

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

### **Estudo do extrato da semente de mamão papaia (Carica papaya) como inibidor de corrosão para o aço-carbono 1020 em meio ácido.**

Vanessa Vasconcelos Torres<sup>1</sup>, Eliane D'Elia<sup>2</sup>, Gabrielle Borges Cabral<sup>3</sup>, Kelly Cristina Ribeiro Ferreira<sup>4</sup>, Ana Carolina Gomes da Silva<sup>5</sup>

#### **Abstract**

The corrosion or deterioration of a material due to its interaction with the environment represents an enormous economic loss. It is estimated that the total annual cost of corrosion in industrial countries is around 4% of their gross domestic product. Corrosion has been a subject of extensive studies, especially with the aim of its inhibition with an acceptable economical and environmental cost. Inhibitors are used in many industrial segments to combat corrosion. Various corrosion inhibitors have been studied to control the problem of the oxidation of metal alloys employed in industries, for example, natural extracts of various plants. This study investigated the inhibitory action of infused papaya seed extract in carbon steel 1020 in acidic medium containing 1 mol L<sup>-1</sup> hydrochloric acid at different concentrations of the extract. Weight loss tests at 6, 24 and 48 hours at room temperature were carried out, obtaining a maximum efficiency of 94% of inhibition using 400 mg L<sup>-1</sup> of the extract. The effect of temperature was studied at 35, 45, 55 and 65 °C showing that there is a decrease in the efficiency of inhibition with increasing temperature and an increase of the activation energy when compared to the blank, which is associated with a physical adsorption process. Electrochemical tests were performed in concentrations from 10 to 1000 mg L<sup>-1</sup>. These tests showed higher inhibition efficiency with increasing concentrations of the extract and in the polarization curves it was found that the corrosion potential is shifted to more negative potentials when compared to the blank test. The current density decreased in both anodic and cathodic regions, but this decrease was steeper in the cathodic current density.

**Keywords:** corrosion, corrosion inhibition, green inhibitors

#### **Resumo**

A corrosão ou deterioração de um material devido à sua interação com o meio ambiente representa uma enorme perda econômica, sendo estimado o custo total anual da corrosão nas cidades industrializadas em torno de 4% do produto nacional bruto. Devido ao grande prejuízo econômico que pode causar, a corrosão tem sido e continua a ser o assunto de estudos extensos, especialmente com o objetivo de sua inibição com um custo aceitável, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Inibidores de corrosão são utilizados nos mais diversos segmentos industriais no combate à corrosão. Vários inibidores de corrosão vêm sendo estudados para conter o problema de oxidação em ligas metálicas empregadas nas indústrias. Dentre eles, extratos naturais de diversas plantas. O presente trabalho investigou a

<sup>1</sup>Mestre, Química-Professora Universitária - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Federal do Rio de Janeiro

<sup>2</sup>Doutora, Orientadora-Professora Universitária - Universidade Federal do Rio de Janeiro

<sup>3</sup>Aluna de Graduação (Química)-Aluna - Instituto Federal do Rio de Janeiro

<sup>4</sup>Graduação, Química-Estudante Graduação - Universidade Federal do Rio de Janeiro

<sup>5</sup>Graduação, Química-Professor - Instituto Federal do Rio de Janeiro

ação inibidora do extrato infuso da semente de mamão na corrosão do aço-carbono 1020 em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup> em diferentes concentrações do extrato. Foram realizados ensaios de perda de massa em 6, 24 e 48 horas à temperatura ambiente, obtendo-se um eficiência de inibição máxima de 94% utilizando 400 mg L<sup>-1</sup> do extrato. O efeito da variação da temperatura foi estudado nas concentrações de 35, 45, 55 e 65 °C mostrando que há uma diminuição da eficiência de inibição com o aumento da temperatura e aumento da energia de ativação quando comparado com o ensaio em branco, caracterizando ser uma adsorção física. Os ensaios eletroquímicos foram feitos nas concentrações de 10 a 1000 mg L<sup>-1</sup>. Estes apresentaram um aumento da eficiência de inibição com a concentração do extrato e nas curvas de polarização verificou-se que o potencial de corrosão foi deslocado para potenciais mais negativos quando comparado com o ensaio em branco. As densidades de corrente diminuíram tanto nas regiões anódicas quanto catódicas, sendo esta diminuição mais significativa na polarização catódica.

**Palavras-chave:** corrosão, inibidores de corrosão, inibidores verdes.

## Introdução

O uso de inibidores de corrosão é um dos métodos mais utilizados nas indústrias para o combate à corrosão metálica. Eles são capazes de retardar o início de um processo corrosivo, e por essas propriedades são usados há muitos anos no transporte e armazenamento de petróleo e ainda na produção e transporte de gás natural (1). Atualmente, é muito comum a disponibilidade de formulações comerciais de inibidores de corrosão, cuja composição química é desconhecida. A busca por inibidores de corrosão cada vez mais eficazes pelas indústrias leva à síntese de formulações cada vez tóxicas para o meio ambiente (2).

A busca de um inibidor de corrosão ambientalmente adequado é uma necessidade atual e um desafio para os pesquisadores. O surgimento dos princípios de “química verde” está alinhado a uma mudança de mentalidade sobre o desenvolvimento sustentável.

Tal preocupação com o ambiente e com a saúde humana levou muitos pesquisadores a direcionarem em seus trabalhos para o estudo de extratos vegetais de ervas aromáticas, especiarias e plantas medicinais como inibidores de corrosão naturais para diferentes sistemas metal/meio corrosivo (3-10). A aplicação desses extratos como inibidores naturais de corrosão torna-se ainda mais interessante com o emprego de materiais residuais provenientes de alimentos e plantas, ou seja, rejeitos que não serão utilizados para consumo humano. Deste modo, extratos provenientes de cascas de frutos e sementes de diferentes espécies e outras matérias-primas que normalmente são descartáveis tornam-se candidatos interessantes a potenciais inibidores de corrosão (9).

Esses extratos de plantas, além de apresentarem baixo custo, podem ser obtidos por um simples processo de extração, como por exemplo, pela extração por infusão e decocção (10). Desta forma, o presente trabalho se propôs a estudar a ação inibidora do extrato infuso das sementes de mamão papaia na corrosão do aço-carbono em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

## Metodologia

Os mamões *Carica papaya* utilizados nesse estudo foram comprados nos mercados do estado do Rio de Janeiro. Estes frutos têm em média um tamanho de 15 cm (medidos em sua

maior extensão) e pesam cerca de 500 g. Todos os mamões foram abertos para a retirada de suas sementes quando estavam maduros, sendo removidas as fibras que ficam localizadas juntamente com as sementes na cavidade central do fruto. As sementes foram lavadas em água corrente e secas à temperatura ambiente por algumas horas, posteriormente armazenadas em recipiente devidamente fechado e congeladas em *freezer* até o momento de sua utilização.

Para o preparo de cada extrato foram pesados 10 g de sementes e, para a retirada da sarcotesta foi feita um leve atritamento entre elas contra a superfície de uma peneira, para que esta película gelatinosa fosse sendo rompida e liberada das sementes. Em seguida, esta mistura de sementes e películas foi extraída por infusão: as sementes de mamão papaia foram adicionadas em 200 mL de água destilada recém-fervida e ficando em repouso por 1 hora, fora de aquecimento. Após a extração foi feita a filtração e a liofilização. Esta última foi empregada para remover a água, visando obter um extrato sólido. O extrato obtido foi armazenado sob refrigeração a, aproximadamente,  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  até o momento de análise.

O meio corrosivo escolhido para o estudo da ação inibidora deste extrato foi a solução de HCl  $1\text{ mol L}^{-1}$ . Para realização dos ensaios gravimétricos (perda de massa) foram utilizados corpos de prova (C.P.) de aço-carbono 1020 confeccionados na forma de chapas metálicas retangulares cuja superfície foi polida com lixas d'água de diferentes granulometrias e os C.P. pesados ao décimo do miligrama.

Foram realizados ensaios gravimétricos com tempos de exposição de 6 h, 24 h e 48 h e nas concentrações de  $10\text{ mg L}^{-1}$  a  $1000\text{ mg L}^{-1}$  à temperatura ambiente. O efeito da temperatura na ação inibidora deste extrato na corrosão do aço-carbono 1020 foi estudado realizando ensaios de perda de massa na presença de  $200\text{ mg L}^{-1}$  por um período de 2 h em diferentes temperaturas: 35, 45, 55 e  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

As curvas de polarização anódica e catódica foram obtidas empregando-se a técnica de polarização potenciodinâmica com taxa de varredura de  $1\text{ mV s}^{-1}$ . As medidas de impedância eletroquímica foram realizadas no potencial de circuito aberto com uma amplitude de perturbação de 10 mV num espectro de frequência de 100 kHz a 10 mHz. Em tais análises eletroquímicas foi utilizado o eletrodo de aço-carbono 1020 como eletrodo de trabalho, o eletrodo de calomelano saturado como referência e um fio de platina de grande área superficial como contra-eletrodo.

A análise morfológica da superfície do aço-carbono 1020 foi realizada por microscopia eletrônica de varredura após 2 horas de imersão na solução ácida ( $\text{HCl } 1\text{ mol L}^{-1}$ ) à temperatura ambiente, na ausência e presença de  $400\text{ mg L}^{-1}$  do extrato obtido.

## **Resultados e discussão**

### **Ensaio de perda de massa com variação da concentração e do tempo de imersão**

Na tabela 1 são apresentados os valores de taxa de corrosão determinados a partir dos ensaios gravimétricos na ausência e presença do extrato EMI da semente de mamão papaia e suas respectivas eficiências para os tempos de imersão de 6, 24 e 48 horas.

Os resultados mostram que a eficiência de inibição aumenta com a concentração do extrato para o intervalo de 6 h com o tempo de imersão ficando estável a partir de 24 h de imersão do aço-carbono na solução, obtendo-se 94% de eficiência de inibição após 24 e 48

horas de imersão do aço carbono na solução corrosiva na presença de 300 e 400 mg L<sup>-1</sup> do extrato.

Tabela 1 - Valores de taxa de corrosão e eficiência de inibição para o extrato da semente de mamão em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>, em diferentes concentrações e tempos de imersão.

Tempo de imersão:		6 h		
Meio	[Inibidor] (mg L <sup>-1</sup> )	$W_{\text{corr}}$ (mg cm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão	EI (%)
Branco	--	2,33	0,0279	--
EMI	300	0,457	0,00811	80
	400	0,197	0,0066	92
Tempo de imersão:		24 h		
Meio	[Inibidor] (mg L <sup>-1</sup> )	$W_{\text{corr}}$ (mg cm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão	EI (%)
Branco	--	2,02	0,0457	--
EMI	300	0,119	0,0172	94
	400	0,119	0,00361	94
Tempo de imersão:		48 h		
Meio	[Inibidor] (mg L <sup>-1</sup> )	$W_{\text{corr}}$ (mg cm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão	EI (%)
Branco	--	1,56	0,0371	--
EMI	300	0,107	0,00195	93
	400	0,099	0,0367	94

#### Resultado dos ensaios eletroquímicos

A figura 1 representa o diagrama de impedância eletroquímica na ausência e presença do extrato da semente de mamão.

Em soluções isentas de extrato (branco) verificamos apenas um arco capacitivo, que pode ser atribuído à capacitância da dupla camada e a constante de tempo de transferência de carga. Este comportamento não é afetado pela presença do inibidor, indicando que a reação é controlada pela transferência de carga. A interseção deste semicírculo com o eixo real em altas frequências produziu um valor de aproximadamente 1,37  $\Omega$  cm<sup>2</sup> para a resistência ôhmica ( $R_s$ ) da solução. Os valores de  $R_{ct}$ , calculados com base na diferença dos valores de impedância em frequências mais baixas e mais altas, a  $f_{\text{max}}$ , a capacitância de dupla camada

( $C_{dl}$ ) e os valores de EI calculados a partir dos valores de  $R_{ct}$  para os extratos estudados são apresentados na tabela 2.

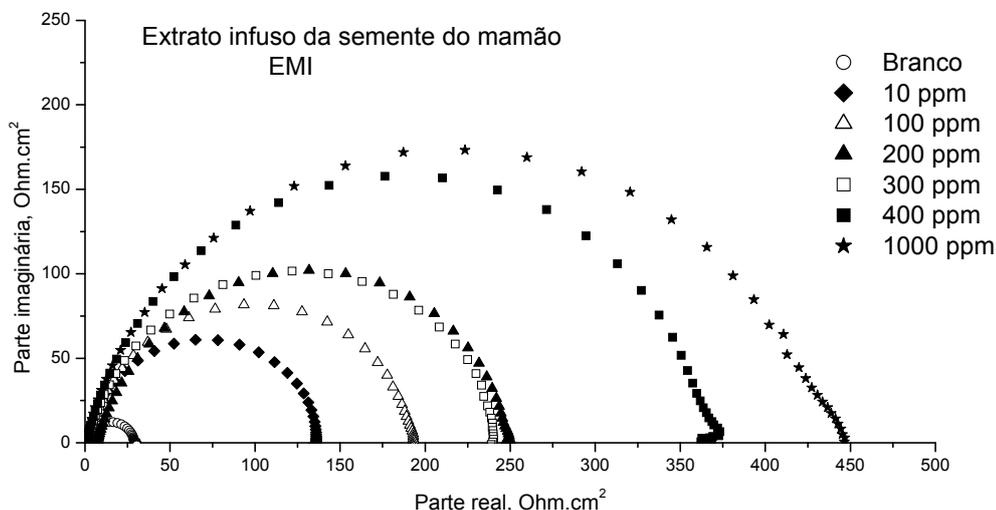


Figura 1 - Impedância eletroquímica para o aço-carbono em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup> na ausência e presença de EMI em diferentes concentrações.

Para o aço-carbono em uma solução de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>, foi encontrado um valor de 27,76  $\Omega$  cm<sup>2</sup> de  $R_{ct}$  e 204  $\mu$ F cm<sup>-2</sup> para a  $C_{dl}$ . Na presença do extrato infuso da semente de mamão podemos verificar que a resistência de polarização aumenta com a concentração, enquanto que os valores  $C_{dl}$  diminuem. O máximo de eficiência de inibição obtido foi de 94% para a concentração de 1000 mg L<sup>-1</sup> desse extrato. É importante ressaltar que, para a concentração de 400 mg L<sup>-1</sup> obtemos um valor de eficiência de inibição muito próximo ao encontrado para a concentração mais elevada, 93% de EI. Estes resultados podem ser atribuídos à adsorção deste inibidor na interface metal/solução, formando um filme protetor.

Tabela 2 - Parâmetros electroquímicos obtidos a partir dados de impedância eletroquímica para o aço-carbono em HCl 1 mol de L<sup>-1</sup> na ausência e na presença do extrato em diferentes concentrações.

[Inibidor](mg L <sup>-1</sup> )	$R_{ct}$ ( $\Omega$ cm <sup>2</sup> )	$f_{max}$ (Hz)	$C_{dl}$ ( $\mu$ F cm <sup>-2</sup> )	EI (%)
Branco	27.7	28.14	204	----
10	136,6	13,96	83,5	80
100	192,3	11,24	73,7	86

200	242,0	11,05	59,5	89
300	239,9	14,19	46,8	89
400	366,7	8,75	49,6	93
1000	441,7	11,24	32,1	94

A Figura 2 apresenta as curvas de polarização anódica e catódica para o aço carbono em ácido clorídrico 1 mol de L<sup>-1</sup> na ausência e na presença de diferentes concentrações do extrato à temperatura ambiente. Os parâmetros eletroquímicos obtidos das curvas de Tafel podem ser vistos na Tabela 3.

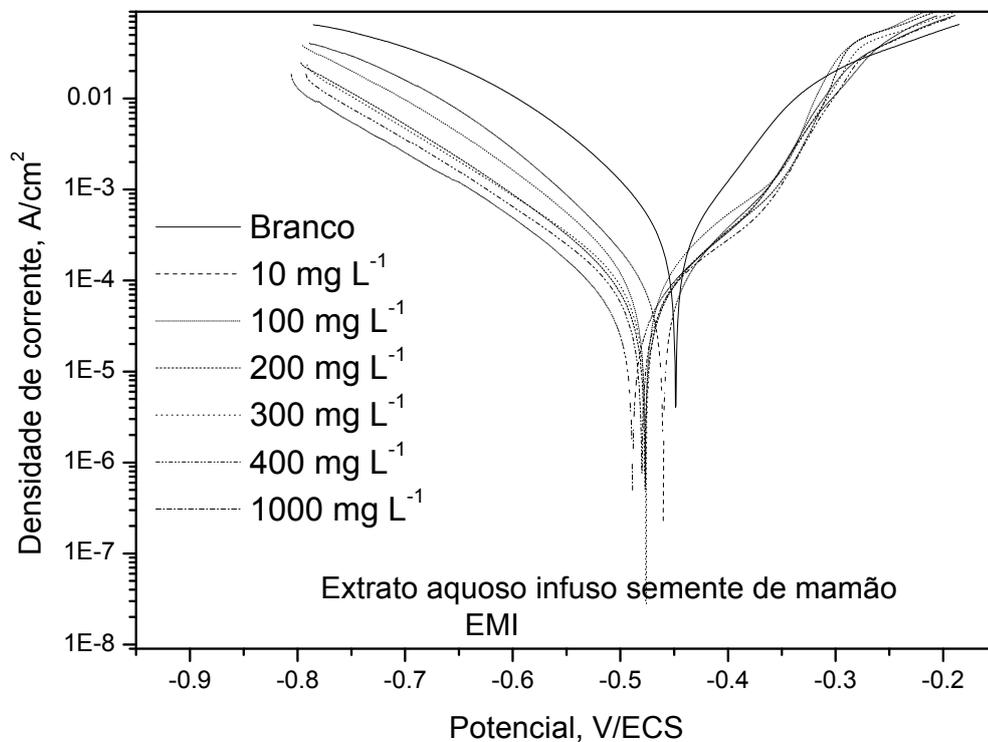


Figura 2 - Curvas de polarização para o aço-carbono em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup> na ausência e presença do extrato em diferentes concentrações

As curvas de polarização anódica e catódica mostram diminuição nas densidades de corrente anódica e catódica, sendo a inibição mais proeminente no ramo catódico, com deslocamento do  $E_{\text{corr}}$  para valores mais negativos.

A tabela 3 mostra que houve diminuição nas densidades de corrente de corrosão em relação ao branco em todas as concentrações estudadas, tendo a EI aumentada com a concentração do extrato, variando de 64 a 81% para a faixa de concentração de 10 a 1000 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Em relação às inclinações anódica e catódica de Tafel ( $\beta_a$  e  $\beta_c$ ), não é verificada uma variação significativa, o que indica que a adsorção dos componentes presentes nesses extratos não modifica os mecanismos do processo anódico de dissolução metálica e nem do processo catódico de redução do hidrogênio.

Tabela 3 - Parâmetros eletroquímicos obtidos das curvas de Tafel para o aço-carbono em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup> na ausência e presença de diferentes concentrações do extrato EMI.

Conc. mg L <sup>-1</sup>	OCP (mV/SCE)	E <sub>corr</sub> (mV/SCE)	j <sub>corr</sub> (mA cm <sup>-2</sup> )	$\beta_a$ (mV/dec)	$\beta_c$ (mV/dec)	EI (%)
Branco	-485	-448	0,212	63	70	
10	-489	-460	0,0764	86	85	64
100	-495	-479	0,0701	101	91	67
200	-497	-477	0,0599	100	102	72
300	-491	-472	0,0569	95	97	73
400	-492	-477	0,0559	110	113	74
1000	-506	-485	0,0397	89	105	81

#### Isoterma de Langmuir

A figura 3 apresenta a isoterma de adsorção de Langmuir para o extrato, onde os valores do grau de recobrimento ( $\theta$ ) foram retirados da tabela 2, a partir dos resultados de eficiência de inibição, apresentando uma boa linearidade, com coeficiente de correlação em torno de 0,999 e um coeficiente angular muito próximo de uma unidade, 1,06. Este comportamento sugere que a ação inibidora ocorre pela adsorção de moléculas presentes nesses extratos na superfície do aço-carbono, seguindo a isoterma de Langmuir.

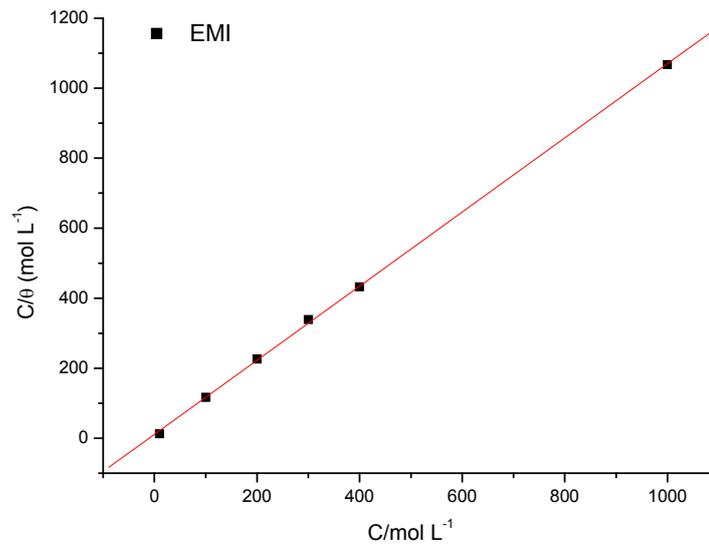


Figura 3 - Isotherma de Langmuir para a interação entre o extrato e a superfície do aço-carbono em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Ensaio de perda de massa com a variação da temperatura

O efeito da temperatura sobre a taxa de corrosão do aço-carbono em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup> a 25, 35, 45 e 55 °C, foi também examinada. Esta experiência foi realizada na ausência e na presença de 200 mg L<sup>-1</sup> desse, por um período de imersão de 2 h. A tabela 4 apresenta os resultados das taxas de corrosão e eficiências de inibição com a variação da temperatura.

Tabela 4 - Resultados das taxas de corrosão e eficiências de inibição obtidos para o extrato na concentração de 200 ppm nas temperaturas de 35, 45, 55 e 56 °C.

BRANCO		EMI 200 mg L <sup>-1</sup>	
T (°C)	W <sub>corr</sub> (g cm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	W <sub>corr</sub> (g cm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	EI (%)
35	0,00548	0,00105	81
45	0,00836	0,00164	80
55	0,0128	0,00266	79
65	0,0197	0,00467	76

As taxas de corrosão para o aço carbono em meio ácido aumentaram com a temperatura. Além disso, as eficiências de inibição diminuíram ligeiramente com a temperatura. A figura 4 apresenta as curvas de Arrhenius para o aço-carbono 1020 em HCl 1 mol L<sup>-1</sup> na ausência e presença de 200 ppm desse extrato.

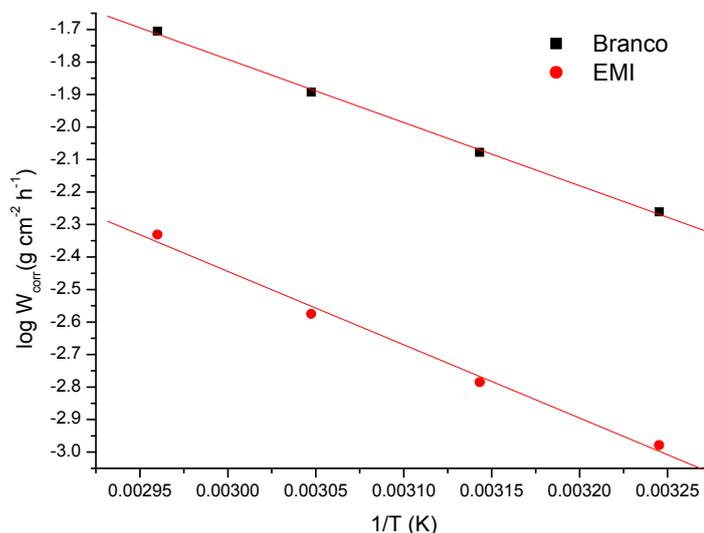


Figura 4 - Curvas de Arrhenius para o aço-carbono 1020 em HCl 1 mol L<sup>-1</sup> na ausência e presença de 200 ppm do extrato.

A partir das curvas de Arrhenius foi possível calcular a energia de ativação aparente ( $E_a$ ) do processo de corrosão do aço-carbono nesta solução na ausência ( $E_a = 37 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) e na presença do inibidor de EMI ( $E_a = 43 \text{ kJ mol}^{-1}$ ). Estes resultados sugerem um processo de adsorção física, uma vez que a  $E_a$  obtida no ensaio do branco foi ligeiramente menor aos valores encontrados na presença desses inibidores, além do fato da EI ter diminuindo ligeiramente com a temperatura.

Resultados das análises morfológicas do aço-carbono em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Os resultados da morfologia da superfície do aço-carbono em solução ácida na ausência e presença do inibidor são apresentados na Figura 5. A figura 5 (A) mostra a superfície do aço-carbono lixada apresentando inclusive as linhas produzidas pela abrasão das lixas. Na figura 5 (B), que representa o ensaio na ausência dos extratos, observa-se uma superfície altamente rugosa, típica de uma superfície atacada, enquanto que a figura 5 (C)

mostra uma superfície bastante lisa, indicando que o extrato agiu como inibidor na corrosão do aço-carbono 1020 no meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Estes resultados estão de acordo com os ensaios gravimétricos, das curvas de polarização e dos diagramas de impedância eletroquímica obtidos para esses extratos, mostrando que o extrato infuso é um bom inibidor de corrosão para o aço-carbono em meio de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

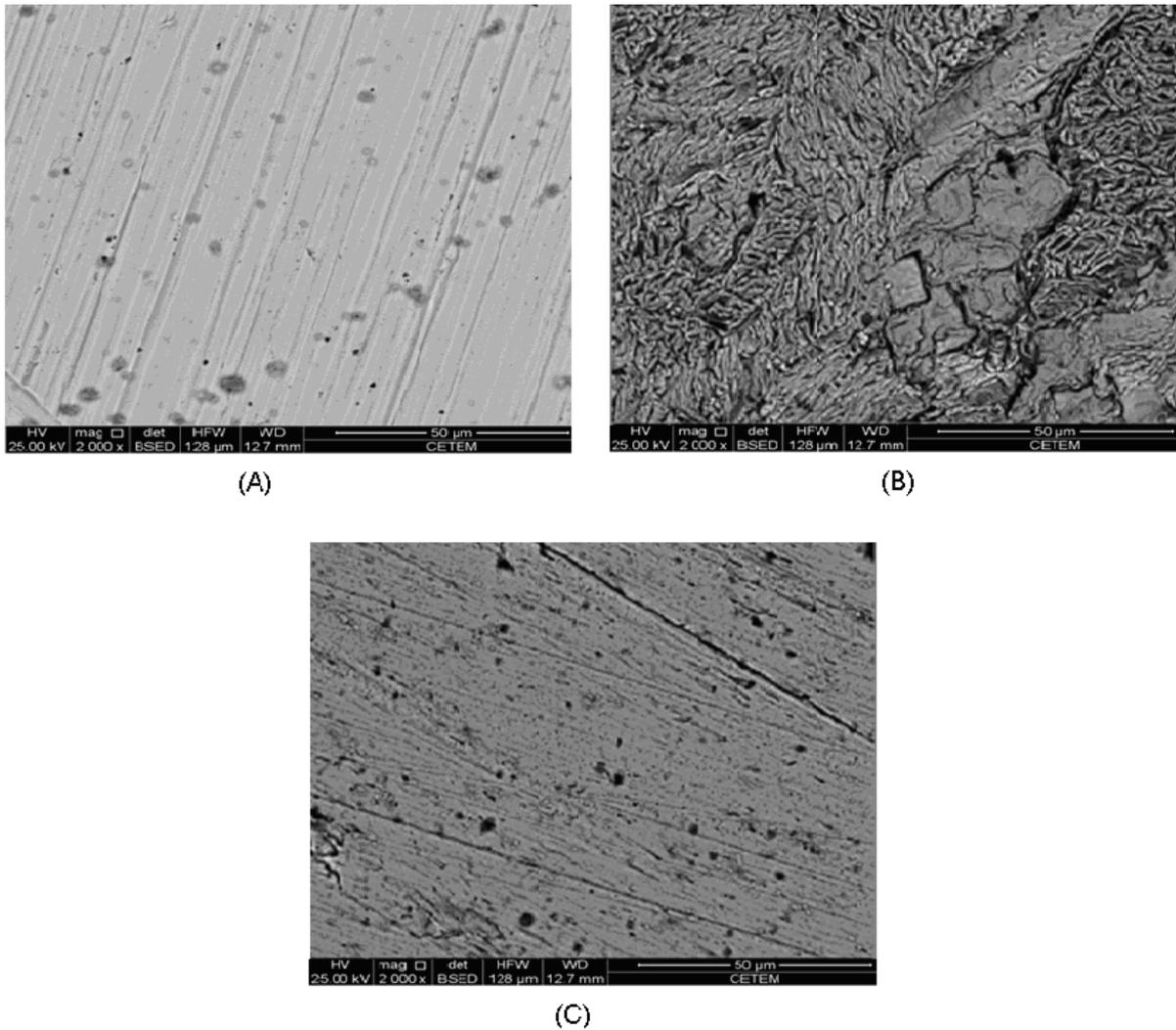


Figura 5 - Microscopia eletrônica de varredura para os ensaios do corpo de prova lixado (A) na ausência (B) e na presença do inibidor EMI (C).

---

## Conclusões

---

O extrato obtido a partir das sementes de mamão papaia, mostrou ser um bom inibidor natural de corrosão para o aço-carbono 1020 em meio de ácido clorídrico 1 mol L<sup>-1</sup>. Verificou-se que o aumento da concentração levou a maiores resultados de eficiência de inibição, com o máximo de 94% para 1000 mg L<sup>-1</sup> desse extrato.

Nos ensaios eletroquímicos de curvas de polarização houve uma diminuição nas densidades de corrente de corrosão, com o aumento da concentração de inibidor, em relação ao ensaio em branco. Houve diminuição mais significativa no ramo catódico e os potenciais de corrosão deslocados para valores mais negativos.

Nos ensaios gravimétricos foi possível observar a estabilidade deste extrato, que apresentou significativa diminuição nas taxas de corrosão com o tempo de imersão, apresentando um valor de EI de 94% após 24 e 48 horas de imersão na concentração mais alta analisada, 400 mg L<sup>-1</sup>.

O mecanismo de inibição proposto considerou a adsorção das moléculas presentes nos extratos, levaria a uma inibição tanto da dissolução metálica, quanto da reação catódica de redução dos íons H<sup>+</sup><sub>(aq)</sub> a hidrogênio molecular. A adsorção seguiu a isoterma de Langmuir com uma excelente correlação linear de, aproximadamente, 0,999 e um coeficiente angular muito próximo de uma unidade.

O valor de energia de ativação aparente (E<sub>a</sub>) do processo de corrosão do aço-carbono 1020 em meio HCl 1mol L<sup>-1</sup> aumentou na presença do extrato e a EI % diminuiu ligeiramente com a temperatura. Estes resultados sugerem uma adsorção de natureza física.

Por fim, a análise da superfície do aço-carbono na ausência e presença desses extratos corroboraram com os resultados obtidos, mostrando que a superfície metálica na presença de EMI mostrou-se muito menos atacada quando comparada com o ensaio na ausência deste.

---

## Referências bibliográficas

(1) GENTIL, V. *Corrosão*. Rio de Janeiro: LTC Editora S.A., 6ª Edição, 2011.

(2) ELIAS, E. C. S., Desenvolvimento de produtos a partir da aplicação de modelagem de misturas de componentes associada a propriedades físico-químicas. Estudo de caso: formulação de inibidores de corrosão para processos de acidificação de poços de petróleo. Tese de Doutorado. Escola de Química – UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

(3) GOMES, A.W.M., Inibidores naturais de corrosão extraídos em vegetais tropicais. Tese de doutorado. UNICAMP. Campinas, SP, 1999.

- (4) HUSSIN, M. H., KASSIM, M. J., The corrosion inhibition and adsorption behavior of *Uncaria Gambir* extract on mild steel in 1M HCl. *Materials Chemistry and Physics*, 2011. n°125, p. 461-468.
- (5) LI, Y., ZHAO, Q., BAORONG, H., Berberine as a Natural source inhibitor for Mild Steel in 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Applied Surface Science*, 2005. n. 252, p. 1245-1253.
- (6) NOOR, E. A., The impact of some factors on the inhibitory action of Radish seeds aqueous extract for mild steel corrosion in 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution. *Materials Chemistry and Physics*, 2011. n°xx, p.xx-xx.
- (7) PEREIRA,S.S.A.A., PÊGAS, MAGALHÃES.M., FERNÁNDEZ,T.L.,*et al.*, Inhibitory action of aqueous garlic peel extract on the corrosion of carbon steel in HCl solution, *Corrosion Science*. 2012.v.65 (2010) 360-366.
- (8) QURAIISHI, M. A., SINGH, A., SINGH, V. K., YADAV, D. K., SINGH, A. K., Green approach to corrosion inhibition of mild steel in hydrochloric acid and sulphuric acid solutions by the extract of *Murraya koenigii* leaves. *Materials Chemistry and Physics*, 2010. n.122, p. 114-122.
- (9) ROCHA.J.C.,2010, Corrosion inhibition of carbon steel in hydrochloric acid solution by fruit peel aqueous extracts,*Corrosion Science* 52 (2010) 2341-2348.
- (10) TORRES, V.V., AMADO, R. S., Sá, C. F., FERNANDEZ, T., L., RIEHL, C. A. S., TORRES, A. G., D'ELIA, E., Inhibitory action of aqueous coffee ground extracts on the corrosion of carbon steel in HCl solution. *Corrosion Science*, 2011. n. 53, p. 2385-2392.