ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE ZINCO NO PROCESSO DE ELETROGALVANIZAÇÃO EM MEIO ÁCIDO CONTENDO SULFATO SOBRE A EFICIÊNCIA DO PROCESSO E A MORFOLOGIA DO REVESTIMENTO

*Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves[1]*, Pedro Manoel Silveira Campos[2], Tácia Costa Veloso[3], Vera Rosa Capelossi[4]*

**gabriel.abelha.carrijo@gmail.com*

## RESUMO

O zinco pode ser empregado de diversas formas, sendo uma das mais comuns o uso da eletrodeposição em processo conhecido como eletrogalvanização. Diversos fatores, como a concentração de zinco, o pH, a temperatura e até mesmo a presença de contaminantes podem afetar a eficiência do processo, a qualidade do depósito e, consequentemente, a resistência mecânica e à corrosão. Portanto, o presente trabalho avaliou a eficiência de corrente e as modificações morfológicas do revestimento por meio da Microscopia Ótica (MO) do aço eletrogalvanizado em diferentes concentrações de zinco em meio ácido contendo sulfato. As amostras foram eletrogalvanizadas nas concentrações de zinco de 40 g/L, 50 g/L e 60 g/L, não sendo observada variação significativa para a eficiência de corrente do processo, obtendo-se, respectivamente (94,2 ± 0,3) %, (95,2 ± 0,6) % e (95,1 ± 1,9) %. No entanto, foi notada modificações no aspecto visual e na morfologia do revestimento. A peça obtida na concentração de 40 g/L de zinco aparentou possuir maior rugosidade, enquanto as demais peças apresentaram morfologia semelhante. Tal comportamento sugere que o aumento da concentração de zinco promoveu a homogeneidade do depósito, pouco influenciando após 50 g/L.

[1] *Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz.*
[2] *Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciências, Centro de Formação em Técno-Ciências e Inovação, Universidade Federal do Sul da Bahia.*
[3] *Docente no Centro de Formação em Técno-Ciências e Inovação, Universidade Federal do Sul da Bahia.*
[4] *Docente no Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz.*

ISBN: 978-65-89908-00-5

**Palavras-chave:** Revestimento Metálico; Eletrogalvanização; Concentração de Zinco; Eficiência de Corrente; Morfologia do Revestimento.

## INTRODUÇÃO

Entre os revestimentos metálicos para a proteção do aço carbono, destaca-se o recobrimento do substrato com o zinco em processos denominados de galvanização do aço. Quando comparado ao ferro, o zinco apresenta potencial de redução mais negativo (SCHLESINGER; PAUNOVIC, 2010), devido a esta característica, o zinco pode ser empregado como revestimento protetor, permitindo a proteção catódica do aço. Além disso, como a taxa de corrosão do Zn é relativamente baixa, o poder de proteção deste revestimento é consideravelmente longo (PANOSSIAN, 1993).

Atualmente, diversas técnicas podem ser empregadas para a proteção de ligas que contém como cerne operacional o zinco (NUNES, 2007), tais como a aspersão térmica ou metalização do substrato, a *sherardização* e até mesmo a pintura com tinta enriquecida com zinco. Contudo as técnicas mais empregadas na metalurgia nos dias atuais concentram-se majoritariamente na imersão a quente e na eletrodeposição, resultando, assim, na galvanização do material (ALVARENGA; LINS, 2016; PANOSSIAN, 1993; SCHLESINGER; PAUNOVIC, 2010; TOMACHUK; COSTA, 2015).

A eletrodeposição do zinco é o processo que consiste na galvanização por vias eletrolíticas, sendo representada pela redução dos íons de zinco presentes no eletrólito sobre a superfície do substrato, que neste caso é o aço, devido a aplicação de uma corrente proveniente de uma fonte externa (ALVARENGA; LINS, 2016; SCHLESINGER; PAUNOVIC, 2010). Como resultado tem-se a produção de um revestimento constituído de zinco puro (TOMACHUK; COSTA, 2015). Até a década de 70, a maioria dos processos de eletrodeposição de zinco utilizavam banhos à base de cianetos. Todavia, devido às crescentes exigências, este método caiu em desuso. Atualmente, os banhos ácidos possuem especial destaque devido ao tempo gasto na operação, à qualidade do depósito e à versatilidade do processo, tendo comum emprego em revestimento de chapas, tubos e arames (TOMACHUK; COSTA, 2015).

ISBN: 978-65-89908-00-5

Na eletrodeposição do zinco, diversos fatores podem afetar a eficiência de corrente catódica, a qualidade do depósito e, consequentemente, a resistência mecânica e à corrosão do material. A literatura (ALMEIDA et al., 2019; PAN et al., 2013; SCOTT et al., 1988) reporta que a concentração de zinco no eletrólito, o pH, a densidade de corrente e a temperatura, por exemplo, podem influenciar na eficiência do processo e na morfologia da estrutura cristalina e grãos do material depositado. Portanto, este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência de corrente e a morfologia superficial por Microscopia Ótica (MO) do aço AISI 1008 eletrogalvanizado em meio ácido contendo sulfato em diferentes concentrações de zinco no eletrólito.

## METODOLOGIA

O sistema de estudo consistiu no uso de 3 placas, sendo um cátodo (aço AISI 1008) entre dois ânodos (chumbo), com distância ânodo/cátodo de 10 mm. O processo se deu por via galvanostática e a corrente foi fornecida por uma fonte externa, sendo mantida a densidade de corrente em 30,5 mA/cm². A célula teve a sua temperatura controlada por meio de banho-maria (50 °C), sob agitação de 380 rpm. O eletrólito utilizado foi constituído por uma combinação de $H_2SO_4$ e $Na_2SO_4$ (50 g/L), variando-se a concentração de zinco (40 g/L, 50 g/L e 60 g/L) em pH 2,5.

O aço teve a sua superfície preparada primeiramente com a imersão em acetona por 10 min em banho ultrassônico. Seguido por uma lavagem em desengraxante alcalino (50 g/L, Saloclean, 680 RM) sob agitação de 450 rpm, a 50 °C por 10 min. Finalizando com a imersão em $H_2SO_4$ (3 M) por 10 s. Salienta-se que após cada etapa de lavagem descrita, o aço foi submetido a lavagem em água destilada por 5 min em agitação manual.

A análise morfológica se deu por meio de fotos tiradas após o processo de eletrodeposição e das análises micrográficas obtidas via Microscopia Ótica (S9i, Leica). A eficiência do processo foi determinada por meio da análise da eficiência de corrente catódica (Eq. 01), que relaciona a massa que foi eletrodepositada com a massa que teoricamente deveria ter sido eletrodepositada, sendo esta última obtida por meio das Leis de Faraday, onde $e_C$ representa a eficiência de corrente catódica [%]; $m_{ED}$ representa a massa depositada de

ISBN: 978-65-89908-00-5

zinco [g]; e $m_T$ representa a massa teórica de zinco depositada [g]; $M$ representa a massa atômica do zinco [g/mol]; $I$ representa a intensidade da corrente elétrica [A]; $t$ representa o tempo do processo de eletrodeposição [s]; $n$ representa o número de valência do zinco ($n$ = 2); $F$ representa a constante de Faraday ($F$ = 96485,33 sA/mol).

$$e_c = \frac{m_{ED}}{m_T}.10^2 = \frac{m_{ED}.n.F}{M.I.t}.10^2 \qquad (Eq.01)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Empregando-se a Eq. 01 foi possível a determinação a eficiência de corrente catódica, sendo obtido (94,2 ± 0,3) %, (95,2 ± 0,6) % e (95,1 ± 1,9) % respectivamente para 40 g/L, 50 g/L e 60 g/L de zinco no eletrólito. Levando-se em consideração do desvio padrão, a variação da concentração e zinco no eletrólito não foi suficiente para impactar a eficiência de corrente catódica com relevância significativa, mantendo-se em todos os casos superior a 90 %, conforme esperado para processos realizados em meio ácido (SCHLESINGER; PAUNOVIC, 2010).

Tais resultados estão condizentes com os encontrados na literatura, onde foi observado por vias experimentais que a eficiência de corrente em banhos ácidos contendo sulfato aumentava rapidamente com a variação da concentração de zinco entre 20 g/L e 50 g/L, mantendo-se com crescimento estagnado a partir de então (SCOTT et al., 1988).

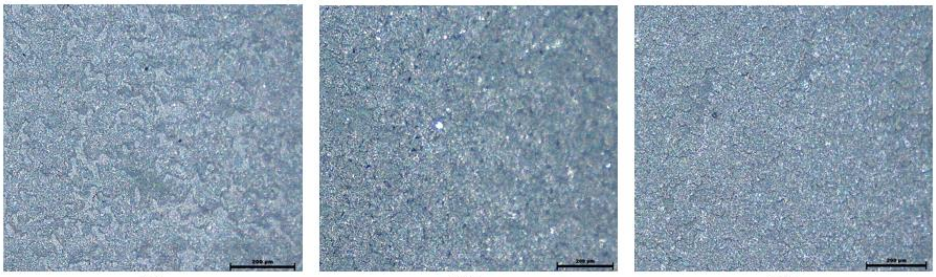
A variação da concentração e zinco no banho de eletrodeposição apresentou modificações no aspecto visual da peça ao final do processo, conforme pode ser observado na Fig. 01. Tais modificações podem também ser visualizadas nas micrografias obtidas via Microscopia Ótica (MO), conforme pode ser observado na Fig. 02. O aumento da concentração de zinco no eletrólito pode impactar a morfologia do revestimento, sendo que para operar em baixas concentrações deste íon é necessário o emprego de altos valores para a densidade de corrente visando a obtenção de depósitos brilhantes e homogeneamente distribuídos (MURALIDHARA; NAIK; VENKATESHA, 2006).

ISBN: 978-65-89908-00-5

Por meio da Fig. 02a, nota-se que a peça obtida na concentração de 40 g/L de zinco aparentou possuir maior rugosidade, com distribuição do depósito de Zn menos uniforme quando comparada as demais concentrações avaliadas, 50 g/L (Fig. 02b) e 60 g/L (Fig. 02c), que por sua vez, assemelham-se morfologicamente. Desta forma, o aumento da concentração de zinco no eletrólito pode aumentar a homogeneidade do revestimento até a concentração de 50 g/L na densidade de corrente empregada 30,5 mA/cm².

(a) (b) (c)

Figura 01 – Imagens sem ampliação do aço eletrogalvanizado (AEG) em diferentes concentrações de $Zn^{2+}$ no eletrólito, sendo (a) 40 g/L de $Zn^{2+}$; (b) 50 g/L de $Zn^{2+}$; e (c) 60 g/L de $Zn^{2+}$.



(a) (b) (c)

Figura 02 – Micrografias com 50x de ampliação obtidas via microscopia óptica para o aço eletrogalvanizado (AEG) em diferentes concentrações de $Zn^{2+}$ no eletrólito, sendo (a) 40 g/L de $Zn^{2+}$; (b) 50 g/L de $Zn^{2+}$; e (c) 60 g/L de $Zn^{2+}$.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação da concentração de zinco no eletrólito entre 40 g/L e 60 g/L não promoveu modificações significativas sobre a eficiência de corrente catódica do processo, mantendo-se nos casos avaliados superiores a 90 %. No entanto, tal variação no banho de eletrogalvanização promoveu diferenças no aspecto visual. Sugerindo, assim, que o aumento da concentração de zinco promoveu a homogeneidade do depósito, pouco influenciando após 50 g/L de zinco iônico no eletrólito.

ISBN: 978-65-89908-00-5

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES [Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (88887.495176/2020-00)], à UFSB (Universidade Federal do Sul da Bahia) e à PROPP/UESC (Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Estadual de Santa Cruz) pelo apoio financeiro à pesquisa; ao Centro de Microscopia Eletrônica da UESC pelas análises de Microscopia Ótica (MO); e ao Laboratório de Materiais e Meio Ambiente da UESC pelo suporte e onde a maior parte dos ensaios foram realizados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. D. DE J. et al. Glycerol Effect on the Corrosion Resistance and Electrodeposition Conditions in a Zinc Electroplating Process. **Materials Research**, v. 22, n. 4, 2019.

ALVARENGA, E. DE A.; LINS, V. DE F. C. Atmospheric corrosion evaluation of electrogalvanized, hot-dip galvanized and galvannealed interstitial free steels using accelerated field and cyclic tests. **Surface and Coatings Technology**, v. 306, p. 428–438, 2016.

MURALIDHARA, H. B.; NAIK, Y. A.; VENKATESHA, T. V. Effect of condensation product of glycyl-glycine and furfural on electrodeposition of zinc from sulphate bath. **Bulletin of Materials Science**, v. 29, n. 5, p. 497–503, 2006.

NUNES, L. DE P. **Fundamentos de Resistência à Corrosão**. 1ª ed ed. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Interciência Ltda., 2007.

PAN, J. et al. Zinc deposition and dissolution in sulfuric acid onto a graphiteresin composite electrode as the negative electrode reactions in acidic zinc-based redox flow batteries. **Journal of Applied Electrochemistry**, v. 43, n. 5, p. 541–551, 2013.

PANOSSIAN, Z. **Corrosão e Proteção Contra a Corrosão em Equipamentos E Estruturas Metálicas**. 1ª ed ed. São Paulo, Brasil: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1993.

SCHLESINGER, M.; PAUNOVIC, M. **Modern Electroplating**. 5th Ed ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010.

SCOTT, A. C. et al. Experimental determination of the factors affecting zinc electrowinning efficiency. **Journal of Applied Electrochemistry**, v. 18, n. 1, p. 120–127, 1988.

TOMACHUK, C. R.; COSTA, I. Revestimentos De Zinco Sobre Aços E Suas Aplicações. **Corrosão & Proteção**, p. 26–33, 2015.