TRABALHO COMPLETO
FULL PAPER
XXVIII SEPE
Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão
Teaching, Research and Extension Symposium
ISSN: 2316-9745
24 A 26 DE SETEMBRO DE 2024
SEPTEMBER 24th to 26th, 2024
UFN
https://doi.org/10.48195/sepe2024.28.

DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO DE NÉVOA SALINA PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

Bruno Maijo Pivoto[1]; Victor Canellas de Almeida[2]; Luiz Fernando Rodrigues Junior[3]; Diogo Kramer Topolski[4].

RESUMO

A deterioração de materiais por corrosão é uma resposta a condições ambientais e intempéries, resultando em significativos prejuízos e problemas para a sociedade. O presente estudo tem por finalidade avaliar a deterioração em aços causados pela corrosão em ambientes marítimos, como na região da costa litorânea brasileira. Assim, o objetivo foi desenvolver um equipamento de névoa salina mais acessível, conforme as normas ASTM B117 e ISO 9227, o objetivo foi reduzir o custo do equipamento em comparação com modelos tradicionais e avaliar a perda de massa dos corpos de prova após o teste de névoa salina. O estudo desenvolveu uma câmara de acrílico de 400 mm x 400 mm, montada em uma base de cantoneira, para testar a perda de massa dos corpos de prova utilizando uma solução de 5% NaCl e 95% água deionizada, com pH entre 6,0 e 7,0.

Palavras-chave: Corrosão; Névoa Salina; Perda de Massa.

ABSTRACT

The deterioration of materials through corrosion is a response to environmental conditions and bad weather, resulting in significant losses and problems for society. The purpose of this study is to evaluate the deterioration in steel caused by corrosion in maritime environments, such as in the Brazilian coastal region. Thus, the objective was to develop a more accessible salt spray equipment, in accordance with ASTM B117 and ISO 9227 standards, the objective was to reduce the cost of the equipment compared to traditional models and evaluate the loss of mass of the specimens after the test of salt spray. The study developed a 400 mm x 400 mm acrylic chamber, mounted on an angle base, to test the mass loss of the specimens using a solution of 5% NaCl and 95% deionized water, with a pH between 6.0 and 7.0.
Keywords: Corrosion,Salt Spray, Weight Loss.

Eixo Temático: Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento Sustentável (TIDS).

[1] Autor – Engenharia de Materiais – Universidade Franciscana. E-mail: brunopivoto13@gmail.com
[2] Coautor – Engenharia de Materiais – Universidade Franciscana. E-mail: victor.canellas@ufn.edu.br
[3] Colaborador – Programa de Pós-graduação em Saúde Materno Infantil – Universidade Franciscana. E-mail: luiz.fernando@ufn.edu.br
[4] Orientador – Engenheiro de Materiais. E-mail: topolski@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A corrosão é um processo natural que resulta na deterioração de materiais, especialmente metais, devido às ações do meio ambiente e intempéries. Essa deterioração pode levar a perda gradual de massa, alterações químicas e modificações estruturais, prejudicando o desempenho e a durabilidade dos materiais (GENTIL, 2003). A corrosão é um problema comum em várias indústrias, principalmente aquelas que utilizam materiais metálicos em suas construções. A exposição em condições ambientais agressivas, como a presença constante de maresia, pode afetar significativamente esses materiais, comprometendo sua integridade estrutural dos materiais, promovendo a falhas mecânicas. Os problemas causados pela corrosão têm impactos econômicos, ambientais e estruturais, resultando em aumento de custos de produção, substituição de peças ou equipamentos corroídos, manutenção e processos de proteção (HAN; YANG; FRANGOPOL, 2021)

Diante desse cenário, o conhecimento das composições dos materiais e dos fenômenos que causam a corrosão é fundamental para realizar testes e determinar a agressividade do meio corrosivo. Permitindo um controle mais eficiente e melhorias nos materiais utilizados, seja por meio do uso de inibidores, revestimentos ou tintas específicas, para aumentar o desempenho e a durabilidade. Para avaliar a resistência à corrosão dos materiais, ensaios acelerados de corrosão em laboratórios, como o ensaio de névoa salina (*salt spray*), são realizados para simular as condições atmosféricas agressivas, como a presença de maresia (DA SILVA PIMENTA, 2016).

As normas ISO 9227 e ASTM B117 são amplamente adotadas na realização de ensaios de *salt spray*, estabelecendo condições operacionais e os procedimentos para conduzir corretamente os testes de névoa salina, definindo requisitos como a concentração de sal, a temperatura do ensaio e o tempo de exposição. Além disso, estes trabalhos fornecem uma base consistente para a comparação dos resultados obtidos por diferentes laboratórios e permite uma avaliação precisa, garantindo a reprodutibilidade e a confiabilidade dos resultados obtidos da resistência à corrosão dos diferentes materiais (RODRIGUES, 2017).

Ao seguir as normas ISO 9227 e ASTM B117, as empresas podem realizar ensaios de névoa salina de forma confiável, a fim de obter resultados consistentes e tomar decisões no desenvolvimento de materiais e revestimentos resistentes à corrosão. Esses ensaios desempenham um papel vital na seleção de materiais, principalmente para a área da construção civil em áreas litorâneas do Brasil, onde a maresia é presente e para aplicações específicas, na avaliação de revestimentos protetores e no desenvolvimento de estratégias de manutenção preventiva (ARÁUJO, 2019).

A corrosão é um processo complexo e existem vários tipos e meios de corrosão. Entre os tipos de corrosão mais comuns estão a corrosão uniforme, em frestas, intergranular, galvânica, por pites, sob tensão, a erosão corrosão e a lixívia-seletiva (CALLISTER JR, 2016). Os meios corrosivos incluem a atmosfera, as águas naturais e do mar, o solo, os produtos químicos e os alimentos, cada um com suas características e efeitos corrosivos específicos (WOLYNEC, 2003).

Nesse contexto, a construção de um equipamento de névoa salina, seguindo as normas ASTM B 117 e ISO 9227, apresenta vantagens econômicas, reduzindo os gastos em comparação com equipamentos comerciais já disponíveis. Além disso, é uma oportunidade para estudar as normas e projetar um equipamento que cumpra suas resoluções, visando o tratamento de materiais expostos a ambientes marinhos suscetíveis à corrosão.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo fabricar um equipamento de névoa salina para avaliar a resistência de materiais à corrosão em ambientes marinhos. Os objetivos específicos incluem avaliar as normas técnicas relacionadas, analisar soluções comerciais existentes, desenvolver o projeto técnico do equipamento, realizar ensaios para verificar as alterações causadas em materiais corroídos, assim validar o equipamento, conforme as normas solicitam calculando a perda de massa dos materiais analisados.

2 METODOLOGIA

2.1 CONSTRUÇÃO DA CÂMARA DE ACRÍLICO E SUPORTE DE CANTONEIRA

Na primeira fase da construção do equipamento, foi focado na base estrutural do equipamento: a câmara, o teto, painel de controle e o suporte de cantoneira. Para a câmara, teto e o painel de controle foram utilizadas placas de acrílico com 3 mm de espessuras e que foram unidas com o uso de clorofórmio pela empresa Propaforma de Santa Maria, utilizando como uma solda para o acrílico. Na câmara foram utilizadas medidas de 400 mm X 400 mm para que o volume interno da câmara seja maior ou igual a 0,4 m³ ou 400 litros, conforme solicita a norma ISO 9227 e um furo de 40 mm de diâmetro bem ao centro da base para que seja conectado um cano PVC que será responsável pelo transporte da solução atomizada ao equipamento. Outros furos responsáveis pela fixação do cano que fará o escoamento da água interna e para a instalação do sistema de aquecimento. O teto possui a responsabilidade de fazer com que a névoa do atomizador condense e não crie gotículas em cima dos corpos de prova, fazendo com que a água condensada escoe pelas paredes da câmara, foi feito com uma angulação de 90º a 125º segundo a norma ASTM B 117. O teto foi construído em 3 partes fundidas juntamente com a câmara para melhor vedação da câmara. Uma lateral é fixa e possui um furo para um manômetro, e apenas uma lateral solta, para que seja o acesso dentro da câmara, que foi presa por 3 dobradiças metálicas.

Para o painel de controle, foi utilizado uma chapa de acrílico com 150 mm de largura para que pudesse alojar os controladores eletrônicos do. Já para o suporte para a câmara, foram utilizadas cantoneiras de inox que foram doadas pela empresa Agrimec em Santa Maria, com as medidas da base da câmara para melhor encaixe e com uma altura de 350 mm, sendo soldada, logo após pintada com tinta PU da marca WEG, evitando maiores corrosões no material devido a solução.

2.2 PAINEL DE CONTROLE

O painel de controle foi disposto na parte frontal do equipamento para que o operador possa ter um fácil acesso aos controles do equipamento. Foram instalados dois controladores eletrônicos, um marcando o tempo de ensaio e outro a temperatura no interior da câmara. Para o controlar o tempo foi utilizado um temporizador digital da marca Rohdina de 10 A, sendo o responsável por desligar o equipamento inteiro,

após 48 h de ensaio, tempo mínimo segundo as normas para o ensaio no equipamento.

Já para controlar a temperatura interna dentro da câmara na faixa de 35 ± 2 ºC, segundo a norma ISO 9227, foi utilizado um controlador de temperatura digital (Full Gauge, E.U.A.). Para o aquecimento interno foi utilizado dois soquetes de cerâmico com uma distância de 100 mm da parede conforme a norma ISO 9227, 2 lâmpadas de halogênio de 100 W e fios antichamas de 1,5 mm de espessura para que pudesse ser feito a instalação elétrica do mesmo, usando canaletas para a condução do fio até seus respectivos lugares. Após a instalação foram realizados testes para ver se cada controlador responde pelos comandos programados.

2.3 ATOMIZAÇÃO

Para a parte da atomização foi utilizado um umidificador de ar ultrassônico Confort Air 2 da marca Mondial de 2,5 L de capacidade, sendo instalado e fixado com o auxílio de cantoneiras de alumínio e fita dupla face na base do suporte. Assim, junto ao umidificador, foi instalado um cano PVC de 40 mm de diâmetro e que tivesse altura para alcançar 400 mm dentro da câmara, sendo acoplado no umidificador e passando pelo buraco feito na base da câmara.

2.4 TORRE DE ATOMIZAÇÃO

Na ponta superior do cano PVC ligado ao atomizador, foi acoplado uma torre de atomização, para que a névoa seja distribuída de forma mais dispersa, utilizando uma tampa de cano PVC de 40 mm de diâmetro, para que pudesse ser feito o encaixe no cano central de PVC, sendo feito furos ao redor com o auxílio de uma furadeira e broca.

Após a instalação completa do sistema atomização, foram realizados testes para saber a eficiência do sistema. Sendo feito primeiro o teste de vazão, que segundo a normas ASTM B- 117 e ISO 9227, a quantidade de névoa dentro da câmara tem que ser tal qual a cada 80 cm² de área de coleta horizontal, onde deve ser coletado de 1,0 a 2,0 mL de solução por hora. Os dispositivos para esta coleta consistem em funis de materiais como vidro ou plástico com um diâmetro de 100 mm (que equivale a uma

área de 80 cm²), ligados ao atomizador durante 1 h em cada velocidade escolhida de ordem crescente no atomizador e coletado por uma proveta que foi colada abaixo da câmara na saída da mangueira instalada como coletora dos líquidos condensados pela câmara com o auxílio de uma cola silicone e constou-se que era necessário deixar o umidificador na velocidade 4.

2.5 NÉVOA SALINA

Para a solução da névoa salina, foi utilizado uma solução a base de NaCl sendo aplicado em spray com uma concentração de 5% de NaCl em 95% de água deionizada. O pH da solução ficou num intervalo de 6,0 e 7,0, conforme solicitado pelas normas ISO 9227 e ASTM B117. Para o ensaio de 48h foram preparados 5 L dessa solução.

2.6 COLETOR DOS LÍQUIDOS

Para a coleta do líquido gerado pela condensação do vapor do atomizador, foi feito um coletor com o auxílio de uma mangueira de silicone com 2 mm de diâmetro fixada num furo no canto da base da câmara para que não houvesse acúmulo de líquido na parte interna da câmara. Para que o líquido fosse para o coletor, foi colocado um pedaço de papelão no lado ao contrário do furo para que desse um ângulo na câmara para conduzir o líquido para o coletor.

2.7 SUPORTE DOS CORPOS DE PROVA

Foi confeccionado apenas um modelo de suporte dos corpos de prova para a validação do equipamento que ficará na base da câmara, sendo preparado com poli acrílico e palitos de bambu. A base possui uma distância na qual os corpos de prova estão dispostos com um ângulo entre 15 ° e 25 °, aproximadamente, segundo a ISO 9227 para que não entrem em contato direto com a saída do spray.

2.8 CORPOS DE PROVA

Para a realização do ensaio foram doados 6 corpos de prova, doados pela empresa Agrimec em Santa Maria. O aço é um SAE 1020 cortado 100 x 150 mm,

conforme a norma ASTM B 117. Para avaliar a perda massa dos corpos de prova, estes foram ordenados com numeração de 1 a 6, sendo posteriormente comparados entre si.

2.9 LIMPEZA DOS CORPOS DE PROVA

Conforme solicita as normas, é necessário fazer a limpeza dos corpos de prova com algum solvente orgânico, para que não haja nenhum tipo de sujeira orgânica durante o ensaio, como a oleosidade das mãos de um operador. Assim, é necessário a utilização de luvas e o solvente orgânico, que neste presente trabalho foi acetona. Logo após a limpeza, foi deixado secar com o auxílio de papel toalha, e logo após disposto ainda com o auxílio de luvas para não haver sujeira, dentro da câmara conforme.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ENSAIO

Após a preparação inicial para o ensaio, foi ligado o equipamento no dia 14/06 às 16:40h e encerrado no dia 16/06 às 16:40h com o auxílio do temporizador instalado, totalizando as 48h necessárias de ensaio. Logo após o equipamento desligar, foi esperado 1h sem abrir e sem limpar conforme a norma ISO 9227 solicita, para que não se perca a corrosão ali presente.

3.2 COLETOR DE ÁGUA

Ao final do ensaio, constatou-se que houve um acúmulo de aproximadamente 950 mL no reservatório, depois do final do ensaio. Já o gasto de solução no atomizador foi de 2400 mL durante as 48 h, na velocidade posicionada no 4, segundo o cálculo feito para a vazão ser equivalente às normas. Dos 2500 mL iniciais de solução disposto dentro do atomizador antes do início do ensaio, foi constatado que restou aproximadamente 100 mL.

3.3 LIMPEZA CORPOS DE PROVA APÓS ENSAIO

A fim de realizar as medidas da perda de massa com maior precisão, após 1h do

desligamento do equipamento, os corpos de provas foram higienizados, segundo as normas ISO 9227 e ASTM B117, sendo necessário um ataque químico (seguindo as mesmas proporções da norma, porém menor quantidade de solução) com uma solução 100 mL de uma solução de NaOH 25 mol L^{-1} e 10 g de zinco granulado dissolvidos em 400 mL de águas destilada. Posteriormente, os corpos de prova foram imersos na solução de limpeza por aproximadamente 5 minutos, para que houvesse a limpeza sem a necessidade de agente abrasivo nos corpos de prova. Em seguida, lavou-se o material higienizado com solvente orgânico (acetona) para remoção de impurezas remanescentes nos corpos-de-prova. Posterior a estes procedimentos, as massas das amostras foram medidas, para constatação de suas perdas de massa significativa e análise visual destas para identificação do tipo de corrosão.

3.4 PERDA DE MASSA

A perda de massa das amostras ensaiadas em 48 h de névoa salina foi determinada pela Eq. 1.

$$P_m = \frac{(M_i - M_f)}{A} \quad (1)$$

Onde: P_m = Perda de massa; M_i = Massa inicial (pré-teste); M_f = Massa final (pós teste); A = área da placa em m².

4 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo, de construir um sistema para avaliação da corrosão por névoa salina de placas metálicas em ambiente controlado, foi atingido. Observou-se que apenas a superfície superior dos corpos de prova, conforme exigido pelas normas, sofreu deterioração significativa devido à solução de névoa salina, enquanto a parte inferior das placas não apresentou alterações. Além disso, confirmou-se a ocorrência de corrosão uniforme e generalizada, resultando em perda de massa das placas de aço.

O ensaio de corrosão na câmara de névoa salina construída sob as normas ISO 9227 e ASTM B117 foi mensurado por meio da determinação da perda de massa das amostras, de forma a confirmar a funcionalidade do sistema construído para análise

de corrosão. Constatou- se que que os corpos de prova tiveram uma perda de 20,27 g/m², resultado esse obtido pelas médias da perda de massa de todos os 6 corpos de prova ensaiados.

Adicionalmente, vale analisar que custo final da produção da máquina de névoa salina estimado foi de aproximadamente R$ 1.200,00, representando 2,4% do valor ao comparado com o valor mais baixo encontrado no mercado de um equipamento comercial e tradicional, como por exemplo um equipamento da marca EQUILAM, que em média custa R$ 50.000,00. Portanto, o presente trabalho confirma o caráter promissor do sistema proposto para análise de corrosão, bem como sua viabilidade econômica, caracterizando o método elaborado, como adequado para medição/verificação da corrosão em corpos de prova aço SAE 1020.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM B-117**: Standard Methodof Salt Spray (Spray). Philadelphia: ASTM, 2019.

ARAÚJO, A. L. R.; SILVA, N. S. S. 2019. 80 p. **Desenvolvimento de uma câmara de Névoa salina para simulação e análise da ação da maresia na região litorânea da cidade de São Luís-projeto de viabilidade da implementação do primeiro laboratório de corrosão da Universidade Estadual do Maranhão**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

ASSIS, S. L., **Estudo Comparativo de Ensaios Acelerados para Simulação da Corrosão Atmosférica.** 2000. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência na Área de Reatores Nucleares de Potên-cia e Tecnologia do Combustível Nuclear) IPEN, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CALLISTER JR, W. D**. Ciência e Engenharia de Materiais**: Uma Introdução. 9a. Ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2016.

PIMENTA, E. P.S; GOULART-SANTOS, S. Resistência à corrosão de aços revestidos com zinco submetidos ao teste em câmara de névoa salina. *In*: INTERCORR, 36, 2016, Búzios. **Anais do INTERCORR 2016.** Rio de Janeiro: Abracco, 2016. p. 1-14.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

HAN, X.; YANG, D. Y.; FRANGOPOL, D. M. Optimum maintenance of deteriorated steel bridges using corrosion resistant steel based on system reliability and life-cycle cost. **Engineering Structures**, v. 243, 112633, 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9227:** Corrosion tests in artificial atmospheres-Salt spray tests**.** Geneva: ISO,2012

RODRIGUES, L. M. **Desenvolvimento de equipamento para realização de ensaios com névoa salina para avaliar a resistência à corrosão em metais**. 2017. 83 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2017.

SILVA, G. B. S. **Caracterização de cupons de corrosão através de diferentes técnicas comparativas**. 2014. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

WOLYNEC, S. **Técnicas Eletroquímicas em Corrosão**. São Paulo: Editora da USP, 2003.