



Experimentação demonstrativa de corrosão como meio de ensino de Eletroquímica no Ensino Médio

Luis H. S. Fonte Jr* (PG, FM), Roberto S. Amado (PQ), Rosa C. D. Peres (PQ).
faithceiro@gmail.com

Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Prédio do Centro de Tecnologia, Bloco A, 6º andar, sala 637, Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, CEP 21941-909.

Palavras-Chave: corrosão, experimentação, gota salina de Evans

Área Temática: LP4 - Novos Materiais.

RESUMO:

Os objetos metálicos estão presentes no dia a dia e a temática corrosão pode ser empregada como recurso no ensino-aprendizagem de Eletroquímica no Ensino Médio. A compreensão deste assunto é importante, entretanto, é difícil de ser ensinado, pois, os conceitos de oxidação/redução e anodo/catodo provocam muita confusão e são fundamentais para o aprendizado de pilhas. Neste trabalho foi desenvolvida uma sequência de experimentos demonstrativos de corrosão em sala de aula, para o ensino dos conceitos de Eletroquímica usando o experimento da gota salina de Evans. Ele é simples, de fácil execução, interdisciplinar e rico de dados e informações que também possibilita trabalhar vários conceitos químicos, proporcionando uma aprendizagem efetiva.

INTRODUÇÃO

A corrosão de metais é uma transformação química da vida cotidiana como resultado da exposição do material ao meio em que ele está inserido. É caracterizado pela destruição total, parcial, estrutural ou superficial do metal a partir de uma reação eletroquímica ou química. Este assunto é vivenciado pelo aluno e pode ser um elo de conexão entre o ensino escolar e o cotidiano a partir dos aspectos sociais, ambientais e econômicos. Considera-se um tema difícil de ser ensinado, pois, muitos conceitos, tais como número de oxidação e carga atômica não estão ainda bem assimilados pelos estudantes.

O ensino de química costuma ser voltado para a memorizações de cálculos, fórmulas e nomes, e tem a sua eficácia questionável, então, atividades experimentais, quando aplicadas em sala de aula com todos os procedimentos de segurança, ou em local específico, torna o aprendizado mais efetivo (GIORDAN, 1999). Aulas expositivas, nas quais demonstrações de experimentos são realizadas antes da apresentação dos aspectos teóricos a serem abordados e desconhecidos pelos alunos, podem auxiliar na construção do conhecimento necessário para compreensão do tema. A partir de problemas reais, o docente pode motivar os jovens na discussão de fenômenos químicos e os contextualizar no seu dia a dia. Também, não se deve esquecer que mesmo uma demonstração não pode ser feita dentro de um vácuo teórico; o planejamento do experimento deve considerar os conceitos que serão debatidos e aprendidos pelos estudantes. O educador, ao utilizar esta metodologia em sua aula, pode discutir de forma detalhada as transformações da matéria, aumentando as possibilidades de percepção destas pelo aluno no seu convívio diário.

Deste modo, novas metodologias devem provocar a reflexão das práticas docentes. É preciso que o educador se torne um catalisador do aprendizado, preparando os discentes para conceitos mais avançados da Química. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma sequência de experimentos demonstrativos para o ensino de conceitos de Eletroquímica usando como tema motivador a corrosão de metais.



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil com uma grande extensão costeira apresenta os problemas ocasionados pela maresia, que provoca a corrosão de materiais metálicos de uma forma elevada pela ação oxidante da água do mar devido à presença de cloretos, gerando um grande impacto econômico. Neste aspecto, Wartha e colaboradores (2007) utilizam essa ideia para a discussão do fenômeno de corrosão em tampas de garrafas usando o experimento da gota salina de Evans. O seu argumento para discussão do fenômeno corrosivo com os estudantes foi desmistificar o senso comum de que o causador da deterioração metálica é o salitre e, também, uma oportunidade de superar as dificuldades do ensino-aprendizagem em Eletroquímica.

O experimento da gota salina de Evans se constitui em um experimento que proporciona uma rica discussão dos fenômenos químicos, de tal forma que, os alunos podem construir e reconstruir o significado de seus conhecimentos. Neste trabalho, empregou-se uma abordagem construtivista de aprendizagem onde o experimento acontece em duas etapas: prévia percepção dos alunos em relação ao fenômeno da corrosão e a verificação do conhecimento adquirido (MATOS *et al*, 2013).

METODOLOGIA

Os experimentos escolhidos envolvem material de baixo custo, de fácil obtenção no comércio e possuem uma cinética rápida, para execução em aulas de dois tempos consecutivos (50 minutos cada tempo), pois os produtos de corrosão podem ser visíveis após algum tempo. O experimento da gota salina de Evans foi escolhido, pois, pode ser também associada ao ambiente marinho das cidades litorâneas brasileiras, caracterizado como corrosão eletroquímica, exatamente o tema a ser discutido com os alunos facilitando a aprendizagem dos conceitos. No entanto, a corrosão de metais também pode ocorrer em um ambiente onde haja chuva ácida; então, decidiu-se também discutir a corrosão em meio ácido, usando-se para isto a corrosão do Ferro em diferentes meios.

Esta sequência de experimentos já havia sido aplicada remotamente na época da pandemia (FONTES JUNIOR, AMADO e PERES, 2022) e, desta vez, pode-se realizar presencialmente no laboratório de uma escola da rede privada da zona norte do Rio de Janeiro em condições controladas e com a possibilidade de uso de alguns reagentes químicos que não poderiam ser comprados pelos discentes. Ao término da aula foi aplicado uma questão no intuito de acompanhar o aprendizado dos discentes durante os experimentos e se são capazes de visualizar as reações e a corrosão em seu cotidiano.

PRIMEIRO EXPERIMENTO

O primeiro experimento empregado foi adaptado de Matos e colaboradores (2013) e Wharta e colaboradores (2007). Foram necessárias as seguintes soluções:

- A) Solução aquosa 3,5% em massa de NaCl;
- B) Solução aquosa 3,5% em massa de NaCl e gotas de fenoftaleína (alcoólica 1%);
- C) Solução aquosa 3,5% em massa de NaCl e gotas de solução 1% em massa de $K_3[Fe(CN)_6]$.

As soluções preparadas foram aplicadas em um conjunto de latas de alimento em conserva levemente lixadas para retirar a camada protetora para a análise específica das transformações que ocorrem no processo de corrosão. Neste experimento, gotas da



solução salina foram vertidas sobre as lata e foram observadas as alterações no transcurso de um tempo de aula, deixadas em repouso. No conjunto A, foram vertidas gotas da solução salina; no conjunto B, gotas da solução salina contendo fenolftaleína e no conjunto C gotas da solução salina contendo ferricianeto de potássio.

SEGUNDO EXPERIMENTO

O segundo experimento foi adaptado de Maia e colaboradores (2015) sendo utilizados os materiais listados abaixo.

- Esponja de aço;
- Ácido muriático comercial (solução aquosa de ácido clorídrico) vendido em lojas de material para construção;
- Bicarbonato de sódio comercial.

Uma esponja de aço foi dividida em três partes com massas aproximadamente iguais. Foram preparadas duas soluções: uma de ácido muriático de pH aproximadamente 2,0 e outra de bicarbonato de sódio pH aproximadamente 11,0. O procedimento consistiu em mergulhar cada um dos pedaços da esponja de aço nas soluções ácida e básica. O terceiro pedaço foi imerso em água. Deixou-se em repouso por pelo menos 24 horas para analisar a mudança de coloração da solução e da esponja.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização de experimentos em sala de aula auxilia a visualização das transformações que ocorrem e desperta o interesse dos estudantes nas áreas de ciências experimentais. As latas de alimentos são feitas a partir do aço, estanho e verniz. A sua produção envolve folhas de aço revestidas com estanho (chamadas de folhas flandres), aplicação de verniz protetor interno, a litografia (impressão externa nas folhas) e os cortes necessários para a finalização da lata. Os efeitos da ação de uma solução aquosa de NaCl na superfície de latas e tampas de garrafa lixadas são mostradas na Figura 1.

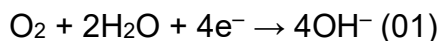


Figura 1: Conjunto de tampas de alimentos para experimentos de corrosão. NaCl 3,5% (esquerda); NaCl 3,5% + fenolftaleína (centro) e NaCl 3,5% + $K_3[Fe(CN)_6]$ (direita). Fonte: acervo pessoal do autor.

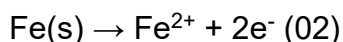
No conjunto A, observa-se apenas o aparecimento de um sólido de cor marrom. Como o principal metal presente na composição da liga metálica é o Ferro, podemos



supor que se trata do óxido de Ferro(III), Fe_2O_3 . No conjunto B, onde foi gotejada a solução contendo NaCl e fenolftaleína, nota-se o aparecimento da cor rosa, nos limites da gota, que se deve à presença de íons hidroxila. Isto se dá a partir da dissolução de oxigênio molecular na solução e que sofre reação de redução conforme representado na equação 01.

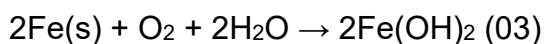


Este resultado indica onde se localiza a região catódica, local onde ocorre a semi-reação de redução, originária do deslocamento de elétrons provenientes da reação de oxidação do Ferro (equação 02).

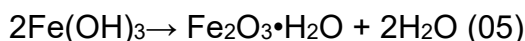
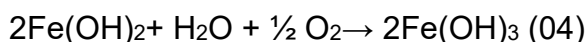


O aparecimento da coloração azulada, conjunto C, deve-se à formação do composto $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ conhecido como Azul da Prússia. Neste composto a coloração é causada pela existência de Fe(II) e Fe(III) e no experimento em questão o íon Fe(II) provem da oxidação do metal (conforme apresentado na equação 02). Isto indica que há também uma região anódica no metal. Além disso, foi observado nos conjuntos B e C que a parte central da lata é a região anódica mesmo em latas diferentes.

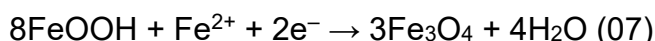
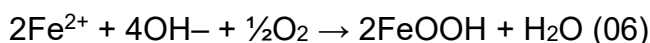
Ao somarmos as equações 01 e 02 se obtém a equação 03:



A cor marrom, conjunto A, pode ser compreendida por uma oxidação do hidróxido de ferro(II), uma vez que os experimentos foram executados na atmosfera ambiente, existindo oxigênio molecular dissolvido na solução levando à formação de óxido de ferro (III) de acordo com as equações 04 e 05.



O processo de formação da ferrugem é mais complexo e supõe-se que seja formada principalmente por oxihidróxi de ferro(III), FeOOH , e Fe_3O_4 , conforme as equações a seguir:



A formação de oxihidróxi de ferro (III), magnetita e óxido de ferro amorfo é citada por Ishikawa e colaboradores (1998). De acordo com o autor, a proporção desses materiais na ferrugem depende das condições da corrosão. Em cidades litorâneas, por exemplo, onde há uma quantidade significativa de íons cloreto em consequência do ambiente marinho, e nos experimentos realizados neste trabalho, foi favorecida a formação de Fe_3O_4 em detrimento da formação de FeOOH .

Em regiões industriais ou populosas, tem-se o efeito da chuva ácida, tornando então interessante discutir com os alunos o efeito do pH na corrosão do Ferro. A chuva ácida ocorre devido à presença de ácido carbônico produzido pela reação entre CO_2 e água (pH inferior a 5,6); no entanto, a presença de poluentes como óxidos de enxofre e de nitrogênio (SO_x e NO_x) presentes na atmosfera devido à poluição formam também um ambiente ácido aumentando a acidez da chuva, o que provoca um aumento na velocidade de oxidação dos metais (MAIA *et al*, 2015).



Em pH ácido, a lâ de aço foi mergulhada em uma solução de ácido muriático e ocorreu a redução dos íons de H^+ (equação 08), como pode ser observado pela formação de bolhas de hidrogênio na solução (Figura 2, esquerda), e a oxidação do ferro, a partir do aparecimento da cor castanho-claro no material (Figura 2, direita).

Já em pH básico, embora se espere a corrosão do ferro e a redução do meio reacional aquoso na presença de oxigênio do ar conforme a equação 01, não foi observada qualquer alteração superficial no material, aparentando que não houve a reação.

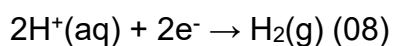


Figura 2: Corrosão da lâ de ferro em pH 2. Fonte: acervo pessoal do autor.

Além disso, foi feita a reação em meio neutro, colocando-se uma lâ de ferro com a mesma massa das anteriores em água destilada. Na figura 3, houve a formação de óxido de ferro após uma hora de imersão.



Figura 3: Corrosão da lâ de Ferro em meio neutro. Fonte: acervo pessoal do autor.

Conforme Maia e colaboradores (2015), o processo de corrosão é mais eficaz em meio ácido, devido à alta concentração de íons H^+ em solução. Assim, o pH interfere diretamente no processo de corrosão do Ferro, pela diminuição da difusão do oxigênio para a superfície metálica. Em pH básico, essa difusão diminui ainda mais, provocando a passivação deste metal em presença de álcalis e oxigênio dissolvido. Com estes experimentos foi possível compreender porque estruturas metálicas tendem a corroer mais em regiões industrializadas e poluídas ou que sofrem o fenômeno da chuva ácida.

No final da aula, uma pergunta foi proposta devido às abordagens feitas nos dois experimentos: Você consegue entender por que a corrosão acontece? Pelas respostas dadas, os alunos compreenderam que se trata de uma transferência de elétrons entre o metal e uma outra espécie.

Resposta A: “Os metais reagem e apresentam tendências a perder elétrons, sofrendo a oxidação, ou seja, a corrosão”.

Resposta B: “Sim, é quando o fluxo de elétrons se desloca de uma área da superfície metálica para outra”.



Resposta C: “Por causa das reações de oxirredução”.

CONCLUSÕES

No ensino de Química é desejado que as discussões contextualizem o tema abordado com o cotidiano. No que diz respeito à Eletroquímica, a corrosão metálica se mostra conveniente e do ponto de vista da experimentação a gota salina de Evans se destaca por ser um experimento simples, com materiais acessíveis, de fácil execução e rico de dados e informações. Em virtude da sua simplicidade, é uma atividade aplicável sob diferentes abordagens. Assim, é um experimento que possibilita trabalhar com vários conceitos químicos proporcionando uma aprendizagem efetiva.

Os experimentos de corrosão propostos podem auxiliar no aprendizado dos conceitos eletroquímicos, a partir do diálogo professor-aluno a respeito das transformações ocorridas nos metais e relacionando-as com os fenômenos de oxidação, redução, transferência de elétrons, catodo, anodo e pilha observadas também no dia a dia.

REFERÊNCIAS

FONTES JUNIOR, L.H.S.; AMADO, R.S.; PERES, R.C.D.; Ensino de eletroquímica com experimentos de corrosão como tema gerador em modalidade remota. 2º SIMPROFQUI 2022, UFAL, Alagoas.

GIORDAN, M.; O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. Química Nova na Escola, n. 10, p. 43-49, 1999.

ISHIKAWA, T.; KONDO, Y.; YASUKAWA, A.; KANDORI, K.; Formation of Magnetite in the presence of ricoxyhydroxides; Corrosion Science, v.40, n.7, p. 1239-1252, 1998.

MAIA, D.J.; SEGRE, N.; SCATIGNO, A.C.; STELLA, M.B. Experimento sobre a influência do pH na Corrosão do Ferro. Química Nova na Escola v. 37 N° 1 p 71-75, 2015.

MATOS, L.A.C.; TAKATA, M.H.; BANCZEK, E.P. A Gota Salina de Evans: Um Experimento Investigativo, Construtivo e Interdisciplinar. Química Nova na Escola, v. 35 n.4, p. 237-242, 2013.

WARTHA, E. J., REIS, M.S., SILVEIRA, M.P., GUZZI FILHO, N. J., JESUS, R.M.; A Maresia no Ensino de Química. Química Nova, v. 26, p. 17-20 2007.