



Avaliação de um novo N-heterocíclico como protetivo antiferrugem temporário

Carlos, M. S. G.¹; Antunes, G. R.¹; Paralovo, J. L.¹; Sangi, D. P.¹; Ferreira, E. A.¹.

¹ Universidade Federal Fluminense, Campus de Volta Redonda, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química.

Palavras-chave: Inibidor volátil de corrosão; corrosão atmosférica; espectrofotometria; complexo ferro-ortofenantrolina.

INTRODUÇÃO

A corrosão atmosférica é um fenômeno amplamente estudado, devido ao seu impacto econômico e estrutural em materiais metálicos, principalmente em ambientes industriais. Fatores como umidade, presença de poluentes e variações de temperatura aceleram o processo de degradação. Em áreas com alta concentração de cloretos, como regiões costeiras ou proximidades de fábricas, a corrosão pode ser ainda mais severa, exigindo métodos eficientes de proteção contra os agentes corrosivos¹.

Dentre as estratégias de proteção anticorrosiva, o uso de inibidores de corrosão voláteis (VCIs) tem se destacado por sua capacidade de formar uma camada protetora em superfícies metálicas expostas. Esses compostos atuam ao evaporar, migrando até as superfícies metálicas, onde se condensam e criam uma barreira física contra o oxigênio e outros agentes agressivos. A aplicação de VCIs é vantajosa por sua simplicidade e versatilidade, sendo utilizada em ambientes de armazenamento, transporte e operações de manutenção².

Visto que há uma necessidade muito grande de reduzir o desperdício de recursos valiosos causados pela corrosão³ o presente trabalho propõe-se a avaliar a eficiência de um composto orgânico, derivado da oxazinano, sintetizado em nosso laboratório como candidato a VCI em atmosferas contendo HCl, simulando condições de elevada agressividade corrosiva. A análise foi realizada através de experimentos que compararam o desempenho do VCI em diferentes tempos de exposição, por meio de massa de ferro corroído a partir de espectrofotometria UV/Vis. Visando o desenvolvimento de uma nova substância inibidora, com foco na proteção de estruturas metálicas e redução de custos com manutenção e danos materiais³.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para este estudo de corrosão atmosférica controlada começou com a preparação de um ambiente específico para testar a resistência à corrosão de amostras de aço SAE 1020⁴. As amostras de aço foram preparadas seguindo as diretrizes da norma ASTM G1-90, para obter uma superfície uniformemente lisa.

As peças designadas para proteção ficaram no recipiente contendo o inibidor por um período de 7 dias. Para simular um ambiente de corrosão acelerada³, foi preparada uma solução de HCl 10% (m/m), na qual as amostras foram submetidas na atmosfera ácida a intervalos de 3, 5, 10 e 24 horas, tanto para as amostras tratadas com o inibidor quanto para os controles sem inibidor. Ao final do período de exposição foi realizado um processo de decapagem ácida utilizando HCl 18% (m/m) com a adição do inibidor hexametilenotetramina, que previne corrosão adicional, preservando a integridade do corpo de prova.

A quantificação do ferro corroído foi realizada por meio da técnica de espectrofotometria, conforme descrito pela norma ASTM E394 22. Esta técnica baseou-se na formação de um complexo colorido entre o íon Fe^{2+} e a ortofenantrolina. A curva de calibração foi preparada com uma solução padrão de Fe^{2+} com seis pontos, variando de 0,2 ppm a 1,4 ppm. As medições espectrofotométricas foram realizadas a 510 nm. As soluções provenientes das amostras corroídas foram analisadas com base na curva de calibração estabelecida. Para isso, os conteúdos foram transferidos para balões volumétricos, soluções foram preparadas conforme a norma ASTM E394 22, mas com a substituição da solução padrão de ferro pelas amostras reais.

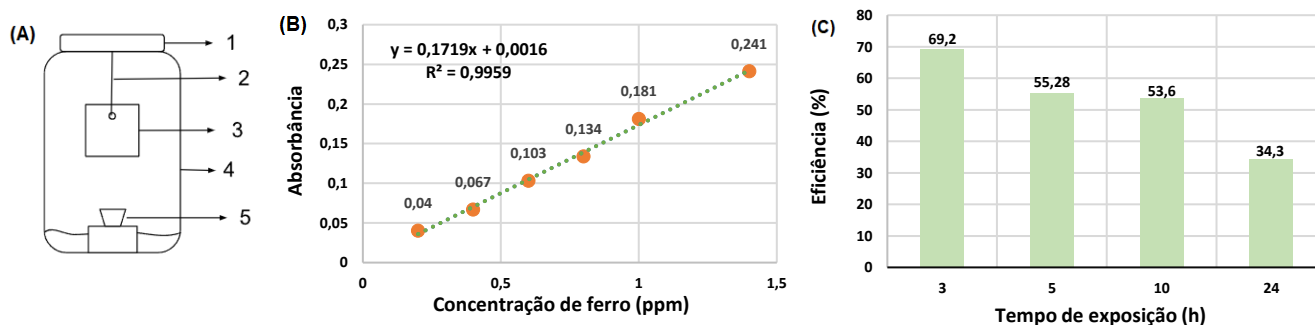
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 A exibe o recipiente desenvolvido para realizar os testes de exposição em uma atmosfera ácida controlada, onde foi possível simular condições corrosivas de maneira eficaz², composta por uma câmara de teste de corrosão (1) tampa, (2) fio de nylon, (3) corpo de prova, (4) frasco de vidro, (5) recipiente do inibidor. Este recipiente foi projetado para manter a amostra em contato constante com os vapores de HCl, de forma a garantir uma exposição uniforme e contínua ao ambiente agressivo. A espectrofotometria foi utilizada para determinar a quantidade de ferro corroído nas amostras. A partir das absorvâncias das soluções padrão a 510 nm, pode-se



construir uma curva de calibração da absorbância dos íons Fe^{2+} em função da concentração destes íons, Figura 1 B. Por fim, também foi construído um gráfico da eficiência do inibidor com o tempo, Figura 1 C.

Figura 1 – (A) Ilustração da configuração da câmara de teste de corrosão. (B) Curva de calibração: Absorbância do complexo ferroína. (C) Eficiência do VCI ao longo do tempo



Fonte: Próprio autor (2024).

O gráfico gerado a partir da curva padrão permite uma correlação precisa entre a concentração de ferro nas amostras e a absorbância medida, pela Lei de Lambert-Beer. A equação obtida $A = 0,1719 [\text{Fe}^{2+}] + 0,0016$ é fundamental para calcular as concentrações a partir das absorbâncias observadas nas amostras de diferentes tempos de exposição. Com base nas concentrações calculadas a partir da equação de calibração, foram determinadas as massas de ferro corroído. Observa-se um aumento significativo na massa corroída nas amostras sem inibidor conforme o tempo de exposição aumenta, o que demonstra a progressão da corrosão. Por outro lado, as amostras com inibidor mostram um aumento mais moderado na massa corroída com o tempo, o que confirma a eficácia do inibidor em proteger o metal da corrosão.

A eficiência do inibidor é calculada pela redução da massa corroída em amostras com inibidor em comparação com amostras sem inibidor. Observa-se que a eficiência do inibidor diminui com o aumento do tempo de exposição. Na Figura 1 C as primeiras 3 horas, a eficiência do inibidor foi de 69,2%. Esta eficiência está associada com a adsorção do inibidor ao aço devido a presença de heteroátomos tais como nitrogênio^{2,3} na estrutura deste tipo de inibidor. No entanto, com o aumento do tempo de exposição, a eficiência do inibidor diminuiu progressivamente, chegando a 34,3% após 24 horas. Essa tendência pode ser atribuída a vários fatores. Inicialmente, o inibidor é altamente eficaz na proteção contra corrosão, mas com o tempo, sua capacidade de proteger o metal. O fato de a eficiência diminuir com o tempo sugere que o inibidor pode estar se degradando ou que sua capacidade de formar uma camada protetora está diminuindo com a duração da exposição, devida uma maior saturação de vapor proveniente da solução agressiva na câmara de teste de corrosão.

CONCLUSÕES

Os dados confirmam que o inibidor volátil é eficaz em reduzir a corrosão do aço SAE 1020, mas a eficiência do inibidor diminui com o tempo de exposição. Isso é consistente com a literatura, que frequentemente aponta para a necessidade de monitorar e reavaliar a eficácia dos inibidores ao longo do tempo, em condições altamente corrosivas. Além disso, a diferença significativa entre as amostras com e sem inibidor reforça a importância do uso de inibidores para proteção contra corrosão.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ, ao CNPq e à UFF.

REFERÊNCIAS

- [1] SABILA, R. Ensaios acelerados de corrosão: Uma visão geral dos métodos e aplicações. **Revista de Engenharia e Materiais**, v. 4, n. 3, p. 25-32, 2013.
- [2] VALENTE JUNIOR, M. A. G. **Metodologias de avaliação do Inibidor Volátil de Corrosão (VCI) na proteção do aço**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2018.
- [3] SUKANYA, R., et al. Emerging Layered Materials and Their Applications in the Corrosion Protection of Metals and Alloys. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 4079, 2022.
- [4] ESTEVÃO, L. R. M.; Nascimento, M. L. Ensaios de câmara úmida para avaliação de inibidores de corrosão voláteis. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 28, p. 123-130, 2001.