


Prática de corrosão: Utilização de recursos prático-laboratoriais para a quebra de paradigmas em química e corrosão

Corrosion Practice: Use of practical-laboratorial resources to break paradigms in chemistry and corrosion

 <https://doi.org/10.56238/sevedi76016v22023-085>

Ricardo Luiz Perez Teixeira

Eng. Químico, Professor em materiais metálicos, Pesquisador, Dr. em Ciências, Engenharia Metalúrgica e de Materiais, IEI -Universidade Federal de Itajubá, Rua Irmã Ivone Drumond, 200, sala 405, Distrito Industrial II, Itabira, MG, Brasil, CEP: 35903-087, Tel: +55 031 31 38390851/83543993, e-mail: ricardo.luiz@unifei.edu.br / rteixeira@hotmail.com

Priscilla Chantal Duarte Silva

Habilitação em Letras, Professor em ensino, Pesquisador, Dr. em Linguística e Língua Portuguesa, ICPA - Universidade Federal de Itajubá, Rua Irmã Ivone Drumond, 200, sala 432, Distrito Industrial II, Itabira, MG, Brasil, CEP: 35903-087, Tel: +55 031 31 38390848, e-mail: priscillachantal@unifei.edu.br

RESUMO

A corrosão é um mal que afeta principalmente os materiais metálicos. Para se prevenir a corrosão preciso que se forme mão de obra preparada para investigar e lidar com os problemas relacionados a este tipo de dano. No ensino de corrosão para o ensino superior nas engenharias metalúrgicas e de materiais, observa-se alguns paradigmas a serem superados na apropriação e desenvolvimento do conhecimento por parte do aluno. A disciplina de Corrosão predispõe o conhecimento anterior de disciplinas na área de Química e Físico-química que abordam reações em químicas de oxirredução e de eletroquímica, bem como a identificação dos eletrodos quanto a essas reações e os meios químicos que a promovem. Ademais, a disciplina de Corrosão prescinde de certo conhecimento químico prático-laboratorial a priori. As bases epistemológicas de uma ciência em corrosão, assim transmitida, dificilmente são discutidas e, com isso, acabam fortalecendo e ajudando a prevalecer as crenças tácitas de disciplina de difícil entendimento por parte dos alunos. Esse fato ou pré-conceito fomenta buscas pelo docente de uma abordagem de corrosão mais atrativa para o graduando em Engenharia, uma abordagem coerente com o currículo

para engenharia e que concilie o que é ciência na corrosão, como ela é produzida na comunidade científica e recriada na forma pedagógica. O objetivo do presente estudo é apresentar um trabalho no qual se tenta superar o paradigma da dificuldade em aprender corrosão e seus mecanismos químicos. Propõe-se, então, uma abordagem construtiva investigativa na construção conhecimento através da prática de corrosão.

Palavras Chaves: Ensino de química, estudo de casos, construtivismo, experimento, corrosão.

ABSTRACT

Corrosion is an evil that mainly affects metallic materials. To prevent corrosion it is necessary to train a workforce prepared to investigate and deal with the problems related to this type of damage. In the teaching of corrosion for higher education in metallurgical and materials engineering, there are some paradigms to be overcome in the appropriation and development of knowledge by the student. The Corrosion subject predisposes the previous knowledge of Chemistry and Physical Chemistry subjects that deal with chemical reactions of oxireduction and electrochemistry, as well as the identification of electrodes regarding these reactions and the chemical means that promote them. Furthermore, the subject of Corrosion requires some a priori practical-laboratorial chemical knowledge. The epistemological bases of a corrosion science, thus transmitted, are hardly ever discussed, and thus end up strengthening and helping to prevail the tacit beliefs of a discipline difficult for students to understand. This fact or preconception fosters searches by the teacher for an approach to corrosion that is more attractive to the Engineering undergraduate, an approach that is coherent with the curriculum for engineering and that reconciles what science is in corrosion, how it is produced in the scientific community, and recreated in the pedagogical form. The objective of the present study is to present a work in which an attempt is made to overcome the

paradigm of the difficulty in learning corrosion and its chemical mechanisms. It proposes, then, a constructive investigative approach in the construction of knowledge through the practice of corrosion.

Keywords: Teaching chemistry, case study, constructivism, experiment, corrosion.

1 INTRODUÇÃO

A corrosão é um problema que afeta o mundo causando danos e até a perda de máquinas, equipamentos e instalações. Na corrosão pode ocorrer a perda de massa, diminuição de seções, e em casos extremos a perda de estrutura de máquinas, equipamentos e instalações. Estima-se que a perda anual por corrosão seja muito elevada, da ordem de 3% do produto interno bruto dos países. As perdas causadas pela corrosão podem ser minimizadas por meio de técnicas como é o caso da pintura, uso de agentes passivadores, proteção anódica etc. (TEIXEIRA; SHITSUKA; SILVA, 2016; UHLIG, 2011; GENTIL, 2011).

As concepções epistemológicas dos professores de Química e, especificamente neste estudo, dos que lecionam em Corrosão, são majoritariamente de natureza positivista, oriundas da formação histórica em ciências exatas, e elas são determinantes para o uso comum dos modelos pedagógicos que o professor de corrosão utiliza em sala de aula. Como teoria lecionada, na disciplina de Corrosão, o conhecimento científico é entendido como ciência objetiva, verdadeira em termos absolutos, não ideológica por excelência, sem influência da subjetividade e, fundamentalmente, descoberta e provada experimentalmente, por subsídios de observação e experimentação (MARQUES *et al.*, 2020; TEIXEIRA *et al.*, 2018; LEAL *et al.*, 2015).

Os modelos positivistas habituais têm dificultado a aprendizagem dos estudantes, necessitando de algum suporte no processo cognitivo, pois os estudantes universitários do curso de corrosão apresentam esse déficit cognitivo para compreender e propor modelos explicativos sem a vivência de como se processa a corrosão *in loco*. A prática de corrosão visa a suprir a demanda dos alunos e, assim, estimular apropriação de conhecimento sobre corrosão nos níveis: fenomenológico, teórico e representacional. Tal conhecimento, em termos fenomenológicos, corresponde às observações tácitas confirmadas pelos alunos; o nível teórico se refere às interpretações que ocorrem nos fenômenos observáveis; por fim, o nível representacional diz respeito à linguagem química e de engenharia utilizada para explicar esses fenômenos (símbolos, equações e fórmulas). Dessa forma, o experimento prático tem uma função pedagógica e deve ser tratado como tal (TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2017). Nesse sentido, ressalta-se a importância do conhecimento teórico anterior para que haja uma discussão prévia relacionada aos conceitos envolvidos, contribuindo, assim, para que haja a associação entre teoria e prática (TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2019). O professor, na aula prática, promove não apenas à experimentação, mas também o diálogo, com os argumentos dos alunos enriquecendo tanto a teoria quanto a prática, transcendendo o próprio experimento (MATOS *et al.*, 2013; MORI *et al.*, 2014; SILVA, 2014; MORAIS, 2014; VASCONCELOS *et al.*, 2013).

Em termos de relevância teórica do conhecimento trabalhado na disciplina Corrosão, sabe-se que a maioria dos materiais sólidos apresenta algum tipo de interação com muitos ambientes de natureza química e física diferentes, e um dos produtos possíveis desta interação é a deterioração espontânea por corrosão. Com frequência, a deterioração do material por um meio agressivo externo compromete a sua utilidade ou função original. Como consequência dessa deterioração, tem-se: a perda das propriedades mecânicas, físicas ou de sua aparência original, dentre outras. Os mecanismos de deterioração são diferentes para os três principais tipos de materiais (metais, cerâmicos e polímeros) (UHLIG, 2011; GENTIL, 2011).

Nos metais, tem-se passível no metal em corrosão uma efetiva perda de material metálico, seja por dissolução do metal oxidado no meio externo (corrosão) ou pela formação de uma incrustação ou filme não metálico com características diversas do material metálico. Os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como por exemplo nas indústrias: química, petrolífera, petroquímica, naval, de construção civil, automobilística, nos meios de transportes aéreo, ferroviário, metroviário, marítimo, rodoviário e nos meios de comunicação, como também em sistemas de telecomunicações, na odontologia (restauração metálicas, aparelhos de prótese), na medicina (ortopedia) e em obras de arte como monumentos e esculturas. (MARQUES *et al.*, 2020; UHLIG, 2011; GENTIL, 2011)

A ausência de controle e monitoramento do processo de corrosão nos diversos metais existentes pode acarretar custo diretos e indiretos com impacto em toda sociedade, como a interrupção de fornecimento de energia devido a deterioração dos materiais metálicos de transmissão de energia, bem como a explosão mortal numa indústria pelo vazamento de material combustível de um tanque metálico em meio comburente industrial (GENTIL, 2011; TRESEDER, 1980; JAVAHERDASHTI *et al.*, 2013).

Em termos de definições, tem-se que a corrosão, especificamente, é um processo físico-químico, no qual a interferência do meio agressivo externo sobre a superfície do material metálico resulta na deterioração deste, compromete sua função e sua estrutura, e liberação de certa energia característica da reação corrosiva. Esse processo é espontâneo e ocorre devido à diferença de potencial eletroquímico entre a superfície do metal e o meio externo agressivo ocorrendo certa formação de uma camada oxidada do metal na superfície ou a sua formação e dissolução, em seus íons e complexos, no meio agressivo externo. A cinética de corrosão pode ser afetada pela elevação da temperatura, pois esta elevação de temperatura catalisa as reações ligadas à corrosão (MERÇON *et al.*, 2004; GENTIL, 2003).

Para demonstração do fenômeno corrosivo em aula prática, faz-se a adaptação dos trabalhos de Matos (MATOS, 2013) para a disciplina de corrosão. Desse modo, na aula prática, seleciona-se amostras de aço carbono (por exemplo o AISI 1040) e de aço inoxidável (tal como o AISI 304) para imersão em quatro diferentes meios químicos (duas soluções ácidas diferentes, uma solução alcalina e uma outra solução salina) durante determinado período de um semestre letivo, cada aço e solução em contato separadamente, com o objetivo de se estimar as perdas por corrosão ao longo do tempo em termos de massa e de espessura originais.

Os objetivos complementares dessa prática são: além do aluno determinar experimentalmente a taxa de corrosão (em massa e em espessura) das amostras submetidas a diferentes soluções, interpretar e analisar os resultados oriundos do fenômeno de corrosão em diferentes meios químicos. Por fim, no relatório prático-laboratorial, tem-se a construção do conhecimento construtivo investigativo, aliado aos resultados da avaliação qualitativa e quantitativa da taxa de corrosão coerente com a literatura (UHLIG, 2011; GENTIL, 2011; NACE RP 0775, 2005; MERÇON *et al.*, 2004).

2 MATERIAIS

2.1 EQUIPAMENTOS E VIDRARIA

Para esse trabalho prático utilizaram-se:

- 04 amostras de aço 1040;
- 04 amostras de aço inoxidável 304;
- 01 voltímetro digital;
- 01 balança de precisão;
- 01 paquímetro;
- 04 béqueres de 50 ml;
- 02 béqueres de 100 ml;
- Conjunto de lixas # 100, 200, 400 e 600;
- 01 estufa ou dessecador;
- 01 garrafa lavadeira (pisseta);
- 01 detergente neutro (200 ml).

2.2 REAGENTES E SOLUÇÕES

- 500 ml água deionizada;
- 1 litro de ácido sulfúrico 5 % massa/volume;
- 1 litro de ácido clorídrico 5 % massa/volume;
- 1 litro de hidróxido de sódio 5 % massa/volume;
- 1 litro de cloreto de sódio 5 % massa/volume.

3 METODOLOGIA

Essa metodologia pode ser aplicada em turmas do ensino superior e para ensino técnico médio como forma de contribuição à aprendizagem ativa dos graduandos em Engenharia e demais alunos de curso técnico secundário (TEIXEIRA *et al.*, 2020; TEIXEIRA; SILVA; BRITO, 2019).

Para esse trabalho prático utiliza-se quatro amostras metálicas de aço AISI 1040 (1040) e quatro amostras de aço inoxidável AISI 304 (304). Os materiais metálicos de aço foram escolhidos para o estudo

de corrosão, pois são largamente utilizados nas diversas áreas produtivas humanas, seja como parte de um bem de consumo ou de bens de produção, na forma de peças específicas ou na carcaça que reveste um sistema produtivo (MATOS *et al.*, 2013, GENTIL, 2011).

O material metálico de aço 1040 e de aço inoxidável 304 é, então, lixado com lixa de água de SiC da granulometria de #80 até a granulometria mais fina de #600. Pressupõe-se a limpeza em água corrente limpa e a rotação da amostra em 90° a cada mudança de lixa. A mudança de lixa se realiza quando a superfície adquire uma tonalidade única a olho nu. O processo de lixamento é necessário para a remoção de óxidos superficiais e de impurezas aderidas à superfície, deixando o material exposto para que ocorram as reações de interesse à corrosão.

Como meios eletrolíticos, recomenda-se as soluções aquosas 5% m/v de NaCl, 5% m/v de HCl, 5% m/v de H₂SO₄ e 5% m/v de NaOH. Essas concentrações simulam a condições diferenciadas de meios a que a peça metálica pode ser submetida na natureza, respectivamente meio salino, meio ácido propício a corrosão puntiforme, meio ácido propício a corrosão alveolar e meio alcalino.

Após a realização do procedimento experimental, utiliza-se os conhecimentos teóricos pelas equações de oxirredução, de Faraday, as curvas de polarização, os diagramas de Pourbaix e a equação de taxa de penetração de corrosão para cada meio e condições termodinâmicas como embasamento da discussão dos resultados obtidos de corrosão metálica para cada meio e amostra metálica (aço carbono e aço inoxidável). A conclusão presente no relatório prático objetiva destacar as principais explicações sucintas a respeito do fenômeno corrosivo verificado nos diferentes tipos de metais (1040 E 304) e meios corrosivos (salino, ácido e alcalino), mas também para se verificar quais conceitos os alunos já se apropriaram por investigação de maneira mais efetiva do conhecimento sobre o fenômeno de corrosão.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem investigativa nesta prática de corrosão visa fomentar no graduando em Engenharia na busca de explicações dos fenômenos que se sucedem no laboratório prático com os fenômenos esperados para este, com certo embasamento em literatura acadêmica, que possam trazer esclarecimentos aos resultados obtidos de corrosão. Para isso, o docente é chamado a instigar os alunos a lançar hipóteses explicativas para as diversas condições corrosivas experimentais, hipóteses estas que possam esclarecer os fenômenos observados e registrados em resultados no relatório.

Aliado a visão investigativa fomentada por esta prática de corrosão, tem-se a construção do conhecimento durante o período da prática ao relatório. Levando-se em consideração as ideias construtivistas, verificando e atuando nas concepções prévias dos existentes pelo uso da observação e o registro dos fenômenos corrosivos que acontecem em situações diferentes de corrosão, o graduando toma posse do conhecimento e vence o paradigma da impossibilidade de entendimento do fenômeno de corrosão.

Nesta etapa, o docente é importante para destacar e esclarecer os fenômenos observados e registrados que colaborem na explicação e na compreensão máxima do fenômeno corrosivo apresentado.

O relatório prático de corrosão é o instrumento que se propõem a utilizar para a verificação se a aprendizagem acontece de forma adequada. O relatório de prática possibilita, assim, ao docente avaliar como foi contextualização pelo aluno a teoria de corrosão na aula prática e como aluno compreende os conceitos envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA SILVA, Flávia Cristiane Vieira; CAMPOS, Angela Fernandes; DE ALMEIDA, Maria Angela Vasconcelos. O TRABALHO COM SITUAÇÃO-PROBLEMA UTILIZANDO ELEMENTOS DO ENSINO POR PESQUISA: ANÁLISE DAS IMPRESSÕES DE FUTUROS PROFESSORES DE QUÍMICA. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 5, n. 1, p. 37-48, 2014.

DE MORAIS, Robson Oliveira et al. REFLEXÃO SOBRE A PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL ATRAVÉS DO PANORAMA DA LINHA DE PESQUISA: LINGUAGEM E FORMAÇÃO DE CONCEITOS. *HOLOS*, v. 4, p. 473-491, 2014.

DE VASCONCELOS, Flávia Cristina Gomes Catunda; ARROIO, Agnaldo. EXPLORANDO AS PERCEPÇÕES DE PROFESSORES EM SERVIÇO SOBRE AS VISUALIZAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA. *Quim. Nova*, v. 36, n. 8, p. 1242-1247, 2013.

GENTIL, Vicente. *Corrosão*. 4ªed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 6ª ed., 2011.

JAVAHERDASHTI, Reza; NWAHOA, Chikezie; TAN, Henry (Ed.). *Corrosion and materials in the oil and gas industries*. CRC Press, 2013.

LEAL, M. B.; CARRILO, R. M. ; BRITO, R. F. ; LACERDA, J. C. ; Teixeira, Ricardo Luiz Perez . MODELAGEM E MAPEAMENTO TERMO-FLUIDODINÂMICO PARA O MONITORAMENTO E CONTROLE DA CORROSÃO EM ESCAPAMENTOS AUTOMOTIVOS POR SENSORES ÓPTICOS EM REDE. In: *ABM Week, 70º Congresso Anual ABM - Internacional, 15º ENEMET, Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2015, Rio de Janeiro. Anais ABM Week 2015. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2015. v. 1. p. 1-8.*

MATOS, Larissa Aparecida Corrêa, TAKATA, Neide Hiroko, BANCZEK, Everson do Prado. PARA A EDUCAÇÃO, Nas Diretrizes Curriculares. A Gota Salina de Evans: Um Experimento Investigativo, Construtivo e Interdisciplinar. *QUÍMICA NOVA NA ESCOLA*, vol. 35, 2013.

MARQUES, Allan Victor Mathias *et al.* Avaliação do efeito de deformação plástica na dureza, microestrutura e propriedades magnéticas de um aço inoxidável AISI 316L. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 25, 2020.

MERÇON, Fábio; GUIMARÃES, Pedro Ivo Canesso; MAINIER, Fernando Benedito. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. *Química nova na escola*, v. 1, n. 19, p. 11-14, 2004.

MORI, Rafael Cava; DA SILVA CURVELO, Antonio Aprigio. O QUE SABEMOS SOBRE OS PRIMEIROS LIVROS DIDÁTICOS BRASILEIROS PARA O ENSINO DE QUÍMICA. *Quim. Nova*, v. 37, n. 5, p. 919-926, 2014.

NACE RP 0775 – “Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operation” – NACE International: Standard Recommended Practice, 2005.

TRESEDER, R. S. *NACE corrosion engineer's reference book*. 1980.

TEIXEIRA, Ricardo Luiz Perez; TEIXEIRA, Cynthia Helena Soares Bouças. Um modelo de Construção do conhecimento através da prática investigativa de corrosão. *Research, Society and Development*, v. 4, n. 1, p. 38-44, 2017.

TEIXEIRA, R. L. P.; DE LACERDA, J.C.; RENZETTI, R. A.; SOARES, L. R.; ANDRE, A. L. . ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA CARGA DE TRAÇÃO APLICADA NA CORROSÃO SOB TENSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS31803. In: *23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos*

Materiais, 23º CBECiMat, 2018, Foz do Iguaçu, PR. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. São Paulo, SP: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN, 2018. v. 1. p. 170-170.

TEIXEIRA, R. L. P.; SHITSUKA, R.; SILVA., P. C. D. Estudo de caso: Utilização de metodologias ativas em práticas de ciência da corrosão. In: *XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), 2016, Natal, RN. Anais do XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2016). Brasília: ABENGE, 2016. v. 1. p. 1-11.*

TEIXEIRA, R. L. P.; DE LACERDA, J.C. ; RENZETTI, R. A. ; SOARES, L. R. ; ANDRE, A. L. . ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA CARGA DE TRAÇÃO APLICADA NA CORROSÃO SOB TENSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNSS31803. In: *23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 23º CBECiMat, 2018, Foz do Iguaçu, PR. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. São Paulo, SP: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN, 2018. v. 1. p. 170-170.*

TEIXEIRA, Ricardo Luiz Perez; TEIXEIRA, Cynthia Helena Soares Bouças; SILVA, Priscilla Chantal Duarte. Utilização da sala de aula invertida em cursos de graduação em engenharia. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 10, p. 19061-19072, 2019.

TEIXEIRA, Ricardo Luiz Perez; SILVA, Priscilla Chantal Duarte; DE ARAÚJO BRITO, Max Leandro. Aplicabilidade de metodologias ativas de aprendizagem baseada em problemas em cursos de graduação em engenharia. *Humanidades & Inovação*, v. 6, n. 8, p. 138-147, 2019.

TEIXEIRA, Ricardo Luiz Perez *et al.* Project based learning in engineering education in close collaboration with industry. In: *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, 2020. p. 1945-1953.

UHLIG, Herbert Henry. *Uhlig's corrosion handbook*. John Wiley & Sons, 2011.