

# 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:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021051</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021052</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021053</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021054</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>43</b>
AVALIAÇÃO DO SENSOR BASEADO GRAFENO E COBRE PARA DETECÇÃO DE GLIFOSATO E AMPA	
Sarah Setznagl Ivana Cesarino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021055</b>	



<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
COMPORTAMENTO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM SUBSUPERFÍCIE	
Vivian Maria de Arruda Magalhães	
Oswaldo Chiavone Filho	
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021056</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>76</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021057</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>89</b>
PRODUÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO HIDROFÍLICOS	
Leila Cottet	
Luís Otávio de Brito Benetoli	
Nito Angelo Debacher	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021058</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>98</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021059</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>107</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36020210510</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>118</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36020210511</b>	

**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**

## AVALIAÇÃO DO SENSOR BASEADO GRAFENO E COBRE PARA DETECÇÃO DE GLIFOSATO E AMPA

*Data de aceite: 04/05/2020*

*Data de submissão: 05/02/2020*

### **Sarah Setznagl**

Universidade Estadual Paulista - Instituto de  
Biociências, CEATOX  
Botucatu – SP

<http://lattes.cnpq.br/7570310523791457>

### **Ivana Cesarino**

Universidade Estadual Paulista - Faculdade de  
Ciências Agrônômicas  
Botucatu – SP

<http://lattes.cnpq.br/1263168595959203>

**RESUMO:** O glifosato (GLI) é um agrotóxico de grande relevância mundial e tem como principal produto de degradação o AMPA. Estas duas moléculas são comumente dosadas em amostras por cromatografia, mas há uma carência de alternativas analíticas que supram as limitações desta técnica. Utilizando-se da eletroanalítica, apenas é possível detectá-las de forma indireta, já que estas são moléculas não eletroativas. A molécula GLI apresenta a propriedade de formar compostos de coordenação com cobre II, sendo estas estruturas detectáveis por eletroanalítica. Este trabalho buscou avaliar a detecção de GLI

e AMPA utilizando um eletrodo baseado em carbono vítreo, grafeno e cobre por voltametria de pulso diferencial (DPV). A alteração nas correntes de pico anódica e catódica do sistema eletroquímico em presença destes analitos foi usada para detectá-los. O sensor foi otimizado e foi obtida uma figura de mérito linear, o que mostra que o sensor proposto é promissor para determinação de GLI e AMPA em amostras de água.

**PALAVRAS-CHAVE:** glifosato; grafeno; cobre; sensor eletroquímico; voltametria.

**ABSTRACT:** Glyphosate (GLI) is a relevant worldwide pesticide and its main degradation product is AMPA. These two molecules are commonly dosed in samples by chromatography, but due to the limitations of this technique there is a need of analytical alternatives. Through electroanalytical it is only possible to detect them indirectly, since these are non-electroactive molecules. GLI molecule has the property of forming coordination compounds with copper II, these structures being detectable by this electroanalytical technique. This work aims to evaluate the detection of GLI and AMPA by an electrode based on glassy carbon, graphene and copper by differential pulse voltammetry (DPV). A linear change in the anodic and cathodic peak

currents of the electrochemical system in the presence of these analytes was used to detect them. The sensor was optimized and a linear merit figure was obtained, which shows that the proposed sensor is suitable for determining GLI and AMPA in water samples.

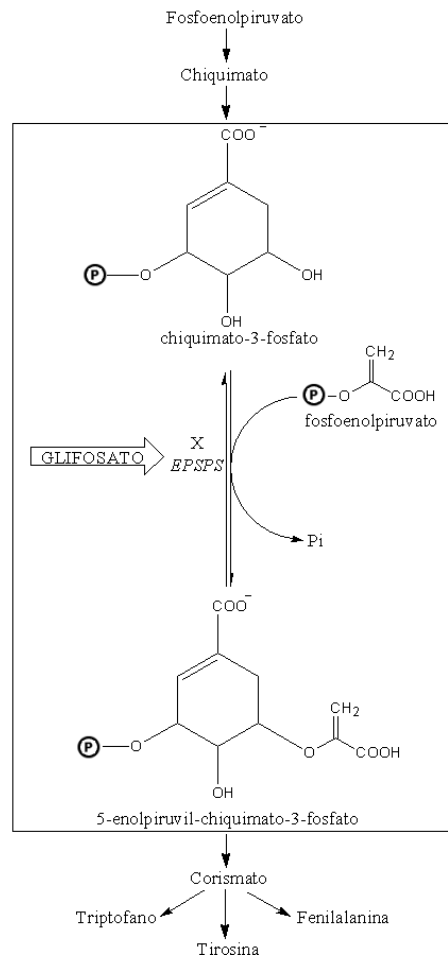
**KEYWORDS:** glyphosate; graphene; copper; electrochemical sensor; voltammetry.

## 1 | INTRODUÇÃO

O agronegócio está entre as mais importantes atividades econômicas do Brasil, estando ele entre os maiores exportadores agrícolas (MARTINS, 2016) e consumidores de agrotóxicos do mundo (CARNEIRO et al., 2015). Uma consequência relacionada a isso é a presença de resíduos de agrotóxicos no solo, água, ar e alimentos, o que gera um alerta à saúde e ao meio ambiente (CASSAL et al., 2014), e traz a necessidade de controlar e monitorar o uso destes compostos (ANVISA, 2014). O glifosato (GLI) é o pesticida mais vendido no mundo e representa 40% do total de pesticidas usados no Brasil (BENBROOK, 2016; CARNEIRO et al., 2015).

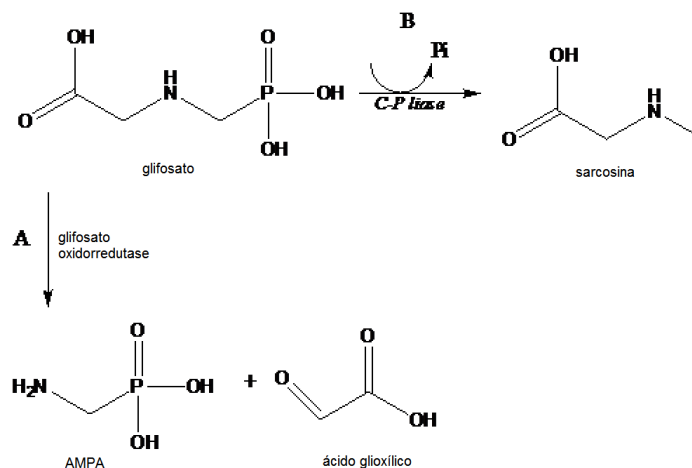
### Propriedades do glifosato

O glifosato, N-(fosfonometil)glicina, é um herbicida usado desde a década de 70 (DUKE; POWLES, 2008). Ele age pela inibição de uma enzima presente em bactérias, fungos e plantas, envolvida na síntese de corismato, um precursor dos aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina e tirosina. Ocorre uma inibição competitiva dele com a *5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase* (EPSPS), que age na conversão de chiquimato-3-fosfato em 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato (Fig.1) (NELSON; COX, 2011).



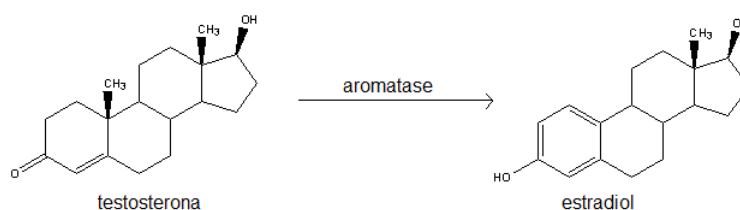
**Fig.1:** Reação inibida pela ação de GLI: conversão de chiquimato-3-fosfato a 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato (NELSON; COX, 2011).

Sua degradação pode acontecer por duas vias: por ação da *glifosato oxidorredutase*, formando ácido aminometilfosfônico (AMPA), que é o principal subproduto; ou através da *C-P liase*, que remove o grupo fosfato, formando sarcosina, entrando então no metabolismo dos aminoácidos (Fig. 2) (LIU et al., 1991).



**Fig.2:** Vias de degradação do GLI: A) clivagem oxidativa da ligação carbono-nitrogênio, resultando na formação de AMPA; B) clivagem da ligação carbono-fósforo que resulta na formação de sarcosina (AMARANTE JUNIOR et al., 2002a; LIU et al., 1991).

A molécula livre de GLI se degrada em poucos dias no solo, mas se torna mais persistente quando adsorvida no solo (ARAÚJO et al., 2003), e o seu subproduto AMPA é ainda mais persistente (ANNETT; HABIBI; HONTELA, 2014; SOUZA et al., 2006). Embora seja considerado um agrotóxico com boa eficiência e baixa toxicidade, trata-se contaminante ambiental (AMARANTE JUNIOR et al., 2002b) que pode prejudicar espécies que não são alvos (EDGE et al., 2013; HERBERT et al., 2014). Estudos mostram que o GLI age como desregulador endócrino, inibindo a produção da enzima *aromatase*, que é mediadora da aromatização de hormônios andrógenos a estrógenos (GASNIER et al., 2009; SIMPSON et al., 2014) (Fig.3). Desequilíbrios hormonais causados por ele também podem estar relacionados a casos de câncer de mama (THONGPRAKASANG et al., 2013) e linfoma em humanos (COSTA; MELLO; FRIEDRICH, 2017; INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2017; SCHINASI; LEON, 2014).



**Fig.3:** Reação de aromatização da testosterona (hormônio andrógeno) produzindo estradiol (hormônio estrógeno). Nesta conversão age a aromatase, pertencente às enzimas do citocromo p450, que agem na síntese de hormônios esteroides, presentes no fígado e intestino delgado (ATTAR; BULUN, 2006).

## Análise de glifosato

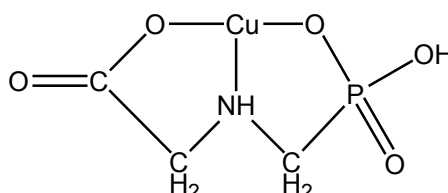
Métodos cromatográficos são os mais utilizados para detectar e quantificar GLI (AMARANTE JUNIOR et al., 2002b). No entanto, a molécula do GLI apresenta características que dificultam tanto a sua extração quanto detecção, e por isso há necessidade de usar procedimentos com muitas etapas, o que torna a análise onerosa e demorada (AMARANTE JUNIOR et al., 2002b; GARCÍA DE LLASERA et al., 2005).

Além da cromatografia, outras técnicas de análise de GLI vêm sendo desenvolvidas, entre elas as técnicas eletroanalíticas (DE ALMEIDA et al., 2015). Embora não seja possível detectar diretamente o GLI por voltametria, por se tratar de uma molécula não eletroativa (TEÓFILO et al., 2004), é possível utilizar métodos indiretos, como a formação de compostos de coordenação dele com íons cúpricos.

Em presença de íons metálicos, o GLI pode se coordenar como um ligante tridentado por apresentar três grupos com habilidade de se ligar com metais: fosfonato [R-PO(OH)<sub>2</sub>], amino e carboxilato. Em pH perto do neutro, os grupos



carboxilato e fosfonato estão desprotonados, o que facilita a coordenação com metais de transição. Ele pode formar complexo com cobre, zinco, manganês, níquel, e outros, sendo mais estudado o de cobre. Dois tipos de complexo GLI-cobre são possíveis, sendo que em ambos é o nitrogênio quem se liga ao cobre: no complexo 1:2, duas moléculas de GLI se ligam a um íon cobre; na estrutura 1:1 (Fig.4), uma molécula de GLI se liga a um íon cobre e forma-se uma estrutura de dois anéis quelatos (COUTINHO; MAZO, 2005).



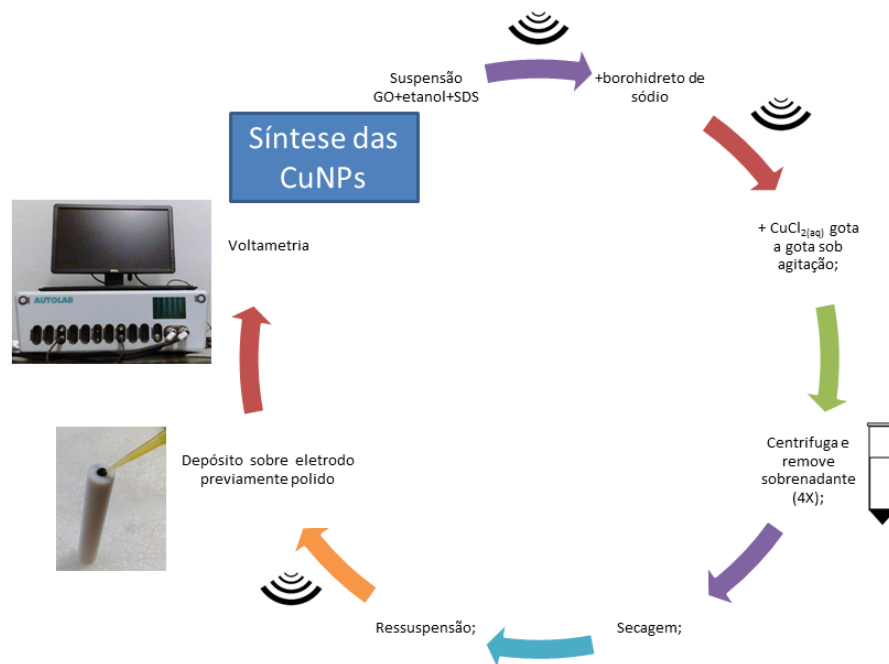
**Fig.4:** Fórmula estrutural plana do complexo cobre-glifosato 1:1(COUTINHO; MAZO, 2005).

Alguns eletrodos baseados em cobre para detecção de GLI são relatados na literatura feitos com diferentes materiais. Entre eles, eletrodos de cobre metálico (GARCIA; ROLLEMBERG, 2007; SIERRA et al., 2008), pasta de carbono, carbono vítreo com cobre eletrodepositado (PINTADO et al., 2012) e carbono vítreo modificado com filme de ftalocianina de cobre e nanotubos de carbono (MORAES et al., 2010).

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos voltamétricos foram realizados utilizando as técnicas de voltametria cíclica (CV) e voltametria de pulso diferencial (DPV) em um sistema eletroquímico Autolab modelo PGSTAT128N (Eco Chemie) equipado com o software NOVA 2.0. Foi utilizada uma célula eletroquímica de vidro convencional de três eletrodos: eletrodo de carbono vítreo (GC) previamente limpo e polido como eletrodo de trabalho, eletrodo de referência Ag/AgCl/KCl ( $3,0 \text{ mol L}^{-1}$ ), uma placa de platina como contra-eletrodo.

Um sensor baseado em carbono vítreo modificado com óxido de grafeno reduzido e nanopartículas de cobre (GC/rGO-CuNPs) (SETZNAGL; CESARINO, 2020) foi avaliado para detecção de AMPA em água e GLI em urina sintética. O eletrodo de trabalho foi modificado com o compósito produzido pelo método químico, cuja morfologia fora caracterizada por microscopia eletrônica de varredura, e então avaliado por voltametria (esquema na Fig.5).



**Fig.5:** Esquema de preparo do sensor - síntese do grafeno-cobre; depósito do material sobre o eletrodo de GC; análises voltamétricas.

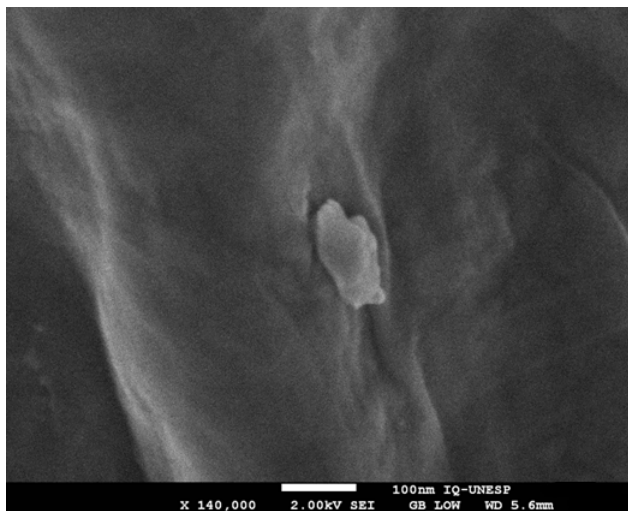
Uma suspensão de óxido de grafeno e dodecil sulfato de sódio (SDS) em etanol foi levada ao banho ultrassônico e então adicionada de borohidreto de sódio ( $\text{NaBH}_4$ ), sonicada novamente, centrifugada e lavada com etanol. O material resultante foi seco em estufa e disperso em água a  $0,25 \text{ mg mL}^{-1}$ . Para síntese do compósito grafeno-cobre, o mesmo procedimento foi repetido acrescentando-se uma etapa de adição de sal de cobre ao material.

Para o estudo de matriz, uma amostra de urina sintética foi produzida a partir do método de Laube *et al* adaptado (LAUBE; MOHR; HESSE, 2001).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Estudo e otimização do compósito

A caracterização morfológica foi realizada nos materiais com e sem adição de cobre durante a síntese, e é possível observar partículas dispersas ao longo da folha de grafeno no material com cobre (Fig. 6).

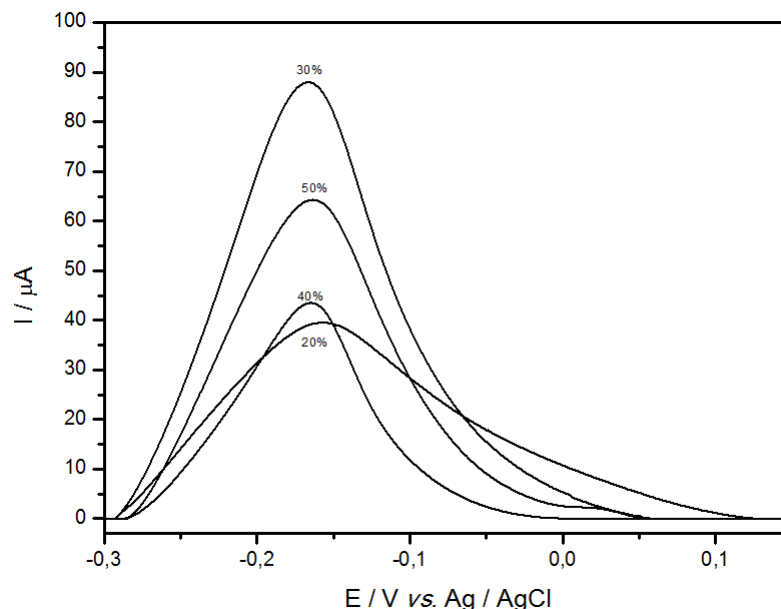


**Fig.6:** Imagem FEG-SEM da superfície do filme rGO-CuNPs 30%.

Eletródos contendo estes compósitos foram então avaliados por voltametria, sendo que somente aquele em que foi adicionado cobre exibiu picos característicos deste metal (GARCIA; ROLLEMBERG, 2007; MORAES et al., 2010; PINTADO et al., 2012; SIERRA et al., 2008): picos anódico e catódico em +0,03 V e -0,18 V, atribuídos à oxidação e redução do cobre. Quando avaliados com adição de GLI, apenas o eletrodo contendo cobre apresentou alteração significativa no perfil voltamétrico em comparação à amostra em branco, tendo sido observada uma diminuição nos picos anódico e catódico em presença deste analito.

Este comportamento foi oposto ao previsto, sempre tendo sido relatado um aumento de intensidade com a concentração (COUTINHO et al., 2007; GARCIA; ROLLEMBERG, 2007; MORAES et al., 2010; PINTADO et al., 2012; PRASAD; JAUHARI; TIWARI, 2014; SÁNCHEZ-BAYO; HYNE; DESSEILLE, 2010; SIERRA et al., 2008). Mas deve-se levar em consideração que, como o material usado neste sensor é diferente dos outros trabalhos, é possível que o mecanismo reacional não seja o mesmo. Além disso, o tamanho reduzido das partículas de cobre também pode fazer com que diminua a exposição do metal presente na superfície do eletrodo para de ligar a mais moléculas de GLI.

Foram testados por DPV compósitos produzidos em proporções de 20 a 50% de cobre em relação ao grafeno (Fig.7), sendo que a proporção de 30% de cobre apresentou a maior corrente de pico e foi então adotada.

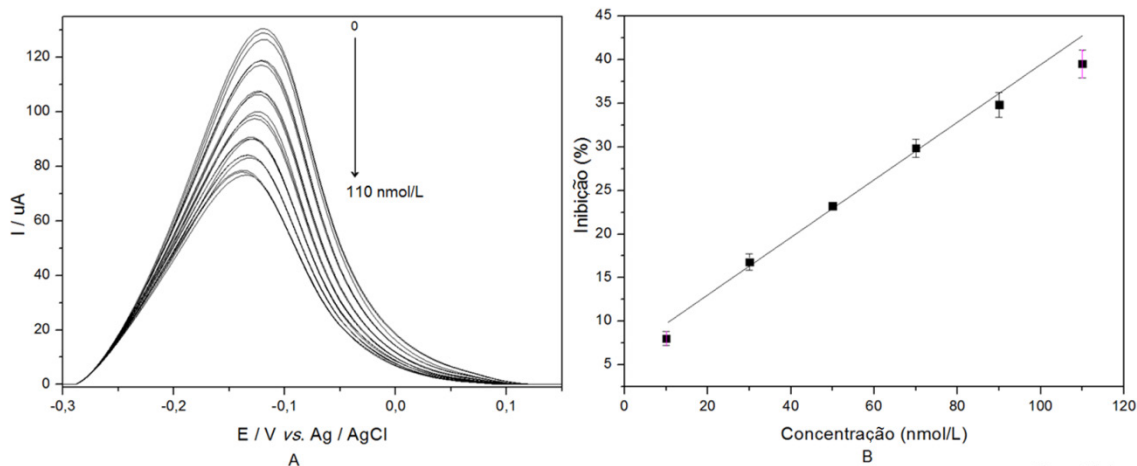


**Fig.7:** DPV de eletrodos GC/grafeno-Cu com diferentes proporções de Cu em PBS 0,2 mol L<sup>-1</sup> pH 7,4, com velocidade de varredura de 10 mV s<sup>-1</sup>, amplitude de pulso de 100 mV e incremento de potencial de 1 mV.

Não foi obtida uma relação direta entre o aumento da proporção de cobre e da corrente de pico (30%>50%>40%>20%), o que pode ser atribuído à diversidade na eficiência de síntese entre os compósitos produzidos. Para explorar melhor esse aspecto, seria necessário fazer um estudo com mais de uma síntese para cada tipo de material.

### 3.2 Otimização do eletrodo para detecção de glifosato e AMPA

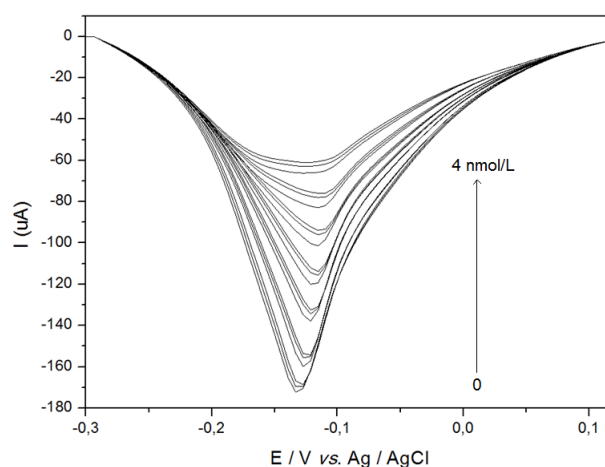
Para se obter os maiores valores de correntes, o pH e parâmetros da DPV foram otimizados. Em seguida, foram testadas adições de GLI em faixas de concentração entre 0,2 n<sup>o</sup>mol L<sup>-1</sup> e 11 μmol L<sup>-1</sup>, e a partir delas plotadas curvas de DPV e calculadas as taxas de inibição do sensor. É possível observar que os 3 pontos de triplicata são muito próximos com diferenças acentuadas nas correntes de pico entre uma concentração e outra (Fig.8).



**Fig.8:** A) DPVs do eletrodo GC/grafeno-Cu 30% em PBS 0,2 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0 com velocidade de varredura de 10 mV s<sup>-1</sup>, amplitude de pulso de 100 mV e incremento de potencial de 6 mV nas concentrações de 0, 10, 30, 50, 70, 90 e 110 ηmol L<sup>-1</sup> de glifosato; B) respectivas taxas de inibição.

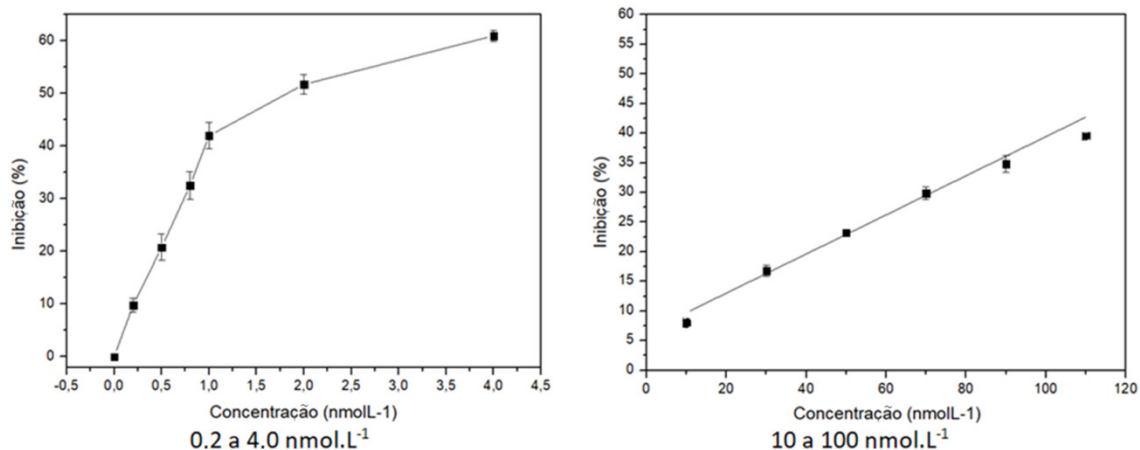
A reta obtida fornece a seguinte equação de inibição:  $% I = 6,42 + 0,33 [C]$ , onde  $R = 0,978$  ( $n=6$ ),  $%I$  é a taxa de inibição e  $C$  é a concentração de GLI em ηmol L<sup>-1</sup>.

Também foram testadas adições de GLI em varredura catódica (Fig.9). Nos dois modos de varredura de potencial, há muita proximidade entre as repetições e evidente diferença entre os pontos referentes às diferentes concentrações. No entanto, como este modo de varredura apresentou picos menos simétricos, o modo de varredura anódica foi mantido nos testes posteriores.



**Fig.9:** DPVs do eletrodo GC/rGO-CuNPs 30% em PBS 0,2 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0 com velocidade de varredura de 10 mV s<sup>-1</sup>, amplitude de pulso de 100 mV e incremento de potencial de 6 mV, com varredura de potencial de +0,2 a -0,3V, nas concentrações de 0, 0,2, 0,5, 0,8, 1, 2 e 4 ηmol L<sup>-1</sup> de glifosato.

A taxa de inibição mostrou um aumento linear com a concentração acima de 10 ηmol L<sup>-1</sup> ( $R>0,9$ ), como mostra a Fig.10.

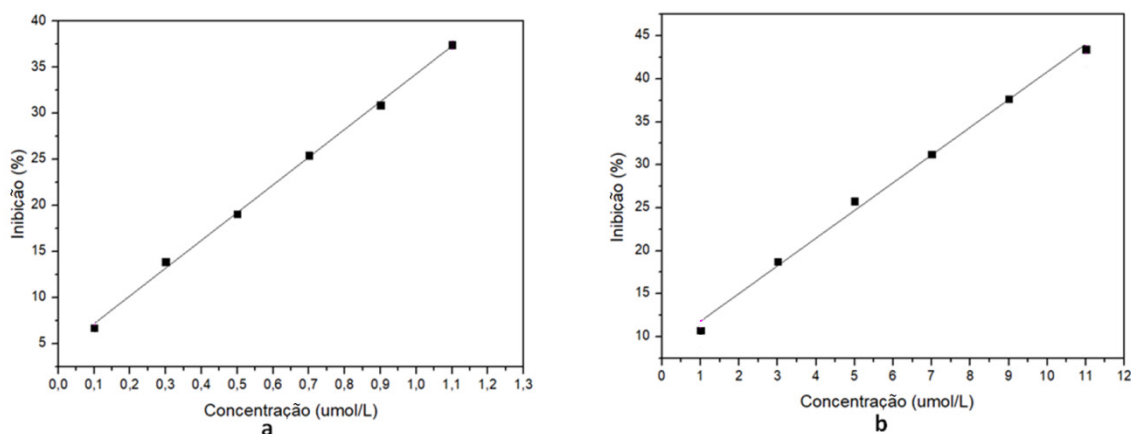


**Fig.10:** Taxas e inibição plotadas a partir das DPVs do eletrodo GC/grafeno-Cu 30% em PBS 0,2 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0 com velocidade de varredura de 10 mV s<sup>-1</sup>, amplitude de pulso de 100 mV e incremento de potencial nas faixas de concentração de 0,2  $\eta$ mol L<sup>-1</sup> a 100  $\eta$ mol L<sup>-1</sup>.

As adições de GLI ocasionam diminuições significativas nas correntes de pico, devido à inibição do sinal do cobre. No entanto, em concentrações abaixo de 4,0  $\eta$ mol L<sup>-1</sup> observou-se que esta diminuição de corrente não é linear, e, portanto, não pode ser usada para quantificação.

Foram obtidos para este sensor pequenos desvios relativos entre os diferentes sensores utilizados e medidas realizadas com LOD de 24,7  $\eta$ mol L<sup>-1</sup> e repetibilidade e reprodutibilidade de 2,13 e 0,33%, respectivamente

Da mesma forma também foram obtidas figuras de mérito para AMPA em faixas de concentração entre 0,1 e 11  $\mu$ mol L<sup>-1</sup> (Fig.11).



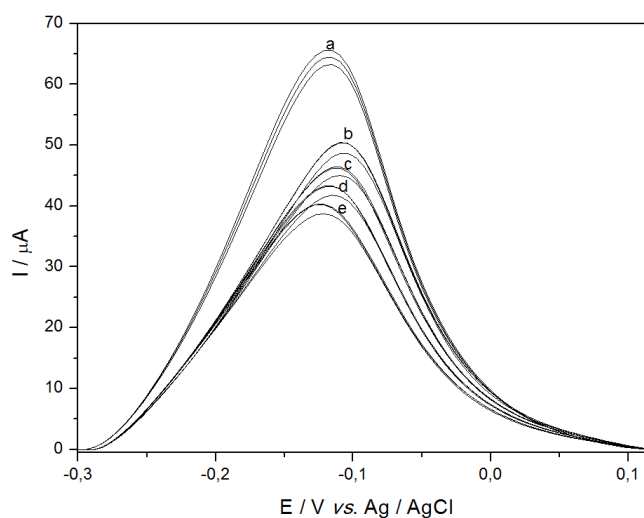
**Fig.11:** Taxas e inibição plotadas a partir das DPVs do eletrodo GC/grafeno-Cu 30% em PBS 0,2 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0 com velocidade de varredura de 10 mV s<sup>-1</sup>, amplitude de pulso de 100 mV e incremento de potencial nas faixas de concentração de a) 0,1 a 1,1  $\mu$ mol L<sup>-1</sup> e B) 1,1 a 11  $\mu$ mol L<sup>-1</sup> de AMPA.

As curvas de inibição obtidas para AMPA apresentam o mesmo perfil do observado com GLI. De fato, era esperada essa semelhança no comportamento eletroquímico, já que se trata de moléculas muito semelhantes: a presença de

grupo fosfonato torna a molécula de AMPA também susceptível à produção de complexo com o cobre. Isso mostra que o sensor pode ser usado para detectar ambos simultaneamente, mas de forma não seletiva.

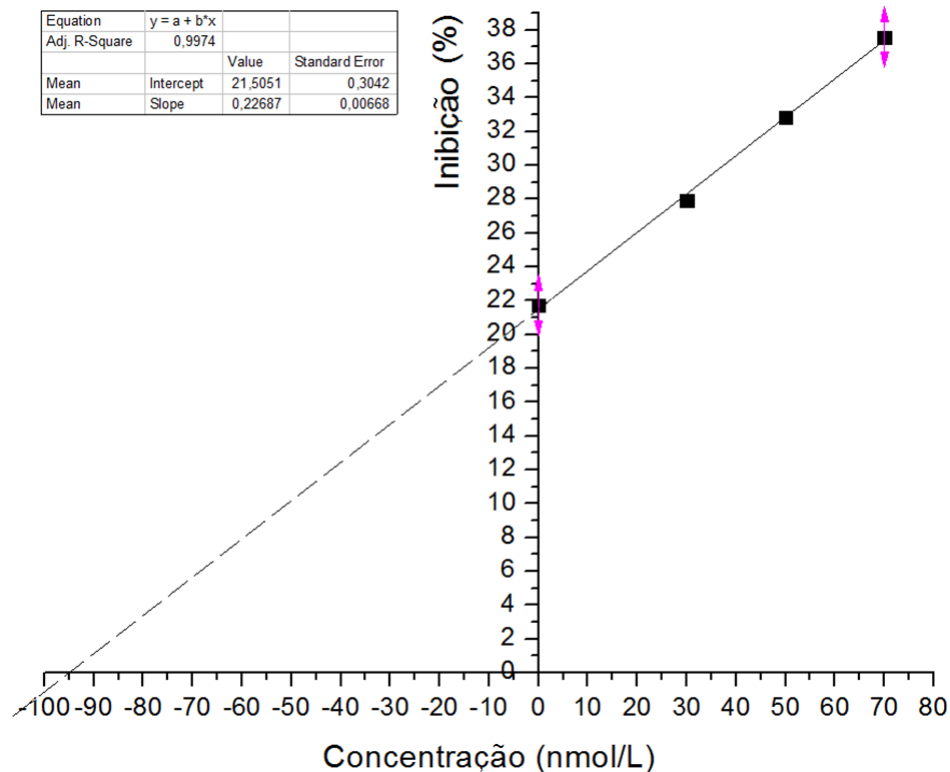
### 3.3 Análise de glifosato em amostra de urina sintética

Para simular o efeito de matriz em urina, após as leituras em branco acrescentou-se à célula uma alíquota de urina sintética enriquecida com GLI de modo a se obter a concentração de  $20 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ . Em seguida foram feitas 3 adições de GLI, obtendo-se os voltamogramas mostrados na Fig.12.



**Fig.12:** DPVs dos eletrodos GC/grafeno-Cu 30% em PBS  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  pH 7,0 com velocidade de varredura de  $10 \text{ mV s}^{-1}$ , amplitude de pulso de  $100 \text{ mV}$  e incremento de potencial variado de  $6 \text{ mV}$ , onde a é a amostra em branco, à qual foram então adicionados: b) urina sintética +  $20 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$  de GLI; c,d e e-  $30, 50$  e  $70 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$  de GLI, respectivamente.

O deslocamento dos picos para a direita evidencia o efeito de matriz, além de uma mudança na composição iônica no eletrólito de suporte. A partir das correntes de pico da Figura 12 foi plotada a figura de mérito exposta na Fig.13.



**Fig.13:** Taxas e inibição referentes às DPVs do eletrodo GC/grafeno-Cu 30% em PBS 0,2 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0 com velocidade de varredura de 10 mV s<sup>-1</sup>, amplitude de pulso de 100 mV e incremento de potencial na faixa de concentração de 30 a 70 ηmol L<sup>-1</sup>.

Embora a figura de mérito obtida tenha se apresentado linear ( $R > 0,99$ ), a concentração calculada (94,8 ηmol L<sup>-1</sup>) para a amostra contaminada foi bem distante do real (20 ηmol L<sup>-1</sup>). Portanto, ainda são necessários mais estudos para tornar o sensor viável do ponto de vista quantitativo nesta faixa de concentração para análise em urina.

#### 4 | CONCLUSÃO

O compósito sintetizado é capaz de detectar glifosato e AMPA e o sensor avaliado mostrou-se promissor para o desenvolvimento de métodos alternativos para detecção destes importantes analitos.

#### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA) - Relatório complementar relativo à segunda etapa das análises de amostras coletadas em 2012.** [s.l.: s.n.].

AMARANTE JUNIOR, O. P. DE et al. Glifosato: Propriedades, Toxicidade, Usos e Legislação. **Revista Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589–593, 2002a.

AMARANTE JUNIOR, O. P. DE et al. Métodos de Extração e Determinação do Herbicida Glifosato: Breve Revisão. **Revista Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 420–428, 2002b.



ANNETT, R.; HABIBI, H. R.; HONTELA, A. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. **Journal of Applied Toxicology**, v. 34, n. 5, p. 458–479, 2014.

ARAÚJO, A. S. F. DE et al. Biodegradação de glifosato em dois solos brasileiros. **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba**, v. 13, p. 157–164, 2003.

ATTAR, E.; BULUN, S. E. Aromatase inhibitors: the next generation of therapeutics for endometriosis? **Fertility and Sterility**, v. 85, n. 5, p. 1307–1318, 2006.

BENBROOK, C. M. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. **Environmental Sciences Europe**, v. 28, n. 1, p. 1–15, 2016.

CARNEIRO, F. F. et al. **Dossiê ABRASCO: Um Alerta sobre os Impactos dos Agrotóxicos na Saúde**. [s.l.: s.n.].

CASSAL, V. B. et al. AGROTÓXICOS: UMA REVISÃO DE SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE PÚBLICA. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 437–445, 7 abr. 2014.

COSTA, V. I. DO B. DA; MELLO, M. S. DE C. DE; FRIEDRICH, K. Exposição ambiental e ocupacional a agrotóxicos e o linfoma não Hodgkin. **Saúde em Debate**, v. 41, n. 112, p. 49–62, 2017.

COUTINHO, C. F. B. et al. Direct determination of glyphosate using hydrophilic interaction chromatography with coulometric detection at copper microelectrode. **Analytica Chimica Acta**, v. 592, n. 1, p. 30–35, 2007.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos Metálicos com o Herbicida Glifosato: Revisão. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 1038–1045, 2005.

DE ALMEIDA, L. K. S. et al. A novel colorimetric sensor strip for the detection of glyphosate in water. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, v. 206, p. 357–363, 2015.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, p. 319–325, 2008.

EDGE, C. B. et al. Laboratory and field exposure of two species of juvenile amphibians to a glyphosate-based herbicide and *Batrachochytrium dendrobatidis*. **Science of the Total Environment**, v. 444, p. 145–152, 2013.

GARCIA, A. F.; ROLLEMBERG, M. DO C. Determinação Voltamétrica do Herbicida Glifosato em Águas Naturais Utilizando Eletrodo de Cobre. **Química Nova**, v. 30, n. 7, p. 1592–1596, 2007.

GARCÍA DE LLASERA, M. P. et al. Matrix solid-phase dispersion extraction and determination by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection of residues of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in tomato fruit. **Journal of Chromatography A**, v. 1093, n. 1–2, p. 139–146, 2005.

GASNIER, C. et al. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. **Toxicology**, v. 262, n. 3, p. 184–191, 2009.

HERBERT, L. T. et al. Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. **The Journal of Experimental Biology**, v. 217, p. 3457–3464, 2014.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans - volume 112: Some organophosphate insecticides and herbicides - Glyphosate**. [s.l.: s.n.]. v. 112

LAUBE, N.; MOHR, B.; HESSE, A. Laser-probe-based investigation of the evolution of particle size distributions of calcium oxalate particles formed in artificial urines. **Journal of Crystal Growth**, v. 233, n. 1–2, p. 367–374, 2001.

LIU, C. M. et al. Degradation of the herbicide glyphosate by members of the family Rhizobiaceae. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, n. 6, p. 1799–1804, 1991.

MARTINS, J. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) - Balanço 2016 Perspectiva 2017**. [s.l.: s.n.].

MORAES, F. C. et al. Direct electrochemical determination of glyphosate at copper phthalocyanine/multiwalled carbon nanotube film electrodes. **Electroanalysis**, v. 22, n. 14, p. 1586–1591, 2010.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

PINTADO, S. et al. Electrochemical determination of glyphosate in waters using electrogenerated copper ions. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 7, n. 3, p. 2523–2530, 2012.

PRASAD, B. B.; JAUHARI, D.; TIWARI, M. P. Doubly imprinted polymer nanofilm-modified electrochemical sensor for ultra-trace simultaneous analysis of glyphosate and glufosinate. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 59, p. 81–88, 2014.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; HYNE, R. V.; DESSEILLE, K. L. An amperometric method for the detection of amitrole, glyphosate and its aminomethyl-phosphonic acid metabolite in environmental waters using passive samplers. **Analytica Chimica Acta**, v. 675, n. 2, p. 125–131, 2010.

SCHINASI, L.; LEON, M. E. Non-hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: A systematic review and meta-analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 4, p. 4449–4527, 2014.

SETZNAGL, S.; CESARINO, I. Copper nanoparticles and reduced graphene oxide modified a glassy carbon electrode for the determination of glyphosate in water samples. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, p. 1–13, 3 fev. 2020.

SIERRA, E. V. et al. Electrooxidación de glifosato sobre electrodos de níquel y cobre. **Química Nova**, v. 31, n. 2, p. 220–226, 2008.

SIMPSON, E. R. et al. Aromatase Cytochrome P450, The Enzyme Responsible for Estrogen Biosynthesis \*. **Endocrine Reviews**, v. 15, n. 3, p. 342–355, 2014.

SOUZA, T. A. DE et al. Estudo de recuperação de glifosato e AMPA derivados em solo utilizando-se resinas nacionais. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1372–1376, 2006.

TEÓFILO, R. F. et al. Experimental Design Employed to Square Wave Voltammetry Response Optimization for the Glyphosate Determination. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 15, n. 6, p. 865–871, 2004.

THONGPRAKAIKANG, S. et al. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. **Food and Chemical Toxicology**, v. 59, p. 129–136, 2013.

## 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**