



Copyright 2019, ABINOX, ABRACO, IPT

Trabalho apresentado durante o INOXCORR 2019 - Seminário Brasileiro de Aços Inoxidáveis como Solução Contra Corrosão, em São Paulo no mês de agosto de 2019.

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

Estudo da aplicação do aço inoxidável austenítico em suportes de painéis solares sob o efeito da corrosão atmosférica

Felipe V. Martins¹, Alessandra A. Ferreira², Thaís O. Sousa³, Rodrigo S. Braga², Deverson W. Fraga⁴, Tessie G. Cruz⁵, Mariana T. C. Machado⁵

Resumo

O crescente engajamento das pessoas e da indústria em relação ao uso consciente dos recursos naturais tem proporcionado grande desenvolvimento tecnológico e crescimento do mercado de energia sustentável. A energia solar é destaque neste setor. O conjunto de painéis solares é constituído, além das células fotovoltaicas, por seus respectivos suportes, os quais podem ser feitos por diferentes materiais, dentre eles, alumínio e aços inoxidáveis. Vislumbrando a maior vida útil e o menor período de manutenção dos suportes frente a corrosão atmosférica, o presente trabalho tem como objetivo estudar e instigar a aplicação do aço inoxidável em suportes de painéis solares como material alternativo resistente à corrosão atmosférica marítima. Nesse propósito, imergiram-se amostras de aços e alumínio em soluções contendo ácido sulfúrico, avaliando a severidade da corrosão ocorrida após 11 dias. Avaliou-se a taxa de corrosão a partir do cálculo da perda de milésimos de polegada por ano (MPY). Os resultados obtidos mostram a superioridade do aço inox na resistência à corrosão frente ao alumínio.

Palavras-chave: Aço inoxidável, painéis solares, corrosão.

Introdução

Os suportes de painéis solares estão sujeitos a diversas condições ambientais. Dependendo da atmosfera do local de aplicação desses materiais, eles podem ser acometidos a níveis de corrosividade desde moderados, severos até extremamente severos. No Brasil, em 2015, houve um gasto bilionário em custos diretos e indiretos com materiais que sofreram corrosão, conforme estudo da CCTechnologies e trilionário, em 2016, referente ao custo global segundo a NACE (1).

As condições climáticas do meio são consideradas no empregado do painel, de forma a inibir o comprometimento da segurança ambiental e social, além de propiciar um impacto econômico. Um suporte de painel solar instalado em na região litorânea, por exemplo, pode apresentar corrosividade extremamente severa, pois sofre com as condições da atmosfera marinha por conta da presença de cloretos, ciclos térmicos, ventos, poluentes atmosféricos, chuvas, além de fenômenos como a neblina e o orvalho (2).

Á vista desses fatores adversos, a escolha do material para a estrutura dos painéis solares estará associada ao atendimento das restrições impostas. Dessa maneira, exige-se que ele garanta ao

¹ Graduando em Engenharia Química – UFRRJ

² Graduandos em Engenharia de Materiais – UFRRJ

³ Graduanda em Engenharia de Alimentos – UFRRJ

⁴ Técnico do Laboratório de Engenharia de Materiais - UFRRJ

⁵ Professores Orientadores – UFRRJ



mesmo tempo uma resistência mecânica, corrosiva, oxidativa e sobretudo possui uma aparência atraente e que assegure a eficácia na geração e conservação da energia solar fotovoltaica (3). Relacionado a isso, busca-se por materiais que atendam a uma aplicação mais eficiente aliada a redução de peso e proporcionando maior durabilidade aos suportes de painéis solares. Dentre os potenciais materiais encontram-se os aços inoxidáveis.

Os aços inoxidáveis são materiais ferrosos de alta liga que apresentam propriedades físicas variadas conforme os diversos elementos utilizados para formação de diferentes ligas, como por exemplo, o cromo, o níquel e o molibdênio. Possuem, em geral, boa resistência mecânica e à corrosão, resistindo a diversas condições ao meio submetido, além de propiciar uma considerável redução no custo de manutenção frente a outros materiais. Outrossim, eles possuem vida útil elevada e são recicláveis (4).

O aço inoxidável austenítico é um exemplo desses materiais ferrosos. Recebe esse nome devido a sua estrutura cúbica de face centrada (CFC). São essencialmente ligas ternárias de Ferro-Cromo-Níquel, contendo de 16 % a 25 % de Cromo e 7 % a 20 % de Níquel. Desse modo, tem como característica uma elevada resistência à corrosão, além de alta resistência à tração (5).

O cromo tem um importante papel na resistência à corrosão dos aços inoxidáveis devido à formação da camada passiva. A camada passiva é extremamente fina, invisível a olho nu, não porosa, estável e muito resistente. Ela é formada sobre a superfície do aço inoxidável, através da combinação do oxigênio do ar com o cromo do aço e protege contra a corrosão proporcionada pelo meio em que se encontra. Sendo assim, funciona como uma barreira contra a corrosão (6).

Com o intuito de estudar a aplicação do aço inoxidável em suportes de painéis solares no combate à corrosão atmosférica, aplicou-se um teste de corrosão acelerada com o ácido sulfúrico afim de se avaliar a diferença da resistência à corrosão do aço inox e do alumínio. O ácido sulfúrico está presente na chuva ácida, formado através da reação de SO_2 (poluente atmosférico) com o vapor de água do ar e precipita como componente da chuva ácida. Logo, é provável que os suportes de painéis solares estejam em contato com esse ácido se instalado, por exemplo, em grande centros urbanos. Avaliou-se, por conseguinte, a severidade da degradação ocasionada.

Metodologia

Empregou-se o teste de corrosão acelerada em ácido em 6 amostras de cada um dos seguintes aços inoxidáveis: austeníticos (304, 304L, 316L) e ferrítico (444), cedidos pela empresa Aperam South America, bem como 6 amostras de alumínio com o intuito de realizar uma comparação entre diferentes materiais comumente empregados nesses suportes. O experimento consistiu em imergir 2 amostras de cada material em tubos de ensaio com diferentes soluções de ácido sulfúrico, sendo elas de 1,5 % v/v, 5,0 % v/v e 10,0 % v/v para avaliar a severidade da corrosão ocorrente.

As amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g e medidas com



paquímetro de precisão de 0,01 mm. As soluções ácidas foram elaboradas a partir de ácido sulfúrico 90 % e água destilada, e postas em tubos de ensaio. Em seguida, as amostras foram adicionadas às soluções dispostas em duplicata, de forma a propiciar uma avaliação quantitativa da corrosão ocorrente em um período de 11 dias.

As amostras, então, foram recolhidas e submetidas à análise visual da corrosão ocorrida, de modo a notar a diferença de resistividade relacionada às condições do meio corrosivo entre os materiais. Limpam-se as amostras com água corrente e por meio da lixa fina. Elas, então, foram levemente lixadas de forma manual, a fim de se retirar o material corroído depositado, e depois secadas com papel toalha. Logo, pesou-as em balança analítica com o intuito de obter a perda de massa.

Para esse efeito, considerou-se o cálculo da taxa de corrosão, conforme Equação 1. O resultado do cálculo é a perda de milésimos de polegada de material por ano (MPY) (7).

$$MPY = \frac{W \cdot K}{A \cdot t \cdot d} \quad (1)$$

Para que o cálculo seja efetuado de maneira correta é necessário empregar os valores das variáveis com as seguintes unidades: W é a perda de massa em mg, K é uma constante com o valor de 534, A é a área da amostra exposta ao ácido em in², sendo 1 in igual a 2,54 cm, t é o tempo em horas, e d é a densidade da amostra em g/cm³. A partir do resultado da MPY calculado, o material pode ser classificado em três grupos, de acordo com a Quadro 1 (8).

Quadro 1 – Classificação dos metais em relação a taxa de corrosão

Grupos em mpy	Quanto a resistência à corrosão	Utilização
< 5	Boa resistência	Aplicáveis ao meio onde foram testados
≥ 5 ≤ 50	Alta corrosividade	Onde a corrosão for tolerada
> 50	Pouco resistente	Uso não apropriado

Resultados e discussão

Após o experimento não houve, dentre as amostras submersas nas soluções 1,5 % v/v, elevadas corrosões visualmente perceptíveis para os aços testados. Entretanto, pode-se observar pequeno desgaste na superfície do alumínio. De forma geral, observou-se maior corrosão nos aços para a solução de 10,0 % v/v e um comportamento intermediário para a solução de 5,0 % v/v.

Na Tabela 1, são mostradas as medidas das amostras expostas nas soluções ácidas de 10,0 % v/v, os quais representam medidas típicas aferidas para todas as amostras utilizadas. A Tabela 2 evidencia a perda de massa para as mesmas amostras da Tabela 1, bem como o resultado do cálculo do MPY realizado. A área das amostras utilizadas no cálculo foi de duas vezes a área superficial formada por seus respectivos comprimentos e larguras, ou seja, a espessura foi desconsiderada nos cálculos devido seu baixo valor.

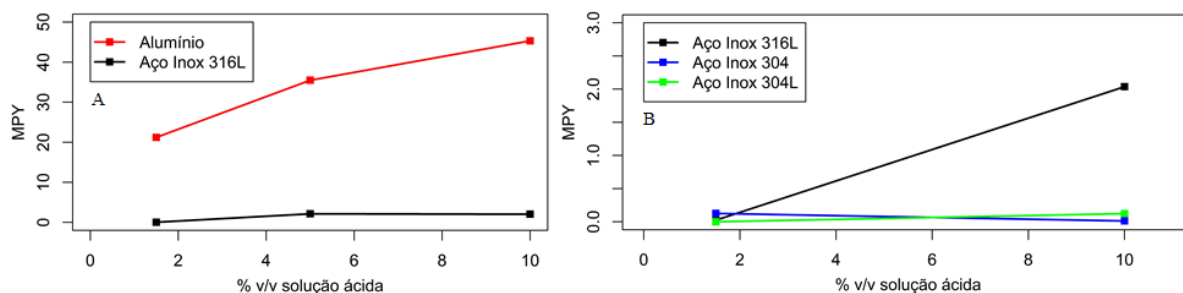
Tabela 1 – Dimensões das amostras e MPY calculados



Material	Amostra	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Perda de massa (g)	MPY
Alumínio	1	40.50	9.00	0.0705	46.74
	2	40.50	8.90	0.0655	43.91
Aço Inox 304	1	40.00	8.60	0.0000	0.00
	2	40.00	7.90	0.0001	0.03
Aço Inox 304 L	1	39.20	6.00	0.0007	0.25
	2	39.00	6.00	0.0000	0.00
Aço Inox 316 L	1	42.00	7.70	0.0092	2.33
	2	42.00	10.00	0.0089	1.74
Aço Inox 444	1	38.50	9.40	0.0600	13.87
	2	38.40	9.00	0.0000	0.00

Em acordo com os valores de MPY calculados observa-se que os aços inoxidáveis testados podem ser utilizados na solução do experimento, pois apresentam boa resistência à corrosão no mesmo, com exceção do aço inox 444, uma vez que este apresentou uma média dos valores de MPY acima de 5, porém não muita alta. De forma geral, os valores de MPY mostram que há uma grande superioridade da resistência dos aços inoxidáveis em comparação com o alumínio.

Comprando-se os valores de MPY obtidos do aço 316L e do alumínio para as três soluções utilizadas pode-se observar que a corrosão do alumínio permanece crescente com o aumento da concentração do ácido na solução. Para o aço inox 316L, entretanto, nota-se que a corrosão se manteve quase inalterada entre as soluções de 5,0 % v/v e 10,0 % v/v de ácido. Essa tendência é evidenciada na Figura 1, A. Tal comportamento pode ser explicado devido a formação da camada passiva do aço inox em questão. Logo, o aumento da concentração de ácido pode não ter efeito na corrosão mediante a oxidação da primeira camada da superfície do material que o protege de eventuais oxidações de camadas mais internas.



Os aços 304 e 304L mostraram ser mais resistentes no teste empregado do que o aço 316L. Isso pode ser explicado devido a porcentagem de cromo na composição dos materiais, o qual é o principal componente formador da camada passiva. Segundo as especificações técnicas da empresa Aperam (9) os aços inoxidáveis 304 e 304L possuem entre 17,5 % e 19,5 % de cromo em sua composição, já o aço inox 316L possui entre 16,5 % e 18,0 %. Esse comportamento pode ser observado na Figura 1, B. A mudança dos valores de MPY para os aços inoxidáveis 304 e 304L mostram que o tempo de experimento e a concentração de ácido não foram



suficientes para averiguar diferenças em suas corrosões entre as duas concentrações em questão.

Conclusões

O presente trabalho permitiu a comparação da resistência à corrosão de amostras de alumínio e de aços inoxidáveis através de teste de corrosão acelerada em soluções ácidas e pelo cálculo do MPY. Isso pensando nas diversas condições em que os materiais de suportes solares podem estar sujeitos.

Os resultados obtidos do MPY evidenciam a superior resistência à corrosão dos aços inoxidáveis em comparação com o alumínio. Sendo assim, quando os suportes solares são sujeitos a severas condições corrosivas pode ser mais interessante (em termos de custo e manutenção) o uso de aços inoxidáveis na confecção de seus suportes. Observou-se também, comparando a corrosão ocorrida no alumínio e no aço inox 316L, que o primeiro não é capaz de inibir sua crescente corrosão como o aço inox, E isso pode ser devido à formação da camada passiva.

Como trabalho futuro, propõe-se o estudo comparativo entre as diferentes concentrações de chuva ácida e valores de pH para a região litorânea brasileira, em relação aos seus efeitos em amostras de aços inoxidáveis, alumínio e aço galvanizado para aplicações em estruturas de painéis solares, analisando o custo benefício. Além disso, realizar um experimento abrangendo as demais condições e situações reais, tal como o tempo de exposição dos suportes nas atmosferas em questão, propondo-se também, um teste de corrosão acelerado que seja capaz de prever a resistência de amostras nas condições propostas.

Referências bibliográficas

- (1) Disponível em: <<https://inspectioneering.com/news/2016-03-08/5202/nace-study-estimates-global-cost-of-corrosion-at-25-trillion-ann>>. Acesso em 18 de Maio 2019
- (2) PANNONI, F. D. Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio. Manual Corrosão. Gerdau. 6 ed. 2015. p. 21-24.
- (3) PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. 2. ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: Ed. do CEPTEL - CRESESB, 2014.
- (4) PADILHA, A. F. Aços Inoxidáveis Austeníticos: Microestrutura e Propriedades. Curitiba: Hemus, 2004
- (5) SHACKELFORD, J. F., Introduction to materials science for engineers, 8th e d./Global Edition. Uppler Saddle River: Prentice-Hall, 2015.
- (6) ABINOX. Disponível em: <<https://www.abinox.org.br/>>. Acesso em 18 de Maio 2019.
- (7) DINIZ, Á.; MONNERAT, C. S.; GUEDES, F. N. Estudo do efeito corrosivo dos aços inox AISI 304 e microligado Hardox 600 em meios salinos e ácido. *Revista Eletrônica Engenharia de Interesse Social*, Minas Gerais, v. 01, n. 1, p. 1-9, 2016.
- (8) GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- (9) APERAM SOUTH AMERICA, AÇO INOX Especificações Técnicas.