10 mV a partir do OCP. Todos os ensaios eletroquímicos foram conduzidos numa célula eletroquímica composta pelo aço como eletrodo de trabalho, um contra-eletrodo de platina e eletrodo de referência de Ag/AgCl (KCl 3M).

## Resultado e discussão

Os resultados de polarização potenciodinâmica da Figura 1 mostram que, no tampão Tris-HCl, o aço apresentou potencial de corrosão de -0,09 V (vs Ag/AgCl) e uma região de passivação em densidade de corrente de aproximadamente +0,26 V (vs Ag/AgCl), ambos valores superiores àqueles obtidos em meio ao eletrólito, o que indica sua maior resistência à corrosão em Tris. Este fato está associado à maior concentração de íons cloreto no eletrólito, ânions responsáveis pela corrosão por pite em aços inoxidáveis (GENTIL, 2003; McCafferty, 2010). Na solução de Hanks, o alto valor de densidade de corrente sugere a corrosão devido ao intenso processo de transferência de carga na interface eletrodo/solução em função da presença de diversos ânions como também destacado por Antunes et al. (2010), que estudaram a resistência à corrosão de um aço inoxidável austenítico nesta mesma solução. Por Cronoamperometria e Microscopia Óptica confirmou-se que o filme de óxido formado na passivação é afetado principalmente pelo eletrólito e solução de Hanks, levando à formação de produtos

de corrosão que podem interferir na resposta eletroquímica do aço empregado como transdutor em biossensores. Ainda, o aço foi funcionalizado para atuar como transdutor eletroquímico num biossensor impedimétrico para detecção de veneno de serpentes de Bothrops. Os dados de impedância obtidos foram simulados valendo-se do circuito elétrico equivalente apresentado figura 2 e o Diagrama de Nyquist revela um acréscimo de resistência à transferência de carga de aproximadamente 95% após o substrato ter sido incubado no veneno, o que indica que os anticorpos presentes no transdutor detectaram o analito de interesse, levando à formação do imunocomplexo antígeno-anticorpo, como também observado por Elshafey et al. (2013).

Figura 1



Curvas de Polarização Potenciodinâmica Anódica para o aço AISI 304 em Tris-HCl 0,01M, eletrólito e solução de Hanks

Figura 2

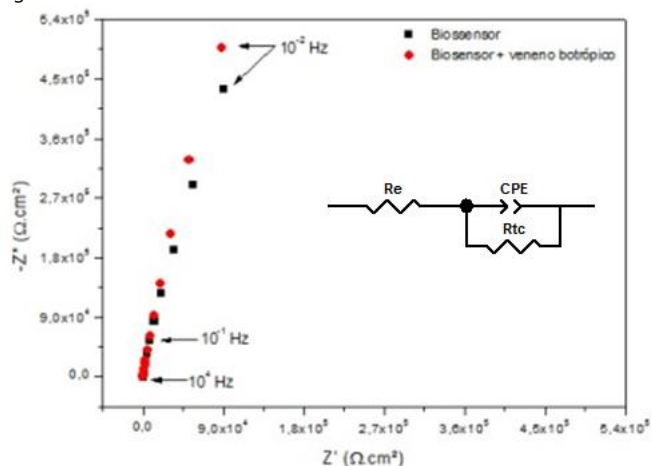


Diagrama de Nyquist do biossensor de aço AISI 304 antes e após incubação no analito de interesse

## Conclusões

Os ensaios de Polarização Potenciodinâmica Anódica, Cronoamperometria e as imagens de Microscopia Óptica revelaram que o aço AISI 304 tem maior resistência à corrosão em tampão Tris-HCl, solução de armazenamento de diversos biossensores de relevância médica, e menor resistência em eletrólito contendo KCl 0,1M e solução de Hanks, devido à alta concentração principalmente de íons cloretos. Concluiu-se ainda que o aço 304 foi eficiente como transdutor eletroquímico num biossensor impedimétrico, pois gerou significativo aumento do sinal elétrico de saída em decorrência da detecção de seu analito.

## Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem à FAPEMIG, CAPES, CNPq, UFMG e Fundação Ezequiel Dias pelo suporte financeiro e de recursos técnicos dispensados nesta pesquisa.

## Referências

- ANTUNES, R.A., RODAS, A.C.D., LIMA, N.B., HIGA, O.Z., COSTA, I. Study of corrosion resistance and in vitro biocompatibility of PVD TiCN-coated AISI 316 L austenitic stainless steel for orthopedic applications. *Surface & Coatings Technology*, 205, p. 20174-2081, 2010.
- ELSHAFEY, R., TLILI, C., ABULROB, A., TAVARES, A.C., ZOUROB, M. Label-free impedimetric immunosensor for ultrasensitive detection of cancer marker Murine double minute 2 in brain tissue. *Biosensors and Bioelectronics* 39 (2013) 220 – 225.
- FARIA, R. A. D. Estudo para o desenvolvimento de biossensor impedimétrico não marcado para detecção de veneno ofídico. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2017.
- GENTIL, V. Corrosão, 2ª edição. Rio de Janeiro, LTC, 2003.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). *Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification*. Pure Applied Chemistry, vol. 71, n.12, 2333-2348, 1999.
- JIN, S., POU DYAL, S., MARINERO, E. E., KUHN, R. J., STANCIU, L. A. Impedimetric dengue biosensor based on functionalized grapheme oxide wrapped silica particles. *Electrochimica Acta*, 194, 422-430, 2016.
- MARIOTTO, S. F. F., GUIDO, V., CHO, L. Y., SOARES, C. P., CARDOSO, K. R. Porous stainless steel for biomedical applications. *Materials research*, vol. 14, n. 2, 2011.
- MCCAFFERTY, E. *Introduction to Corrosion Science*. New York: Springer, 2010.

MONOŠÍKA, R., STREĎANSKÝB, M., ŠTURDÍKA, E. Biosensors – classification, characterization and new trends. *ActaChimica Slovaca*, vol. 5, n.1, 109-120, 2012.

PERUMAL, V., HASHIM, U. Advances in biosensors: principle, architecture and applications. *Journal of Applied Biomedicine* 12 (1), 1-15, 2014.

REZAEI, B., SHAMS-GHAHFAROKHI, L., HAVAKESHIAN, E., ENSAFI, A.A. An electrochemical biosensor based on nanoporous stainless steel modified by gold and palladium nanoparticles for simultaneous determination of levodopa and uric acid. *Talanta*, 158, 42-50, 2016.

TURNER, A. P. Biosensors: sense and sensibility. *Chemical Society Reviews*, 42 (8), 3184-3196, 2013.