



Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-237-1 DOI 10.22533/at.ed.371190304 1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série. CDD 660.76
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Inovações tecnológicas surgem a todo o momento, em todo o mundo, sendo utilizadas como uma ferramenta estratégica para manutenção e crescimento dos negócios nas indústrias. A Engenharia Química foi uma das carreiras que mais contribuiu para a evolução da Era Industrial para a Era Moderna.

A preocupação em desenvolver produtos e processos de produção torna a Engenharia Química responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características.

A Engenharia Química trabalha com a manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementando processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

Neste primeiro volume, organizado para você, apresentamos o papel do Engenheiro Químico no mercado de trabalho, pois este aplica conhecimentos adquiridos no estudo de Química e de Engenharia para criar soluções voltadas à produção ou ao uso de substâncias químicas. É o profissional que constrói um elo entre a ciência e a manufatura. Cabe ao engenheiro químico lidar com a formulação e a solução de problemas associados à indústria química, bem como trabalhar na operação e manutenção de sistemas. Também são expostos, neste volume, trabalhos relacionados ao ensino teórico e prático de Engenharia Química.

Além disso, encontram-se trabalhos relacionados com aplicações estatísticas, simulações e otimização de processos para melhoria de utilização de produtos e subprodutos. Assim como são expostos trabalhos de caracterização de materiais e alterações em processos químicos utilizando novas técnicas de análise de produto, avaliando comportamento, característica de sistemas, propriedades físico-químicas e alteração de composição de produtos já utilizados no mercado.

Baseado nestes trabalhos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, processos e técnicas na área, mostrando o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O PAPEL DO ENGENHEIRO QUÍMICO NO MERCADO DE TRABALHO: PRODUÇÃO DE UM GUIA PRÁTICO DIGITAL DESTINADO AOS GRADUANDOS E DEMAIS INTERESSADOS NA PROFISSÃO	
Raphael Carlos Rosa Pereira Eder Dias da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3711903041	
CAPÍTULO 2	8
GAMEQ: JOGO PARA O ENSINO NA ENGENHARIA QUIMICA	
Riccardo Cafagna Miguel do Valle Fróes Negreiros Falcão Felipe Emmanouil Martires Stamoglou Ana Lucia Barbosa de Souza Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	
DOI 10.22533/at.ed.3711903042	
CAPÍTULO 3	17
ELABORAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE PROTÓTIPO DE REATOR CSTR CONSTRUÍDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO VOLTADO À EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Sauro Franceschi de Carvalho Emeson de Souza Lemos Kevelyn Carolina Motta Sbravati	
DOI 10.22533/at.ed.3711903043	
CAPÍTULO 4	27
PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE MÓDULO CONTÍNUO A PARTIR DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO COMO IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Igor Moraes Bezerra Calixto Sauro Franceschi de Carvalho Matheus Macedo Teixeira Rafaela Misseia Cinque de Lima Marco Antônio de Alcântara Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.3711903044	
CAPÍTULO 5	36
O SIMULADOR DO FUTURO APLICADO À INDÚSTRIA	
Fernanda Martins	
DOI 10.22533/at.ed.3711903045	
CAPÍTULO 6	43
TERMODINÂMICA QUÍMICA – COMPREENDENDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES A COEFICIENTE DE ATIVIDADE	
Lisandra Ferreira de Lima Admilson Lopes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.3711903046	

CAPÍTULO 7	53
DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO DE SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS (DES) EMPREGANDO A CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	
Helena Pletsch Mariana Carolina Gipiela Corrêa Dias Marcos Rogério Mafra	
DOI 10.22533/at.ed.3711903047	
CAPÍTULO 8	59
ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHAS POR TÉCNICAS ESTATÍSTICAS APLICADAS A SISTEMAS DE BOMBEAMENTO HIDRÁULICO	
Rebeca Albino de Jesus Ezequiel José da Silva Honorato Fábio George Nogueira Cruz José Nilton Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3711903048	
CAPÍTULO 9	73
COMPARAÇÃO DE PERFIS DE VELOCIDADE OBTIDOS POR TUBO DE PITOT E POR SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ANSYS CFX	
Victor Felipe Arthur Coutinho Ladeia Rosilanny Soares Carvalho Anna Clara Marques de Queiroz João Carlos Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.3711903049	
CAPÍTULO 10	80
ENGENHARIA DE PROCESSOS: DIMENSIONAMENTO, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE SISTEMAS DE EVAPORAÇÃO MÚLTIPLO EFEITO DE INDÚSTRIAS DE CELULOSE <i>KRAFT</i>	
Jamilly Marques Gasparoni Cássia Regina Santos Nunes Almeida Gustavo Matheus de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.37119030410	
CAPÍTULO 11	96
PROJETO DE HIDROCICLONES USANDO OTIMIZAÇÃO ROBUSTA E ESTUDO DO EFEITO DA ROBUSTEZ	
Vitor Alves Garcia Fran Sérgio Lobato Luiz Gustavo Martins Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.37119030411	
CAPÍTULO 12	111
SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONTROLE DE COMPOSIÇÃO POR INFERÊNCIA DE TEMPERATURA EM PROCESSO PRODUTIVO DO ETILBENZENO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Marcelo da Silva Pedro Jonas Laedson Marinho da Silva Santos	
DOI 10.22533/at.ed.37119030412	

CAPÍTULO 13	119
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PH, TEMPERATURA E TEMPO DE VAPORIZAÇÃO NO PROCESSO DE TINGIMENTO DE TECIDOS	
Wanyr Romero Ferreira Wilson Costa Resende Aline Pereira Leite Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.37119030413	
CAPÍTULO 14	128
ANÁLISE CORROSIVA DO AÇO 304 QUANDO SUBMETIDO AO PROCEDIMENTO DE GALVANOPLASTIA	
Renata de Oliveira Marinho Marcelo Batista Queiroz Eudesio Oliveira Vilar Márcia Cristina de Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.37119030414	
CAPÍTULO 15	140
EFEITO DA DENSIDADE DE CORRENTE NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE Co-W OBTIDOS POR ELETRODEPOSIÇÃO	
Arthur Filgueira de Almeida Bianca Oliveira Evaristo Josiane Dantas Costa Mikarla Baía de Sousa Nathália Cristina Morais Lia Fook Renato Alexandre Costa de Santana Ana Regina Nascimento Campos	
DOI 10.22533/at.ed.37119030415	
CAPÍTULO 16	148
FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO E REDE NEURAL ARTIFICIAL NA ESTIMATIVA DE CONCENTRAÇÃO EM UM REATOR QUÍMICO NÃO ISOTÉRMICO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Marcelo da Silva Pedro Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Jonas Laedson Marinho da Silva Santos Rodrigo Marinho Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.37119030416	
CAPÍTULO 17	153
COMPÓSITO DE NANOCELULOSE BACTERIANA E NANOTUBOS DE CARBONO	
Guilherme Colla Vinícius Heidemann de Souza Fernanda Vieira Berti Luismar Marques Porto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030417	

CAPÍTULO 18	160
IMOBILIZAÇÃO DE COLÁGENO HUMANO TIPO I EM MEMBRANAS DE NANOCELULOSE BACTERIANA	
Ana Carolina Jorge Meyer Emily Marques dos Reis Luismar Marques Porto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030418	
CAPÍTULO 19	167
CENTRIFUGATION STEP CONTROL OF CELLULOSE NANOCRYSTALS SUSPENSION BY pH AND TURBIDITY MEASUREMENTS	
Mayara Felix Santana Bárbara Castro Moreira Flávia Mitsue Yamashita Nilda de Fátima Ferreira Soares José Mauro de Almeida Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira Deusanilde de Jesus Silva	
DOI 10.22533/at.ed.37119030419	
CAPÍTULO 20	173
ESTUDO TERMODINÂMICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE CRISTAL VIOLETA EM NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS	
Leonardo Martins Vargas Gabriel Facciochi Dörtzbacher Guilherme Luiz Dotto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030420	
CAPÍTULO 21	181
ESTUDO DA REOLOGIA E DA SALINIDADE DE MICROEMULSÕES À BASE DE GLICERINA PARA SEREM UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO	
Amanda Brito de Carvalho Fabiola Dias da Silva Curbelo Elayne Andrade Araújo Alfredo Ismael Curbelo Garnica	
DOI 10.22533/at.ed.37119030421	
CAPÍTULO 22	196
ORGANOFILIZAÇÃO DE ARGILAS BENTONÍICAS PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE MICROEMULSIONADA	
Renata Rodrigues Magalhães Roxana Pereira Fernandes de Sousa Alfredo Ismael Curbelo Garnica Fabiola Dias da Silva Curbelo Thaine Taumaturgo Caminha	
DOI 10.22533/at.ed.37119030422	

CAPÍTULO 23	201
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E VOLUMÉTRICAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E DO BIOQUEROSENE	
<p>Idila Rafaela Carvalho Gonçalves Ana Clara Cazarin Queiroz Luciana Loureiro de Pinho Rolemberg de Andrade Sílvia Maria Zanini Sebrão Krishnaswamy Rajagopal</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030423	
CAPÍTULO 24	210
AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE TINTAS ACRÍLICAS COMERCIAIS E ADITIVADAS COM CARGA CONDUTORA	
<p>Alex da Silva Sirqueira Monica Cristina dos Santos Vieira Monica Feijó Naccache Stanley Pires de Alcântara</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030424	
CAPÍTULO 25	222
EFEITO DA ADIÇÃO DA CINZA GASEIFICADA DE CARVÃO PULVERIZADO NA FORMULAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	
<p>Gabryella Cerri Mendonça Cristiano Corrêa Ferreira</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030425	
CAPÍTULO 26	232
TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM SISTEMAS PARTICULADOS: DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA DE FERTILIZANTES GRANULADOS NA ESTAGNAÇÃO DE AR	
<p>Hugo Perazzini Maisa Tonon Bitti Perazzini Rayssa Caroline Ribeiro Bernardes João Marcos Cardoso Silva</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030426	
CAPÍTULO 27	248
DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE DA UREIA EM SOLUÇÕES AQUOSAS DE ETANOL	
<p>Raquel de Oliveira Silva Ana Paula Silva Capuci Raíssa Araújo de Oliveira Campos Ricardo Amâncio Malagoni</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030427	
CAPÍTULO 28	255
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO COM ALTAS VAZÕES E VISCOSIDADES ELEVADAS: UMA ALTERNATIVA TÉCNICA À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE ROYALTIES E PARTICIPAÇÕES ESPECIAIS	
<p>Carlos Eduardo Ribeiro de Barros Barateiro Romulo Carlos da Silva Emerik</p>	
DOI 10.22533/at.ed.37119030428	
SOBRE A ORGANIZADORA	271

ANÁLISE CORROSIVA DO AÇO 304 QUANDO SUBMETIDO AO PROCEDIMENTO DE GALVANOPLASTIA

Renata de Oliveira Marinho

Universidade Federal Rural do Semiárido,
Departamento de Engenharia
Caraúbas – Rio Grande do Norte

Marcelo Batista Queiroz

Universidade Federal Rural do Semiárido,
Departamento de Ciências e Tecnologia
Caraúbas – Rio Grande do Norte

Eudesio Oliveira Vilar

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Química
Campina Grande – Paraíba

Márcia Cristina de Sousa

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Química
Campina Grande – Paraíba

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a resistência à corrosão de amostras metálicas que foram submetidas ao processo galvânico de banhos de ZnNi e ZnFe. Todas as amostras estudadas neste trabalho foram submetidas aos ensaios: Potencial de corrosão em função do tempo – EVT, Resistência a Polarização (Rp) e Taxa de Corrosão (CR) e Corrosimetria. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a placa galvanizada com ZnFe apresentou o menor valor de Rp, mostrando uma maior suscetibilidade à processos corrosivos quando

comparada a ZnNi. O teste de EVT indicou que a amostra de ZnFe mostrou o maior potencial corrosivo. A corrosimetria apresentou o ZnNi com os melhores resultados de resistência a polarização (Rp), ou seja, mais resistentes que a amostra de ZnFe. De forma geral, este trabalho indicou qual liga dentre as amostras comparadas, apresentou uma melhor ou pior resistência à corrosão, evidenciando que o revestimento de ZnNi é o mais adequado para meios muito corrosivos.

PALAVRAS-CHAVE: Galvanoplastia; Ensaio Eletroquímico; Corrosão.

ABSTRACT: This work has as general objective to evaluate a corrosion resistance of metallic samples that were submitted to the galvanic process of ZnNi and ZnFe baths. This consisted of a comparative study between the samples of ZnNi and ZnFe, through electrochemical tests, to analyze a resistance to corrosion and verify the quality of the products and services for the corrosive media. All samples studied in this work were submitted to tests: Corrosion potential as a function of time - EVT, Polarization Resistance (Rp) and Corrosion Rate (CR) and Corrosimetry. According to the obtained results, it can be concluded that the galvanized plate with ZnFe presented the lowest value of Rp, showing a greater susceptibility to corrosive processes when compared to ZnNi. The EVT test showed

a ZnFe sample showed the highest corrosive potential of ZnN. Corrosimetry showed ZnNi with better polarization resistance (R_p) results, that is, more resistant than a ZnFe sample. In general, this type of work can be used as compared samples, presented a better or more corrosion resistant, showing that the coating of ZnNi is the most suitable for corrosion very means.

KEYWORDS: Electroplating; Electrochemical tests; Corrosion.

1 | INTRODUÇÃO

O estudo da corrosão de superfícies vem se tornando bastante importante e a busca por soluções está cada vez mais indispensável. Todos os materiais possuem uma interação com o meio ambiente, e essa interação faz com que os mesmos sofram alterações químicas e eletroquímicas. Para Helene (1993), a corrosão pode ser entendida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado de reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de degradação.

A indústria procura sempre inovar em materiais utilizados na fabricação dos seus produtos, entretanto os metais continuam sendo uma das suas principais matérias primas e os mesmos são suscetíveis a corrosão e aos danos que a mesma causa. Nesse meio, o aço 304 é um dos mais utilizados pois possui excelentes propriedades, como resistência à corrosão, capacidade de conformação e excelente soldabilidade. Contudo, o meio fica cada vez mais agressivo e causa deterioração nesses materiais. Sendo assim, as indústrias começaram a adotar vários métodos de prevenção, e atualmente tanto nos produtos acabados quanto no processo de fabricação intermediário, a utilização de revestimentos protetores tornou-se um pré-requisito.

Na metade do século XIX, com o aumento da atividade industrial surgiram novas aplicações para o tratamento das peças metálicas, para efeitos decorativos e visando conferir requisitos da engenharia, como proteção a corrosão e aumento a resistência (ARAÚJO, 2015).

A galvanoplastia é procedimento/tratamento de superfície que consiste em depositar um metal sobre o outro, através da redução química ou eletrolítica. Há tempos que a galvanoplastia vem sendo utilizada pelas indústrias, atribuindo resistência e beleza aos metais, modificando suas dimensões e protegendo-as contra a corrosão.

Atualmente, a aplicação da galvanoplastia abrange vários ramos da atividade econômica como: a construção civil, a indústria automobilística, indústrias de bijuterias, de utensílios domésticos, entre outros. Os objetos submetidos a tratamentos de superfície estão presentes no nosso cotidiano, mas pouco é conhecido sobre processos complexos pelos quais estão sujeitos. O procedimento da galvanoplastia é feito em três etapas: o pré-tratamento, o tratamento e pós tratamento.

No Brasil, esse procedimento iniciou-se para fins decorativos e desde então, sua produção vem crescendo exponencialmente. Os dois pontos principais que ocasionou

esse crescimento – tanto no Brasil, como na indústria mundial – são as suas boas propriedades anticorrosivas e seu baixo custo em relação a outros procedimentos.

Existem alguns metais em processos galvânicos muito utilizados para proteger as superfícies metálicas como o zinco, níquel e o cromo, tendo como o processo de zincagem o mais utilizado pelo baixo custo do metal.

Há dois banhos galvânicos que se mostrou com propriedades anticorrosivas singulares, o banho de ZnNi e ZnFe. Os mesmos têm excelente cobertura e resistência anticorrosiva e seu processo de zincagem, em trabalho, se dá por meio da galvanização eletrolítica. Entretanto, como todo material, estão sujeitos a ações de degradações do meio.

2 | METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção, será abordada a metodologia da pesquisa desenvolvida, observando os materiais e métodos utilizados, assim como, os procedimentos e análises nas quais a amostra foi submetida.

No presente trabalho foram utilizadas amostras do aço 304, onde foram submetidas ao processo galvânico de banhos de ZnNi e ZnFe para, posteriormente, avaliar a resistência a corrosão das amostras por meio de ensaios eletroquímicos. As amostras já se encontravam galvanizadas com ZnNi (Figura 1) e ZnFe (Figura 2) e cortadas em dimensões 5x5 (cm) que equivalem a uma área de 25 cm², para a realização dos testes.



Figura 1: Banho ZnNi.

Fonte: O autor.



Figura 2: Banho ZnFe.

Fonte: O autor.

Na avaliação da corrosão metálica da amostra, foi aplicada as seguintes técnicas eletroquímicas:

- Resistência a Polarização (Rp) e Taxa de Corrosão (CR);
- Corrosimetria;
- Potencial de corrosão em função do tempo – EVT;

2.1 Resistência à polarização (R_p) e taxa de corrosão (CR)

Após galvanizadas e devidamente dimensionadas, o qual a área é um parâmetro bastante significativo, foi soldado em cada amostra um fio de conexão. Na mesma superfície que se soldou o fio, foi passada uma camada de fita isolante líquida revestindo a solda e a superfície traseira, para que apenas uma das superfícies da amostra tivesse contato com o eletrólito. Na Figura 3 está representado o esquema utilizado para os experimentos de polarização.

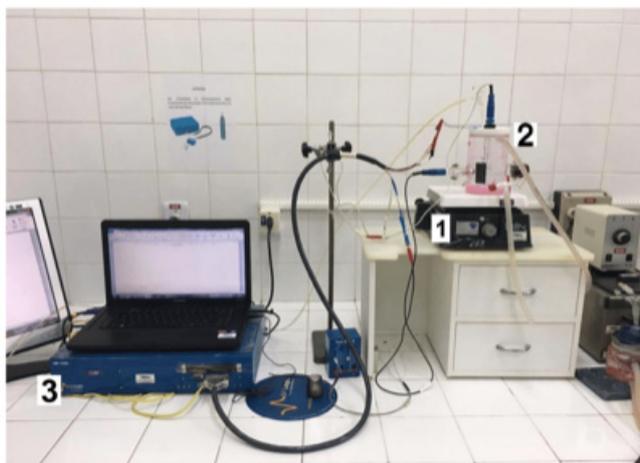


Figura 3: Experimento utilizado nos testes eletroquímicos de corrosão.

Fonte: O autor.

O esquema mostrado, identifica um agitador magnético (1) da marca Cole Parmer, a célula eletroquímica com três eletrodos (2) e um pontecioestado (3) da marca BioLogic, modelo SP – 150.

Os testes realizados foram dirigidos em uma célula eletroquímica com montagem de três eletrodos (Figura 4). Utilizou-se um eletrodo de calomelano (SCE) como eletrodo de referência, um contra-eletrodo de platina e um eletrodo de trabalho. O eletrólito utilizado foi uma solução de cloreto de sódio $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$. A célula foi nitrogenada 50 minutos antes do início das análises eletroquímicas, para ocorrer toda a remoção de oxigênio dissolvido no eletrólito. A nitrogenação foi mantida até o final do teste.

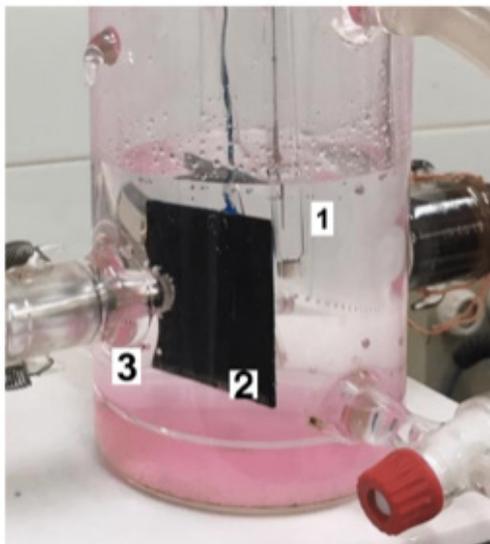


Figura 4: Célula eletroquímica com três eletrodos. (1) Eletrodo de referência (SCE), (2) Eletrodo de trabalho (amostra), (3) Eletrodo auxiliar de platina.

Fonte: O autor.

Todos os eletrodos foram conectados diretamente nos terminais do potenciostato e, por meio do EC-Lab Software – Techniques and Applications, version 10.37, obteve-se os dados necessários para a análise corrosiva.

A polarização linear foi feita com uma velocidade de varredura de 0,8 mV/s, a faixa de varredura foi obtida através da norma ASTM G 59 – 97. Para determinação do intervalo de varredura calcula-se um $E_{we} \pm 30$ mV. Inicia-se a varredura quando é aplicado um potencial de 30 mV mais negativo a partir do potencial de circuito aberto e termina em um potencial de 30 mV mais positivo. Este ensaio de polarização linear foi aplicado em duas amostras com banhos galvânicos de ZnNi e ZnFe para meios comparativos.

Posterior a obtenção dos dados e com auxílio do EC-Lab Software, foi feito um ajuste com a extrapolação das retas tangentes às curvas de Tafel, assim foi obtido os coeficientes angulares de cada reta (B_a) e (B_c). Com esses dados, é possível calcular a resistência a polarização e, logo após, a corrente de corrosão.

A partir dos valores obtidos de corrente de corrosão (i_{cor}), densidade (ρ) e peso equivalente (EW) de cada amostra, logo após foi feito o cálculo de taxa de corrosão.

2.2 Potencial de corrosão em função do tempo (EVT)

No ensaio de potencial de corrosão em função do tempo (EVT), foi usado uma nova amostra de ZnFe e ZnNi e, assim como no ensaio de polarização, um fio foi soldado na amostra para fazer conexão com o multímetro. O local da solda foi isolado com o intuito de bloquear o contato do metal da solda e do fio com o eletrólito. As amostras foram colocadas em placas de petri submersas em uma solução de cloreto de sódio 0,2 mol.L⁻¹.

Foram realizadas as medições com um multímetro de precisão da marca Agilent,

Para se obter os dados relacionados a resistência à polarização é necessário que seja feita uma polarização linear e conseqüentemente a extrapolação das curvas de Tafel para cada amostra, assim será possível determinar as constantes de Tafel anódica (b_a) e catódica (b_c) que são fundamentais para o cálculo de resistência à polarização.

Na Figuras 6 e na Figura 7 são apresentados os gráficos de polarização linear, respectivamente para a amostra de ZnFe e ZnNi.

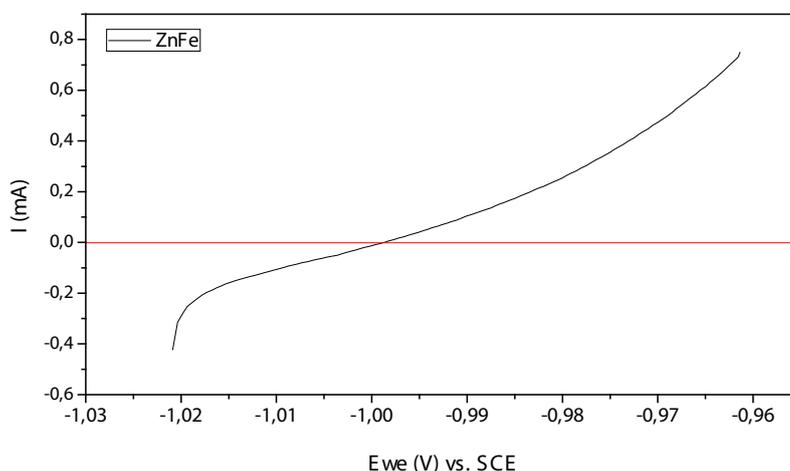


Figura 6: Gráfico de polarização linear em NaCl 0,2 mol.L-1. Amostra de ZnFe.

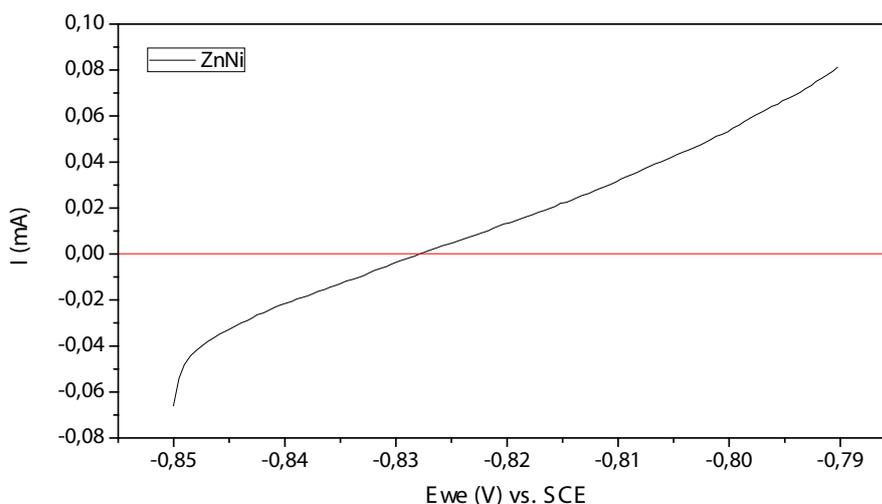


Figura 7: Gráfico de Polarização linear em NaCl 0,2 mol.L-1. Amostra ZnNi.

Estas curvas representam o efeito global de todas as reações que ocorrem no eletrodo de trabalho. No momento em que o potencial aplicado pelo potenciostato é igual ao potencial de corrosão de cada amostra nenhuma corrente é detectada pelo aparelho, pois neste potencial a corrente anódica é totalmente neutralizada pela corrente catódica. Além disso, tais curvas podem fornecer meios para a medida quantitativa de diversos parâmetros eletroquímicos da corrosão, como taxa de corrosão, declives de Tafel, e outros (WOLYNEC, 2003).

Para se obter os valores de corrente de corrosão, coeficientes de Tafel e potencial de corrosão traça-se uma tangente no ponto onde a corrente é nula ($I = 0$ A) e logo

após, aplica-se a função logarítmica.

Baseado no método de extrapolação das retas de Tafel, foram encontradas as constantes de Tafel anódica (b_a) e catódica (b_c). Calculou-se o valor da resistência de cada amostra segundo a lei de Ohm, onde é dita que a razão entre a tensão e a corrente é uma constante conhecida como resistência. Quando se plota um gráfico de corrente (I) versus o potencial (E) há uma relação linear do potencial de ± 30 mV. De acordo com equação de ohm semelhante a uma equação do primeiro grau, a resistência é o coeficiente angular da reta gerada. No caso da polarização linear, quando o mesmo gráfico de potencial versus a corrente é plotado não irá gerar, necessariamente, uma reta. E isso significa que a resistência resultante da polarização não é constante, sendo a mesma variável.

A partir disso, foi possível determinar as correntes de corrosão e os potenciais de corrosão de cada amostra. Os coeficientes de Tafel (b_a e b_c) obtidos estão dispostos na Tabela 2.

<i>Amostra</i>	b_a (mV)	b_c (mV)
ZnFe	14,8	21,9
ZnNí	20,6	28,8

Tabela 2: Valores obtidos de b_a e b_c na curva de Tafel.

O peso equivalente calculado de acordo com ASTM G 102 – 89 e as densidades das ligas dispostas na Tabela 3.

<i>Amostra</i>	ρ (g/cm ³)	EW (g/mol)
ZnFe	7,505	33,540
ZnNí	8,900	36,000

Tabela 3: Dados obtidos de densidade (ρ) e peso equivalente (EW) das amostras.

Os dados obtidos para resistência a polarização (R_p), corrente (I_{cor}), potencial (E_{cor}) e taxa de corrosão (CR) estão dispostos na Tabela 4.

<i>Amostra</i>	R_p (Ohm)	I_{cor} (μA)	E_{cor} (mV)
ZnFe	120,000	24,190	-982,000
ZnNí	728,000	5,125	-827,000

Tabela 4: Dados obtidos para R_p , I_{cor} e E_{cor} das amostras.

De acordo com a Tabela 4, a amostra de ZnNí obteve uma resistência a polarização

(R_p) de 728 Ohm, enquanto a de ZnFe obteve 120 Ohm. A amostra de ZnNi apresenta uma resistência a polarização significativamente maior que a de ZnFe, indicando que ZnFe é mais suscetível a meios corrosivos quando comparada com a ZnNi.

A partir dos dados obtidos nas Tabelas 3 e 4, foi calculado a taxa de corrosão (CR) para a amostra de ZnFe de acordo com a equação de Stern-Geary, mostrada na ASTM G59-97(2009). Os dados obtidos para taxa de corrosão são apresentados abaixo na Tabela 5.

Amostra	Taxa de Corrosão (CR)
Amostra de Zinco – Ferro	CR = 0,353 mm/ano
Amostra de Zinco – Níquel	CR = 0,065 mm/ano

Tabela 5: Taxa de Corrosão das amostras.

A amostra de ZnFe apresentou uma Taxa de Corrosão (CR) anual, aproximadamente, 5 (cinco) vezes maior do que a amostra de ZnNi salientando sua suscetibilidade a meios salinos corrosivos quando comparada a amostra de ZnNi. A Tabela 5 dispõe dos dados de Taxa de Corrosão (CR) de ambas as amostras, onde a ZnNi possui uma degradação anual provinda da corrosão de 0,065 mm e a ZnFe apresenta uma de 0,353 mm.

3.2 Potencial de corrosão em função do tempo (EVT)

As variações do potencial eletroquímico de corrosão (EVT) para a amostra de ZnFe e ZnNi, estão representadas nas Figuras 8 e 9.

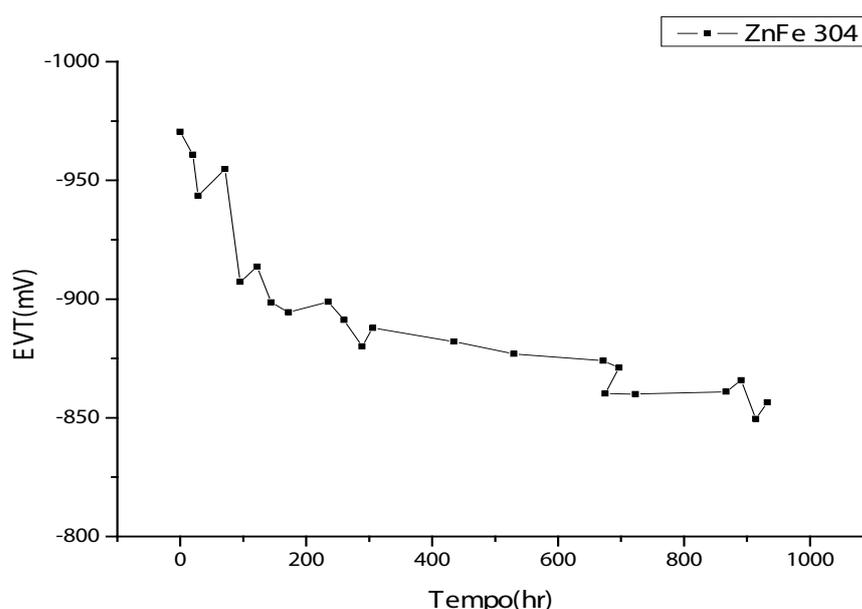


Figura 8: Gráfico de Ewe vs. (Hg/HgSO₄) em função do tempo, em NaCl 0,2 mol.L⁻¹. Amostra galvanizada com ZnFe.

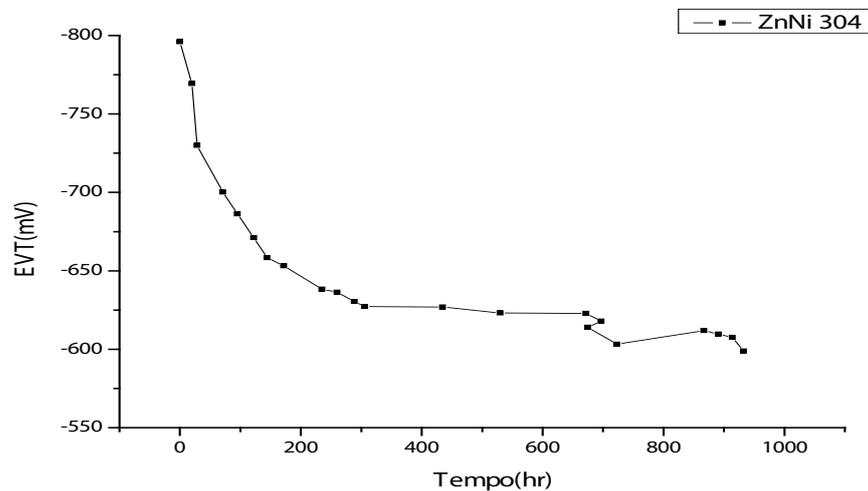


Figura 9: Gráfico de Ewe vs. (Hg/HgSO₄) em função do tempo, em NaCl 0,2 mol.L⁻¹. Amostra galvanizada com ZnNi.

Conforme mostrado na Figura 8 é possível observar que a amostra de ZnFe mostra um potencial inicial de aproximadamente - 970 mV. A amostra mostrou uma diminuição de potencial até a faixa de -875 mV com duração de 220 horas, a partir deste momento a amostra mostrou um comportamento pouco menos variável, tendendo a linearidade. Esse comportamento teve uma duração de 660 horas.

A amostra de ZnNi apresentada na Figura 9 mostra um comportamento um pouco semelhante. Observou-se um potencial inicial em torno de -800 mV e, em seguida a diminuição do potencial até a faixa de -625 mV com um intervalo de tempo de 250 horas, a partir deste momento a amostra mostrou um comportamento que tende a linearidade com duração de 420 horas.

As diferenças entre os comportamentos das amostras se mostram pelo fato de uma iniciar a formação da camada passiva mais rapidamente que a outra. E isso acarreta uma diminuição no potencial corrosivo da amostra, já que a camada passiva se comporta como isolante impedindo a transferência de elétrons nas reações de oxidação do metal. Quando comparadas as curvas das amostras uma importante característica é notada, a amostra de ZnFe apresenta uma estabilização final de potencial corrosivo mais alto (-856,5 mV) que a amostra de ZnNi (-598,8), e isto mostra que a formação da camada passiva do ZnFe é mais lenta que a ZnNi.

As duas amostras apresentaram diminuição do potencial de corrosão assim que imergidas no eletrólito, até atingir a sua estabilização definindo a formação da camada passiva sobre a superfície da amostra. A amostra de ZnNi apresenta um potencial inicial menor do que a do ZnFe.

3.3 Corrosimetria

O objetivo da corrosimetria é acompanhar e analisar os valores padrões de corrosão (resistência a polarização, corrente e potencial de corrosão) em função do tempo. Neste teste, plotou-se uma curva de polarização linear a cada 10 minutos, logo

após cada uma delas o R_p é calculado. Este procedimento repetiu-se por 15 vezes.

Obtidos os 15 dados de R_p , em função do tempo, foi gerado um gráfico condizente com cada amostra analisada. A seguir está representado os gráficos de R_p em função do tempo para a amostra de ZnFe (Figura 10) e ZnNi (Figura 11).

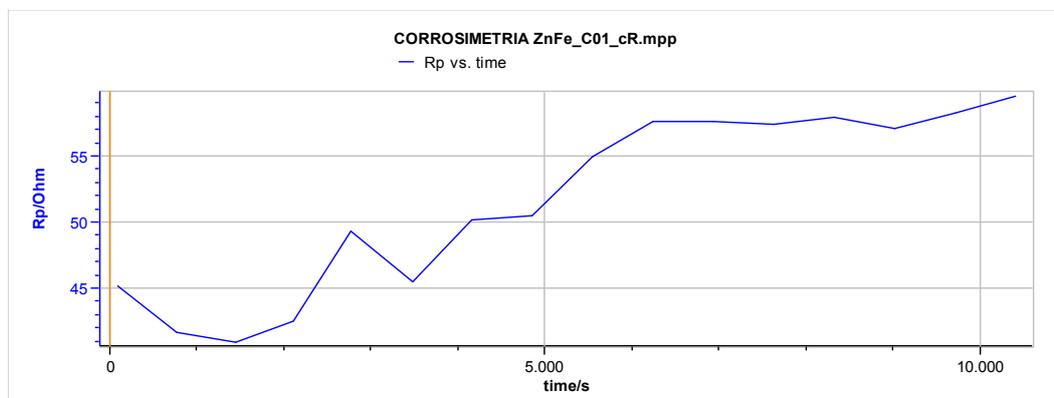


Figura 10: Gráfico de R_p em função do tempo. Amostra de ZnFe.

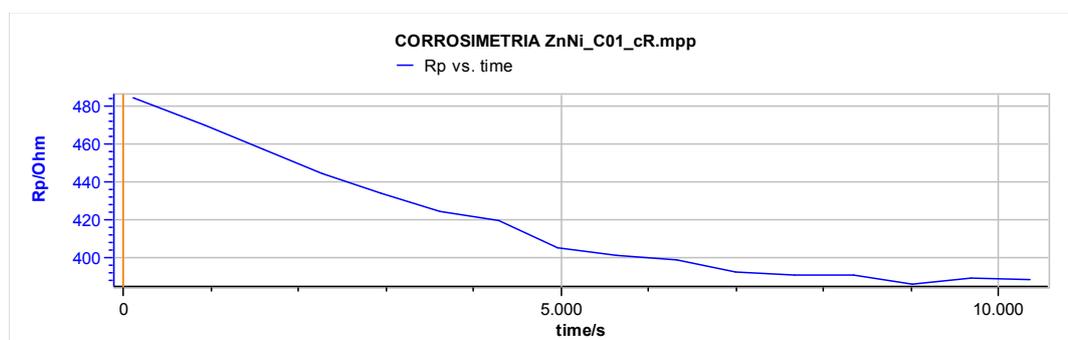


Figura 11: Gráfico de R_p em função do tempo. Amostra de ZnNi.

Segundo Queiroz 2014, a resistência à polarização é inversamente proporcional à capacidade do material se corroer, ou seja, quanto maior os valores da resistência, menor é a capacidade de o material oxidar.

De acordo com os gráficos representados nas Figuras 10 e 11 dentre as amostras analisadas, a ZnNi (Figura 11) foi a que mostrou os maiores valores de R_p , apesar de seu decréscimo, tendo como valor inicial 483,5 Ohm e o final de aproximadamente 390,5 Ohm, mostrando que a amostra possui uma alta resistência a corrosão. A amostra de ZnFe (Figura 10) iniciou com o valor de 45,5 Ohm e com um comportamento crescente durante os 327 minutos de análises e finalizou com aproximadamente 60 Ohm. O aumento da resistência na amostra do ZnFe, pode ser dar pelo fato da formação rápida da camada passiva em cada ciclo do teste de corrosimetria.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as análises feitas, foi possível obter informações importantes

através dos resultados encontrados. Os resultados apresentados e as discussões pertinentes conduziram às seguintes conclusões:

- De acordo com os testes eletroquímicos, a placa galvanizada com ZnFe apresentou o menor valor de R_p , mostrando uma maior suscetibilidade à processos corrosivos quando compara com a amostra de ZnNi;
- A Taxa de Corrosão (CR) da amostra ZnFe foi, aproximadamente, 5 vezes maior do que a de ZnNi, o qual a ZnFe mostra-se muito propensa a sofrer um alto desgaste devido à corrosão;
- O teste de EVT determinou que a amostra de ZnFe apresentou o maior potencial corrosivo que a de ZnNi;
- O teste de corrosimetria indicou que a amostra de ZnNi apresentou valores de R_p , consideravelmente, mais altos que a de ZnFe salientando sua resistência a corrosão;

De forma geral, este trabalho determinou qual liga dentre as amostras comparadas, apresentou uma melhor ou pior resistência a corrosão, indicando que o revestimento de ZnNi é o mais adequado para meios corrosivos, como solução salina de cloreto de sódio, por exemplo, comprovando a fundamentação teórica a respeito do mesmo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. R. **Processo de eletrodeposição do zinco em peças metálicas**. Campina Grande: Departamento de Química, 2015. 22 p. Dissertação (Graduação).

ASTM G 3 – 89 “**Standard Practice for Conventions Applicable to Electrochemical Measurements in Corrosion Testing**.” Reapproved 1999.

ASTM G 59 – 97 “**Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements**.” Reapproved 2003.

ASTM G 102 – 89 “**Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements**.” Reapproved 1999.

BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9ª ed. Prentice-Hall, 2005.
GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 6ª.ed. Rio de Janeiro: afiliada, 2012.

JIMENÉZ e SCHMIDT, Alex e H. Eletrodeposição. **Propriedades e aplicações técnicas dos processos de Zinco-Liga**. *Revista Tratamento de Superfície*. n. 117, março de 2013.

QUEIROZ, Marcelo Batista de. **Estudo comparativo da corrosão em grades utilizadas em baterias de chumbo-ácido, formadas em processos de fundição e laminação**. 2014. 141 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.

SOUZA, Amanda R. et al. **Medidas de potencial de circuito aberto: um experimento para o ensino de Eletroquímica**. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32. 2009, Fortaleza. **Reunião**. Fortaleza: Sdq, 2009. p. 32 - 32. Disponível em: <<http://sec.sdq.org.br/cdrom/32ra/resumos/T1040-1.pdf>>. Acesso em: de de 2018.

WOLYNEC, S. **Técnicas Eletroquímicas em Corrosão** - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

SOBRE A ORGANIZADORA

CARMEN LÚCIA VOIGT Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-237-1

