

A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

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

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

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

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

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

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

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Conselho Técnico Científico

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

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

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

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

APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

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

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

CAPÍTULO 12 128

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

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

DOI 10.22533/at.ed.36020210512

CAPÍTULO 13 141

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

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

DOI 10.22533/at.ed.36020210513

CAPÍTULO 14 154

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

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

DOI 10.22533/at.ed.36020210514

CAPÍTULO 15 170

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

Ednilton Moreira Gama
Roberta Pereira Matos
Guilherme Dias Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.36020210515

CAPÍTULO 16 179

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

Amanda Rebelo de Azevedo
Vinicius Fernandes Moreira

DOI 10.22533/at.ed.36020210516

CAPÍTULO 17 201

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

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

DOI 10.22533/at.ed.36020210517

CAPÍTULO 18 221

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

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

DOI 10.22533/at.ed.36020210518

CAPÍTULO 19 231

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

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

DOI 10.22533/at.ed.36020210519

CAPÍTULO 20 249

POESIA COMO SIGNO ARTÍSTICO EM AULAS DE QUÍMICA

Elaine da Silva Ramos
Carlos Eduardo Laburú

DOI 10.22533/at.ed.36020210520

CAPÍTULO 21 261

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

Ednalva Dantas Rodrigues da Silva Duarte
Ismael Montero Fernández

Cecilia Araujo

DOI 10.22533/at.ed.36020210521

CAPÍTULO 22 269

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

Maria Conceição Soares Meneses Lage

Wilkins Oliveira de Barros

Iasmin Maria Rodrigues de Sales Vieira

Anibal Gustavo Sousa Oliveira

Andressa Carvalho Lima

Benedito Batista Farias Filho

DOI 10.22533/at.ed.36020210522

SOBRE A ORGANIZADORA..... 281

ÍNDICE REMISSIVO 282

FACTORIAL EXPERIMENTAL DESIGN APPLIED FOR OPTIMIZATION OF TARTRAZINE REMOVAL BY PHOTO-FENTON PROCESS USING $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ CATALYST

Data de aceite: 04/05/2020

Data de submissão: 05/03/2020

Departamento de Engenharia Química

Santa Maria – RS, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/6550340290019699>

Julia da Silveira Salla

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química
Santa Maria – RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0161157740868923>

Vitória Segabinazzi Foletto

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas
Santa Maria – RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4836127954962057>

Jivago Schumacher de Oliveira

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Química
Santa Maria – RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2660307350708175>

Gabriela Carvalho Collazzo

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Química
Santa Maria – RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0650318761058659>

Evandro Stoffels Mallmann

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Química
Santa Maria – RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3624152453898910>

Edson Luiz Foletto

Universidade Federal de Santa Maria,

ABSTRACT: This work aimed to investigate the removal efficiency of tartrazine dye from aqueous solution using $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ as a heterogeneous catalyst in the photo-Fenton process. In order to evaluate the effects of independent variables on the dye decolorization and determining the optimum conditions, a 2^3 CCRD (Central Composite Rotatable Design) followed by RSM (Response Surface Methodology) approach was employed. Experiments were carried out as a function of pH (from 2 to 4), catalyst concentration (from 0.05 to 0.35 g L⁻¹) and H₂O₂ concentration (from 3 to 13 mmol L⁻¹). The results revealed a good agreement between the model predicted and the experimental values. Under the optimized conditions, tartrazine decolorization efficiency was 99.59%. Therefore, the photo-Fenton process using $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ as a catalyst was proved to be feasible for the decolorization of tartrazine dye.

KEYWORDS: Experimental design, tartrazine, decolorization, photo-Fenton, $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$.

1 | INTRODUCTION

The treatment of water pollutants has become an important step in industrial production, agriculture and municipal water worldwide (Pouran et al., 2015). Advanced oxidation processes (AOPs) have been considered as a promising technology for water purification, since the generated $\cdot\text{OH}$ radicals have an oxidation capacity to degrade most organic contaminants rapidly and in a non-selective way (Mirzaei et al., 2017). Among them, the photo-Fenton process is one of the best known, and it can be homogeneous or heterogeneous (Zhang et al., 2019). However, the homogeneous photo-Fenton reaction was limited by a large amount of iron sludge, which can cause secondary pollution, and a strict control of pH around 2-3 for a good catalytic performance (Huang et al., 2016). Therefore, the heterogeneous photo-Fenton process was chosen to overcome this drawback (Xiao et al., 2018).

A promising class of iron-based catalysts that has been investigated for the photo-Fenton process are the chalcogenides materials, due to their interesting physical and chemical properties and their potential applications in energy-storage technologies (Li et al., 2013; Tabata et al., 2010). Following this trend, $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ is a semiconductor with high photocatalytic efficacy due to its high optical absorption coefficient ($>10^4 \text{ cm}^{-1}$) and suitable band gap ($\sim 1.5 \text{ eV}$) (Dong et al., 2017). In previous studies, $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ has been demonstrated to be an efficient catalyst for wastewater treatment (Salla et al., 2018). However, it is still a new material with an unexplored capability in the field of AOPs expertise.

Several parameters can influence the photo-Fenton process efficiency, in particular, the solution pH, the catalyst concentration and the H_2O_2 concentration are examples of fundamental factors. Thus, a factorial design can optimize all the effecting parameters together and at once and can be employed to achieve the best overall optimization of a process (Elhalil et al., 2016).

Therefore, in the present work, $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ was prepared by a solvothermal method and was applied as a photo-Fenton catalyst for tartrazine removal under visible light irradiation. The optimization of the tartrazine decolorization by the photo-Fenton process using a 2^3 factorial experimental design was performed according to central composite rotational design (CCRD) coupled with response surface methodology (RSM) approach. The effects of the factors in the process and the compatibility of the chosen model with the response have been studied.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Synthesis and characterization of $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$

$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ particles were synthesized by a solvothermal route. Therefore, 1 mmol of trimethylamine, 0.1 mmol of $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 0.05 mmol of $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.05 mmol of $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and 0.25 mmol of thiourea were dissolved in 20 mL of ethanol under magnetic stirring and then sonicated for 30 min at 30 Hz. The final mixture was charged into a PTFE-lined stainless autoclave and *treated* at 180 °C for 24 h. The autoclave was left to naturally cool off. The precipitate were filtered, washed with ethanol and dried under vacuum at room temperature. The characterization results of $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ particles were published by Salla et al. (2018).

2.2 Catalytic assays

The photo-Fenton assays were performed in a 250 mL batch glass under continuous stirring and equipped with an economic lamp of visible light. In a typical experiment, 100 mL of tartrazine aqueous solution (100 mg L^{-1}) and different concentrations of $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ (according to Table 1) were placed into the reactor at 25 °C. The pH of the aqueous suspension was adjusted to different values (according to Table 1) using H_2SO_4 (0.1 mol L^{-1}). The aqueous suspension was continuously stirred for 30 min in the dark to reach the adsorption equilibrium. The visible light was switched on and different concentrations of H_2O_2 (according to Table 1) were added to the reactor. Then, aliquots were collected followed by filtration and submitted to analysis in a spectrophotometer (Kasuki IL-226-NM-BI) to determine the concentration of tartrazine.

2.3 Experimental design

A 23 CCRD (with eight factorials, six axial and three central points) followed by RSM approach was used to investigate the effects of pH (X_1), catalyst concentration (X_2) and H_2O_2 concentration (X_3) on tartrazine decolorization efficiency (E). The alpha for rotatability ($\pm\alpha$) was ± 1.68 and was defined by $\alpha = (2n)^{1/4}$, where n is the number of independent variables ($n = 3$) [18]. The variables and their respective levels were based on preliminary experiments (Salla et al., 2018). The real and coded values of the variables are presented in Table 1. The statistical significance of the non-linear regression was determined by Student's test and analysis of variance (ANOVA), the model equation was evaluated by Fischer's test and the proportion of variance explained by the model was given by the coefficient of determination (R^2). The results were analyzed using Statistica 9.1 software (StatSoft Inc., USA).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 CCRD and RSM

To optimize the tartrazine decolorization efficiency, the reaction kinetics were investigated using a CCRD coupled with RSM. The considered parameters were pH, catalyst concentration and H_2O_2 concentration, and the results obtained after 40 min of reaction are shown in Table 1.

Run	pH (X_1)	$[\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4]$ (X_2 , g L ⁻¹)	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ (X_3 , mmol L ⁻¹)	E (%)
1	-1 (2.4)	-1 (0.10)	-1 (5)	65.29
2	+1 (3.6)	-1 (0.10)	-1 (5)	73.48
3	-1 (2.4)	+1 (0.30)	-1 (5)	92.00
4	+1 (3.6)	+1 (0.30)	-1 (5)	90.75
5	-1 (2.4)	-1 (0.10)	+1 (11)	87.71
6	+1 (3.6)	-1 (0.10)	+1 (11)	92.52
7	-1 (2.4)	+1 (0.30)	+1 (11)	96.76
8	+1 (3.6)	+1 (0.30)	+1 (11)	99.33
9	-1.68 (2.0)	0 (0.20)	0 (8)	94.42
10	+1.68 (4.0)	0 (0.20)	0 (8)	90.18
11	0 (3.0)	-1.68 (0.05)	0 (8)	72.97
12	0 (3.0)	+1.68 (0.35)	0 (8)	98.21
13	0 (3.0)	0 (0.20)	-1.68 (3)	87.58
14	0 (3.0)	0 (0.20)	+1.68 (13)	95.44
15	0 (3.0)	0 (0.20)	0 (8)	94.91
16	0 (3.0)	0 (0.20)	0 (8)	94.58
17	0 (3.0)	0 (0.20)	0 (8)	95.94

Table 1 – Tartrazine decolorization efficiency (E) as a function of pH, catalyst concentration and H_2O_2 concentration.

As seen in Figure 1, Pareto chart was used in order to verify the significance and the effect of the independents variables on tartrazine decolorization efficiency.

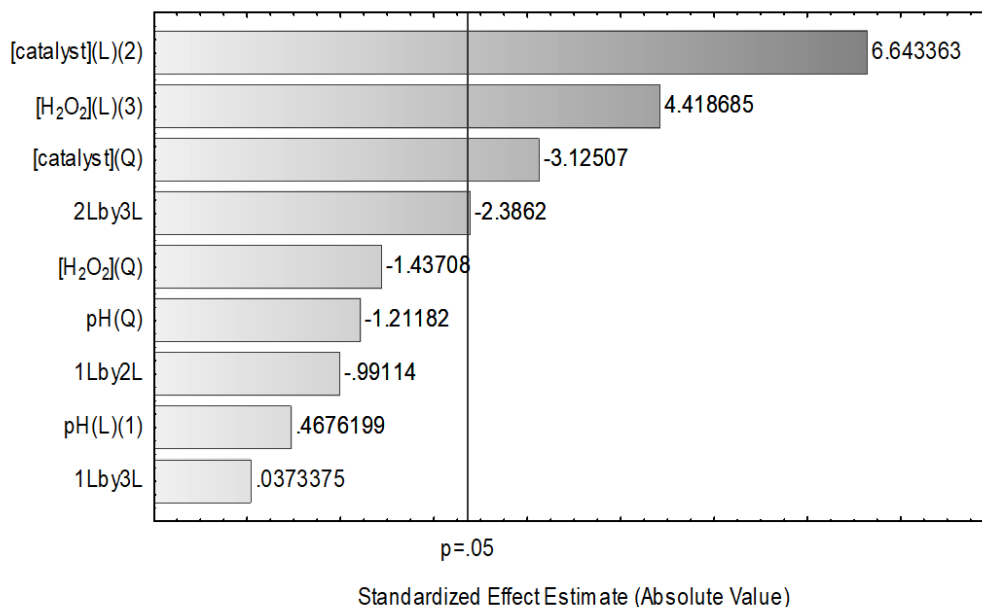


Figure 1 – Pareto chart for tartrazine decolorization efficiency.

The results from Figure 1 indicated that the linear effects of catalyst and H₂O₂ concentrations had a significant effect on tartrazine decolorization. The interaction between these variables and the quadratic effect of the catalyst concentration were also significant. Based on the signs of the standardized effects, it can be noticed that a higher tartrazine decolorization efficiency was favored by the increase of catalyst and H₂O₂ concentrations. On the other hand, the pH value, within the range studied in this work, showed no influence on the process. All effects that were not significant were removed from the analysis.

Once the variables were significant, a mathematical model was proposed, based on the statistical analysis of the experimental data, to represent the relationship between tartrazine decolorization efficiency (E) and the process significant variables (catalyst concentration (X_2), H₂O₂ concentration (X_3) and its interactions). The model is presented in Equation 1.

$$E = 92,05 + 7,49X_2 + 4,98X_3 - 3,13X_2^2 - 3,51X_2X_3$$

Equation 1

In order to verify the significance, prediction and reliability of the proposed model, the analysis of variance (ANOVA) was performed and is presented in Table 2.

Factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean of squares	F_{calc}	p -value
Regression	1331.449	4	332.862	21.02	< 0.05
Residue	190.062	12	15.838		
Total	1521.511	16			

Table 2 – Analysis of variance (ANOVA).

$$\text{Variance explained (R}^2\text{)} = 0.8751; F_{std} (4; 12; 0.05) = 3.26$$

The legitimacy and quality of the model were evaluated by the regression coefficient (R^2). Ideally, the complete agreement between the experimental and predicted values is achieved when R^2 is equal to 1 (Asfaram et al., 2016). In this work, R^2 was 0.8751, indicating that 87.51% of the experimental responses could be explained by the model. This value can be considered suitable for this type of experimental process (Chen et al., 2016; Bagheri et al., 2017), confirming the high validity of the proposed model (Fahimirad et al., 2017).

Furthermore, when the p -value is lower than 0.05, it means that the parameters presented statistically significant influence on the response (Gilpavas et al., 2015). It was verified that the calculated F-value ($F_{calc} = 21.02$) was more than six times higher than the standard F-value ($F_{std} = 3.26$), considering 4 and 16 degrees of freedom for the regression and residues, respectively. Thus, demonstrating that the model is predictive.

The model reliability was evaluated by the plot of observed vs. predicted values, as presented in Figure 2. The results showed a good concordance between the experimental and the predicted values of the model. Based on this, it was verified that the model was able to predict the experimental data for tartrazine decolorization efficiency by the photo-Fenton process catalyzed by $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$.

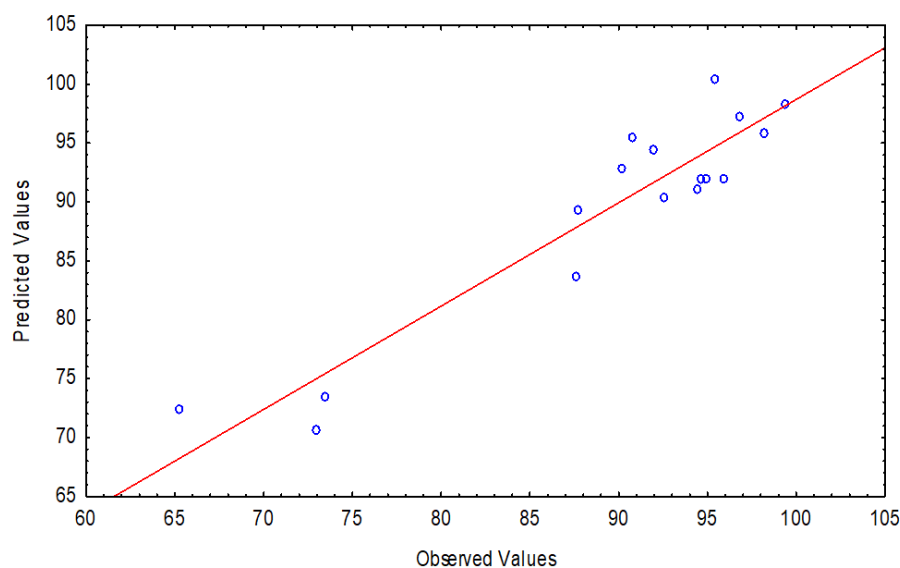


Figure 2 – Observed vs. Predicted values for tartrazine decolorization efficiency.

Since the model was predictive and reliable, the response surface could be generated to explore the optimal decolorization conditions. The response surface, which represent the tartrazine decolorization efficiency as a function of the catalyst and H_2O_2 concentrations, is shown in Figure 3.

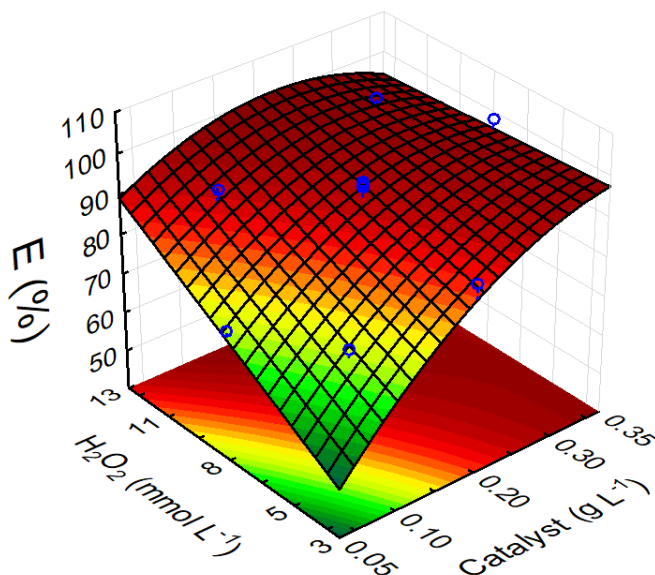


Figure 3 – Response surface of tartrazine decolorization efficiency (E) as a function of catalyst and H_2O_2 concentration.

The result presented in Figure 3 suggested that the catalyst concentration and the H_2O_2 dosage played an important role in the removal of tartrazine by the photo-Fenton process. The removal efficiency is influenced by the amount of iron-based catalyst that can provide more exposed active Fe sites on the surface to generate more $\cdot\text{OH}$ radicals from the catalytic decomposition of H_2O_2 (Trovó and Nogueira, 2011; Trovó et al., 2013). Also, the removal efficiency usually increases with increasing the initial H_2O_2 concentration, which results in more $\cdot\text{OH}$ radicals generated from the decomposition of H_2O_2 by iron species (Zhu et al., 2018). In this study, according to Figure 3, the best results were obtained with the catalyst concentration higher than 0.2 g L^{-1} and the H_2O_2 concentration higher than 11 mmol L^{-1} .

In contrast, heterogeneous catalysts were proposed to deal with an extend range of pH, since iron is stable on the catalyst surface, the reaction does not have to occur in acid pH to present good efficiency (He et al., 2017). Therefore, as the heterogeneous photo-Fenton process allows to work with pH close to neutrality, this variable was not significant in this work.

3.2 Process optimization and model validation

The optimization of the process variables was performed to maximize the decolorization efficiency of tartrazine by the photo-Fenton process catalyzed by $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$. Within the optimum range established from Figure 3 and, according to Table 1, it was observed that the maximum tartrazine decolorization was 99.33% at pH 3.6, with a catalyst concentration of 0.3 g L^{-1} and a H_2O_2 concentration of 11 mmol L^{-1} .

In order to confirm the validity of the model, an experiment was conducted under the optimal predicted conditions, but with values of the independent variables different from those already tested. The confirmatory experiments reached a decolorization efficiency of 99.59%, in accordance with the model, indicating its the suitability and accuracy. The results are presented in Table 3.

Factors	pH	Catalyst concentration (g L^{-1})	H_2O_2 concentration (mmol L^{-1})	Decolorization efficiency (%)
Model projections	3.6	0.3	11	99.33
Model validation	4.0	0.35	13	99.59

Table 3 – Model validation.

4 | CONCLUSIONS

A 2^3 CCRD followed by RSM approach was employed to explore the effect of pH, catalyst concentration and H_2O_2 concentration on the tartrazine dye decolorization by the photo-Fenton process catalyzed by $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$. Catalyst concentration and H_2O_2 dosage showed a positive effect on tartrazine decolorization. The analysis of variance (ANOVA) revealed a consistent and reliable model with a good adjustment between the observed and predicted responses. The optimum experimental conditions achieved were tested in pH 4.0, with a catalyst concentration of 0.35 g L^{-1} and a H_2O_2 concentration of 13 mmol L^{-1} , that resulted in a decolorization of 99.59% of tartrazine. Therefore, $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ was proved to be a promising catalyst for the photo-Fenton process.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001, and by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq).

REFERENCES

- ASFARAM, A.; GHAEDI, M.; YOUSEFI, F.; DASTKHOON, M. **Experimental design and modeling of ultrasound assisted simultaneous adsorption of cationic dyes onto ZnS:Mn-NPs-AC from binary mixture.** *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 33, p. 77-89, 2016.
- BAGHERI, A. R.; GHAEDI, M.; ASFARAM, A.; BAZRAFSHAN, A. A.; JANNESAR, R. **Comparative study on ultrasonic assisted adsorption of dyes from single system onto Fe₃O₄ magnetite nanoparticles loaded on activated carbon: experimental design methodology.** *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 34, p. 294-304, 2017.
- CHEN, K.; WANG, G.; LI, W.; WAN, D.; HU, Q.; LU, L. **Application of response surface methodology for optimization of Orange II removal by heterogeneous Fenton-like process using Fe₃O₄ nanoparticles.** *Chinese Chemical Letters*, v. 25, p. 1455-1460, 2014.
- DONG, C.; MENG, W.; QI, J.; WANG, M. **Cu₂FeSnS₄ nanocrystals as effective electron acceptors for hybrid solar cells.** *Materials Letters*, v. 189, p. 104-106, 2017.
- ELHALIL, A.; TOUSANDI, H.; ELMOUBARKI, R.; MAHJoubi, F. Z.; FARNANE, M.; SADIQ, M.; ABDENNOURI, M.; QOURZAL, S.; BARKA, N. **Factorial experimental design for the optimization of catalytic degradation of malachite green dye in aqueous solution by Fenton process.** *Water Resources and Industry*, v. 15, p. 41-48, 2016.
- FAHIMIRAD, B.; ASGHARI, A.; RAJABI, M. **Photo-degradation of basic green 1 and basic red 46 dyes in their binary solution by La₂O₃-Al₂O₃ nanocomposite using first-order derivative spectra and experimental design methodology.** *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 179, p. 58-65, 2017.
- GILPAVAS, E.; GÓMEZ, C. M.; RYNKOWSKI, J. M.; DOBROSZ-GÓMEZ, I.; GÓMEZ-GARCÍA, M. A. **Decolorization and mineralization of yellow 5 (E102) by UV/Fe₂+H₂O₂ process: Optimization of the operational conditions by response surface methodology.** *Comptes Rendus Chimie*, v. 18, p. 1152-1160, 2015.
- HE, D.; CHEN Y.; SITU, Y.; ZHONG, L.; HUANG, H. **Synthesis of ternary g-C₃N₄/Ag/γ-FeOOH photocatalyst: an integrated heterogeneous Fenton-like system for effectively degradation of azo dye methyl orange under visible light.** *Applied Surface Science*, v. 425, p. 862-872, 2017.
- HUANG, X.; HOU, J.; ZHANG, L. **Hematite facet confined ferrous ions as high efficient Fenton catalysts to degrade organic contaminants by lowering H₂O₂ decomposition energetic span.** *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 181, p. 127-137, 2016.
- LI, J.; TAN, Q.; LI, J. F. **Synthesis and property evaluation of CuFeS_{2-x} as earth-abundant and environmentally-friendly thermoelectric materials.** *Journal of Alloys and Compounds*, v. 551, p. 143-149, 2013.
- MIRZAEI, A.; CHEIN, F.; HAGHIGHAT, L. **Removal of pharmaceuticals from water by homo/heterogeneous Fenton-type processes - A review.** *Chemosphere*, v. 174, p. 665-688, 2017.
- POURAN, S. R.; AZIZ, A. R. A.; DAUD, W. M. A. W. **Review on the main advances in photo-Fenton oxidation system for recalcitrant wastewaters.** *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 21, p. 53-69, 2015.
- SALLA, J. S.; SILVESTRI, S.; FLORES, E. M. M.; FOLETTI, E. L. **A Novel application of Cu₂FeSnS₄ particles prepared by solvothermal route as solar photo-Fenton catalyst.** *Materials Letters*, v. 228, p. 160-163, 2018.
- TABATA, M.; MAEDA, K.; ISHIHARA, T.; MINEGISHI, T.; TAKATA, T.; DOMEN, K. **Photocatalytic hydrogen evolution from water using copper gallium sulfide under visible-light irradiation.**

TROVÓ, A. G.; SILVA, T. F. S.; GOMES JÚNIOR, O.; MACHADO, A. E. H.; NETO, W. B.; MULLER JÚNIOR, P. S.; DANIEL, D. **Degradation of caffeine by photo-Fenton process: optimization of treatment conditions using experimental design.** Chemosphere, v. 90, p. 170-175, 2013.

TROVÓ, A. L.; NOGUEIRA, R. F. P. **Diclofenac abatement using modified solar photo-fenton process with ammonium iron(III) citrate.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 22, p. 1033-1039, 2011.

XIAO, C.; LI, J.; ZHANG, G. **Synthesis of stable burger-like α -Fe₂O₃ catalysts: formation mechanism and excellent photo-Fenton catalytic performance.** Journal of Cleaner Production, v. 180, p. 550-559, 2018.

ZHANG, J.; WU, S.; BI, W.; ZHAO, X.; LIU, G. **Z-scheme Fe₂O₃-doped Cu₂O as an efficient photo-Fenton-like catalyst for degradation of phenol.** Materials Letters, v. 234, p. 13-16, 2019.

ZHU, Y.; ZHU, R.; XI, Y.; XU, T.; YAN, L.; ZHU, J.; ZHU, G.; HE, H. **Heterogeneous photo-Fenton degradation of bisphenol A over Ag/AgCl/ferrihydrite catalysts under visible light.** Chemical Engineering Journal, v. 346, p. 567-577, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

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

B

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

C

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

D

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

E

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

F

Ferulic acid 24, 30, 31

G

Geoquímica de Contaminantes 69

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

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

H

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

I

Isotermas de adsorção-dessorção 32, 36, 38

L

Localized impedance 1, 2

M

Materiais mesoestruturados 37

Mecanismos de partição 57, 69

N

Nanotubos de carbono hidrofílicos 89, 96

Negro de carbono 89, 90

O

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

Open circuit potential 1, 5, 7

Oxidação parcial do metano 98

P

Perfil cinético 113, 114, 135, 136, 137

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

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

Photocatalytic efficacy 14

Photo-fenton process 13, 22

Polymer coating 3

Processo oxidativo avançado 155

Processos enzimáticos 107

R

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

Reator solar 76, 77

Reforma do metano 99

S

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

Scanning Electron Microscopy 4, 281

Self-healing mechanism 3

Semiologia 249, 251, 259

Sensor eletroquímico 43

Sistema Aquoso Bifásico 170, 172, 177

Smart coating 1, 2, 9, 281

T

Teaching strategies 261

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

V

Voltametria 43, 46, 47, 49

 **Atena**
Editora

2 0 2 0