



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. Eloi 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 Moraes 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 CINEMATOGRAFICAS

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

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ E SUA APLICAÇÃO NA MODIFICAÇÃO DE ELETRODO IMPRESSO DE CARBONO

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 06/05/2021

Vanessa Cezar Ribas

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Instituto de Química
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-1525-0462>

Jacqueline Arguello da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Instituto de Química
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-6918-1597>

Thágor Moreira Klein

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Instituto de Química
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-7454-9149>

Larissa Leffa Fernandes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Instituto de Química
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0001-8491-0084>

Vladimir Lavayen

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Instituto de Química
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-0382-8183>

RESUMO: Neste trabalho é apresentada a síntese e caracterização de $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ e sua aplicação na modificação de eletrodos impressos de carbono.

Nanopartículas de Fe_3O_4 foram sintetizadas pela oxidação parcial de hidróxido ferroso e posteriormente encapsuladas pelo método de Stöber. As técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV), microscopia eletrônica de transmissão (MET), difração de raios-X em pó (DRX), espectroscopia no infravermelho (FTIR) e Magnetometria de amostra vibrante (VSM) foram utilizadas na caracterização morfológica e estrutural dos materiais sintetizados. Foram obtidas nanopartículas de Fe_3O_4 de morfologia octaédrica que foram revestidas com sílica dando lugar a estruturas esféricas com tamanho médio de 614 ± 103 nm. Foi constatado que houve uma diminuição na magnetização de saturação (M_s) de 81,0 a 12,5 emu/g após o revestimento com a sílica. $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ foi utilizado para modificar a superfície de um eletrodo impresso de carbono com a finalidade de aumentar a área superficial do eletrodo. A resposta do eletrodo modificado foi avaliado utilizando $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ como molécula sonda através de medidas de voltametria cíclica (VC).

PALAVRAS - CHAVE: Nanopartículas magnéticas, Magnetita, Método de Stöber, eletrodo modificado

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ AND ITS APPLICATION IN THE MODIFICATION OF SCREEN-PRINTED CARBON ELECTRODE

ABSTRACT: The present work presents the synthesis and characterization of $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ and its application to modify printed carbon electrodes. Fe_3O_4 nanoparticles were synthesized by the

partial oxidation of ferrous hydroxide and later encapsulated with SiO_2 following the Stöber method. The techniques of scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), powder X-ray diffraction (XRD), infrared spectroscopy (FTIR), and vibrant sample magnetometry (VSM) were used in the morphological and structural analysis of synthesized materials. Fe_3O_4 nanoparticles of octahedral morphology were obtained and coated with silica giving rise to spherical structures with an average of 614 ± 103 nm. It was found that there was a decrease in saturation magnetization (M_s) from 81.0 to 12.5 emu/g after coating with silica. $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ was used to modify the surface of a screen-printed carbon electrode to increase the electrode's surface area. The response of the modified electrode was evaluated using $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ as a probe molecule through cyclic voltammetry (VC) measurements.

KEYWORDS: Magnetic nanoparticles, Magnetite, Stöber's method, modified electrode.

1 | INTRODUÇÃO

Nanopartículas magnéticas têm despertado grande interesse em diferentes áreas pela possibilidade de manipulação através da aplicação de um campo magnético externo, além de outras características químicas e físicas influenciadas pelo seu diâmetro, morfologia e estrutura cristalina (ROCA, et al., 2019). Dentre os materiais magnéticos, os mais estudados são os óxidos de ferro, destacando-se a magnetita, Fe_3O_4 , (CALLISTER e RETHWISCH, 2016; PILLAI e SHAH, 1996; QIAO, et al., 2019). A aplicação direta de nanopartículas de Fe_3O_4 apresenta algumas limitações devido a tendência de aglomeração das partículas, uma forma de minimizar a energia livre superficial (MORALES, et al., 2019). Assim, é habitual o uso de revestimentos para promover a estabilidade e dispersibilidade, evitando sua agregação e oxidação, além de possibilitar a inserção de grupos funcionais ampliando o seu potencial de aplicação. Para o recobrimento são utilizados diversos materiais orgânicos e inorgânicos (LOBATO, et al., 2019; MYLKIE, et al., 2021). Revestimentos a base de sílica apresentam vantagens devido ao seu baixo custo e facilidade de síntese, aliado a possibilidade de funcionalização da superfície, e controle da espessura e diâmetro de partícula de forma relativamente simples (MENDONÇA, et al., 2019). Um método bastante utilizado, é o método de Stöber, que permite o encapsulamento de Fe_3O_4 em partículas esféricas monodispersas de sílica, formando estruturas do tipo núcleo-casca (do inglês core-shell) (WONG, et al., 2020; Al-SAAD, et al., 2020). Dessa forma, o material tornasse biocompatível, com elevada estabilidade térmica e aquosa, resultando em uma ótima alternativa para aplicações biomédicas, por exemplo, como agente de contraste em imagens de ressonância magnética (MATHIEU, et al., 2019). Aplicações ambientais também são favorecidas, como na remoção de óleo de águas contaminadas através de um processo de demulsificação (ELMOBARAK e ALMOMANI, 2020).

Devido a facilidade de manipulação e da excelente capacidade de adsorção das mais variadas espécies, vários trabalhos têm sido publicados utilizando eletrodos modificados

com nanopartículas magnéticas no desenvolvimento de sensores eletroquímicos (CONDOMITTI et al., 2011; FAYAZI et al., 2016; GUO et al., 2017; MALEKI et al., 2019; PAPAVALSILEIOU; PANAGIOTOPOULOS; PRODRROMIDIS, 2020). A modificação de um eletrodo pode ser realizada utilizando diferentes técnicas e materiais, de acordo com as características desejadas, uma vez que ocorre a transferência das propriedades do material para a superfície do eletrodo (RAVEENDRAN, et al., 2018). A imobilização do agente modificador na superfície do eletrodo pode ser realizada por meio de reações químicas, adsorção, revestimento polimérico, entre outros. Com as partículas magnéticas há ainda a possibilidade de imobilização através da aplicação de um campo magnético formado pela presença de um ímã externo. Em alguns casos, são utilizados como meio de extração e/ou pré-concentração do analito por adsorção. Posteriormente, as partículas são separadas da amostra com o auxílio de um ímã, e fixadas magneticamente na superfície do eletrodo para a sua quantificação (FERNÁNDEZ et al., 2020).

Devido a simplicidade e o baixo custo, se destacam metodologias que empregam SPE de carbono (do inglês Screen Printed Electrode). Estes eletrodos, disponíveis comercialmente, são dispositivos versáteis que combinam os três eletrodos em uma única plataforma (REVENGA-PARRA, et al., 2018). A possibilidade de funcionalização das estruturas magnéticas tem permitido sua aplicação na construção de biossensores (SANLI et al., 2020; CANEVARI et al., 2017).

Os SPEs são considerados descartáveis visto que não haveria uma forma conveniente de renovação da superfície do eletrodo de trabalho. A utilização de materiais com propriedades magnéticas surge como alternativa para tornar os sensores reutilizáveis, tornando somente o agente modificador o componente descartável do sensor. Neste trabalho é apresentada a síntese, caracterização e aplicação eletroquímica de nanopartículas de magnetita encapsuladas com sílica para a modificação de SPEs explorando o seu potencial para reutilização.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Síntese de $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$

A síntese de magnetita consistiu na adição de solução de NaOH $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ e de KNO_3 $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ a uma solução contendo $0,031 \text{ mol L}^{-1}$ de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. O oxigênio dissolvido foi removido da solução utilizando argônio como gás de purga. Nessas condições há a formação de hidróxido de ferro (II), o qual é parcialmente oxidado sob aquecimento a $90 \text{ }^\circ\text{C}$, produzindo a magnetita. O produto sólido foi separado magneticamente da solução, lavado com água ultrapura e etanol, e armazenado sob atmosfera de argônio.

Para o encapsulamento com a sílica, a magnetita sintetizada na etapa anterior foi dispersa em 1 mL de tolueno em banho de ultrassom por 30 minutos. Posteriormente,

foram adicionados, 15 mL de isopropanol, 2 mL de água ultrapura e 1 mL de hidróxido de amônio, sob agitação magnética. Após 10 minutos, foi adicionado, gota a gota, 1 mL de tetraetilortosilicato (TEOS) e mantida agitação magnética por 24h. O produto foi separado magneticamente, lavado com água ultrapura e etanol, secado a temperatura ambiente e armazenado sob atmosfera de argônio.

2.2 Caracterização morfológica e estrutural de Fe_3O_4 e $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$

Difratogramas de raios-X das amostras de Fe_3O_4 e $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ foram obtidos em um difratômetro de pó da marca Rigaku Denki D-Max 2000, operado em 35 KV e 17 mA, com radiação $\text{K}\alpha$ do cobre ($\lambda = 0,15406$ nm), com passo de 0,05 e tempo de aquisição de 2 s, no intervalo de varredura de 20° a 80° . O microscópio eletrônico de varredura Carl Zeiss – EVO MA10 foi empregado na análise morfológica das nanopartículas de magnetita, bem como sua incorporação na matriz de sílica. A morfologia foi investigada, ainda, por micrografias obtidas em um microscópio eletrônico de transmissão JEOL JEM 1200 EXII, com uma intensidade do feixe de 120,0 kV. As amostras foram depositadas numa suspensão de etanol sobre grid de cobre cobertas com carbono de 300 mesh. O espectro de infravermelho foi registrado utilizando um espectrofotômetro Shimadzu IRPrestige-21 em um intervalo de número de onda de 4000 a 400 cm^{-1} . As curvas de suscetibilidade magnética das amostras foram medidas utilizando um magnetômetro de amostra vibrante (VSM) MicroSense EZ9 com um campo magnético externo variando de -25 kOe a +25 kOe.

2.3 Modificação do eletrodo e medidas eletroquímicas

A modificação da superfície do eletrodo se deu imobilizando-se o material sintetizado através da aplicação de um campo magnético gerado por um ímã, acoplado à parte posterior do eletrodo de trabalho, como mostra a Figura 1. Voltamogramas cíclicos foram registrados em solução de KCl $0,1\text{ mol L}^{-1}$ contendo hexacianoferrato (II) de potássio $1,0\text{ mmol L}^{-1}$.

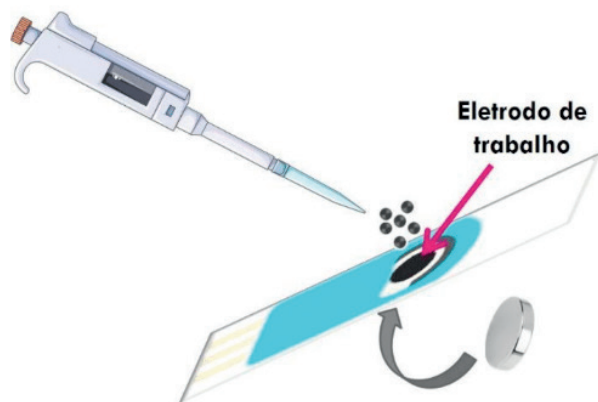


Figura 1. Imobilização das partículas de $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ na superfície do eletrodo de trabalho.

3 | RESULTADOS

3.1 Síntese e caracterização

Os padrões de difração de Fe_3O_4 foram indexados aos planos cristalográficos (220), (311), (222), (400), (422), (511), (440), (620), (533) e (622) relativos à estrutura *cúbica* do tipo espinélio inverso da magnetita (JCPDS 85-1436). O padrão cristalográfico da amostra $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ é muito similar ao observado para as nanopartículas de magnetita, indicando a estabilidade da fase cristalina da magnetita após o encapsulamento com a sílica. O tamanho do cristalito de Fe_3O_4 calculado utilizando a equação de Scherrer foi de 28 nm.

A estrutura octaédrica das partículas de Fe_3O_4 pode ser observada na imagem por microscopia eletrônica de transmissão (MET), Figura 2. Onde as regiões de tonalidade escura indicam que um número maior de elétrons foi espalhado (WILLIAMS, 1996). A cristalinidade pode ser observada em regiões onde possuem contraste por difração, e as regiões amorfas podem ser identificadas nas regiões de contraste de massa espessura (WILLIAMS, 1996; MENDES DE OLIVEIRA SILVA, 2019).

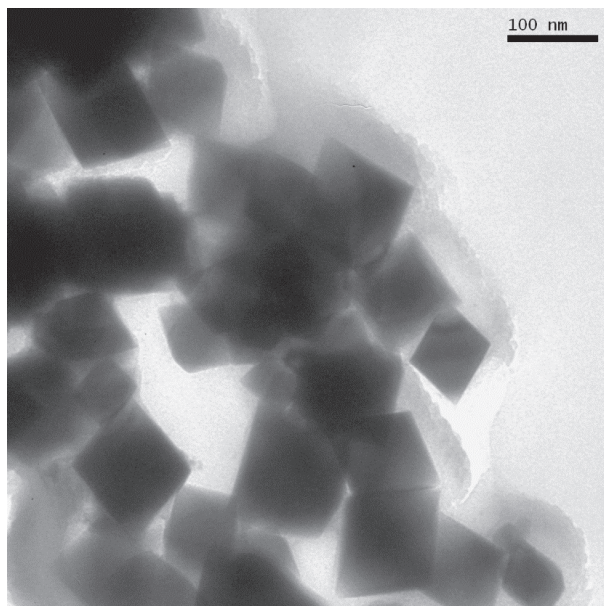


Figura 2. Imagem de microscopia eletrônica de transmissão das partículas de Fe_3O_4

A Figura 3 mostra as imagens das estruturas núcleo-casca, resultantes do método de Stöber, em que se verifica sua morfologia esférica, bem como o histograma de distribuição do tamanho das partículas. O tamanho médio calculado foi de 614 ± 103 nm.

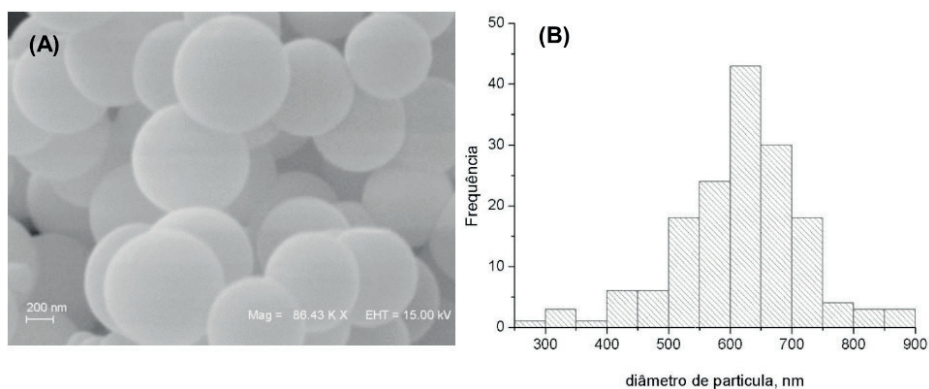


Figura 3. Imagem de microscopia eletrônica de varredura (A) e histograma de distribuição de tamanho das partículas (B) de $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$.

Os espectros no infravermelho das amostras de Fe_3O_4 e $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ mostra a presença de modos ativos Fe-O relacionado ao óxido de ferro em 548 cm^{-1} , e 423 cm^{-1} ,

ambos com simetria T_{1u} , Figura 4. A intensa banda em $\sim 1100\text{ cm}^{-1}$ presente no $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ corresponde ao estiramento assimétrico da ligação Si-O-Si.

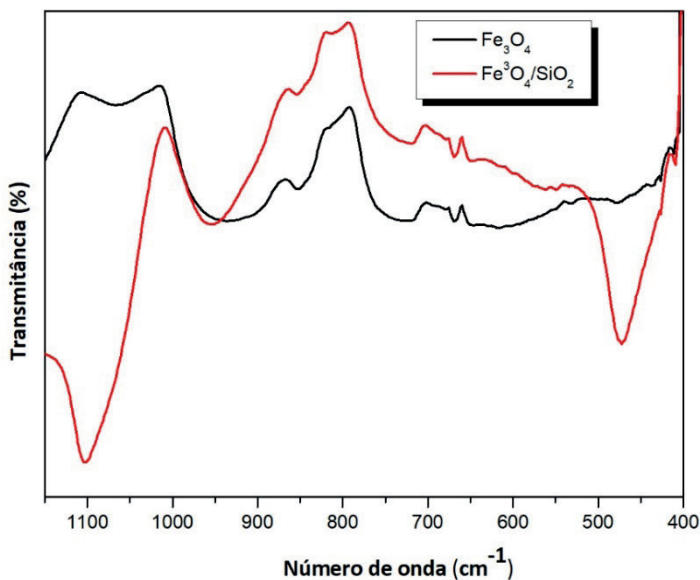


Figura 4. Espectro de infravermelho das amostras de Fe_3O_4 e $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$.

A partir da curva de susceptibilidade magnética da Fe_3O_4 foram obtidos a magnetização de saturação (M_s) de $81,0\text{ emu/g}$ e coercitividade (H_c) de $0,298\text{ Oe}$. Utilizando a equação de Chantrell foi possível calcular o tamanho das partículas magnéticas (D_{Mag}) (Chantrell, 1953). As equações 1 e 2 mostram a relação matemática do D_{Mag} e seu desvio padrão (σ).

$$D_{\text{Mag}} = \left[\frac{18 T k_B}{\pi M_s} \sqrt{\frac{\chi_i}{3 m_s H_0}} \right]^{1/3} \quad \text{Eq. 1}$$

$$\sigma = \frac{1}{3} \left[\ln \left(\frac{3 \chi_i}{m_s / \frac{1}{H_0}} \right) \right]^{1/2} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde; χ_i é a suscetibilidade inicial calculada a valores de campo magnético baixo, K_B é a constante de Boltzmann, M_s é a suscetibilidade magnética do material volumoso.² O valor da H_0 é obtido da extrapolação da tangente do gráfico M vs. $1/H$, a valores altos de campo magnético. O valor de D_{Mag} calculado foi de $19 \pm 1\text{ nm}$. Como consequência do encapsulamento com a sílica foi observada uma diminuição de M_s e um aumento de H_c para $12,5\text{ emu/g}$ e $0,473\text{ Oe}$, respectivamente.

3.2 Medidas eletroquímicas

A Figura 5 compara os voltamogramas cíclicos obtidos antes e após a modificação com $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$. Os voltamogramas foram registrados em solução de KCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, na presença de 1 mmol L^{-1} de $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. A modificação do eletrodo reduziu a separação dos picos de oxidação e redução do par redox (ΔE_p) de 110 mV para 82 mV , demonstrando uma melhora na reversibilidade do sistema, além de um ligeiro aumento da intensidade de corrente. Os coeficientes de variação, calculados para três repetições de adsorção e dessorção magnética das partículas de $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ da superfície do eletrodo, foram de $1,7 \%$ e $0,4 \%$, respectivamente. Esses valores relativamente baixos indicam que com a retirada do ímã e lavagem do eletrodo, ocorre a remoção efetiva das partículas, tornando possível a recuperação do eletrodo e sua reutilização.

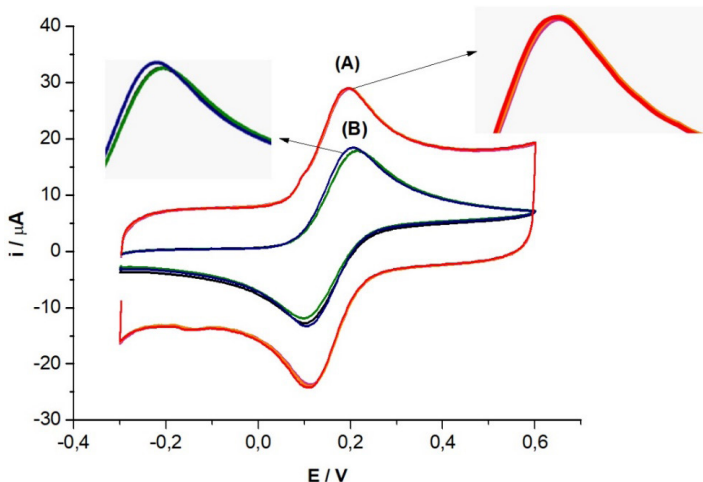


Figura 5. Voltamogramas cíclicos obtidos para o eletrodo modificado (A) e sem modificar (B) com $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$, velocidade de varredura de 50 mV s^{-1} .

4 | CONCLUSÕES

As condições de síntese favoreceram a formação de nanopartículas de magnetita de morfologia octaédrica. O encapsulamento pelo método de Stöber resultou em estruturas esféricas, não sendo observadas partículas de magnetita no exterior das esferas de sílica. O encapsulamento provocou uma diminuição da magnetização de saturação e aumento da coercitividade da magnetita devido a espessura da matriz de sílica. No entanto, ainda foi possível incorporar o material na superfície do eletrodo mediante um ímã acoplado. A modificação da superfície do eletrodo resultou em um aumento de corrente atribuído ao aumento da área superficial, além da melhora da reversibilidade do sistema, demonstrada

pela diminuição da separação de picos. A repetibilidade do processo de modificação foi verificada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do INCTBIO (CNPq/INCT 465389/2014-7), CNPq (Processo: 550441/2012-3), Propesq/UFRGS. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001. J.A. agradece pelas análises ao CMM-UFRGS e ao Laboratório de Magnetismo (LAM) do Instituto de Física da UFRGS.

REFERÊNCIAS

AL-SAAD, Khalid et al. Smart Synthesis of Trimethyl Ethoxysilane (TMS) Functionalized Core-Shell Magnetic Nanosorbents $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$: Process Optimization and Application for Extraction of Pesticides. **Molecules**, v. 25, p. 4827, 2020. DOI:10.3390/molecules25204827. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/molecules25204827>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

CALLISTER JR, William D. e RETHWISCH, David. G. **Ciência e Engenharia de Materiais** – Uma Introdução. 9ª Ed. Rio de Janeiro. LTC editora. 2016.

CANEVARI, Tiago *et al.* Magnetite Nanoparticles Bonded Carbon Quantum Dots Magnetically Confined onto Screen Printed Carbon Electrodes and their Performance as Electrochemical Sensor for NADH. **Electroanalysis**, USA, v. 29, n. 8, p. 1968–1975, 2017. DOI 10.1002/elan.201700167. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/elan.201700167>>. Acesso em: 6 maio 2021.

CHANTRELL, R. W.; WALMSLEY, N.; GORE, J.; MAYLIN M. Calculations of the susceptibility of interacting superparamagnetic particles. **Physical Review B**, V. 63, p. 024410, 2000. DOI 10.1103/PhysRevB.63.024410. Disponível em: <<https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.63.024410>>. Acesso em 04 maio. 2021.

CONDOMITTI, Ulisses *et al.* Magnetic coupled electrochemistry: Exploring the use of superparamagnetic nanoparticles for capturing, transporting and concentrating trace amounts of analytes. **Electrochemistry Communications**, v. 13, n. 1, p. 72–74, 2011. DOI 10.1016/j.elecom.2010.11.016. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388248110004819>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

ELMOBARAK, Wanda Faisal e ALMOMANI, Fares. Application of Fe_3O_4 magnetite nanoparticles grafted in silica (SiO_2) for oil recovery from oil in water emulsions. **Chemosphere**, v. 265, 2020. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.129054. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653520332513?via%3Dihub>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

FAYAZI, Maryam *et al.* Fe_3O_4 and MnO_2 assembled on halloysite nanotubes: A highly efficient solid-phase extractant for electrochemical detection of mercury(II) ions. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, v. 228, p. 1–9, 2016. DOI 10.1016/j.snb.2015.12.107. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.12.107>>. Acesso em: 05 maio 2021.

FERNÁNDEZ, Elena *et al.* Magnetic dispersive solid-phase extraction using a zeolite-based composite for direct electrochemical determination of lead(II) in urine using screen-printed electrodes. **Microchimica Acta**, v. 187, n. 1, p. 1–10, 2020. DOI: 10.1007/s00604-019-4062-9. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s00604-019-4062-9>>. Acesso em: 6 maio 2021.

GUO, Weihua *et al.* Amperometric sensing of hydrazine using a magnetic glassy carbon electrode modified with a ternary composite prepared from Prussian blue, Fe₃O₄ nanoparticles, and reduced graphene oxide. **Microchimica Acta**, v. 184, n. 9, p. 3163–3170, 2017. DOI 10.1007/s00604-017-2289-x. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s00604-017-2289-x>>. Acesso em: 6 maio 2021.

MALEKI, Behrooz *et al.* Polyamidoamine dendrimer functionalized iron oxide nanoparticles for simultaneous electrochemical detection of Pb 2+ and Cd 2+ ions in environmental waters. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, v. 140, p. 81–88, 2019. DOI: 10.1016/j.measurement.2019.03.052. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.03.052>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

LOBATO, Natália. Cristina Candian *et al.* Improvement of magnetic solvent extraction using functionalized silica coated Fe₃O₄ nanoparticles. **Separation and Purification Technology**, v. 229. Dec., 2019. DOI 10.1016/j.seppur.2019.115839. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115839>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

MAJDINASAB, Marjan *et al.* Optical and Electrochemical Sensors and Biosensors for the Detection of Quinolones. **Trends in Biotechnology**, v. 37, p. 898-915, 2019. DOI 10.1016/j.tibtech.2019.01.004. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.01.004>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

MENDONÇA, Estelle Silva Diorato Texeira *et al.* Effects of silica coating on the magnetic properties of magnetite nanoparticles. **Surfaces and Interfaces**, v. 14, p. 34–43, 2018. DOI 10.1016/j.surf.2018.11.005. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.surf.2018.11.005>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

MATHIEU Paul *et al.* Silica Coated Iron/Iron Oxide Nanoparticles as a Nano-Platform for T₂ Weighted Magnetic Resonance Imaging. **Molecules**, v. 24, 2019. DOI 10.3390/molecules24244629. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/molecules24244629>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

MENDES DE OLIVEIRA SILVA, Franciele. **Modificação de filmes finos de Au induzida por irradiação com elétrons**. Porto Alegre: UFRGS, 2019, Trabalho de Conclusão de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

MORALES, Fransisco *et al.* Structural and magnetic properties of silica-coated magnetite nanoaggregates. **Physica B: Condensed Matter**, v. 572, p. 214-219, 2019. DOI 10.1016/j.physb.2019.08.007. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.physb.2019.08.007>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

MYLKIE, Kinga *et al.* Polymer-Coated Magnetite Nanoparticles for Protein Immobilization. **Materials**, v. 14, p. 248, 2021. DOI 10.3390/ma14020248. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/ma14020248>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

PAPAVASILEIOU, Anastasius; PANAGIOTOPOULOS, Ioannis; PRODROMIDIS, Mamas. All-screen-printed graphite sensors integrating permanent bonded magnets. Fabrication, characterization and analytical utility. **Electrochimica Acta**, v. 360, p. 136981, 2020. DOI: 10.1016/j.electacta.2020.136981. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.136981>> Acesso em: 05 maio. 2021.

PILLAI, V., SHAH, D. O. Synthesis of high-coercivity cobalt ferrite particles using water-in-oil microemulsions. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 163, p. 243-248, 1996. DOI 10.1016/S0304-8853(96)00280-6. Disponível em < [https://doi.org/10.1016/S0304-8853\(96\)00280-6](https://doi.org/10.1016/S0304-8853(96)00280-6)> Acesso em: 05 maio. 2021.

QIAO, Kalil et al. Application of magnetic adsorbents based on iron oxide nanoparticles for oil spill remediation: A review. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 97, p. 227-236, 2019. DOI 10.1016/j.jtice.2019.01.029. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2019.01.029>> Acesso em: 05 maio. 2021.

RAVEENDRAN, Jeethu et al. Voltammetric determination of bilirubin on disposable screen printed carbon electrode. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 818, p. 124-130, June 2018. DOI 10.1016/j.jelechem.2018.04.020. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2018.04.020>> Acesso em: 05 maio. 2021.

REVENGA-PARRA, Mónica et al. Chemically Modified Graphene-Based Screen-Printed Electrodes for Electrocatalytic Applications. **Encyclopedia of Interfacial Chemistry**, p. 446-454, 2018. DOI 10.1016/B978-0-12-409547-2.13373-6. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.13373-6>> Acesso em: 05 maio. 2021.

ROCA, Alejandro et al. Design strategies for shape-controlled magnetic iron oxide nanoparticles. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v.138, p. 68-104, 2019. DOI 10.1016/j.addr.2018.12.008. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.addr.2018.12.008>> Acesso em: 05 maio. 2021.

ROSIDA, Erica Marista et al. Modification of Screen Printed Carbon Electrode (SPCE) with Fe₃O₄ for the Determination of Nitrite (NO₂⁻) in Squarewave Voltammetry. **Molekül**, v. 12, p. 139-145, 2017. DOI 10.20884/1.jm.2017.12.2.342. Disponível em < <https://doi.org/10.20884/1.jm.2017.12.2.342>> Acesso em: 05 maio. 2021.

SANLI, Serdar *et al.* Application of Biofunctionalized Magnetic Nanoparticles Based-Sensing in Abused Drugs Diagnostics. **Analytical Chemistry**, v. 92, n. 1, p. 1033–1040, 2020. DOI 10.1021/acs.analchem.9b04025. Disponível em < <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b04025>> Acesso em: 6 maio 2021.

WILLIAMS, David B; CARTER, Barry C. **Transmission Electron Microscope**; A textbook for Materials Science. Boston USA, Springer-Verlag, 1996.

WILLIAMSON, GK; HALL, WH. X-ray line broadening from fided aluminium and wolfram. **Acta Metallurgica** V. 1, p. 22-31, 1953. DOI 10.1016/0001-6160(53)90006-6. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0001616053900066#>> Acesso em 04 mai. 2021.

WONG, Chung Ye et al. Monolayer grafting of APTES modified graphene oxide on silica coated magnetite: Synthesis, characterization and application in heavy oil removal. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 943, 2019. DOI 10.1088/1757-899X/943/1/012023. Disponível em <<https://doi.org/10.1088/1757-899X/943/1/012023>> Acesso em: 05 maio. 2021.

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)