



A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA 2

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)



A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA 2

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

A geração de novos conhecimentos na química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Eleonora Celli Carioca Arenare

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G354 A geração de novos conhecimentos na química 2 /
Organizadora Eleonora Celli Carioca Arenare. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-170-8

DOI 10.22533/at.ed.708212206

1. Química. I. Arenare, Eleonora Celli Carioca
(Organizadora). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A proposta implícita nessa coletânea fundamenta-se numa valorização eclética da pluralidade e diversidade, que reúne pesquisas que envolvem diversas linhas de abordagem, destacando-se por meio de tendências de estudos envolvendo a Ciência “Química”. Tendo como propósito principal disseminar e divulgar no meio acadêmico, envolvido com tal Ciência, informações provenientes de estudos e pesquisas desenvolvidas pela comunidade acadêmica contemporânea.

O e-book “A Geração de Novos Conhecimentos na Química”, está dividido em dois volumes, totalizando 46 artigos científicos, destacando-se temáticas pesquisadas e discutidas por estudantes, professores e pesquisadores. Os quais evidenciam, artigos teóricos e pesquisas de campo, abrangendo a linha de Ensino e diversas outras linhas de estudo, que se desenvolveram por meio de pesquisas laboratoriais.

O volume I aborda tendências, envolvidos com a área de Ensino de Química, os quais dão ênfase as seguintes abordagens: Ensino Remoto, Experimentação, Concepções Pedagógicas, Bioinformática, Contextualização, Jogos Lúdicos, Redes Sociais, Epistemologia, Formação de Professores, Habilidades e Competências e Metodologias utilizadas no processo de Ensino e Aprendizagem.

O volume II aborda temáticas de cunho experimental, desenvolvidas e comprovadas por meio das análises desenvolvidas em diferentes universidades brasileiras, dando ênfase à: Química Inorgânica, Eletroquímica, Química Orgânica, Química dos Alimentos, Quimiometria, Química Analítica, Química Biológica, Nanoquímica e Processos Corrosivos.

A coletânea é indicada para àqueles (estudantes, professores e pesquisadores) envolvidos com a Ciência “Química”, que anseiam por intermédio de informações atualizadas, apropriarem-se de novas informações, correlacionadas a pesquisas acadêmicas, tendo desta forma, novas bases de estudo e investigação para a aquisição e construção de novos conhecimentos.

Excelente leitura!

Eleonora Celli Carioca Arenare

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE BROMATOLÓGICA DO ÓLEO DE COCO (*Cocos nucifera* L.) E DO ÓLEO DE ABACATE (*Persea americana* Mill.)

Natasha Alves Rocha
Valdiléia Teixeira Uchôa
Camila Alves Rocha
Maria Karina da Silva
Maciel Lima Barbosa
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
Luis Fernando Guimarães Noletto
Penina Sousa Mourão
Francisco Henrique Pereira Lopes
Camila da Silva Ibiapina
Aline Estefany Brandão Lima
Marta Silva de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.7082122061

CAPÍTULO 2..... 14

APLICAÇÃO DO FILME DE SILANOS VS/GPTMS MODIFICADOS COM A CASCA DO ALHO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Iago Magella Fernandes Costa Rossi e Silva
Lhaira Souza Barreto
Mirian Sanae Tokumoto
Fernando Cotting
Franco Dani Rico Amado
Vera Rosa Capelossi

DOI 10.22533/at.ed.7082122062

CAPÍTULO 3..... 26

AVALIAÇÃO DA COMPLEXAÇÃO ENTRE SACARINA E MÔNOMERO ORGÂNICO - INORGÂNICO POR TITULAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA

Izabella Fernanda Ferreira Domingues
Camila Santos Dourado
Jez Willian Batista Braga
Ana Cristi Basile Dias

DOI 10.22533/at.ed.7082122063

CAPÍTULO 4..... 36

AVALIAÇÃO DE USO DE FIBRAS DA AMAZÔNIA PARA REFORÇO EM COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER

Syme Regina Souza Queiroz
José Maria Braga Pinto
Vanessa Maria Yae do Rosario Taketa
Nilton Cesar Almeida Queiroz
Emerson Rodrigues Bastos Junior
Vera Lúcia Dias da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7082122064

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 5 | 45 |
| AÇÃO INIBIDORA DA CAFEÍNA CONTRA A CORROSÃO DO AÇO CARBONO SAE 1020 EM MEIO DE CLORETO DE SÓDIO | |
| Diene de Barros Ferreira | |
| Felipe Staciaki da Luz | |
| Gideã Taques Tractz | |
| Guilherme Arielo Rodrigues Maia | |
| Letícia Fernanda Gonçalves Larsson | |
| Paulo Rogério Pinto Rodrigues | |
| Everson do Prado Banczek | |
| DOI 10.22533/at.ed.7082122065 | |
| CAPÍTULO 6 | 55 |
| CATÁLISE NA QUÍMICA FINA: SÍNTESE DE ÁCIDO BENZÓICO PELA OXIDAÇÃO DO ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE NANOPARTÍCULAS DE OURO SUPORTADAS EM Sr(OH)₂-SrCO₃@CoFe₂O₄ | |
| Pelry da Silva Costa | |
| Jussara Morais da Silva | |
| Itaciara Erliny Maria da Silva Melo | |
| Carla Verônica Rodarte de Moura | |
| Edmilson Miranda de Moura | |
| DOI 10.22533/at.ed.7082122066 | |
| CAPÍTULO 7 | 69 |
| DETERMINATION OF LODENAFIL CARBONATE BY SQUARE-WAVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY | |
| Jonatas Schadeck Carvalho | |
| Sueli Pércio Quináia | |
| DOI 10.22533/at.ed.7082122067 | |
| CAPÍTULO 8 | 81 |
| DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LARANJA PÊRA | |
| Taís Port Hartz | |
| DOI 10.22533/at.ed.7082122068 | |
| CAPÍTULO 9 | 85 |
| DETERMINAÇÃO DE TEMPERATURA DE TORRA POR ANÁLISE TÉRMICA | |
| Francisco Raimundo da Silva | |
| Weverton Campos Nozela | |
| Diógenes dos Santos Dias | |
| Clóvis Augusto Ribeiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.7082122069 | |
| CAPÍTULO 10 | 96 |
| DETERMINAÇÃO POR GC-MS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS VOLÁTEIS EM GALHOS E FOLHAS DE MANSOA HIRSUTA | |
| Nayra Micaeli dos Santos Sousa | |

Patrícia e Silva Alves
Paulo Sousa Lima Junior
Joaquim Soares da Costa Junior
Christian Rilza Silva de Melo
Nerilson Marques Lima
Antônia Maria das Graças Lopes Citó
Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos Andrade

DOI 10.22533/at.ed.70821220610

CAPÍTULO 11..... 104

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS POR CLAE-DAD E UV-Vis PARA QUANTIFICAÇÃO DE FLAVONOIDES NAS FOLHAS DE TRIPLARIS GARDNERIANA WEDD. (POLYGONACEAE)

Sandra Kelle Souza Macêdo
Emanuela Chiara Valença Pereira
Isabela Araújo e Amariz
David Fernandes Lima
Jackson Roberto Guedes da Silva Almeida
Larissa Araújo Rolim
Xirley Pereira Nunes

DOI 10.22533/at.ed.70821220611

CAPÍTULO 12..... 130

ESTUDO DA ADSORÇÃO DE ÍONS A NANOPARTÍCULAS DE FERRITA DE COBALTO CoFe_2O_4

Caio Carvalho dos Santos
Wesley Renato Viali
Eloiza da Silva Nunes Viali
Miguel Jafelicci Júnior
Rodrigo Fernando Costa Marques

DOI 10.22533/at.ed.70821220612

CAPÍTULO 13..... 142

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE HIDROLISADOS DE BSG NA SUBSTITUIÇÃO DA SOJA COMO PROTEÍNA VEGETAL ADICIONADA

Suyanne Teske Pires
Rodrigo Geremias

DOI 10.22533/at.ed.70821220613

CAPÍTULO 14..... 150

FILMES DE AMIDO/QUITOSANA ADICIONADOS DE FIBRAS E CRITAIS DE NANOCELULOSE OBTIDOS DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Renata Paula Herrera Brandelero
Evandro Martim Brandelero
Guilherme Landim Santos

DOI 10.22533/at.ed.70821220614

CAPÍTULO 15..... 161

FOTOCATALISADORES À BASE DE d-FeOOH E NiO: ESTUDO EXPERIMENTAL E ASPECTOS TEÓRICOS

Mariana de Rezende Bonesio
Francisco Guilherme Esteves Nogueira
Daiana Teixeira Mancini
Teodorico de Castro Ramalho

DOI 10.22533/at.ed.70821220615

CAPÍTULO 16..... 163

RHODAMINE B PHOTODEGRADATION OVER Ag_3PO_4 /SBA-15 UNDER VISIBLE RADIATION BASED ON WLEDS LIGHT

Luis Fernando Guimarães Noletto
Francisco Henrique Pereira Lopes
Vitória Eduardo Mendes Vieira
Marta Silva de Oliveira
Maria Karina da Silva
Camila da Silva Ibiapina
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
João Ferreira da Cruz Filho
Lara Kelly Ribeiro da Silva
Aline Estefany Brandão Lima
Maria Joseíta dos Santos Costa
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.70821220616

CAPÍTULO 17..... 183

LACTOFERRINA: PROPRIEDADES ESTRUTURAS E SUAS FUNÇÕES BIOLÓGICAS

Edson Ferreira da Silva
Milena Bandeira de Melo
Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes
Sonia Salgueiro Machado
Fabiane Caxico de Abreu Galdino

DOI 10.22533/at.ed.70821220617

CAPÍTULO 18..... 195

NANOFLUIDOS DE SULFETO DE COBRE

Caio Carvalho dos Santos
Wesley Renato Viali
Eloiza da Silva Nunes Viali
Miguel Jafelicci Júnior
Rodrigo Fernando Costa Marques

DOI 10.22533/at.ed.70821220618

CAPÍTULO 19.....207

NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO ($\text{Na}_x\text{H}_{2-x}\text{Ti}_3\text{O}_7$) OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Alexandre Zirpoli Simões
Glenda Biasotto
Maria Aparecida Zaghete
Elson Longo
Leinig Antonio Perazolli

DOI 10.22533/at.ed.70821220619

CAPÍTULO 20.....220

PRODUCTION OF ROD-LIKE MORPHOLOGY OF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ METAL-ORGANIC FRAMEWORKS USING ONE MINUTE SONICATION

Aline Geice Silva de Oliveira
Daniela Cordeiro Leite Vasconcelos
Peter George Weidler
Wander Luiz Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.70821220620

CAPÍTULO 21.....231

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOFIBRAS DE CARBONO POR FIAÇÃO POR SOPRO A PARTIR DE POLIACRILONITRILA

Lais Angelice de Camargo
Monica Cristina Ferro Martins
José Manoel Marconcini
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

DOI 10.22533/at.ed.70821220621

CAPÍTULO 22.....237

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES DE AMIDO TERMOPLÁSTICO NA PRESENÇA DE UREIA

João Otávio Donizette Malafatti
Thamara Machado de Oliveira Ruellas
Letícia Ferreira Lacerda Schildt
Marcelo Ávila Domingues
Bruna Santostaso Marinho
Mariana Rodrigues Meirelles
Elaine Cristina Paris

DOI 10.22533/at.ed.70821220622

CAPÍTULO 23.....250

QUÍMICA FORENSE: DESMISTIFICANDO AS ANÁLISES CRIMINALÍSTICAS CINEMATOGRÁFICAS

Anna Maria Deobald
Maísa Silveira
Aline Machado Zancanaro

DOI 10.22533/at.ed.70821220623

CAPÍTULO 24.....263

REAÇÕES DE DESSULFURIZAÇÃO OXIDATIVA DO DIBENZOTIOFENO CATALISADA POR COMPLEXOS DE VANÁDIO, NIÓBIO E MOLIBDÊNIO

Carlos Taryk Bessa da Silva
Juliana Moreira Barreto
Paula Marcelly Alves Machado
Elizabeth Roditi Lachter

DOI 10.22533/at.ed.70821220624

CAPÍTULO 25.....274

SIMULAÇÕES DE DOCKING E DINÂMICA MOLECULAR NA BUSCA DE FÁRMACOS MODULADORES DO SISTEMA NEUROINFLAMATÓRIO EM INFECÇÕES PELO SARS-COV-2

Micael Davi Lima de Oliveira
Kelson Mota Teixeira de Oliveira
Jonathas Nunes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220625

CAPÍTULO 26.....296

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE COMPLEXOS DE PALÁDIO(II) COM LIGANTE FOSFÍNICO

Thais Castro Silva
Alessandra Stevanato
Adriana Pereira Duarte
Cláudio Rodrigo Nogueira
Janksyn Bertozzi
Valéria da Silva Cavania
Cristiana da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220626

CAPÍTULO 27.....309

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO de Fe_3O_4/SiO_2 E SUA APLICAÇÃO NA MODIFICAÇÃO DE ELETRODO IMPRESSO DE CARBONO

Vanessa Cezar Ribas
Jacqueline Arguello da Silva
Thágor Moreira Klein
Larissa Leffa Fernandes
Vladimir Lavayen

DOI 10.22533/at.ed.70821220627

CAPÍTULO 28.....320

TUNGSTATO DE MAGNÉSIO ($MgWO_4$): UMA REVISÃO SOBRE OS MÉTODOS DE SÍNTESE

Vitória Eduardo Mendes Vieira
Luis Fernando Guimarães Noletto
Francisco Henrique Pereira Lopes
Marta Silva de Oliveira
Ester Pamponet Ribeiro

Keyla Raquel Batista da Silva Costa
Maria Karina da Silva
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
Maria Joséfa dos Santos Costa
Amanda Carolina Soares Jucá
Yáscara Lopes de Oliveira
Laécio Santos Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.70821220628

| | |
|----------------------------------|------------|
| SOBRE A ORGANIZADORA..... | 334 |
| ÍNDICE REMISSIVO..... | 335 |

APLICAÇÃO DO FILME DE SILANOS VS/GPTMS MODIFICADOS COM A CASCA DO ALHO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Iago Magella Fernandes Costa Rossi e Silva

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA
<http://lattes.cnpq.br/4394828099106755>

Lhaira Souza Barreto

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/6181792853510077>

Mirian Sanae Tokumoto

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus - BA
<http://lattes.cnpq.br/1369361529712124>

Fernando Cotting

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - MG
<http://lattes.cnpq.br/3373558974232568>

Franco Dani Rico Amado

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA
<http://lattes.cnpq.br/3437088948218191>

Vera Rosa Capelossi

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus - BA
<http://lattes.cnpq.br/0713486577039303>

RESUMO: O aço galvanizado é uma liga metálica revestida com zinco que possui diversas aplicações industriais, usualmente

passa por processos de pré-tratamento à base de cromatos ou fosfatos visando uma proteção contra corrosão. Apesar das camadas de conversão obtidas através da cromatização serem conhecidas por sua eficiência, os íons Cr^{+6} possuem alta toxicidade e geram efluentes prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. A partir disso, surge a necessidade de pesquisar métodos alternativos de pré-tratamentos com materiais menos agressivos, naturais e amigáveis ambientalmente. Os silanos organofuncionais são moléculas híbridas e conferem boa resistência à corrosão. Pesquisas indicam que a adição de inibidores verdes nas soluções de silano aumenta o poder inibitório dos filmes. O objetivo dessa pesquisa é avaliar o comportamento do filme de silano obtido por viniltrióxissilano (VS) com γ -glicidoxipropiltrimetoxissilano (GPTMS) modificado com o pó da casca de alho como inibidor de corrosão. A investigação foi realizada utilizando espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) e curvas de polarização potenciodinâmicas, como técnicas de caracterização química e eletroquímica, respectivamente. A análise de FTIR indicou que o espectro do silano (VS+GPTMS) é muito similar ao do silano (VS+GPTMS) modificado com a casca do alho. Os resultados dos ensaios eletroquímicos mostraram que, na presença do modificador, as amostras impediram melhor a penetração do eletrólito. Com isso, conclui-se que a modificação do filme de silano com a casca do alho é promissora, entretanto tempos de contato com o eletrólito maiores devem ser estudados.

PALAVRAS - CHAVE: Aço galvanizado; Pré-tratamento; Silano; Inibidor verde; Casca de alho.

APPLICATION OF SILANE FILM VS/GPTMS MODIFIED WITH GARLIC PEEL FOR PROTECTION AGAINST CORROSION OF GALVANIZED STEEL

ABSTRACT: Galvanized steel is a zinc coated alloy that has several industrial applications, pretreatment processes are required to improve the properties of galvanized steel. Although the conversion layers obtained through chromatization are known for their efficiency, Cr⁺⁶ ions are highly toxic and generate effluents that are harmful to human health and the environment. Therefore, it is necessary to research alternative pretreatment methods with less aggressive, natural, and environmentally friendly materials. The organofunctional silanes are hybrid molecules and provide good resistance to corrosion. Research indicates that the addition of corrosion green inhibitors to silane solutions increases the inhibitory power of films. The objective of this research is to evaluate the behavior of silane film obtained by vinyltriethoxysilane (VS) with γ -glycidoxypropyltrimethoxysilane (GPTMS) modified with the garlic peel powder as a corrosion inhibitor. The investigation was carried out using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and potentiodynamic polarization curves, as chemical and electrochemical characterization techniques, respectively. The FTIR analysis indicated that the spectrum of silane (VS+GPTMS) is like that of silane (VS+GPTMS) modified with garlic peel. The results of the electrochemical tests showed in the presence of the modifier, the samples better prevents the penetration of the electrolyte. It is concluded that the modification of the silane film with the garlic peel is promising, however longer electrolyte contact times should be studied.

KEYWORDS: Galvanized steel; Pretreatment; Silane; Green inhibitor; Garlic peel.

1 | INTRODUÇÃO

A galvanização é uma técnica secular para proteção dos produtos siderúrgicos da corrosão atmosférica de forma eficaz e econômica, ocorre a partir de um banho de imersão a quente zinco fundido ou eletro galvanização para obter um material revestido com uma camada protetora de zinco, resultando no aço galvanizado. Possui um amplo uso na construção civil, na indústria automobilística e de linha branca, bem como em materiais expostos à atmosfera terrestre, como torres de transmissão de energia elétrica. Por sua vasta aplicação, diversas pesquisas estão sendo realizadas para aperfeiçoar as propriedades mecânicas e prolongar a vida útil desse material (SERÉ, P. R. et al., 2018; ZHAOHUA, L. et al., 2018).

Para reduzir a reatividade das superfícies zincadas e aumentar a vida útil desses materiais são usualmente utilizados pré-tratamentos. Os processos mais comuns de pré-tratamentos são o da cromatização e da fosfatização, porém possuem alta toxicidade e geram efluentes prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Dessa forma, torna-se necessário o estudo de métodos sustentáveis de pré-tratamentos (AN et al., 2017; LONG;

LIU; PENG, 2021).

Como alternativa para os pré-tratamentos surgiram estudos com silanos, que são moléculas híbridas, funcionais e organofuncionais que atuam como agentes de acoplamento entre materiais orgânicos e inorgânicos, além disso conferem boa resistência à corrosão atuando como uma proteção de barreira física, dificultando a penetração do eletrólito e a difusão do oxigênio na interface do substrato metálico. Muitos estudos citam bons resultados com o uso de silanos na proteção contra a corrosão (FOROOZAN; NADERI, 2015; TAHERI; NADERI, 2018; GARCIA; CASAS; MORALES, 2020).

Na literatura é possível verificar exemplos de trabalhos reportados na área de filmes de silanos modificados com a adição de inibidores de corrosão. Por exemplo, Li et al. (2020) relataram um método para formação de uma superfície hidrofóbica resistente a corrosão na superfície do aço galvanizado a partir do silano viniltrimetoxisilano (VTMS) acrescidos de nitrito de prata e nitrato de cério (III) hexahidratado. Nikpour et al. (2018) avaliaram o desempenho do filme formado a partir da mistura dos silanos metiltriethoxisilano (MTES), γ -glicidoxipropyltrimethoxysilane (GPTMS) e tetraetilortosilano (TEOS) com *Mentha longifolia* na superfície do aço carbono. Hamidon e Hussin (2020) estudaram a resistência à corrosão no aço carbono revestido com filme de silano TEOS e 3-aminopropiltriethoxisilano (APTES) modificado com a cafeína extraída de folhas de chá.

O extrato de casca de alho (*Allium sativum*. L.) foi estudado para possível substituição do benzotriazol (BTAH) na inibição da corrosão do aço carbono ASTM 1020 (CS-1020) em 0,5 mol. L⁻¹ meio de ácido clorídrico. O estudo concluiu que a eficiência de inibição do extrato da casca de alho foi apenas ligeiramente inferior ao BTAH, mostrando que o primeiro inibidor pode ser uma opção ambientalmente correta para inibidores tóxicos (BARRETO et al., 2017).

Em direção a um novo campo de pré-tratamento sustentável a atual pesquisa objetiva avaliar a casca de alho como modificador na obtenção do filme de silano VS com GPTMS na superfície do aço galvanizado em meio salino de cloreto de sódio a 0,1 mol.L⁻¹, para diferentes concentrações do inibidor, por meio das técnicas químicas e eletroquímicas. Apesar da casca de alho ter sua eficiência estabelecida em meio ácido (BARRETO et al., 2017), o presente trabalho estudou um eletrólito neutro, pois pretende-se proteger o substrato de ambientes confinados contendo cloretos.

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Obtenção do inibidor

Inicialmente, as cascas de alho foram lavadas em água corrente e secas em estufa na temperatura de 60 °C até obter massa constante. Para reduzir a granulometria, o material seco foi triturado em um moinho de facas e tiveram suas partículas separadas através do sistema de peneiras Tyler, o pó utilizado como inibidor foi o retido na peneira de

fundo após a peneira de 170 mesh.

2.2 Preparação do substrato

As placas de aço galvanizado obtidos por imersão a quente, fornecidas pela USIMINAS (Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A), foram cortados por uma guilhotina em corpos de prova (CP) de 15 mm x 20 mm x 0,9 mm. Depois disso, os CPs foram limpos com algodão e álcool etílico, secos com soprador térmico e levados para melhor limpeza de sua superfície irregular em banho ultrassônico por 10 min, e secos novamente. Em seguida, os CPs foram levados para remoção de gorduras e óleos sendo imersos em uma solução desengraxante alcalina Saloclean N667 na concentração de 50 g.L⁻¹, a 55°C e sob agitação durante 10 min. Após o desengraxe, os CPs foram lavados com água destilada para remoção da solução desengraxante e secos com soprador térmico.

2.3 Formação do filme

Os filmes foram preparados a partir da adição de 4% da mistura 1:1 (m/m) dos silanos VS e GPTMS na solução solvente de água/etanol (50 % m/m). Essa solução alcoólica teve seu pH ajustado para 4 com ácido acético glacial, em seguida adicionou-se o inibidor em diferentes concentrações (1,44 g.L⁻¹; 1,77 g.L⁻¹; 2,11 g.L⁻¹) para encaminhar ao banho ultrassônico por 10 min, depois disso foram adicionados os silanos e levada à hidrólise sob agitação magnética por 60 min. Após o tempo de hidrólise os CPs foram imersos por 2 min na solução de silanos na ausência e presença de inibidor em diferentes concentrações, e depois levados para cura em estufa à temperatura de 150 °C por 120 min.

2.4 FTIR

As análises por espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) foram obtidas na faixa média de comprimento de onda de 4000 a 400 cm⁻¹ a uma resolução de 4 cm⁻¹, utilizando um espectrômetro Thermo Scientific TM Nicolet TM is10. As amostras foram preparadas em lâminas de vidro, o filme formado foi raspado e utilizado em pastilhas de KBr.

2.5 Ensaios eletroquímicos

Os ensaios eletroquímicos foram realizados em uma célula eletroquímica de três eletrodos com NaCl 0,1 mol.L⁻¹ como eletrólito, sendo: o eletrodo de trabalho o CP com 1 cm² de área exposta, Ag|AgCl|KCl sat como eletrodo de referência e contra eletrodo de titânio revestido com ródio. Os ensaios foram feitos em triplicatas a temperatura ambiente de 25 °C.

As medidas eletroquímicas das amostras sem inibidor e com inibidor nas concentrações estudadas foram realizadas por um potenciostato/galvanostato Metrohm Autolab modelo PGSTAT302N com software NOVA 2.1.4. Primeiramente ocorreu o ensaio de monitoramento de potencial de circuito aberto (OCP) durante 90 minutos, tempo necessário para estabilização do potencial de eletrodo. Logo após, obteve-se as medidas

de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), em um intervalo de frequência de 100 kHz a 10 mHz com 10 pontos/década e amplitude de perturbação de 10 mV (rms). Depois disso, as curvas de polarização potenciodinâmicas foram obtidas no intervalo de sobretensão de -250 mV a +250 mV em relação ao OCP, com velocidade de varredura em $0,5 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$. Os dados foram tratados e ajustados com auxílio do software Origin 8.0.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

Estudos espectrais do FTIR foram realizados para determinar os grupos funcionais presentes na casca do alho, no filme de silano (VS+GPTMS) e no filme de silano (VS+GPTMS) modificado com o pó da casca do alho.

3.1.1 FTIR da casca do alho

A figura 1 apresenta o espectro FTIR da casca do alho, em 3421 cm^{-1} , o estiramento característico de ligação O-H e/ou NH como as existentes em grupos fenólicos (ALANEME et al., 2015). Outras bandas importantes neste espectro são a de 1734 cm^{-1} (C = O), e aquelas entre 1325 cm^{-1} e 1636 cm^{-1} , correspondendo a compostos orgânicos contendo nitrogênio e enxofre. Outras bandas específicas atribuídas a compostos contendo enxofre também foram detectadas em 720 cm^{-1} (CS), 1061 cm^{-1} (S = O) e em 1235 cm^{-1} (SS).

O espectro do FTIR do pó da casca do alho evidenciou a presença de alguns compostos com propriedades antioxidantes, a saber: enxofre e nitrogênio. A presença desses átomos pode favorecer a adsorção de moléculas orgânicas às superfícies metálicas potencializando suas propriedades inibidoras (ZUCCHI et al., 1985; RAJAM; RAJENDRAN; SARANYA, 2013; BARRETO et al., 2017).

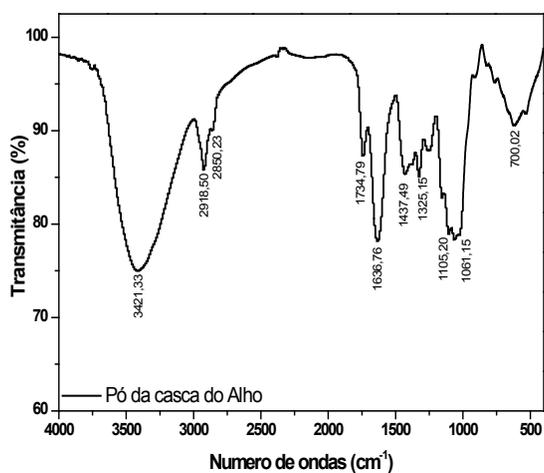


Figura 1 – Espectro FTIR do pó da casca do alho.

3.1.2 FTIR do filme de silano (VS+GPTMS) e Espectro FTIR do no filme de silano (VS+GPTMS) modificado com o pó da casca do alho.

A figura 2 apresenta os espectros no infravermelho para os filmes de silano VS+GPTMS, e também para os filmes modificados com 1,44 g.L⁻¹ do pó da casca do alho. Avaliando os espectros do infravermelho (Figura 2) nota-se que as amostras modificadas ou não com o pó da casca do alho, apresentam bandas de absorção no mesmo número de onda, indicando que os filmes obtidos possuem estrutura química semelhantes.

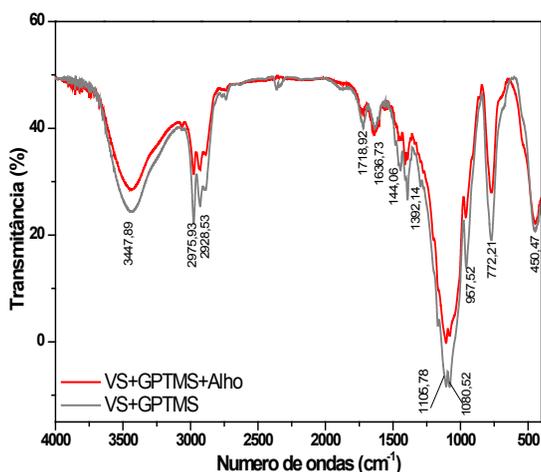


Figura 2 – Espectro FTIR do filme de silano (VS+GPTMS) e Espectro FTIR do no filme de silano (VS+GPTMS) modificado com o pó da casca do alho.

A presença da banda em torno de 1080 cm^{-1} corresponde ao estiramento Si-O das ligações siloxano (Si-O-Si), e caracterizam a presença das redes siloxanos nos filmes (OOIJ *et al.*, 2005). Em 957 cm^{-1} indica a presença de grupo Si-OH devido à presença de silanóis produzidos na hidrólise do silano e não condensação de todos eles. Em 1392 cm^{-1} encontra-se a banda característica dos dobramentos CH_2 e CH_3 e em 2975 cm^{-1} uma banda de estiramento C-H. A banda em 1603 cm^{-1} é característica do grupo vinil (C=C), ou seja, corresponde a deformação axial do C=C-H (OOIJ *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2020). A banda larga em 3440 cm^{-1} é característica da deformação axial OH das ligações Si-OH que de grupos que não foram reticuladas no processo de obtenção do filme (AQUINO, 2006).

Nota-se que o espectro do silano é muito parecido com o espectro do silano modificado com a casca do alho, o que indica que o sinal do silano foi mais forte, possivelmente por ele ser mais absorvente que o pó da casca do alho ou por estar em quantidade maior na proporção silano – alho, além das ligações entre os elementos no silano e no alho serem parecidas. No espectro do silano modificado com a casca do alho nota-se uma pequena diminuição de intensidade nas bandas referentes as ligações siloxano (Si-O-Si), como o revestimento de silano oferece proteção por barreira e essas ligações devem garantir uma reticulação adequada do filme para a formação de uma densa camada, a eficiência do revestimento diminuída, com o aumento da concentração, nos resultados do EIE pode ser justificada.

3.2 Espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE)

A Figura 1 apresenta os diagramas de impedância para o aço galvanizado pré-tratado com VS e GPTMS (VS+GPTMS) e para a mistura de silano na presença das diferentes concentrações de pó da casca de alho: $1,44\text{ g.L}^{-1}$; $1,77\text{ g.L}^{-1}$; $2,11\text{ g.L}^{-1}$.

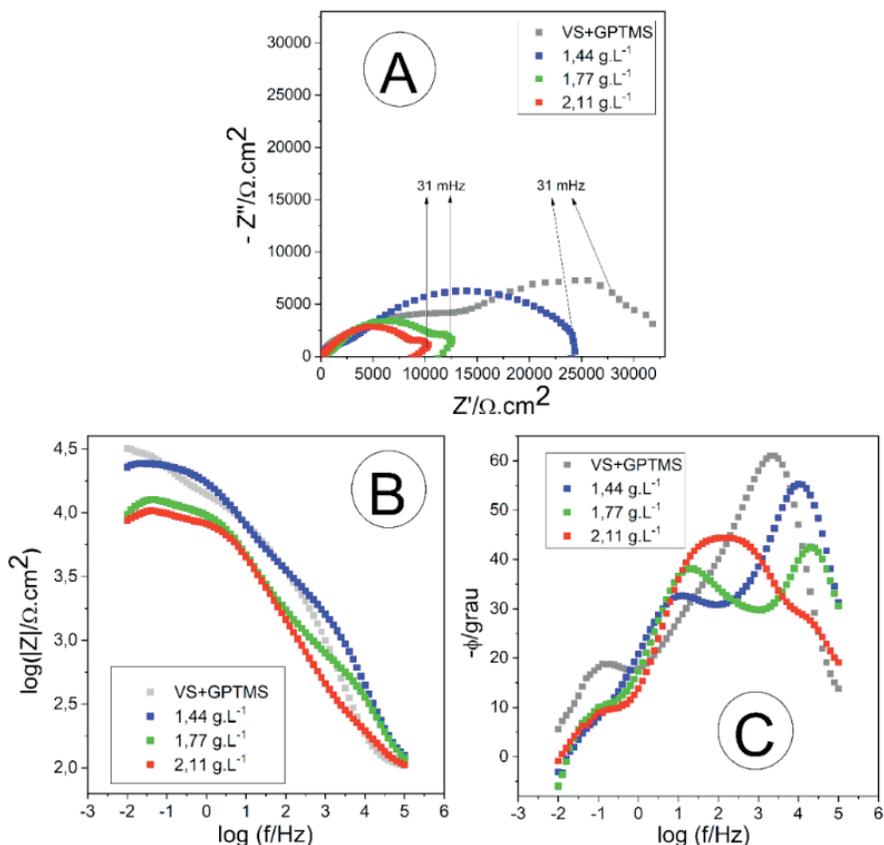


Figura 3 – Diagramas de Nyquist (A), Bode módulo de impedância (B) e Bode ângulo de fase (C), para amostras na ausência e presença das diferentes concentrações de pó da casca de alho no filme de silano VS+GPTMS.

Na Figura 3A, observa-se que o maior valor de impedância real (Z') obtida foi para a amostra na ausência de pó da casca de alho, conforme aumentou a concentração do pó a impedância diminuiu. No entanto, na Figura 3B, nota-se que o valor do módulo de impedância das amostras VS+GPTM e $1,44 \text{ g.L}^{-1}$ são muito próximos em toda faixa de frequências analisada, indicando que o comportamento eletroquímico das duas amostras é muito similar.

Pelos diagramas ângulo de fase x log frequência (Figura 3C), pode-se visualizar que todas as amostras contendo o inibidor de corrosão não apresentaram a constante de tempo relativa aos fenômenos interfaciais metal/eletrólito na região de baixas frequências ($< 10\text{Hz}$). Por outro lado, a constante de tempo relacionada aos fenômenos interfaciais metal/eletrólito da amostra VS+GPTMS pode ser identificada, revelando que o eletrólito permeou o filme no tempo de imersão do ensaio. Este contato do eletrólito com o substrato de zinco formou o carbonato básico de zinco, que modifica o comportamento eletroquímico do sistema e

aumenta a impedância total do mesmo, assim como observado no trabalho de Paswan et al., (2020) e Kaleva et al., (2020). Esse efeito pode ser comprovado pelos maiores valores de impedância da amostra VS+GPTMS nas regiões de média a baixas frequências, porém em altas frequências (região de resposta do filme) possui valores inferiores de impedância do que as amostras 1,44 g.L⁻¹ e 1,77 g.L⁻¹. A partir dessas observações, pode-se dizer que todos os sistemas contendo o inibidor de corrosão apresentaram um resultado satisfatório, pois não permitiram o contato do eletrólito com o substrato no tempo estudado.

3.3 Curvas de Polarização

As curvas de polarização potenciodinâmicas estão apresentadas na Figura 5.

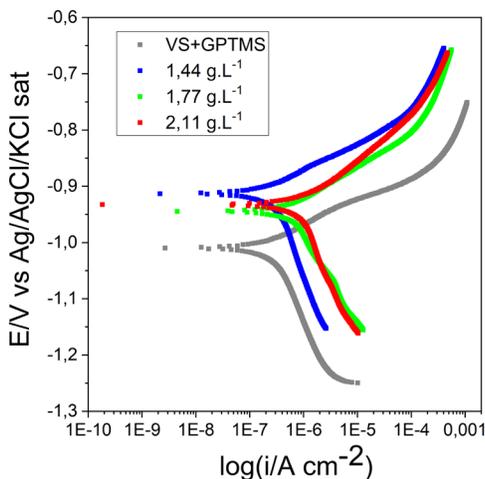


Figura 5 – Curvas de polarização potenciodinâmicas (Tafel) obtidas para as amostras com filme de silano na ausência do pó da casca de alho e para as diferentes concentrações adicionadas no filme.

Observa-se na Figura 5 que a amostra que não foi modificada com o pó da casca de alho apresenta correntes de corrosão anódicas maiores do que os sistemas contendo o inibidor de corrosão. Esse resultado pode ser relacionado com o que foi observado nos ensaios de EIE, pois quando há o contato entre o eletrólito e o substrato metálico, a corrente anódica resultante é maior do que a corrente resultante da interface eletrólito/filme, já que a resistência à transferência de carga do filme é superior. Por outro lado, a formação do produto de corrosão do zinco, resultou em correntes catódicas menores para a amostra VS+GPTMS, pois o carbonato de zinco é capaz de bloquear os sítios catódicos da superfície, enquanto o oxigênio é reduzido livremente nas amostras em que o filme está intacto.

Observando as curvas de polarização, pode-se afirmar que os filmes de silano contendo inibidor possuem uma resistência à polarização anódica superior ao filme sem

inibidor em toda faixa de potencial aplicado (RAJAM; RAJENDRAN; SARANYA, 2013).

4 | CONCLUSÕES

O estudo indica que para a metodologia apresentada de adição do pó da casca de alho na formação do filme de silano há melhoria na atividade anticorrosiva, uma vez que o desempenho eletroquímico das amostras com inibidor é superior ao da amostra sem inibidor. No entanto, um tempo maior de imersão deve ser estudado, para que o comportamento cinético desses filmes possa ser avaliado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESB (PET0015/2016) pelo financiamento do projeto, CAPES, CNPq e FAPESB pelas bolsas de Mestrado e Iniciação Científica, UESC (Universidade Estadual de Santa Cruz) e LAMMA (Laboratório de Materiais e Meio Ambiente) pela infraestrutura, BIOMA (Bioenergia e Meio Ambiente) pelas análises de FTIR.

REFERÊNCIAS

ALANEME, K. K.; DARAMOLA, Y. S.; OLUSEGUN, S. J.; AFOLABI, A. S. Corrosion Inhibition and Adsorption Characteristics of Rice Husk Extracts on Mild Steel Immersed in 1M H₂SO₄ and HCl Solutions. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 10, p. 3553-3567, 2015.

AN, K. et al. Effect of Phosphating and Post-sealing on the Corrosion Resistance of Electro - galvanized steel. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 12, p. 2102–2111, 2017.

AQUINO, I. P. **Caracterização da superfície do aço-carbono ABNT 1008 revestida com organossilanos por meio de técnicas eletroquímicas e físico-químicas**. Dissertação Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2006.

BARRETO, L. S.; TOKUMOTO, M. S.; GUEDES, I. C.; DE MELO, H. G.; AMADO, F. D. R.; CAPELOSSI, V. R. Evaluation of the anticorrosion performance of peel garlic extract as corrosion inhibitor for ASTM 1020 carbon steel in acidic solution. **Revista Matéria**, vol. 22, p. 11852, 2017.

BERA, S. et al. Water-based & eco-friendly epoxy-silane hybrid coating for enhanced corrosion protection & adhesion on galvanized steel. **Progress in Organic Coatings**, v. 101, p. 24-44, 2016.

CAPELOSSI, V. R.; AOKI, I. V. Influence of sonication on anticorrosion properties of a sulfursilane film doped with Ce (IV) on galvanized steel. **Progress in Organic Coatings**, v. 76, n. 5, p. 812–820, 2013.

COSTA, J. G. R.; SILVA, K. G.; AMADO, F. D. R.; CAPELOSSI, V. R.; COTTING, F.; AOKI, I. V. (2019). Avaliação da resistência à corrosão do filme de silanoviniltrimetoxissilano modificado com íons Ce (III) e Ce (IV) como pré-tratamento do aço carbono. **Revista Matéria (Rio de Janeiro)**, vol. 24, p. 12457, 2019.

- FOROOZAN, E. A.; NADERI, R. Effect of coating composition on the anticorrosion performance of a silane sol-gel layer on mild steel. **Royal Society of Chemistry Advances**, v. 5, n. 129, p. 106485–106491, 2015.
- GARCIA, A. A.; CASAS, A. G.; MORALES, A. J. The effect of the organosilane content on the barrier features of sol-gel anticorrosive coatings applied on carbon steel. **Progress in Organic Coatings**, v. 139, 2020.
- HAMIDON, T. S.; HUSSIN, M. H. Susceptibility of hybrid sol-gel (TEOS-APTES) doped with caffeine as potent corrosion protective coatings for mild steel in 3.5 wt .% NaCl. **Progress in Organic Coatings**, v. 140, p. 105478, 2020.
- KALEVA, A. et al. Formation of corrosion products on zinc in wet supercritical and subcritical CO₂: In-situ spectroscopic study. **Corrosion Science**, v. 174, p. 108850, 2020.
- LI, C. et al. Superhydrophobic surface containing cerium salt and organosilane for corrosion protection of galvanized steel. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 825, 2020.
- LONG, Y.; LIU, C.; PENG, S. Enhanced performance of a green inorganic-based passive film on the batch hot-dip galvanized steel by organic additives. **International Journal of Electrochemical Science**, v15, p. 2568-2580, 2020.
- NIKPOUR, S.; NADERI, R.; MAHDAVIAN, M. Fabrication of silane coating with improved protection performance using Mentha longifolia extract. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 88, p. 261–276, 2018.
- PASWAN, S.; SINGH, J. K.; SINGH, D. D. N. Effect of lead alloying on corrosion characteristics of galvanized coatings exposed in atmosphere, simulated laboratory and a service environment. **Surfaces and Interfaces**, v. 21, p. 100752, 2020.
- RAJAM, K., RAJENDRAN, S., SARANYA, R. Allium Sativum (Garlic) Extract as Nontoxic Corrosion Inhibitor. **Journal of Chemistry**, p. 743-807, 2013.
- RAMEZANZADEH, B.; ALIBAKHSHI, E.; GHASEMI, E.; MAHDAVIAN, M. A comparative study on corrosion inhibitive effect of nitrate and phosphate intercalated Zn-Al-layered double hydroxides (LDHs) nanocontainers incorporated into a hybrid silane layer and their effect on cathodic delamination of epoxy topcoat. **Corrosion Science**, v. 115, p. 159-174, 2017.
- SANTOS, T. S. dos; COTTING, F.; CAPELOSSI, V. R. Estudo das condições de obtenção do filme viniltriétoxissilano na proteção contra a corrosão do aço galvanizado. **Matéria (Rio J.)**, Rio de Janeiro , v. 25, n. 2, e-12652, 2020 .
- SERÉ, P. R. et al. Preparation and Characterization of Silanes Films to Protect Electro galvanized Steel. **Journal of Materials Engineering and Performance**, v. 27, p. 1194-1202, 2018.
- SOUZA, K. G. DA S. et al. Study of the wettability and the corrosion protection of the hybrid silane (3-aminopropyl) triethoxysilane (aptes) and (3-glycidioxypropyl) trimethoxysilane (gptms) film on galvanized steel. **Revista Materia**, v. 25, n. 2, p. 1–18, 2020.

SUEGAMA, P. H.; MELO, H. G.; BENEDETTI, I. V.; AOKIA, I. V. Influence of cerium (IV) ions on the mechanism of organosilane polymerization and on the improvement of its barrier properties. **Electrochimica Acta**, 2009.

TAHERI, M.; NADERI, R. Enhancement of corrosion resistance of mild steel in NaCl solution with an eco-friendly silane coating containing nanoclay and zinc acetylacetonate. **Pigment & Resin Technology**, v. 47, n.5, p. 424-430, 2018.

VAN OOIJ, W. J.; ZHU, D.; STACY, M.; SETH, A.; MUGADA, T.; GANDHI, J.; PUOMI, P. Corrosion Protection Properties of Organofunctional Silanes - An Overview. **Tsinghua science and technology**. v.10, n 6, p. 639-664, 2005.

ZHAOHUA, L. et al. Electrochemical Corrosion Behavior of Chromium-Free Composite Passivation Film on Galvanized Steel. **International Journal of Electrochemical Science**, v.13, p. 6473-6483, 2018.

ZUCCHI, F., OMAR, IH, "Estudos sobre o efeito inibidor do extrato de *Occimum viridis* na corrosão ácida do aço macio», **Surface Technology**, v.24, n. 4, p. 391, 1985.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço galvanizado 6, 14, 15, 16, 17, 20, 24

Adsorção de íons 8, 130, 131, 133

Agente Antimicrobiano 183

Análise 6, 7, 1, 2, 5, 6, 8, 14, 29, 32, 38, 39, 40, 43, 58, 60, 64, 82, 83, 85, 93, 96, 98, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 125, 127, 135, 136, 137, 146, 162, 200, 241, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 258, 260, 263, 267, 268, 269, 276, 280, 281, 289, 296, 300, 303, 306, 307, 308, 312, 321

Análise Termogravimétrica 85

B

Biofilmes 7, 81, 82, 83, 84

Biomassa 85, 87, 88, 91, 93

C

Capacidade de Retenção 142, 144, 146, 147, 148

Catálise heterogênea 55, 57

Compósitos 6, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 159, 164, 197, 203

Compostos voláteis 7, 96, 100, 101

Condutividade térmica 195, 196, 197, 198, 200, 203, 204

Controle de qualidade 3, 4, 105, 106, 126, 127

Co-Precipitação 130, 131, 132, 133, 134, 139, 162

Criminalística 250, 251, 252, 261, 262

D

Decantação 2, 4, 6, 7, 11, 87, 153

E

Eletroquímica 5, 14, 17, 18, 20, 45, 46, 47, 48, 49, 311

Energia ultrassônica 220

F

Fibras vegetais 36, 37, 40, 44, 152

Filmes 8, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 81, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 237, 238, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 250, 261, 318

Fotocatálise 161, 164, 177, 180, 181, 208, 329

I

Inibidores de corrosão 16, 45, 46

Inibidor verde 15, 47, 52

L

Legislação 2, 4, 121, 124, 125, 126, 127, 143

M

Método de síntese 209, 210, 214, 323, 327, 328, 329, 330

Morfologia 13, 36, 38, 41, 43, 130, 133, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 212, 213, 220, 309, 310, 312, 314, 316

N

Nanopartículas magnéticas 130, 131, 132, 133, 137, 139, 309, 310, 311

P

Plastificantes 237, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 246

Polímeros Naturais 150, 151

Pré-tratamento 14, 15, 16, 23, 328

Propriedades Mecânicas 10, 15, 36, 39, 43, 151, 152, 237, 238, 241, 243, 245, 246, 247

Q

Química Forense 10, 250, 251, 261, 262

Química Verde 2, 12, 45, 334

Quimiometria 5, 26

R

Revestimentos 81, 196, 197, 241, 310

S

Secagem 2, 4, 7, 8, 11, 58, 98, 107, 153, 260, 329

T

Titulação espectrofotométrica 6, 26, 28, 29

V

Voltametria 69, 309

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)