

AVALIAÇÃO DA PERDA DE MASSA NO AÇO-CARBONO MEDIANTE A OXIDAÇÃO EM DIFERENTES MEIOS

Beatriz Lohane Fontes Diniz

Beatriz Lohane Fontes Diniz

Ana Beatriz Oliveira Albuquerque

ana.albuquerque.015@gmail.com

Bruna Marcelle Silva dos Santos

brumarcelle27@gmail.com

Wilma Maria da Silva

wilmamariatelo@gmail.com

Nataly Muniz Souza

muniznataly16@gmail.com

Resumo: Os processos corrosivos estão relacionados ao conceito da deterioração de inúmeros materiais, sejam eles metálicos ou não, tendo fundamento devido a interação físico-química entre o material e o meio corrosivo, causando incontáveis problemas, principalmente ao que se refere a processos industriais. Além disso, vale lembrar que essa situação pode ser agravada devido a influência de alguns fatores, como a alta concentração de sais e a constante ação do oxigênio e umidade. Esse sistema corrosivo pode ser verificado nas mais variadas situações em nosso dia a dia, como a redução da vida útil de vários móveis e eletrodomésticos em ambientes mais próximos ao mar bem. Dessa forma, este artigo relata um experimento simples realizado com material de fácil aquisição, como alguns recipientes e arruelas, que são usados para ilustrar o fenômeno da oxidação dos metais, mostrando as consequências que o material pode sofrer devido a intensificação da aeração e salinidade. Desta maneira, a experiência permite assimilar os conteúdos de oxirredução, por meio da criação de diferentes sistemas, impondo uma condição específica para cada um deles. Esses meios permitem discutir a reatividade, bem como os conceitos de oxirredução do ferro, assim como outros metais.

Palavras-Chave: Aeração, salinidade, ferrugem, exposição.

INTRODUÇÃO

A corrosão está presente em nosso cotidiano e pode ser determinado como a deterioração de um material metálico ou não metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos (Vicente, 2007). Em nossos lares, a corrosão é responsável pela deterioração de utensílios e eletrodomésticos, isso se deriva das moléculas que contém sais em suspensão na atmosfera com o auxílio do vento chega às nossas residências. Há um prejuízo muito alto para as pessoas que moram próximo as praias, pois a corrosão atmosférica se torna mais frequente, e isso faz com que os móveis e eletrodomésticos percam cada vez mais sua eficiência.

A água, quimicamente pura é constituída de moléculas, que se apresentam associadas devido às ligações por ponte de hidrogênio. Substâncias presentes, dissolvidas ou em suspensão, podem ser consideradas impurezas, estas que muitas vezes são responsáveis pela deterioração dos equipamentos e tubulações em que existe circulação de água, já que o alto nível de sais dissolvidos implica em sua pureza, assim, ela pode agir acelerando ou retardando a velocidade do processo corrosivo, um exemplo disso é o efeito do cloreto de sódio, na corrosão, deve-se ao fato desse sal ser um eletrólito, ocasionando, portanto, aumento de condutividade, que é

fundamental no mecanismo eletroquímico de corrosão, vale lembrar que o aumento contínuo da concentração de NaCl decresce a solubilidade do oxigênio em água, o que explica a diminuição da taxa de corrosão para concentrações elevadas de NaCl (Vicente, 2007).

A desaeração consiste na retirada de oxigênio do meio, sendo este um agente despolarizante, com a sua retirada favorece-se a polarização catódica com a conseqüente diminuição da intensidade do processo inicial do tratamento ou no período de propagação, reduzindo a taxa de corrosão (Corrosion Science, 2009).

A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis sofridas pelo material, tais como: desgastes, variações químicas ou modificadores estruturais tornando inadequado para o uso. Sendo assim, o metal deixa de ter característica sólida e passa para o estado não metálico. Quando isso ocorre, o metal perde suas qualidades essenciais, tais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade e o produto de corrosão formado é escasso das propriedades citadas anteriormente. O fenômeno essencial de corrosão é o mesmo para todos os metais e ligas, diferindo apenas em grau, mas não em natureza (Lalgudi, 1988).

Quando ocorre a corrosão aquosa, há a formação de íons metálicos e liberação de elétrons na região do ânodo, onde se dá a oxidação, ou deterioração do metal e simultaneamente, na região do cátodo, há o consumo de todos os elétrons (que foram produzidos na região anódica) e redução dos íons do eletrólito, isto é, a neutralização dos íons hidrogênio ou formação de íons carregados negativamente. Portanto a corrosão ocorre apenas no ânodo. A reação de corrosão nem sempre necessita ser a dissolução do metal, pode também ser a formação de óxido ou hidróxido. Assim ocorrendo corrosão no metal que tem o menor potencial padrão de oxirredução (Lalgudi, 1988).

Todas essas instalações representam investimentos vultosos que exigem durabilidade e resistência à corrosão que faça jus aos valores investidos e evitem acidentes com danos materiais incalculáveis ou danos pessoais irreparáveis (Vicente, 2007). Em alguns casos, pode-se admitir a corrosão como o inverso do processo siderúrgico, cujo objetivo principal é a extração do metal a partir de seus minérios ou de outros compostos, ao passo que a corrosão tende a oxidar o metal. Assim o material corroído tem semelhança com o seu minério do qual originalmente é extraído (Vicente, 2007).

A corrosão causa grandes problemas nas mais variadas atividades, como por exemplo, nas indústrias química e petrolífera, nos meios de transportes aéreo, ferroviário, metroviário, marítimo, rodoviário e nos meios de comunicação, como sistemas de telecomunicações, na odontologia (restaurações metálicas, aparelhos de prótese), na medicina (ortopedia) e em obras de arte como monumentos e esculturas. Tendo perdas econômicas que atingem diversas atividades podem ser classificadas em perdas diretas e indiretas. Tendo características de perda direta as que são corrigíveis, por exemplo, os custos de substituição das peças ou equipamentos que sofreram danificações da corrosão, incluindo energia e mão-de-obra; os custos e a manutenção dos processos de proteção. Já as perdas indiretas são aquelas que são inevitáveis, por exemplo, perda de produtos, paralisações acidentais, perda de eficiência, contaminação de produtos e superdimensionamento nos projetos (Vicente, 2007).

Dentre os diversos materiais que podem sofrer a corrosão, o aço carbono é o mais usado na indústria de maneira geral e, cerca de 20% do aço produzido destinasse a reposição de partes de equipamentos, peças ou instalações corroídas. As indústrias de petróleo e petroquímicas são as que mais sofrem ataque de agentes corrosivos que causam prejuízos

em toda a cadeia produtiva, desde sua extração até o refino (Reis, da Silva, Romeiro, Rocha e Ferreira, 2011). A formação de uma película sobre a superfície metálica pode inibir ou impedir o processo corrosivo, a qual é denominada de passivação (Moura, 2009). Além disso, existem vários tipos corrosão, umas mais agressivas e outras mais sigilosas, tendo suas características para cada tipo de material que se tornará danificado.

A corrosão pode ser evitada através da alteração do meio corrosivo através do controle do pH e a desaeração. O controle de pH visa favorecer a passivação dos metais, o que ocorre com o pH ligeiramente básico. Cuidados especiais com os metais anfóteros devem ser tomados, pois estes perdem a resistência à corrosão em meios muito básicos e com a precipitação de compostos de cálcio e magnésio que se tornam insolúveis em pH elevado, podendo trazer problemas de incrustação (Mainier, 2006). Inibidores de corrosão são compostos químicos normalmente utilizados em pequenas concentrações, sempre que um metal se encontra em contato com um meio agressivo.

A presença de tais compostos, retarda o processo de corrosão, e mantém a sua taxa em um mínimo e, assim, evita perdas econômicas devido a corrosão metálica. Os compostos químicos que podem ser utilizados para esta finalidade devem apresentar alguns requisitos relativos à estrutura e comportamento químico. Os compostos inorgânicos, por exemplo, devem ser capazes de oxidar o metal, formando uma camada passiva sobre a sua superfície (El-Etre, 2007).

Deste modo, objetiva-se calcular as taxas de corrosão do material analisado, observando quais dos meios mais influenciam os processos corrosivos.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais:

Foram utilizadas arruelas de aço carbono

com aproximadamente 2 cm de diâmetro, dois recipientes plásticos de 2L, duas garrafas pet de 250 mL, bomba de aeração, palha de aço, água destilada, solução aquosa de NaCl a 5% e uma balança analítica.

Procedimento:

Durante o processo experimental foram realizadas algumas pesagens para comprovar a diminuição da massa e o processo corrosivo dos sistemas. Diante disso, ocorreu a limpeza das arruelas de aço carbono semanalmente com palha de aço, após esse processo as arruelas foram pesadas e cada valor foi sendo anotado para a realização dos estudos quantitativos, assim o mesmo aconteceu até a data final do experimento com os quatro sistemas, em um período de quatro semanas.

Os sistemas foram divididos em dois ensaios estáticos (representados pela **figura 1**) e dois dinâmicos (representados pela **figura 2**).



Figura 1 - Representação dos sistemas estáticos



Figura 2 - Representação dos sistemas dinâmicos

Desta forma, em ambos, tinha um com água destilada e outro com a solução de NaCl. Os sistemas dinâmicos foram realizados no recipiente de 2 L para a melhor utilização da bomba de aeração feita com um cooler ou ventoinha de computador ligados a um carregador de celular comum. E os sistemas estáticos com duas garrafas pet, um com água destilada e o outro com a solução de NaCl, cada um com uma arruela dentro e as garrafas devidamente fechadas

RESULTADOS E DISCUSSÃO

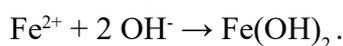
Ligas metálicas são materiais que apresentam propriedades metálicas misturadas por dois ou mais elementos químicos, que apresentam elevado índice de metal em sua composição. Podem ser classificadas em ferrosa e não ferrosa. As ligas metálicas ferrosas possuem o ferro como constituinte essencial elas também são apresentadas pelo aço e aço inoxidável. São amplamente utilizadas nas indústrias, engenharias e em nosso cotidiano, por ser um elemento de grande quantidade na natureza sua utilização é abundante e seu custo não é tão elevado, a desvantagem em questão é o alto teor de corrosão.

A arruela de aço-carbono foi o material utilizado nos experimentos devido a sua ampla utilização industrial. O aço carbono combina ferro com carbono e esse frequente uso ocorre em função suas propriedades mecânicas, sua menor relação custo/resistência mecânica e a facilidade de solda e conformação (Telles, 2000).

Foi possível observar que diferentes reações químicas ocorreram ao longo do experimento, consoante a solução em que as arruelas estavam imersas e aos fatores externos que provocaram um aumento na velocidade dessas reações. O principal metal presente no material utilizado é o ferro (por tratar-se de uma liga ferrosa) e sua corrosão pode ser representada por reações que dependem do meio em que estão submergidas.

Em meio neutro ou básico, é possível perceber a oxidação do metal ($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$) e a redução da água ($2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$).

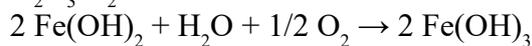
Os íons Fe^{2+} e OH^- reagem formando o hidróxido ferroso:



Em meio com baixo teor de oxigênio, é possível perceber a formação de Fe_3O_4 :



Em meios onde o teor de oxigênio é elevado é possível perceber a formação de $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$:



$2 \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ (Merçon, Guimarães e Mainier, 2011).

Após quatro semanas foi verificado que em todos os sistemas a ferrugem foi formada. Os resultados foram analisados de duas maneiras:

Maneira qualitativa (observados nas **figuras de 3 a 6**):



Figura 3 - Corrosão na arruela do sistema estático em água destilada após quatro semanas.



Figura 4 - Corrosão na arruela do sistema estático em solução salina a 5% após quatro semanas.



Figura 5 - Corrosão na arruela do sistema dinâmico em água destilada após quatro semanas.



Figura 4 - Corrosão na arruela do sistema dinâmico em solução salina a 5% após quatro semanas

Maneira quantitativa (observados nos gráficos de 1 a 3):

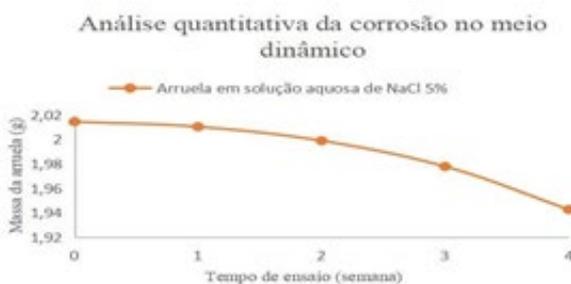


Gráfico 1 - Análise da perda de massa das arruelas nos sistemas estáticos



Gráfico 2 - Análise da perda de massa da arruela no sistema dinâmico em contato com água.

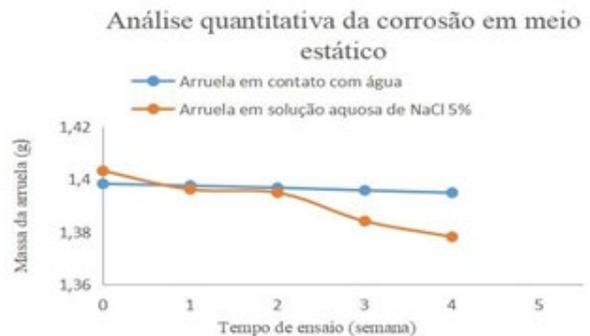


Gráfico 3 - Análise da perda de massa da arruela no sistema dinâmico em solução aquosa de NaCl 5%

Como é possível perceber analisando os gráficos, em ambos os sistemas, constatou-se que em solução salina a corrosão é mais intensa do que em água. Todavia no sistema dinâmico com solução de NaCl a corrosão foi mais intensa e a perda de massa foi maior, como mostra o gráfico da figura 3 a arruela inicialmente pesava 2,02g e após 4 semanas imersas no ensaio verificou-se que passou a pesar aproximadamente 1,94g totalizando assim uma perda de 3,5% da sua massa. Isso ocorreu devido a presença de um maior número de eletrólitos por causa do NaCl dissolvido que aumentou o fluxo de elétrons e consequentemente a corrosão foi mais acentuada (Buscariolo, 2014) e pelo fato de a presença de íons no meio corrosivo prejudicar a eficiência da camada de passivação e favorecer o processo de corrosão. A camada de passivação é uma película de óxido,

hidróxido, hidreto ou sal do próprio metal que se forma sobre a superfície metálica, impedindo o contato direto entre o metal e o meio corrosivo (Porubaix, 1987).

A aeração do meio acarretou um aumento significativo na corrosão. O oxigênio tem ação despolarizante que consiste na remoção do hidrogênio formado no processo e que, ao adsorver sobre a superfície metálica, torna-se uma barreira protetora que reduz a corrosão (Merçon et al., 2011). A agitação do meio não acelerou a corrosão pelo fato de ter sido praticamente insignificante, tal fator apenas removeu o produto de corrosão formado sobre a arruela.

CONCLUSÕES

Com base no que foi apresentado, fica claro a relação do conceito sobre corrosão e as experiências vistas acima, uma vez que, de modo abrangente, a corrosão é observada a partir do processo de deterioração de um material, seja ele metálico ou não, devido a ações químicas ou eletroquímicas, onde isso foi comprovado mais uma vez com a realização de quatro pequenos experimentos, com arruelas em sistemas estáticos e dinâmicos com água e água e sal, em consequência houve a verificação de forma qualitativa e quantitativa relacionadas a perda de massa em cada um dos ensaios apresentados. Além disso, devido as diferentes condições apresentadas em cada um dos sistemas, foi observado o agravamento dos processos corrosivos pertinente a alguns fatores, como o alto nível de salinidade e aeração no sistema. A partir disso, foi possível perceber como esses diferentes ensaios estão relacionados com o nosso cotidiano, principalmente o sistema dinâmico com solução salina a 5%, onde ficou claro que o ambiente mais salino propicia ainda mais essa deterioração, com isso, é possível fazer um comparativo entre as áreas mais próximas e aquelas mais distantes

do mar, onde os aparelhos eletrônicos e móveis que estão mais afastados sofrem um processo de corrosão muito mais lento do que se estivessem próximos ao mar, local onde os íons de cloreto iam agir mais ativamente para corroer os materiais. Assim, fica claro a presença da oxirredução em diferentes meios, sendo importante conhecer esse processo tanto de forma teórica em assuntos de química vistos em sala de aula quanto de forma prática como a partir da execução deste projeto, como consequência, possibilita-se uma maior verificação e controle dos meios envolvidos.

REFERÊNCIAS

- CEBELCOR, 1987 El-Etre, A. Y. J. Inhibition of acid corrosion of carbon steel using aqueous extract of olive leaves. *Journal of Colloid and Interface Science* 2007, 314, 578. [CrossRef] [PubMed]
- FRAUCHES, C.S; ALBUQUERQUE, M. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; ECHEVARRIA, A. A. Corrosão e os Agentes Anticorrosivos *Rev. Virtual Quim.*, 2014,6.
- GENTIL, Vicente. *Corrosão*. 5. ed. Rio de Janeiro: Corrosão. 2007.
- Mainier, F. B. Material do curso *Corrosão e Inibidores*. In: Instituto Brasileiro de Petróleo, Rio de Janeiro, Brasil, 2006. [Link]
- Mainier, F. B.; Sandres, G. C.; Tavares, S. S.M.; 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, Cuzco, Peru, 2007.
- Merçon, F.; Canesso, P. I. G.; Benedito F. M. *Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico*, N° 19, MAIO 2004.
- Moura, E. C. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

Ormellese, M.; Lazzari, L.; Goidanich, S.; Fumagalli, G.; Brenna, A. A study of organic substances as inhibitors for chloride-induced corrosion in concrete. *Corrosion Science* 2009, 51, 2959.

RAMANATHAM, Lalgudi. *Corrosão e seu controle*. São Paulo: Hemus. 1988.

Reis, M. I. P.; da Silva, F. C.; Romeiro, G. A.; Rocha, A. A.; Ferreira, V. F. deposição mineral em superfícies: problemas e oportunidades na indústria do petróleo. *Revista Virtual de Química* 2011, 3, 2.

Videla, H.; Herrera, L. K. *Int. Microbiol.* 2005, 8, 169. [PubMed]