

**Ensino-aprendizagem de cinética e eletroquímica com uso de atividades experimentais:
estudo de caso no ensino superior**

**Kinetic and electrochemistry teaching-learning using experimental activities: case study
in higher education**

**Enseñanza-aprendizaje cinético y electroquímico mediante actividades experimentales:
estudio de caso en la educación superior**

Recebido: 31/10/2019 | Revisado: 01/11/2019 | Aceito: 05/11/2019 | Publicado: 07/11/2019

Jussara Aparecida de Oliveira Cotta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6914-1176>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: japcotta@hotmail.com

Bruno Motta Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9396-8250>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: bruno.mottagones@gmail.com

Felipe Leone de Souza Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4145-5469>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: felipe_leone@live.com

Gabriel Cooper Neves Figueireido

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6650-0695>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: g.gabrielcooper@gmail.com

Geicilaine Krisdele Ferreira de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0448-0596>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: geicysouzaa@gmail.com

Ícaro Liberto Linhares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1844-5847>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: icaroliberto@gmail.com

Jordana Duarte Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5099-0864>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: Jordanadgomes2@gmail.com

José Mateus Bicalho dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6965-1774>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: josemateusbicalho1@gmail.com

Luana Aparecida Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5276-0157>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: luna.gomes2010@gmail.com

Nayara Hudson do Carmo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9139-4409>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: naycarmo02@gmail.com

Paloma Ellen Soares de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8969-5109>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: paloma_ellen23@hotmail.com

Pedro Henrique Frade dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4614-9946>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: pedrohenriquefds@hotmail.com

Rafaela Pichener de Castro Carneiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8396-5630>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: rafaelapichener@gmail.com

Rafael Queiroz Quaresma de Figueiredo Torres

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1778-0256>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: rafaelqueiroz@hotmail.com.br

Resumo

O ensino de química gera entre estudantes uma sensação de desconforto em função das dificuldades existentes no processo ensino-aprendizagem e em muitas vezes os docentes não estão preparados para atuar de forma interdisciplinar. Diante das dificuldades, faz-se necessário a busca por metodologias de ensino que abordem o assunto de maneira contextualizada e que atraiam a atenção dos discentes. Nesta vertente, a autora buscou desenvolver uma proposta de ensino contextualizada, por meio de experimento prático, que viesse a abordar os temas corrosão e cinética, com o intuito de desenvolver nos discente o pensamento crítico. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo apresentar uma metodologia de “Estudo de Caso” por meio de observação experimental da corrosão de grampo tipo “U” galvanizado e não galvanizado em diferentes soluções eletrolíticas e assim encontrar a ordem da reação de corrosão pelas leis de integração de velocidade. A pesquisa seria de natureza quali-quantitativa, pois mostra a contribuição das observações experimentais para o processo de ensino-aprendizagem ao abordar os conteúdos de cinética e corrosão, além de encontrar a taxa de corrosão e a ordem da reação. Os discentes evidenciaram que o tipo de eletrólito influencia na velocidade de corrosão. Os grampos não galvanizados estão mais suscetíveis à corrosão quando se utiliza solução de NaOH. A solução do NaCl é relativamente fraca para se corroer o grampo, e em um meio aquoso ácido, a taxa de corrosão do grampo se mostra superior. A corrosão do grampo em diferentes soluções eletrolítica segue como uma reação de ordem zero.

Palavras chave: grampo de aço tipo “U”; soluções eletrolíticas; corrosão.

Abstract

The teaching of chemistry generates among students a feeling of discomfort due to the difficulties existing in the teaching-learning process and often the teachers are not prepared to act in an interdisciplinary way. Given the difficulties, it is necessary to search for teaching methodologies that approach the subject in a contextualized way and attract the attention of students. In this regard, the author sought to develop a contextualized teaching proposal, through practical experiment, that would address the themes of corrosion and kinetics, with the aim of developing critical thinking in students. In this context, the present work aimed to present a “Case Study” methodology through experimental observation of corrosion of galvanized and non-galvanized steel clamp in different electrolytic solutions and thus find the order of corrosion reaction by speed integration laws. The research would be qualitative and

quantitative, as it shows the contribution of experimental observations to the teaching-learning process by addressing the kinetics and corrosion contents, as well as finding the corrosion rate and reaction order. Students showed that the type of electrolyte influences the corrosion velocity. Non-galvanized clamps are more susceptible to corrosion when using NaOH solution. The NaCl solution is relatively weak to corrode the clamp, and in an acidic aqueous medium the clamp corrosion rate is higher. Corrosion of the clamp in different electrolyte solutions follows as a zero order reaction.

Keywords: U-type steel clamp; electrolyte solutions; corrosion.

Resumen

La enseñanza de la química genera entre los estudiantes una sensación de incomodidad debido a las dificultades existentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, a menudo, los maestros no están preparados para actuar de manera interdisciplinaria. Dadas las dificultades, es necesario buscar metodologías de enseñanza que aborden el tema de manera contextualizada y atraigan la atención de los estudiantes. En este sentido, el autor buscó desarrollar una propuesta de enseñanza contextualizada, a través de experimentos prácticos, que abordara los temas de corrosión y cinética, con el objetivo de desarrollar el pensamiento crítico en los estudiantes. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo presentar una metodología de "Estudio de caso" a través de la observación experimental de corrosión de abrazadera de acero "U" galvanizada y no galvanizada en diferentes soluciones electrolíticas y así encontrar el orden de reacción a la corrosión por las leyes de integración de velocidad. La investigación sería cualitativa y cuantitativa, ya que muestra la contribución de las observaciones experimentales al proceso de enseñanza-aprendizaje al abordar la cinética y el contenido de corrosión, así como encontrar la velocidad de corrosión y el orden de reacción. Los estudiantes mostraron que el tipo de electrolito influye en la velocidad de corrosión. Las abrazaderas no galvanizadas son más susceptibles a la corrosión cuando se usa una solución de NaOH. La solución de NaCl es relativamente débil para corroer la abrazadera, y en un medio acuoso ácido la velocidad de corrosión de la abrazadera es más alta. La corrosión de la pinza en diferentes soluciones electrolíticas se produce como una reacción de orden cero.

Palabras clave: Abrazadera de acero tipo U; soluciones electrolíticas; corrosión.

1. Introdução

O ensino de química, igualmente ao que acontece em outras Ciências Exatas, ainda tem gerado entre os estudantes uma sensação de desconforto em função das dificuldades existentes no processo de aprendizagem. Comumente, tal ensino segue ainda de maneira tradicional, de forma descontextualizada e não interdisciplinar, gerando nos discentes um grande desinteresse pela matéria, bem como dificuldades de aprender e de relacionar o conteúdo estudado ao cotidiano, mesmo à química estando presente na realidade (Guimarães, 2009). Nas práticas de ensino tradicionais prevalecem à ideia de ensino baseado meramente na transmissão e recepção dos conteúdos, não possibilitam ao aluno aprender e, ainda, ocasionam a construção e manutenção de concepções inadequadas sobre os conteúdos estudados (Behrens, 2013). Contrariamente ao modelo tradicional de ensino, defende-se que a aprendizagem de Química deve possibilitar aos discentes a compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada, para que estes possam julgá-la com fundamentos teórico-práticos. No entanto, nem sempre o professor está preparado para atuar de forma interdisciplinar, relacionando o conteúdo com a realidade dos discentes.

O estudo de eletroquímica e cinética química é visto como de difícil aprendizagem e ensino (Silva Júnior, Freire & Silva, 2011), segundo Sanjuan, Santos, Maia, Silva & Wartha (2009) este “é um conteúdo considerado de difícil compreensão por parte dos discentes, tendo sido apontadas dificuldades conceituais”. Muitos discentes apresentam enormes dificuldades nestes assuntos, já que muitas vezes este é pouco abordado, e esta deficiência os acompanha até os limites da graduação.

Dentro dos conteúdos trabalhados em eletroquímica destacamos o universo de conceitos que envolvem os processos corrosivos, tais como, oxirredução, reações, equilíbrio químico, dentre outros. A dificuldade de aprendizagem dos estudantes perante o tema corrosão e a importância e presença deste no cotidiano dos estudantes foi um aspecto motivador deste trabalho, uma vez que o uso de atividades contextualizadas com a realidade do estudante vem a contribuir não apenas para formação intelectual, mas também para formação cidadã dos mesmos (Merçon, Guimarães & Mainier, 2011). A corrosão está presente no cotidiano das pessoas, seja na indústria, em um eletrodoméstico que apresenta defeito, em um corrimão que sofreu a ação do tempo ou em estátuas expostas pela cidade,

como afirma Merçon et al (2011) que também apontam este como um assunto que pode ser trabalhado de maneira contextualizada.

Diante de tantas dificuldades, faz-se necessário a busca por metodologias de ensino que abordem o assunto de maneira contextualizada e que atraiam a atenção do discente. Silva (2007) acredita que uma forma de auxiliar os estudantes a compreender os conteúdos químicos de forma que estes venham a se apropriar do conhecimento ao ponto de utilizá-los em seu cotidiano e auxiliem no processo de tomada de decisões é o ensino contextualizado. Nesta vertente, a autora buscou desenvolver uma proposta de ensino contextualizada, por meio de experimento prático, que viesse a abordar o tema corrosão e cinética da reação, com o intuito de desenvolver nos discente o pensamento crítico e a tomada de decisão. Neste contexto, traz-se o “Estudo de Caso” como uma alternativa de ensino que pode apresentar vantagens expressivas no processo de ensino-aprendizagem, além de, ser algo ainda pouco explorado no universo do estudo de corrosão e cinética química para discentes de graduação. Sá, Francisco, Queiroz & Sá (2007) alegam que a busca por novas metodologias para o ensino superior vem sido muito requisitadas e apresentam o “Estudo de Casos” como metodologia “na promoção de um ensino que vise o desenvolvimento de conteúdos não somente informativos, mas também formativos nos cursos de graduação”.

O presente trabalho teve como objetivo apresentar a metodologia de “Estudo de Caso” por meio de observação experimental da corrosão de grampo de aço tipo “U” galvanizado e não galvanizado em diferentes soluções eletrolíticas e assim encontrar a ordem da reação de corrosão pelas leis de integração de velocidade. Além disso, trabalhar o tema corrosão de um modo prático, contemplando dentro do conteúdo eletroquímica; os termos redução, oxidação, corrente elétrica e migração de íons; e dentro do conteúdo de cinética química, os termos ordem de uma reação, fatores que influenciam a velocidade de uma reação, como a concentração.

Ao analisar o setor metalúrgico depara-se com a produção de grampos, que são constituídos de material aço e utilizados para trabalhos manuais, eles aumentam ainda mais a eficiência, qualidade, resistência e durabilidade dos cercamentos em geral. Os grampos de aço podem ser destinados para utilização de fixações em geral, ou seja, marcenaria, uso doméstico e rural. São classificados como galvanizados e não galvanizados, ambos feitos de carbono e ferro, sendo o primeiro revestido por uma camada bem fina de zinco. Porém um fenômeno desagradável que acontece com os materiais constituídos de aço-carbono é a corrosão, e isso ocorre devido a sua exposição à fatores externos.

No cotidiano, os grampos sofrem corrosão naturalmente quando expostos a umidade, principalmente com a água, em que há a formação do processo de pilha. Como os potenciais padrões de redução do ferro são menores que os do oxigênio, haverá a transferência de elétrons do ferro anódico para o oxigênio catódico, favorecendo a formação da ferrugem.

Corrosão é um processo de degradação de um material pela ação do meio. Neste processo, ocorre uma troca de elétrons entre um elemento químico do material e um do meio (Silva, Pereira, Codaro & Acciari, 2015). Esse movimento de elétrons é devido à diferença de potencial, de natureza eletroquímica, que se estabelece entre as regiões. Por exemplo, a perda de elétrons de uma tubulação de aço para um registro de latão, (Cobre + Zinco) pode progredir até a perfuração do tubo de aço. A transferência de carga pode ser um processo catódico no qual uma espécie é reduzida pela transferência de elétrons para o eletrodo, ou um processo anódico, em que uma espécie é oxidada pela remoção de elétrons do eletrodo. A oxirredução pode ser classificada segundo o meio em que ocorre e segundo sua morfologia. Segundo meio, pode-se ter a corrosão química e eletroquímica; segundo a morfologia, tem-se corrosão uniforme, corrosão placas, corrosão alveolar, corrosão puntiforme (pite), corrosão em frestas, corrosão filiforme, e corrosão por esfoliação. A corrosão química ou seca ocorre quando há contato direto entre o material e o agente corrosivo, sem presença de eletrólito (solução aquosa) e sem formação de corrente elétrica, por exemplo, formação da ferrugem pela reação entre ferro metálico e oxigênio do ar, com produção de óxido de ferro; e a eletroquímica ou úmida ocorre na presença de eletrólito (solução aquosa) e envolve a formação de corrente elétrica. O ambiente oral, por ser úmido, sujeito a variações de temperatura e pH, é altamente propício para a corrosão eletroquímica, e representa um desafio para a longa duração de restaurações metálicas

A maioria dos metais e ligas metálicas corrói por estarem em um estado relativamente mais reativo do que aquele no qual são encontrados na natureza. Normalmente, elementos metálicos são encontrados na natureza na sua forma oxidada. As formas oxidadas dos elementos metálicos possuem baixo nível de energia interna, o que lhes confere baixa reatividade e alta resistência à corrosão. Os metais puros são extraídos dos compostos minerais por processos metalúrgicos que fornecem energia para o sistema. Comparado ao óxido de ferro, o ferro metálico (Fe^0) possui um maior nível de energia interna e, por isto, é altamente reativo e tende a reagir com o oxigênio do ar para formar ferrugem. Portanto, os metais na sua forma metálica são pouco estáveis e tendem a oxidar para retornarem à sua forma de menor nível de energia, como são encontrados na natureza. Os metais são caracterizados por possuírem dois tipos de deterioração, um por perda de material, conhecida

por corrosão, ou pela oxidação, que é a incrustação (aumento de massa) de materiais não-metálicos, os óxidos (Callister Jr, 2008).

A fim de minimizar os danos causados pela corrosão do material, alguns métodos preventivos são adotados, sendo os revestimentos metálicos comumente empregados para a proteção do aço. Um exemplo de metal utilizado para essa finalidade é o zinco e o aço revestido com o zinco é chamado de aço galvanizado. Esse revestimento forma uma barreira física e proteção galvânica. A barreira física isola o aço em duas camadas durante diferentes etapas da corrosão. A primeira barreira é o zinco se revestindo, o que substitui sua função de isolamento pela formação de uma camada de produtos corroídos de zinco. Já a proteção galvânica significa que mesmo que uma parte do aço é exposta, a camada de zinco irá se corroer preferencialmente. Isso ocorre devido a diferença de potencial entre os potenciais de equilíbrio do zinco e do ferro, aproximadamente 350mV (Soriano & Alfantazi, 2015; Santos, Manhabosco, Rodrigues & Dick, 2015).

Diante disso, a corrosão é um processo natural que possibilita a abordagem de diversos conteúdos na química na educação, tais como reações químicas, eletroquímica, oxirredução, cinética química e equilíbrio químico.

A velocidade média da reação ou taxa de velocidade é o quociente da variação da molaridade de um reagente (ou produtos) da reação pelo intervalo de tempo em que essa variação ocorre. Para se calcular a velocidade média da reação usa-se a seguinte fórmula: $v_m = -\Delta c / \Delta t$, onde Δc é a variação da concentração de uma espécie do reagente e Δt a variação do tempo.

As velocidades das reações dependem da composição e da temperatura da mistura reacional. A lei da velocidade a certa temperatura é uma equação que fornece a velocidade da reação em função das concentrações de todas as espécies presentes na equação química global para a reação num certo instante. A velocidade de uma reação é proporcional às concentrações molares dos reagentes, elevadas a expoentes que são determinados experimentalmente em grande parte das vezes sem o conhecimento real do mecanismo da reação. Ordem de reação é a potência que esta elevada à concentração de determinada espécie (produto ou reagente) na expressão da lei da velocidade. A ordem da reação em relação a um reagente indica a dependência existente entre a concentração desse reagente e a velocidade da reação global. Assim para uma reação genérica, $A \rightarrow \text{produto}$, a lei de velocidade será $v = k [A]^n$. Onde k é a constante cinética e n a ordem em relação à espécie A. A ordem global é a soma dos expoentes que aparecem na fórmula da lei de velocidade. É normalmente, um número inteiro

pequeno, podendo em casos especiais, ser fracionado. O termo “ordem” vem da matemática onde é utilizado na classificação das equações diferenciais. As leis de velocidade são equações diferenciais, em cinética química, tais equações são classificadas de acordo com a ordem da reação. Uma reação é de ordem zero em um reagente se a variação da concentração daquele reagente não produz nenhum efeito. Uma reação é de primeira ordem se, ao dobrarmos a concentração, a velocidade dobrar. Uma reação é de ordem n se, ao dobrarmos a concentração, a velocidade aumentar de 2^n . As leis de velocidade podem ser convertidas em equações que nos dizem quais são as concentrações dos reagentes ou produto a qualquer momento durante o curso da reação. As leis de Velocidades Integradas podem ser usadas para verificar a ordem global de uma reação. Para uma reação de primeira ordem, uma representação gráfica de $\ln C_t$ versus t é uma linha reta com inclinação $-k$ e intercepta em $\ln C_0$, segundo a expressão $\ln C_t = -kt + \ln C_0$. Para uma reação de segunda ordem com apenas um reagente, um gráfico de $1/C_t$ versus t é uma linha reta com inclinação igual a k e intercessão de y igual a $1/C_0$, segundo a expressão $1/C_t = kt + 1/C_0$, onde C_0 é a concentração no tempo zero e C_t é a concentração no tempo t (Atkins & Paula, 2012).

2. Metodologia

A metodologia trata de um “Estudo de Caso” como uma alternativa de ensino que possa trazer vantagens expressivas no processo de ensino-aprendizagem, além de se tratar de uma pesquisa laboratorial, pois a partir das observações experimentais os discentes puderam encontrar a taxa de corrosão do grampo e a ordem da reação. A pesquisa apresentou cunho qualitativo ao investigar a contribuição das observações experimentais para o processo de ensino-aprendizagem ao abordar os conteúdos de cinética química e corrosão, e compreendida como de cunho quantitativo ao encontrar a taxa de corrosão do grampo e a ordem da reação, pois gráficos e tabelas foram gerados durante a execução da investigação (Pereira, Shitsuka, Parreira & Shitsuka, 2018). Os principais autores que serviram como suporte para esta pesquisa são Guimarães (2009), Ruela & Silveira (2017). Sá, *et al.* (2007), Sanjuan, *et al.* (2009), Silva (2007), Silva Júnior, Freire & Silva (2011), Silva, *et al.* (2015).

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de química da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), campus João Monlevade junto a discentes do 3º período curricular da disciplina Físico-Química I do curso de Engenharia Ambiental. Vale salientar que os conteúdos de cinética e de eletroquímica foram abordados de forma tradicional. Para maior

organização da aula prática, os discentes foram distribuídos em três grupos e cada grupo trabalhou com uma solução eletrolítica diferente: ácido clorídrico, hidróxido de sódio e cloreto de sódio. Deste modo, cada grupo contribuiu com um valor de perda de massa na construção de um gráfico m_t versus t , onde m_t é a massa do grampo corroída no tempo t , que por um eletrólito ou outro, permitiu a avaliação e discussão coletiva da velocidade de corrosão (Silva *et al.*, 2015). O corpo de prova proposto foram grampos de ferro tipo “U” fabricados pela ArcelorMittal. O acompanhamento do processo corrosivo transcorreu, periodicamente, durante seis semanas, determinando a perda de massa e as alterações físicas dos grampos. Os grampos galvanizados e não galvanizados foram pesados e colocados em tubos de ensaio e acrescentado aproximadamente 7 mL da solução eletrolítica, afim de que os corpos de prova ficassem imersas nas soluções, de forma que toda a superfície estivesse susceptível à ação corrosiva, Figura 1.

Figura 1. Montagem dos experimentos



Fonte: Autoria própria (2019)

Foram separados 3 grampos de aço galvanizado e não galvanizado, para cada concentração de ácido clorídrico, hidróxido de sódio e cloreto de sódio na concentrações de 1, 0,5, 0,1, 0,05 mol.L⁻¹ como soluções eletrolíticas. Cabe acentuar que foi mantida um experimento com água deionizada, a fim de que sirva como amostra testemunha. A cada 7 dias, os corpos de prova eram removidos das soluções, limpos e secos, a fim de se retirar a superfície corroída do grampo. Em seguida, pesados e imersos novamente em uma nova solução da mesma concentração. Foi proposto aos discentes que calculassem as taxas de corrosão para cada uma das concentrações, acompanhando a variação da massa do grampo

pelo tempo, método gravimétrico. Foi proposto, também, aos discentes que usando das leis de integração de velocidades verificassem a ordem global da reação. A equação pode ser usada para verificar se uma reação é de ordem zero, primeira ordem ou de segunda ordem e para determinar sua constante de velocidade, montando gráficos de m_t versus t , de $\ln m_t$ versus t e de $1/m_t$ versus t , respectivamente, onde m_0 é a massa do grampo corroída no tempo zero e m_t é a massa do grampo corroída no tempo t .

3. Resultados e discussão

Os discentes calcularam a taxa de velocidade de corrosão ($mg.dia^{-1}$) do grampo tipo “U”, de acordo com a expressão $v_m = -\Delta m/\Delta t$, onde Δm é a variação da massa do grampo e Δt é a variação do tempo, nas soluções eletrolítica HCl, NaOH e NaCl em diferentes concentrações, como também em água deionizada, segundo a tabela 1.

Tabela 1 - Taxa de velocidade de corrosão ($mg.dia^{-1}$)

	Eletrólito	Concentração (mol.L ⁻¹)	Tempo (dias)				
			7	14	21	28	35
Galvanizado	HCl	1	27,9 ± 0,3	26,9 ± 0,2	26,7 ± 0,3	26,9 ± 0,3	26,8 ± 0,3
		0,5	14,1 ± 0,2	13,1 ± 0,2	12,7 ± 0,2	12,8 ± 0,2	12,9 ± 0,2
		0,1	2,0 ± 0,1	2,9 ± 0,1	2,9 ± 0,1	2,9 ± 0,1	2,8 ± 0,1
		0,05	1,1 ± 0,3	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,0
	NaOH	1	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0
		0,5	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
		0,1	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
		0,05	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
	NaCl	1	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
		0,5	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
		0,1	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0
		0,05	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0
	Água		0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
Não-galvanizado	HCl	1	27,0 ± 0,6	28,2 ± 3,2	28,7 ± 3,9	28,3 ± 2,9	28,0 ± 2,3
		0,5	12,6 ± 0,0	12,1 ± 0,1	12,0 ± 0,3	12,1 ± 0,2	12,2 ± 0,2
		0,1	2,5 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,6 ± 0,1	2,6 ± 0,0	2,5 ± 0,0
		0,05	1,4 ± 0,0	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,3	1,5 ± 0,2	1,5 ± 0,2
	NaOH	1	1,0 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0
		0,5	0,6 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,7 ± 0,0
		0,1	0,5 ± 0,1	0,7 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,5 ± 0,0
		0,05	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
	NaCl	1	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
		0,5	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
		0,1	0,6 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
		0,05	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
	Água		0,6 ± 0,1	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0

* em triplicata.

Fonte: Autoria própria (2019)

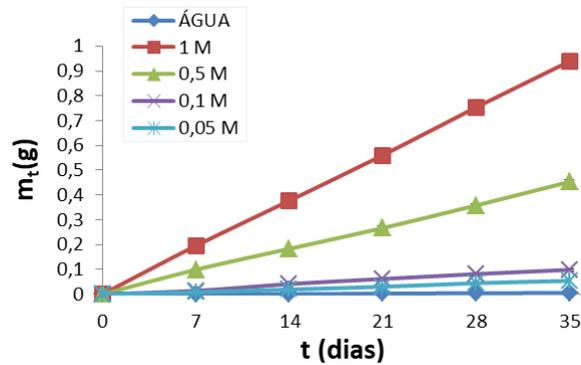
Os discentes observaram que a taxa de corrosão do grampo na solução de ácido clorídrico, meio de caráter mais ácido, foi superior aos demais eletrólitos. Foi observado, também, que um aumento da concentração dos eletrólitos acarreta um aumento da velocidade de uma reação. Sabe-se que aumentando a concentração dos reagentes, aumenta-se a frequência dos choques entre as moléculas reagentes e, como consequência da teoria de colisões, aumenta a velocidade da reação. Para os experimentos utilizando a solução de NaCl, como eletrólito, essa afirmativa não foi evidenciada. A taxa de corrosão para os grampos não-galvanizado foi superior ao galvanizado somente quando utiliza-se solução de NaOH como eletrólito. Já para os demais experimentos não foi notada diferença significativa entre o galvanizado e não-galvanizado. O ferro ou aço galvanizado é um material, que foi revestido com uma camada de zinco para ajudar o metal a resistir à corrosão. Quando o metal necessita ser utilizado em um ambiente em que a corrosão é provavelmente um fator que deverá acontecer, muitas vezes, a galvanização do material pode ser a solução para que a peça ou produto acabado seja capaz de suportar as condições climáticas do ambiente de instalação. Mesmo com a galvanização, no entanto, a corrosão acabará por ocorrer, especialmente se as condições encontradas forem ácidas (Ruela & Silveira, 2017).

A velocidade de ataque da corrosão no metal está diretamente ligada com o tipo de metal ou à liga metálica e à atmosfera em que está sujeitado (Chiaverini, 1998). A maioria dos aços é corroída de algum modo por efeito da água e da atmosfera, portanto, as espécies presentes na água (principalmente espécies iônicas) acabam tendo uma importância muito grande nos processos de deterioração dos metais. Por exemplo, a acidez devido presente na água, que pode ser medida por meio dos valores de pH, tem um papel fundamental na corrosão dos aços. Em meios salinos é bastante intensificado, devido ao eletrólito formado por cloreto de sódio e água destilada. Os íons produzidos são H^+ , Na^+ , Cl^- e OH^- . No cátodo, onde se tem o eletrodo ferramenta, o íon H^+ recebe elétrons gerando o gás H_2 . No ânodo se encontra a peça metálica composta por um metal M qualquer, sendo que este metal, genericamente, cede n elétrons tornando-se um íon positivo. Este íon positivo irá reagir com o cátion mais eletronegativo presente, que neste caso é o OH^- , pois este é mais eletronegativo que o íon Cl^- .

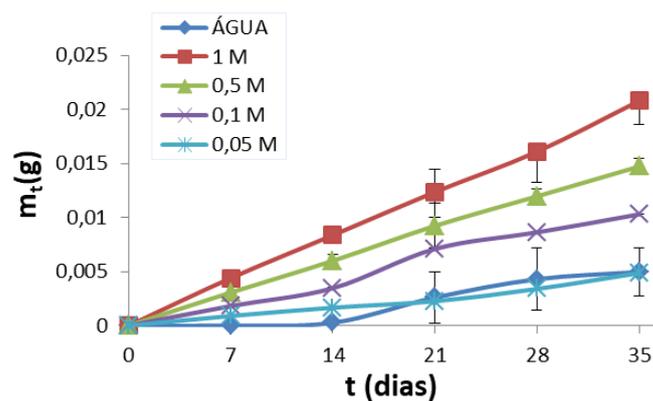
O conceito de ordem de reações químicas é ligado estreitamente com a velocidade em que as reações ocorrem. A ordem da reação em relação a um reagente indica a dependência que existe entre a concentração desse reagente e a velocidade da reação global. Para observar as ordens são necessários experimentos e hipóteses das mesmas. A figura 2 e 3 trazem os

gráficos m_t versus t , onde m_t é a massa do grampo corroída no tempo t , para os grampos galvanizados e não galvanizados utilizando as soluções eletrolíticas (a) HCl, (b) NaOH e (c) NaCl, respectivamente.

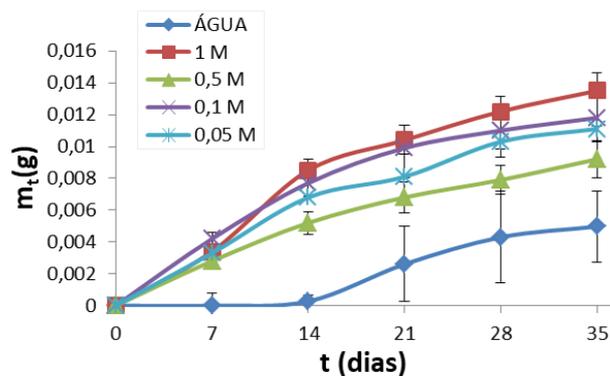
Figura 2. Gráficos m_t versus t , para os grampos galvanizados utilizando os eletrólitos (a) HCl, (b) NaOH e (c) NaCl, respectivamente



(a)



(b)

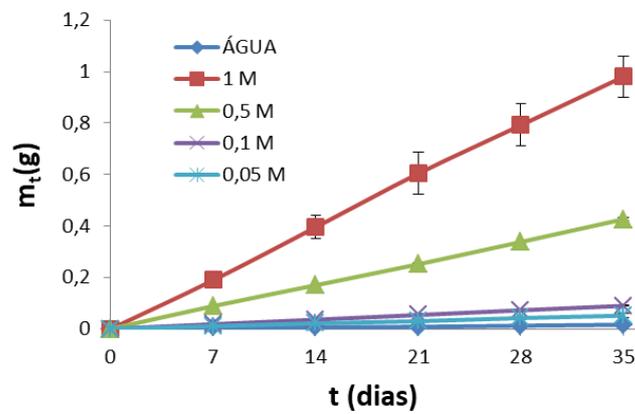


(c)

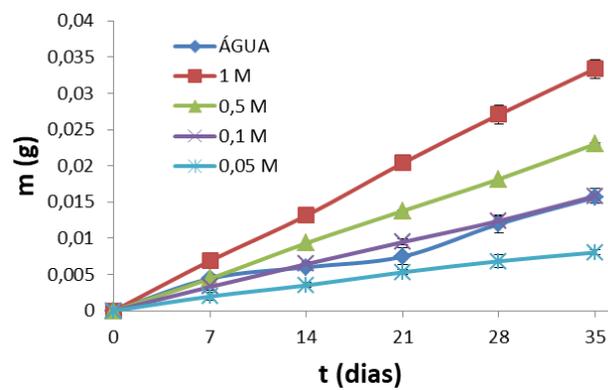
* em triplicata.

Fonte: Autoria própria (2019)

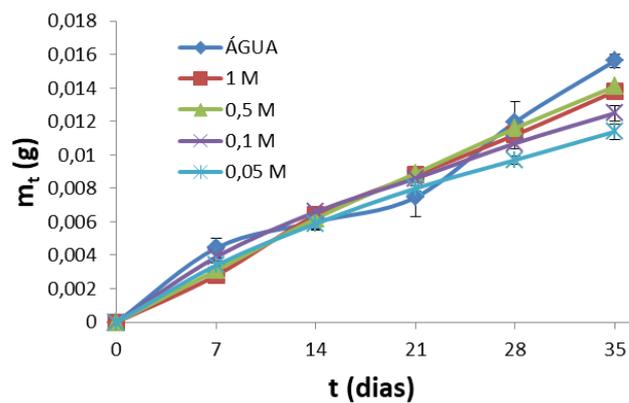
Figura 3. Gráficos m_t versus t , para os grampos não-galvanizados utilizando os eletrólitos (a) HCl, (b) NaOH e (c) NaCl, respectivamente



(a)



(b)



(c)

* em triplicata.

Fonte: Autoria própria (2019)

Os discentes perceberam pelos gráficos das Figuras 2 e 3 que a corrosão do grampo tipo “U” em diferentes soluções eletrolítica segue como uma reação de ordem 0, pois gráficos m_t versus t ocorrem de forma linear, e com taxa de velocidade de corrosão ($mg.dia^{-1}$) praticamente constante segundo a Tabela 1.

A partir das equações lineares obtidas dos gráficos m_t versus t das Figuras 2 e 3, os discentes determinaram experimentalmente a constante de velocidade (k) da reação, pois k é o coeficiente angular, ou inclinação da reta. Os coeficientes de regressão da equação de linha reta e a constante de velocidade (k) para os respectivos eletrólitos são encontrados na tabela 2.

Tabela 2 - Constante de velocidade (k) em $mg.dia^{-1}$

	Eletrólito	Concentração ($mol.L^{-1}$)	Coefficiente de regressão	Constante de velocidade (k) ($mg.dia^{-1}$)
Galvanizado	HCl	1	0,9999	267×10^{-1}
		0,5	0,9994	128×10^{-1}
		0,1	0,9947	29×10^{-1}
		0,05	0,9942	16×10^{-1}
	NaOH	1	0,9991	6×10^{-1}
		0,5	0,9993	4×10^{-1}
		0,1	0,9845	3×10^{-1}
		0,05	0,9778	1×10^{-1}
	NaCl	1	0,9428	4×10^{-1}
		0,5	0,965	3×10^{-1}
		0,1	0,9177	3×10^{-1}
		0,05	0,9536	3×10^{-1}
	Água		0,9011	2×10^{-1}
Não-galvanizado	HCl	1	0,9996	282×10^{-1}
		0,5	0,9998	121×10^{-1}
		0,1	0,9999	26×10^{-1}
		0,05	0,9987	15×10^{-1}
	NaOH	1	0,9997	10×10^{-1}
		0,5	0,9998	7×10^{-1}
		0,1	0,9996	4×10^{-1}
		0,05	0,9954	3×10^{-1}
	NaCl	1	0,9952	4×10^{-1}
		0,5	0,9981	4×10^{-1}
		0,1	0,9783	3×10^{-1}
		0,05	0,9803	3×10^{-1}
	Água		0,9699	2×10^{-1}

Fonte: Autoria própria (2019)

O coeficiente de regressão do gráfico “ m_t versus t ” apresentaram valores próximo de um. Os discentes observaram que a k ($mg.dia^{-1}$) utilizando-se solução de ácido clorídrico

como eletrólito foi superior aos demais. Um aumento da concentração dos eletrólitos acarreta um aumento de k ($mg.dia^{-1}$). Para os experimentos utilizando a solução de NaCl, como eletrólito, essa afirmativa não foi evidenciada. Os discentes não notaram diferença significativa entre as constantes de velocidade (k) da reação de corrosão do grampo galvanizado e não-galvanizado, com exceção quando utiliza-se NaOH como eletrólito. Nesse caso, exclusivamente, os grampos não galvanizados demonstraram uma corrosão maior ao utilizar a solução de NaOH como eletrólito, pois não apresentam a camada de proteção de zinco. A ausência da camada protetora de zinco promove uma maior taxa de corrosão, pois não possui um metal de sacrifício capaz de oxidar no seu lugar mantendo a estrutura metálica principal intacta. O processo de galvanização consiste no revestimento de um metal com outro, normalmente o zinco, que serve como metal de sacrifício de modo que se a superfície for danificada e o metal exposto ele continua protegido pelo zinco que se corrói. A superfície dos aços-carbono deve ser sempre protegida da atmosfera e, caso isto não seja possível, deve-se procurar um procedimento alternativo que dificulte o progresso da reação anódica ou catódica, porque desta maneira diminuirá a velocidade da reação de corrosão (Silva, et. al, 2015).

As constantes de velocidade (k) da reação de corrosão do grampo galvanizado e não-galvanizado usando água deionizada, que nada mais é que uma água com todos os seus sais minerais removidos e ficando completamente livre de íons, foi menor que os demais experimentos, com exceção quando utiliza-se solução $0,05mol. L^{-1}$ de NaOH.

4. Considerações finais

Ao concluir os experimentos ficou evidente para os discentes que o tipo de eletrólito influencia na velocidade de corrosão do grampo. Os grampos não galvanizados estão mais suscetíveis à corrosão quando utiliza-se solução de NaOH como eletrólito, devido à falta de uma camada protetora de zinco. Nota-se também que a solução do NaCl é relativamente fraca para se corroer o grampo, em comparação com os demais eletrólitos. Já em um meio aquoso ácido, a taxa de corrosão do grampo se mostra significativamente superior, independente do grampo ser galvanizado ou não. Os discentes perceberam que a corrosão do grampo tipo “U” em diferentes soluções eletrolítica segue como uma reação de ordem zero.

Durante o período realizado nota-se uma corrosão uniforme, e não teve deformação do objeto, apenas perda de massa do mesmo.

Assim na contextualização realizada neste trabalho, pode-se observar a importância das atividades experimentais no processo de ensino e aprendizagem da química. O desenvolvimento destas atividades vai muito longe da questão de somente ser realizada para a comprovação de conceitos e teorias abordadas em sala ou de serem desenvolvidas com a intenção de motivar os indivíduos, procurando entusiasamá-los com a disciplina. As atividades podem receber uma conotação mais enriquecedora para o desenvolvimento da criatividade do discente, além do auxílio na compreensão dos fenômenos químicos, promovendo a aprendizagem significativa quando os conteúdos já conhecidos pelos discentes são considerados pelo docente.

Fica evidente, com este trabalho, que a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação. Assim esse meio de observação experimental pode ser uma estratégia em trabalhos futuros para auxiliar no processo de ensino-aprendizado ao abordar os conteúdos de cinética e eletroquímica.

5. Referências

Atkins, P. W. & Paula, J. (2012). *Físico-Química*, v.2 .9 ed. Rio de Janeiro: LTC.

Behrens, M. A. (2013). *O paradigma emergente e a prática pedagógica*. 6 ed. Petrópolis, RJ: Vozes.

Callister Jr., W. D. (2008). *Ciência e engenharia de materiais*. Rio de Janeiro: LTC Editora.

Chiaverini, V. (2012). *Aços e ferros fundidos*. São Paulo: ABM.

Guimarães, C. C. (2009). Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, 31(3).

Merçon, F.; Guimarães, P. I. C. & Mainier, F. B. (2011). Sistemas Experimentais para o Estudo da Corrosão em Metais. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 1, p. 57-60.

Pereira, A.S., Shitsuka, D.M., Parreira, F.J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 01 nov. 2019.

Ruela, M. S. P. & Silveira, D. M. (2017). Corrosão de aço galvanizado em soluções ácidas. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 3(8): 1250-1258.

Sá, L. P., Francisco, C. A., Queiroz, S. L. (2007). Estudo de caso em Química. *Química Nova*, 30(3): 731-739.

Sanjuan, M. E. C., Santos, C. V., Maia, J. O., Silva, A. F. A. & Wartha, E. J. (2009). Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. *Química Nova na Escola*, p. 190-197.

Santos, A. P.; Manhobosco, S. M.; Rodrigues, J. S. & Dick, L. F. P. (2015). Comparativestudy of the corrosion behavior of galvanized, galvanized and Zn55Al coated interstitial free steels. *Surface and coatings technology*. 279(1): 150-160.

Silva, E. L. (2007). *Contextualização no ensino de química: Idéias e proposições de um grupo de professores*. Dissertação, Universidade de São Paulo.

Silva Júnior, C. N.; Freire, M. S. & Silva, M. G. L. (2011). *Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química*. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011, Campinas. VIII ENPEC. Campinas: Abrapec, 1(1): 1-12.

Silva, M. V. F., Pereira, M. C., Codaro, E. N. & Acciari, H. A. (2015). Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química. *Química Nova*, 38(2): 293-296.

Soriano, C. & Alfantazi, A. (2015). Corrosion behavior of galvanized steel due to typical soilorganics. *Construciton and building materials*. 102(1): 904-912.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Jussara Aparecida de Oliveira Cotta – 35%

Bruno Motta Gomes – 5%

Felipe Leone de Souza Andrade – 5%
Gabriel Cooper Neves Figueireido – 5%
Geicilaine Krisdele Ferreira de Souza – 5%
Ícaro Liberto Linhares – 5%
Jordana Duarte Gomes – 5%
José Mateus Bicalho dos Santos – 5%
Luana Aparecida Gomes – 5%
Nayara Hudson do Carmo – 5%
Paloma Ellen Soares de Melo – 5%
Pedro Henrique Frade dos Santos – 5%
Rafaela Pichener de Castro Carneiro – 5%
Rafael Queiroz Quaresma de Figueiredo Torres – 5%