

A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
D618	<p>A diversidade de debates na pesquisa em química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-036-0 DOI 10.22533/at.ed.360202105</p> <p>1. Química – Pesquisa – Brasil. 2. Pesquisa – Metodologia. I.Nardeli, Jéssica Verger.</p> <p style="text-align: right;">CDD 540.7</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2” é uma obra que tem um conjunto fundamental de conhecimentos direcionados a industriais, pesquisadores, engenheiros, técnicos, acadêmicos e, é claro, estudantes. A coleção abordará de forma categorizada pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, inovadora, contextualizada e didática objetivando a divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõem seus capítulos.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos relacionados a revestimentos inteligentes – *smart coatings*; técnicas eletroquímicas; modificação de superfície; processo foto-Fenton; dessulfurização adsortiva de diesel; otimização de sensores; contaminantes orgânicos; degradação de compostos; nanotubos de carbono hidrofílicos; oxidação parcial do metano; produção de etanol; tratamento de efluente aquoso; produção de biogás; processo oxidativo avançado; partição de íons metálicos; ensino de polímeros; reutilização de óleo industrial; análise complexométrica de alumínio e modelagem molecular. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, entre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. A diversidade de Debates na pesquisa em Química tem sido um fator importante para a contribuição em diferentes áreas.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química tecnológica, bacharel e licenciatura. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização com diferentes técnicas (eletroquímica, microscopia, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier e raios-X) substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Portanto, esta obra é oportuna e visa fornecer uma infinidade de estudos fundamentados nos resultados experimentais obtidos pelos diversos pesquisadores, professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SMART COATING FOR CORROSION PROTECTION OF ALUMINIUM ALLOYS: GLOBAL AND LOCALIZED STUDY OF ANTI- CORROSION PERFORMANCE	
Jéssica Verger Nardeli Cecílio Sadao Fugivara Fátima Montemor Assis Vicente Benedetti	
DOI 10.22533/at.ed.3602021051	
CAPÍTULO 2	13
FACTORIAL EXPERIMENTAL DESIGN APPLIED FOR OPTIMIZATION OF TARTRAZINE REMOVAL BY PHOTO-FENTON PROCESS USING Cu_2FeSn_4 CATALYST	
Julia da Silveira Salla Vitória Segabinazzi Foletto Jivago Schumacher de Oliveira Gabriela Carvalho Collazzo Evandro Stoffels Mallmann Edson Luiz Foletto	
DOI 10.22533/at.ed.3602021052	
CAPÍTULO 3	23
TRANSFORMACIÓN DE ÁCIDO FERÚLICO CON HONGOS AISLADOS DE BAGAZO DE CAÑA	
Miguel Ávila Jiménez Myriam Gisela Gutiérrez Rueda Julia Aguilar Pliego María del Rocío Cruz Colín María Teresa Castañeda Briones	
DOI 10.22533/at.ed.3602021053	
CAPÍTULO 4	32
APLICAÇÃO DE MATERIAIS MCM-41 E SBA-15 COMO SINTETIZADOS E MODIFICADOS COM ÍONS NÍQUEL E PRATA NA DESSULFURIZAÇÃO ADSORTIVA DE DIESEL	
Clenildo de Longe Rafael Viana Sales Anne Beatriz Figueira Câmara Adriano Santos de Sousa Leila Maria Aguilera Campos Maritza Montoya Urbina Tatiana de Campos Bicudo Luciene Santos de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.3602021054	
CAPÍTULO 5	43
AVALIAÇÃO DO SENSOR BASEADO GRAFENO E COBRE PARA DETECÇÃO DE GLIFOSATO E AMPA	
Sarah Setznagl Ivana Cesarino	
DOI 10.22533/at.ed.3602021055	

CAPÍTULO 6	57
COMPORTAMENTO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM SUBSUPERFÍCIE	
Vivian Maria de Arruda Magalhães	
Oswaldo Chiavone Filho	
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna	
DOI 10.22533/at.ed.3602021056	
CAPÍTULO 7	76
INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO FENOL EM MEIO AQUOSO UTILIZANDO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E IRRADIAÇÃO SOLAR	
Julia da Silveira Salla	
Humberto Neves Maia de Oliveira	
André Luís Novais Mota	
Cláudio Augusto Oller do Nascimento	
Edson Luiz Foletto	
Oswaldo Chiavone-Filho	
DOI 10.22533/at.ed.3602021057	
CAPÍTULO 8	89
PRODUÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO HIDROFÍLICOS	
Leila Cottet	
Luís Otávio de Brito Benetoli	
Nito Angelo Debacher	
DOI 10.22533/at.ed.3602021058	
CAPÍTULO 9	98
ÓXIDOS DO TIPO PEROVSKITA $Nd_{0,95}FeO_3$ E $Nd_{0,95}CrO_3$ PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE ATRAVÉS DA OXIDAÇÃO PARCIAL DO METANO	
Karina Tamião de Campos Roseno	
Rodrigo Brackmann	
Rita Maria de Brito Alves	
Reinaldo Giudici	
Martin Schmal	
DOI 10.22533/at.ed.3602021059	
CAPÍTULO 10	107
PRODUÇÃO DE ETANOL UTILIZANDO BAGAÇO DE SORGO BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Charles Nunes de Lima	
Fernanda Maria da Silva Costa	
Érik Ramos da Silva de Oliveira	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.36020210510	
CAPÍTULO 11	118
UTILIZAÇÃO DAS CINZAS PESADAS DE TERMOELÉTRICA COMO CATALISADOR EM REAÇÃO FOTO-FENTON PARA REMOÇÃO DE CORANTE TÊXTIL EM EFLUENTE AQUOSO	
Fernanda Caroline Drumm	
Patrícia Grassi	
Jivago Schumacher de Oliveira	
Julia da Silveira Salla	
Sérgio Luiz Jahn	
Edson Luiz Foletto	
DOI 10.22533/at.ed.36020210511	

CAPÍTULO 12 128

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA SELEÇÃO DE UM CULTIVAR DE SORGO SACARINO NO ESTADO DE MATO GROSSO

Cristian Jacques Bolner de Lima
Fernanda Maria da Silva Costa
Érik Ramos da Silva de Oliveira
Francieli Fernandes
Charles Souza da Silva
Juniele Gonçalves Amador
Monique Virões Barbosa dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.36020210512

CAPÍTULO 13 141

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) DA UFRN

Oscar Eduardo Reyes Cavalcanti
Ana Beatriz de Gois Lima
Thalita Gomes Ferreira
Nathalia Souza Teixeira
Rosangela Dala Possa
Leila Maria Aguilera Campos
Maritza Montoya Urbina
Adriano Santos de Sousa
Luciene Santos de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.36020210513

CAPÍTULO 14 154

REMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM NAFTALENO: ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS HOMOGÊNEO E HETEROGÊNEO

Vivian Maria de Arruda Magalhães
Gabriela Paupitz Mendes
Rayanne Macêdo Aranha
Oswaldo Chiavone Filho
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna

DOI 10.22533/at.ed.36020210514

CAPÍTULO 15 170

SISTEMA AQUOSO BIFÁSICO: CONCEITOS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES NA PARTIÇÃO DE ÍONS METÁLICOS

Ednilton Moreira Gama
Roberta Pereira Matos
Guilherme Dias Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.36020210515

CAPÍTULO 16 179

UTILIZAÇÃO DE ANALOGIAS E ATIVIDADES CONTEXTUALIZADAS: UMA PERSPECTIVA DE APRIMORAMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA O ENSINO DE POLÍMEROS

Amanda Rebelo de Azevedo
Vinicius Fernandes Moreira

DOI 10.22533/at.ed.36020210516

CAPÍTULO 17 201

PRODUÇÃO DE SABÃO UTILIZANDO ÓLEO RESIDUAL ORIUNDO DE PROCESSAMENTO DE MÁQUINAS DE FRANGO

Gisele Carvalho Conceição
Thayssa Sales Cardoso
Diego Ribeiro Nunes
Ronald Almeida dos Santos
Sérgio Vinicius Machado dos Santos
Emanoel Oliveira de Aviz
Arlesson Pereira da Silva
Ronald Vieira Garcia
Josiney Farias de Araújo
Simonny do Carmo Simões Rolo de Deus
Ricardo Jorge Amorim de Deus
Manolo Cleiton Costa de Freitas
Leandro Marques Correia

DOI 10.22533/at.ed.36020210517

CAPÍTULO 18 221

ANÁLISE COMPLEXOMÉTRICA DE ALUMÍNIO EM ARROZ COZIDO EM PANEAS DE ALUMÍNIO E/OU INOX, EM RESTAURANTES DE SÃO LUÍS – MA

Elis Cristina de Sousa Ferreira
Ricardo Santos Silva
Anna Karolyne Lages Leal
Raissa Soares Penha Ferreira
Maria do Socorro Nahuz Lourenço

DOI 10.22533/at.ed.36020210518

CAPÍTULO 19 231

A PRIMEIRA MODELAGEM MOLECULAR POR HOMOLOGIA DA PROTEÍNA VP4 DO VÍRUS CHANGUINOLA

Bruno Rafael Costa Guimarães
Raul Alexandre Maciel Campos
Jânio di Paula Cavalleiro de Macêdo dos Santos
Adriano Santos da Rocha
Alan Sena Pinheiro
Jorddy Neves Cruz
Sandro Patroca da Silva
Davi Henrique Trindade Amador
Miguel Braga
Renato Araújo da Costa
Elaine Cristina Medeiros da Rocha
João Augusto Pereira da Rocha

DOI 10.22533/at.ed.36020210519

CAPÍTULO 20 249

POESIA COMO SIGNO ARTÍSTICO EM AULAS DE QUÍMICA

Elaine da Silva Ramos
Carlos Eduardo Laburú

DOI 10.22533/at.ed.36020210520

CAPÍTULO 21 261

ALBERTO MAGNO IN CHEMICAL TEACHING: THE COMICS AS A LEARNING METHOD

Ednalva Dantas Rodrigues da Silva Duarte
Ismael Montero Fernández

Cecilia Araujo

DOI 10.22533/at.ed.36020210521

CAPÍTULO 22 269

ESTUDO QUÍMICO DE PINTURAS RUPESTRES DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO TOCA DA BAIXA DO CAJUEIRO POR FRX PORTÁTIL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO

Maria Conceição Soares Meneses Lage

Wilkins Oliveira de Barros

Iasmin Maria Rodrigues de Sales Vieira

Anibal Gustavo Sousa Oliveira

Andressa Carvalho Lima

Benedito Batista Farias Filho

DOI 10.22533/at.ed.36020210522

SOBRE A ORGANIZADORA..... 281

ÍNDICE REMISSIVO 282

SMART COATING FOR CORROSION PROTECTION OF ALUMINIUM ALLOYS: GLOBAL AND LOCALIZED STUDY OF ANTI-CORROSION PERFORMANCE

Data de aceite: 04/05/2020

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0243-6639>

Data de submissão: 05/02/2020

Jéssica Verger Nardeli

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química,
Departamento de Físico-Química
Araraquara – São Paulo

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1394679914888559>

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4240-3863>

Cecílio Sadao Fugivara

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química,
Departamento de Físico-Química
Araraquara – São Paulo

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2797127887030838>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2288-2601>

Fátima Montemor

Centro de Química Estrutural-CQE, DEQ, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Lisboa – Portugal

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7835-6814>

Assis Vicente Benedetti

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química,
Departamento de Físico-Química
Araraquara – São Paulo

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1769008264876945>

ABSTRACT: The development of smart coating based on vegetable oils in the presence of additives have been a good alternative for corrosion protection of different metallic substrates. The AA2024 alloy is a prime material for application in aircraft parts and many others industrial parts, however, this alloy is susceptible to corrosion because the presence of sensitive S-phase, composed by copper and magnesium. The development of the coatings was based on researches of our group using tannin (natural inhibitor) for modification of the polymeric structure of polyurethane. The coatings were characterized by attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR-ATR), contact angle, and measurements of thickness. The barrier properties and corrosion protection ability were assessed by open circuit potential (E_{OCP}) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The self-healing ability of the coatings was studied by localized impedance spectroscopy (LEIS) in the presence of scratch on coating the surface. The results demonstrate that the modified coating provides effective corrosion protection due to damaged polymer healing and the electrochemical and surface

analysis contribute to the interpretation of the corrosion inhibition mechanism.

KEYWORDS: smart coating, corrosion protection, localized impedance, coatings development.

REVESTIMENTO INTELIGENTE PARA PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO DE LIGAS DE ALUMÍNIO: ESTUDO GLOBAL E LOCALIZADO DO DESEMPENHO ANTICORROSÃO

RESUMO: O desenvolvimento de revestimento inteligente à base de óleos vegetais na presença de aditivos têm sido uma boa alternativa para proteção contra corrosão de diferentes substratos metálicos. A liga AA2024 é um material primordial para aplicação em peças de aeronaves e outras peças industriais, no entanto, é suscetível à corrosão devido à presença da fase-S, composta por cobre e magnésio. O desenvolvimento dos revestimentos foi baseado em pesquisas do nosso grupo, utilizando tanino (inibidor natural) para modificação da estrutura polimérica do poliuretano. Os revestimentos foram caracterizados por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier com refletância total atenuada (FTIR-ATR), ângulo de contato e medidas da espessura. As propriedades de barreira e a capacidade de proteção contra corrosão foram avaliadas por medida de potencial em circuito aberto (EOCP) e espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS). A capacidade de autocura dos revestimentos foi estudada por espectroscopia de impedância localizada (LEIS) na presença de defeitos artificiais na superfície do revestimento. Os resultados demonstram que o revestimento modificado fornece proteção eficaz contra a corrosão devido à cura do polímero danificado e as análises eletroquímica e de superfície contribuem na interpretação do mecanismo de inibição da corrosão.

PALAVRAS-CHAVE: revestimento inteligente, proteção contra corrosão, impedância localizada, desenvolvimento de revestimentos.

1 | INTRODUCTION

Corrosion is a natural phenomenon, in which occurs the material deterioration due to reactions with species present in the environment. Corrosion is a continuous process (JONES, 2020; MELCHERS, 2019), and thus the choice of a coating must be judicious to last throughout the expected life cycle of the system.

The aluminium alloys used in the aerospace industry have been constantly improved over the past century and now constitute about 80% of the weight of modern aircraft (DORIN; VAHID; LAMB, 2018; YASAKAU et al., 2008). However, one of the major concerns of the airline industries is the ageing of the aircraft associated with corrosion. For protecting aluminum alloys and other metallic surface against

corrosion, it is crucial to understand the fundamental aspects of the corrosion processes affecting the material.

In this context, the search for self-healing polymers has increased due to the need to extend the useful life of materials that are susceptible to corrosion. Self-healing is defined: “*Self-healing can be defined as the ability of a material to heal (recover/repair) damages automatically and autonomously, that is, without any external intervention*” (GHOSH, 2009). The self-healing effect may be related to the physical or chemical integration of repairing components of the polymer, *i.e.* (1) embedment of vessels encapsulating reactive liquids, (2) chemical integration of dynamic reformable/reversible bonds, (3) dispersion of superparamagnetic, (4) self-repair without addition of any discrete physical/chemical healing constituents, driven by interchain van der Waals (vdW) (HORNAT; URBAN, 2020; PULIKKALPARAMBIL; SIENGCHIN; PARAMESWARANPILLAI, 2018). In accordance to literature (NARDELI et al., 2019a), the reaction into polyurethane with tannin inhibitor provided more hydrogen bonds formation that favors self-healing effect in polymers, which can be schematically represented in Figure 1.



Figure 1. General self-healing mechanism in polymer coating

Different approaches using global and localized techniques are essential for the development and interpretation of new protecting systems (NARDELI et al., 2016; NARDELI et al., 2019b). The aim of this chapter is to stimulate the development of new organic coatings based on formulations (with tannin) that have already proved efficient (NARDELI et al., 2020) in the protection against corrosion of aluminum alloys.

2 | METHODOLOGY

2.1 Coatings preparation

Two different coatings were obtained based on the details of preparation reported by our group (NARDELI et al., 2016 – unmodified coating; NARDELI et al., 2020 – modified coating, however using 2.5 wt.% tannin). The unmodified coating was prepared without inhibitor (NARDELI et al., 2016 - using a proportion 1:3 (polyester:prepolymer)) and the modified coating was obtained by adding tannin

inhibitor (97.5 wt.% unmodified coating + 2.5 wt.% tannin inhibitor) (NARDELI et al., 2020). Then, the coatings were applied on the AA2024 surface, according to the literature (NARDELI et al., 2020). The substrate preparation and composition of the AA2024 substrate were previously described (NARDELI et al., 2020).

2.2 Surface characterization

2.2.1 Thickness

The average thickness of the coatings was determined in triplicate with an Elcometer in different regions of the surface to verify the homogeneity of thickness throughout the length of the film.

2.2.2 Contact angle

The hydrophobicity of the substrate and coatings surface was evaluated by a Dataphysics OCA20. Static distilled water contact angles were measured by carefully placing a 17 μL water droplet onto the substrate aluminum alloy and coating (unmodified and modified) surfaces. The measurements were performed in three replicates to check data repeatability.

2.2.3 Attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR-ATR)

The coatings were chemically characterized by means of Fourier Transform Infrared Attenuated Total Reflectance (FTIR-ATR) using a Nicolet IS5 spectrophotometer with an Attenuated Total Reflectance attachment (scans = 32, energy scanning from 400 to 4000 cm^{-1} , resolution = 2 cm^{-1}), however, this characterization has been extensively explored in other works (NARDELI et al., 2019a).

2.2.4 Scanning electron microscopy (SEM)

The coating surface was analyzed after localized electrochemical study by SEM and EDX analysis using a FEG-SEM JEOL model JSM 7001F microscope at an accelerating voltage of 15 or 20 kV. The EDX detector from FEG-SEM JEOL is a light elements detector, from Oxford (England), model INCA 250.

2.3 Anti-corrosion performance

Anti-corrosion performance can be estimated by global electrochemical response and localized electrochemical response of the coating applied on

substrate. Both studies provided information based on the response of the coating in the absence (E_{OCP} and EIS measurements) and presence of the scratch (localized electrochemical impedance spectroscopy) on the surface.

To assess self-healing property, an artificial scratch (4 mm size) using a scalpel blade was applied on the coating surface until exposing the metallic substrate. The surface was observed by optical microscopy before and after the LEIS measurements, however, SEM/EDX results will be presented, which contribute more precisely to estimate the protection mechanism according to the composition inside the scratch zone and on the scratch-free zone.

2.3.1 Global electrochemical study

2.3.1.1. Open circuit potential (EOCP) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS)

For E_{OCP} and EIS, a conventional three-electrode electrochemical cell Model K0235 was used, which was composed by an AA2024 coated alloy (geometrical area of 1 cm² exposed to the electrolyte in the absence of scratch), the working electrode; an Ag|AgCl|KCl 3mol L⁻¹, the reference electrode and a Pt spiral, the auxiliary electrode. The electrolyte was 3.5% NaCl solution and the measurements were conducted at 25 oC.

E_{OCP} measurements were performed for both coatings (unmodified and modified) immersed in solution for 30 minutes. EIS measurements were performed for 2 h, 30 days, and 50 days of immersion, using a GAMRY REF 600 potentiostat/galvanostat by applying a 10 mV(r.m.s.) sinusoidal potential perturbation signal to EOCP, from 1×10^5 to 5×10^{-3} Hz, and recording 10 points/frequency decade. These data were employed to evaluate the coatings performance with 1 cm² exposed geometrical area in the absence of scratch.

2.3.2 Localized electrochemical study

2.3.2.1. Localized electrochemical impedance spectroscopy (LEIS)

LEIS measurements were performed with a Solartron 1286 electrochemical interface with a Solartron 1250 frequency response analyzer coupled with a Uniscan electrochemical station. The LEIS system was composed of five electrodes, consisting of a conventional three-electrode arrangement (reference electrode, counter electrode, and the coated sample as working electrode under a potentiostatic control) and a Pt bi-electrode (LEIS probe) to measure the local potential gradient

in solution above the working electrode surface. The reference electrode was a saturated calomel electrode (SCE) and the counter electrode was a Pt mesh. Details on the customized configuration of the LEIS probe used in this work have been previously described (NARDELI et al., 2016). The probe was stepped across a well-defined area of the sample including the scratch. The scanned area was $5048 \mu\text{m} \times 2000 \mu\text{m}$ for the unmodified coating and $5106 \mu\text{m} \times 2000 \mu\text{m}$ for the modified coating. A frequency of 5 kHz was used during LEIS mapping. The LEIS maps (area scan: 32 points x 16 lines) were taken in 0.005 mol L⁻¹ NaCl aqueous solution every hour, for 24 h of immersion.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Surface characterization

3.1.1 Thickness

The determined thicknesses were $445.8 \mu\text{m}$ and $741.6 \mu\text{m}$ for the unmodified coating (without tannin) and modified coating (with tannin), respectively.

3.1.2 Contact angle

Figure 2 shows the static contact angles of the surfaces of the coatings applied on AA2024 alloy. This study provided information on hydrophobicity the surface - the higher the contact angle, the greater the hydrophobicity of the surface, therefore, the less water uptake by the coating.

The addition of the organic coating on the AA2024 surface leads to an increase in the contact angle from 76.1° to 90.1° . The addition of inhibitor tannin to organic coating leads to an increase in the contact angle from 90.1° to 94.6° , demonstrated in Figure 2. Therefore, modified coating presents higher hydrophobicity.

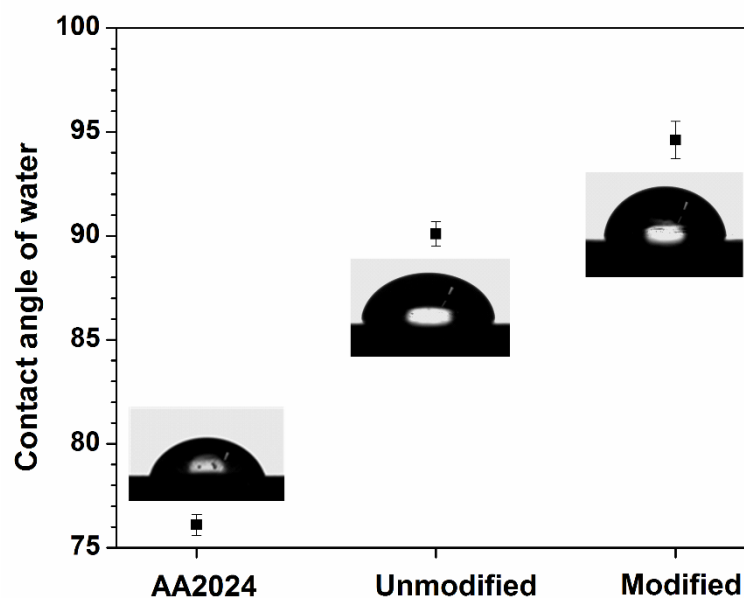


Figure 2. Static contact angles of AA2024 substrate, unmodified coating and modified coating as measured with deionized water.

3.2 Anti-corrosion performance

3.2.1 Global electrochemical study

3.2.1.1. Open circuit potential (EOCP) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS)

Figure 3a depicts the evolution of *EOCP* vs. time in 3.5% NaCl solution for the substrate AA2024 alloy, and for both unmodified and modified coatings. After 30 minutes of immersion, the *EOCP* values for the bare AA2024 alloy are close to -0.57 V/Ag|AgCl|KCl 3mol L⁻¹, while for the unmodified coating the value is ~ -0.40 V/Ag|AgCl|KCl 3mol L⁻¹. When the alloy is coated with the modified coating, the *EOCP* values is ~ -0.28 V/Ag|AgCl|KCl 3mol L⁻¹. Over the entire immersion test, the modified coating evidenced the most positive potential value that accounts for its better barrier property in relation to the modified coating.

Figure 3b and Figure 3c show a set of representatives Bode impedance modulus plots for the unmodified and modified coatings obtained after 2 h, 30 days and 50 days of immersion in 3.5% NaCl solution. These results cover the electrochemical response for an area of 1 cm² without artificial defect, allowing to estimate $|Z|$ values around 3.0×10^{10} (2 h), 2.1×10^{10} (30 days), 2.6×10^{10} (50 days) for unmodified coating, and $|Z|$ values $\sim 8.3 \times 10^{10}$ (2 h), $\sim 1.0 \times 10^{11}$ (30 days), $\sim 4.2 \times 10^{10}$ (50 days) for modified coating, being always higher than those of the unmodified coating. It is worth to recall that the surface of the modified coating is more hydrophobic, therefore, has less interaction with water, and the modified coating is also thicker

than the unmodified one.

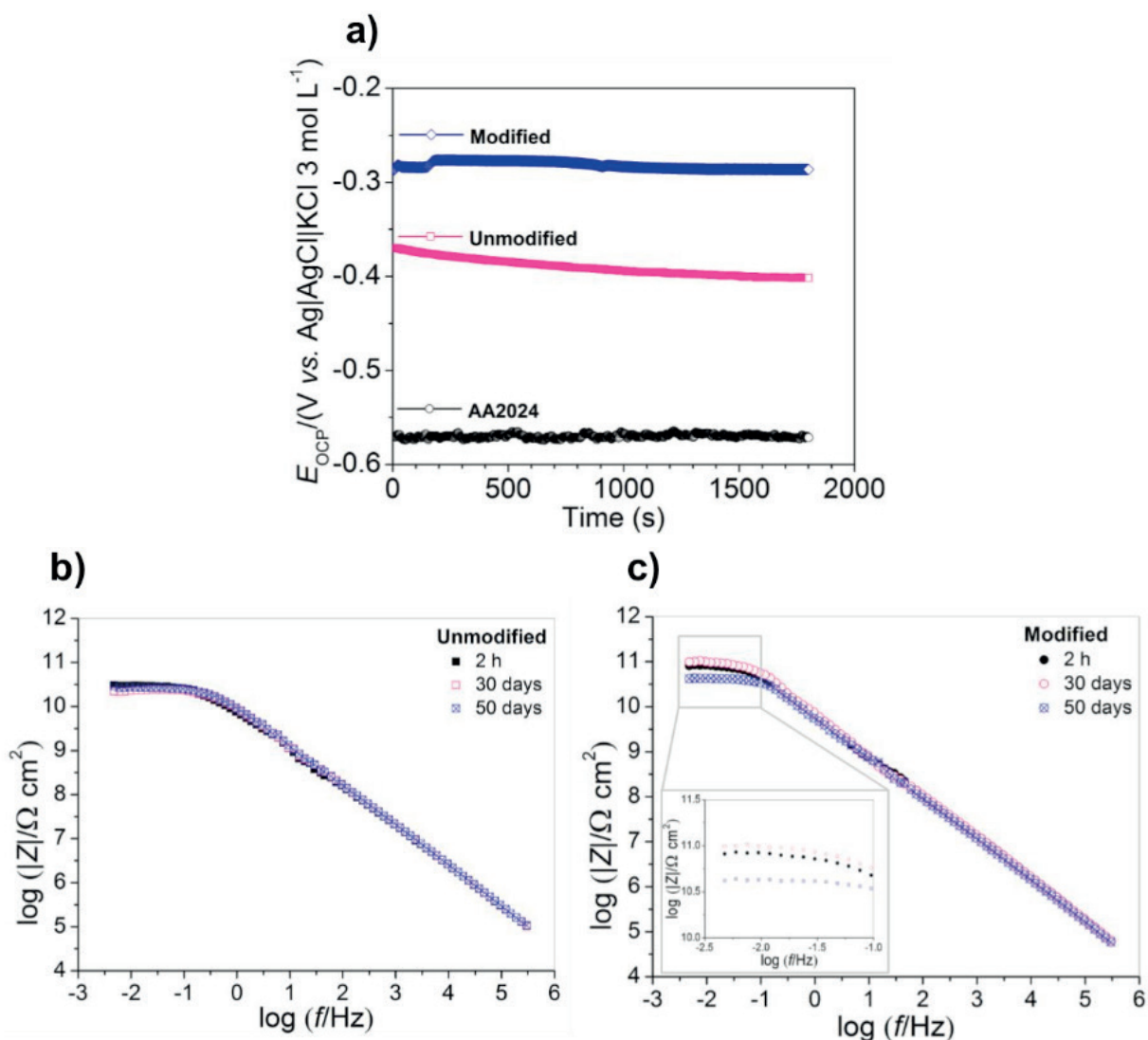


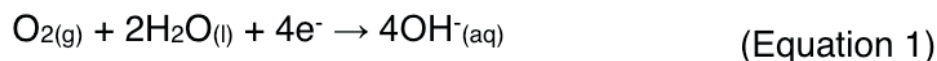
Figure 3. (a) E_{OCP} vs. time for 1800 seconds, (b and c) electrochemical impedance Bode |Z| plots taken at 2 h, 30 days, 50 days of immersion in 3.5% NaCl solution.

3.2.2 Localized electrochemical study

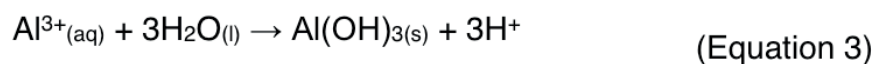
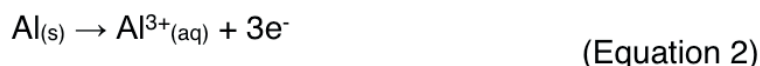
3.2.2.1. Localized electrochemical impedance spectroscopy (LEIS)

Figure 4 depicts the evolution of admittance above the surface of the unmodified (Figure 4a) and modified coatings (Figure 4b) provided by LEIS maps for 1 h, 15 h and 24 h of immersion in 0.005 mol L⁻¹ NaCl solution. The scale range in Figure 4a is identical to that in Figure 4b to allow a rough comparison between the admittance values. The admittance for the unmodified coating (Figure 4a) increases with the immersion time, showing maximum admittance at 24 h of immersion, thus corresponding to lower impedance values. Some of the most important reactions when the aluminum alloy is exposed to the electrolyte are depicted below as represented by equations 1 - 4.

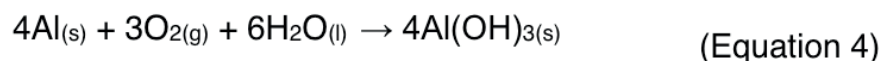
Cathodic reaction:



Anodic reaction:



Global reaction:



However, for the modified coating (Figure 4b) the decrease in admittance in the scratch zone is noted. LEIS experiment was carried out for 24 h only, and it confirms the trends observed in the EIS measurements depicted in Figure 3c. In accordance to literature [ref], the coating modified with tannin provided self-repair effect in scratch zone. In comparison to other results of our group in which a greater amount of tannin was used in the coating formulation, the self-healing effect starts in a few hours (~ 5 h) of immersion, while in the present case, using a lower amount of tannin and other polymeric matrix the effect starts after 15 h of immersion.

In this way it is confirmed that by changing the polymeric matrix and decreasing the amount of tannin, the self-healing effect is maintained, however, the process starts after longer immersion time (~15 h). Therefore, for the development of the smart coating it is interesting to increase the amount of tannin, so that the self-healing effect starts at shorter time. The importance of the interaction between the polymeric matrix and the tannin is also emphasized, so that this combination improves the coating performance against corrosion.

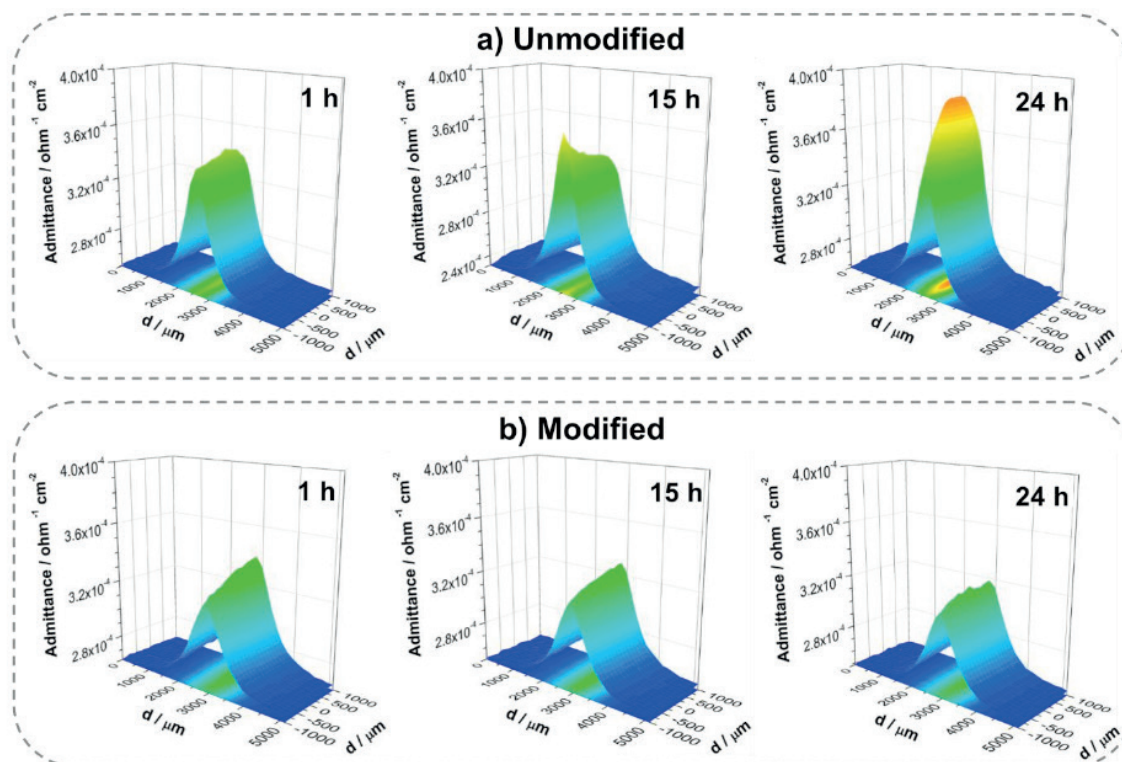


Figure 4. LEIS maps for (a) unmodified and (b) modified coatings obtained at 1 h, 15 h, 24 h of immersion in 0.005 mol L⁻¹ NaCl solution.

Thus, by combining EIS (global electrochemical study) with LEIS (localized electrochemical study), it was possible to observe, in detail, the evolution of the various resistive parameters and the local inhibition on the scratch.

At the end of the immersion test (24 h of immersion in 0.005 mol L⁻¹ NaCl solution) both defects were observed via SEM imaging and EDX analysis (Figure 5). Figure 5a shows that for the unmodified coating, the EDX analysis in the scratch zone confirmed the presence of aluminum. This result indicates that the corrosion process propagated from the scratch zone under the coating, attacking the substrate, in accordance to equations 1 - 4. For the modified coating (Figure 5b), the EDX analysis in the scratch zone shows the absence of aluminum, indicating that the modified coating recovers the coating in the scratch, an effect that can be attributed to the self-healing property, as suggested by the result obtained with LEIS, which shows the decrease of the admittance in the scratch zone.

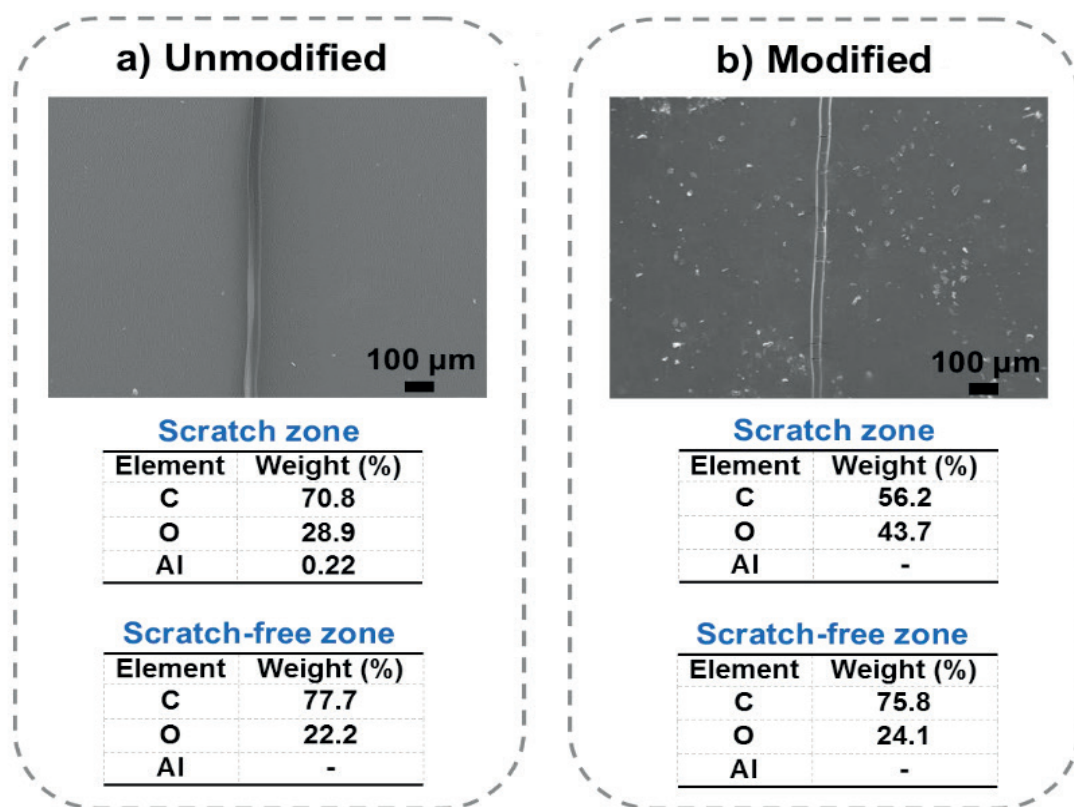


Figure 5. SEM images and EDX analysis (scratch zone and scratch-free zone) for (a) unmodified and (b) modified coatings after LEIS measurements in 0.005 mol L⁻¹ NaCl for 24 h.

The present findings demonstrated that the self-healing effect is maintained even when the composition of the polymer matrix is varied and less tannin is used, however, the self-healing process begins after 15 h of immersion (as observed by LEIS maps, Figure 4), instead of after 5 h (NARDELI et al., 2020). Thus, in the development of smart coatings it is necessary to combine components able to increase the barrier effect and the hydrophobicity of the surface to achieve an efficient protection against corrosion. Betting on a structure with a high number of OH groups, contributes to the self-healing effect.

4 | CONCLUSION

The two coatings were produced by a method known and used in our group, however using different polymeric structure and amount of tannin. The presence of tannin increased the thickness of the coating and the contact angle, resulting in a more hydrophobic surface than the unmodified coating. EIS results showed that the barrier effect is greater for the modified coating than for the unmodified coating, while LEIS and SEM/EDX results indicated that the self-healing properties of the coatings are greatly dependent on the amount of tannin in their formulation. Lowering the content of tannin maintained the self-healing effect however it started after longer immersion time.

ACKNOWLEDGEMENTS

J. V. Nardeli author thanks the São Paulo state agency FAPESP (Process: 2015/10554-9 and 2018/09040-9) for scholarships and TANAC S.A. by providing the inhibitors.

REFERENCES

Dorin, T.; Vahid, A.; Lamb, J. Aluminium lithium alloys. In Lumley, Roger N (ed), **Fundamentals of aluminium metallurgy: recent advances**, Woodhead Publishing, Duxford, Eng., p. 387-438, 2018.

GHOSH, S. K. **Self-healing Materials: Fundamentals, Design Strategies, and Applications**. Wiley-VCH, 2009.

Hornat, C. C.; Urban, M. W. Shape memory effects in self-healing polymers. **Progress in Polymer Science**, in press, p. 101208, 2020.

JONES, M. C. Corrosion Prevention. In: Vachtsevanos, G.; Natarajan, K.; Rajamani, R.; Sandborn, P. (eds) **Corrosion Processes. Structural Integrity**, Springer, Cham, v. 13, p. 105-117, 2020.

Melchers, R. E. Predicting long-term corrosion of metal alloys in physical infrastructure. **Nature: Materials Degradation**, v. 3, p. 4, 2019.

NARDELI, J. V.; FUGIVARA, C. S.; PINTO, E. R. P. P.; POLITO, W. L.; MESSADDECQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L.; BENEDETTI, A. V. Preparation of polyurethane monolithic resins and modified with a condensed tannin yielding self-healing property. **Polymers**, v. 11, p. 1890, 2019.

NARDELI, J. V.; FUGIVARA, C. S.; TARYBA, M.; MONTEMOR, M. F.; RIBEIRO, S. J. L.; BENEDETTI, A. V. Novel healing coatings based on natural-derived polyurethane modified with tannins for corrosion protection of AA2024-T3. **Corrosion Science**, v. 162, p. 108213, 2020.

NARDELI, J. V.; FUGIVARA, C. S.; TARYBA, M.; PINTO, E. R. P. P.; MONTEMOR, M. F.; BENEDETTI, A. V. Tannin: a natural corrosion inhibitor for bare and coated aluminum alloys. **Progress in Organic Coatings**, v. 135, p. 368-381, 2019.

NARDELI, J. V.; SNIHIROVA, D. V.; FUGIVARA, C. S.; MONTEMOR, M. F.; PINTO, E. R. P. P.; MESSADDECQ, Y.; BENEDETTI, A. V. Localised corrosion assessment of crambe-oil-based polyurethane coatings applied on the ASTM 1200 aluminum alloy. **Corrosion Science**, v. 111, p. 422-435, 2016.

Pulikkalparambil, H.; Siengchin, S.; Parameswaranpillai, J. Corrosion protective self-healing epoxy resin coatings based on inhibitor and polymeric healing agents encapsulated in organic and inorganic micro and nanocontainers. **Nano-Structures & Nano-Objects**, v. 16, p. 381-395, 2018.

Yasakau, K. A.; Zheludkevich, M. L.; Karavai, O. V.; Ferreira, M. G. S. Influence of inhibitor addition on the corrosion protection performance of sol-gel coatings on AA2024. **Progress in Organic Coatings**, v. 63, n. 3, p. 352-361, 2008.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AA2024 alloy 1, 6, 7
Adsorção de compostos 32, 36
Advanced Oxidation Processes 14, 87, 155
Aluminum alloy 4, 8, 12
Amplitude de pulso 50, 51, 52, 53, 54
Anti-corrosion performance 4, 7

B

Biocombustível 129
Biodigestor 142, 143, 144
Bioetanol 107, 115, 129, 139
Biogás 141, 142, 143, 144, 145, 146, 150, 151, 152
Biotransformation 24, 30

C

Chemistry Teaching 250, 261, 262
Cinza volante 118
Combustíveis fósseis 33, 99, 143
Complexometria 221, 222, 224
Compostos sulfurados 32, 33, 36, 39
Contaminantes orgânicos 57, 63, 69, 125, 157
Corrosion protection 1, 2, 12

D

Decolorization 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 87
Diagrama de fase 172, 173, 174

E

Electrochemical Impedance Spectroscopy 1, 5, 7, 8, 281
Energias renováveis 129, 143
Espectroscopia fotoeletrônica de raios X 32, 36, 41

F

Ferulic acid 24, 30, 31

G

Geoquímica de Contaminantes 69

Glifosato 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 53, 54, 55, 56

Grafeno 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54

H

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos 57, 60, 63, 154, 155, 156

I

Isotermas de adsorção-dessorção 32, 36, 38

L

Localized impedance 1, 2

M

Materiais mesoestruturados 37

Mecanismos de partição 57, 69

N

Nanotubos de carbono hidrofílicos 89, 96

Negro de carbono 89, 90

O

Óleo Residual 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 219, 220

Open circuit potential 1, 5, 7

Oxidação parcial do metano 98

P

Perfil cinético 113, 114, 135, 136, 137

Perovskita 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105

Persulfato 154, 155, 157, 158, 159, 160, 164, 165

Photocatalytic efficacy 14

Photo-fenton process 13, 22

Polymer coating 3

Processo oxidativo avançado 155

Processos enzimáticos 107

R

Reaction 3, 9, 14, 16, 19, 77, 99, 106, 119, 126, 169, 202

Reator solar 76, 77

Reforma do metano 99

S

Saponificação 202, 203, 204, 207, 209, 215, 216, 217, 219

Scanning Electron Microscopy 4, 281

Self-healing mechanism 3

Semiologia 249, 251, 259

Sensor eletroquímico 43

Sistema Aquoso Bifásico 170, 172, 177

Smart coating 1, 2, 9, 281

T

Teaching strategies 261

Toxicidade 46, 57, 65, 154, 156, 176, 222

V

Voltametria 43, 46, 47, 49

 **Atena**
Editora

2 0 2 0