

## ANÁLISE DO EFEITO PROVOCADO PELAS VARIÁVEIS DENSIDADE DE CORRENTE E pH DO BANHO ELETROLÍTICO SOBRE AS PROPRIEDADES DA LIGA Fe-Mo OBTIDA POR ELETRODEPOSIÇÃO

Alison Silva Oliveira<sup>1</sup>; Bruna Raísa Silva de Melo<sup>1</sup>; Victória Maria dos Santos Pessigty <sup>1</sup>; Shiva Prasad<sup>1</sup>; Renato Alexandre Costa de Santana <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Biologia e Química, Centro de Educação e Saúde, Sítio Olho D'água da Bica, S/N, CP: 58175-000, Cuité, PB, Brasil, [alison.oliveira18@gmail.com](mailto:alison.oliveira18@gmail.com)

### Introdução

Um material em um meio ambiente começa a sofrer interação primeiramente na sua superfície. Desta forma a superfície de um material é a parte mais importante. A corrosão e o desgaste ameaçam as superfícies dos materiais, assim o desenvolvimento de técnicas para a modificação da superfície é de grande importância. Com isso a escolha da técnica para desenvolver superfícies mais resistentes, para bloquear ou retardar os danos causados não é algo fácil. (TORABINEJAD et al., 2017).

Revestimentos metálicos podem ser obtidos através da eletrodeposição, para melhorar algumas propriedades de superfícies metálicas como resistência à corrosão, resistência ao desgaste, resistência térmica, condutividade elétrica, aumentar a soldabilidade. (TORABINEJAD et al., 2017).

Ligas compostas pelo molibdênio tem chamado muito atenção por apresentar propriedades como alta resistência à corrosão. Como por exemplo, os revestimentos Fe-Mo por exibir elevada resistência à corrosão e resistência a elevadas temperaturas. (BARBANO; CARVALHO; CARLOS, 2016). As ligas de molibdênio formadas com metais do grupo do ferro (Fe, Ni, Co), apresentam amplas aplicações devidas suas propriedades como resistência a corrosão, resistência ao desgaste, resistência térmica, catalisadores para evolução de hidrogênio. (COSTOVICI et al., 2016).

O molibdênio não pode ser eletrodepositado sozinho, mas pode ser co-depositado na presença de outro metal. Ligas de molibdênio com metais do grupo do ferro é um exemplo de co-deposição induzida. (BARBANO; CARVALHO; CARLOS, 2016).

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento da liga Fe-Mo através da eletrodeposição, utilizando um planejamento experimental <sup>2</sup> com três pontos centrais associado à metodologia de superfície de resposta (MSR), para otimização e estudo do efeito causado pelos parâmetros de operação densidade de corrente e pH do banho eletrolítico sobre a composição química e a estrutura física da liga.

### Metodologia

Para preparação do banho do eletrólito foram usados os seguintes reagentes: sulfato ferroso (0,03 M), molibdato de sódio (0,02 M), sulfato de amônio (0,03 M) e citrato de sódio (0,10 M). Todos os reagentes empregados são de elevado grau de pureza analítica. O pH do banho eletrolítico foi ajustado com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (50% v/v) ou com NH<sub>4</sub>OH (concentrado).

As ligas Fe-Mo foram eletrodepositadas sobre um chapa de cobre com área superficial de 8 cm<sup>2</sup>. Antes da eletrodeposição a chapa de cobre passou por duas ações de tratamento, a primeira foi o tratamento mecânico, onde a chapa de cobre foi polida com lixas de granulometria decrescente de 400, 600 e 1200 para limpeza, a segunda foi o tratamento químico, onde a chapa foi submersa em NaOH (10% m/v) por 10 segundos retirada lavada com água destilada e submersa em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1% v/v) por 10 segundos, para limpeza e ativação da superfície, respectivamente.

Para obtenção do revestimento Fe-Mo, foi realizado um controle galvanostático com uma fonte de energia externa da marca MINIPA, modelo MPL-1303M para controle da densidade de corrente. A chapa de cobre foi utilizada como cátodo e um malha cilíndrica de platina como ânodo. A temperatura do banho foi mantida em  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Todos os revestimentos foram submetidos a uma carga de 300 Coulombs.

Foi usado um planejamento fatorial  $2^2$  com três pontos centrais para eletrodeposição da liga Fe-Mo. As variáveis densidade de corrente e pH do banho foram avaliadas nos níveis codificados -1, 0 e +1, baixo, central e alto, respectivamente. As densidades de corrente estudadas foram 40 (-1), 60 (0) e 80 (+1) mA/cm<sup>2</sup> com os pH do banho 4 (-1), 6 (0) e 8 (+1). Para análise dos resultados obtidos no planejamento foi utilizado o software STATISTICA®, versão 8.0.

A determinação da composição química da liga Co-W foi feita pela técnica de Energia Dispersiva de Raios-X Por Energia Dispersiva (EDXRF), utilizando um espectrômetro digital da SHIMADZU, modelo EDX-7000.

A estrutura física foi analisada pela técnica de difração de raios-X. Foi utilizado um difratômetro de raios-X modelo 6100 da Shimadzu, contendo um tubo Cu K $\alpha$  e foi usado 30 kv e 30 mA. Faixa de varredura foi de 30 a 60° (2 $\theta$ ).

## Resultados e discussão

O ferro depositou em maior quantidade em todos os experimentos quando comparado com o molibdênio, desta forma a redução do ferro foi mais favorecida do que a redução do molibdênio.

O maior percentual atômico do ferro na liga foi 65 (atom%) no Exp. 4 com as condições operacionais densidade de corrente 80 (mA/cm<sup>2</sup>) e pH do banho 8. Já o menor valor obtido foi de 60 (atom%) no Exp. 6 com a densidade de corrente 60 (mA/cm<sup>2</sup>) e pH 6.

O revestimento que apresentou maior percentual atômico de molibdênio foi o Exp. 6 com um percentual de 40 (atom%) com densidade de corrente 60 (mA/cm<sup>2</sup>) e com pH do banho 6. Já o menor percentual atômico do molibdênio da liga foi de 35 (atom%) no Exp. 4 com densidade de corrente 80 (mA/cm<sup>2</sup>) e com o pH do banho eletrolítico 8.

Ambas as variáveis operacionais densidade de corrente e pH do banho influenciaram diretamente na redução do ferro e do molibdênio. Pois em valores de densidades de correntes altas e pH alto se obteve um maior favorecimento para redução do ferro na liga, mas quando diminuí a densidade de corrente e o pH do banho provoca um aumento no percentual atômico do molibdênio da liga e diminui o percentual do ferro.

No difratograma de raios-X da liga Fe-Mo todos os revestimentos apresentaram o mesmo comportamento no ângulo de 2 $\theta$  igual a 44° com uma banda larga típico de revestimentos amorfos. (BARBANO; CARVALHO; CARLOS, 2016). (KUZNETSOV et al., 2015).

## Conclusões

Foi obtida com sucesso a liga Fe-Mo por meio da técnica de eletrodeposição seguindo os parâmetros operacionais estabelecidos.

O ferro apresentou um maior percentual atômico em todos os revestimentos quando comparado com o molibdênio. O Exp. 4 apresentou um maior percentual atômico de ferro e no Exp. 6 obteve o menor percentual de ferro. Deste modo, quando se aumentava o percentual atômico de ferro no revestimento diminuía o do molibdênio e reciprocamente. A liga Fe-Mo apresenta um comportamento amorfo.

**Palavras-Chave:** Eletrodeposição; corrosão; composição química

## Referências

BARBANO, E. P.; CARVALHO, M. F.; CARLOS, I. A. Electrodeposition and characterization of binary Fe-Mo alloys from trisodium nitrilotriacetate bath. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 775, p. 146–156, 2016.

COSTOVICI, S. et al. Investigation of Ni-Mo and Co-Mo alloys electrodeposition involving choline chloride based ionic liquids. **Electrochimica Acta**, v. 207, p. 97–111, 2016.

KUZNETSOV, V. V. et al. Electrodeposition of iron–molybdenum alloy from ammonium–citrate solutions and properties of produced materials. **Russian Journal of Electrochemistry**, v. 51, n. 8, p. 748–757, 2015.

TORABINEJAD, V. et al. Electrodeposition of Ni-Fe alloys, composites, and nano coatingse-A review. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 691, p. 841–859, 2017.

XU, C. et al. Electrodeposition mechanism and characterization of NieMo alloy and its electrocatalytic performance for hydrogen evolution. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41, n. 31, p. 13341–13349, 2016.