

# 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<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**

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

Data de aceite: 04/05/2020

Data de submissão: 17/04/2020

### **Maria Conceição Soares Meneses Lage**

Universidade Federal do Piauí, Curso de Arqueologia  
Teresina – PI

### **Wilkins Oliveira de Barros**

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Química  
Teresina – PI

### **Iasmin Maria Rodrigues de Sales Vieira**

Universidade Federal do Piauí, Curso de Arqueologia  
Teresina – PI

### **Anibal Gustavo Sousa Oliveira**

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Química  
Teresina – PI

### **Andressa Carvalho Lima**

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Química  
Teresina – PI

### **Benedito Batista Farias Filho**

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Química  
Teresina – PI

do Cajueiro é um abrigo sob rocha localizado no município de Castelo do Piauí (Piauí- Brasil) e contém diversidade de cores, formas e estilo de arte rupestre. Contudo, apresentava diversos problemas de conservação, os quais demandavam ações imediatas de intervenção a fim de preservá-lo para gerações futuras. Para este trabalho foram analisadas amostras de pigmentos pré-históricos de diferentes cores por meio da Microscopia Óptica e Fluorescência de Raios X portátil *in situ* visando caracterizá-los quimicamente e dar subsídios aos trabalhos de conservação de arte rupestre. As análises de pigmentos apresentaram como elemento principal o Fe (1,17 a 4,49% m/m) responsável pelas variedades de cores. Pode-se observar pelo menos duas classes de pigmentos presentes no sítio, aqueles contendo Mn (0,034 a 0,7073%) e de Zr (0,012 a 0,041%) e outra com ausência destes. Este trabalho é um subsídio para os trabalhos de conservação a serem realizados no sítio arqueológico Toca da Baixa do Cajueiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arte Rupestre. Análise elementar. FRX portátil. Arqueometria. Conservação de Arte Rupestre.

**RESUMO:** O Sítio Arqueológico Toca da Baixa

## CHEMICAL STUDY OF ROCK ART FROM THE ARCHAEOLOGICAL SITE TOCA DA BAIXA DO CAJUEIRO BY PORTABLE FRX AND ITS IMPLICATIONS FOR CONSERVATION

**ABSTRACT:** The archaeological site Toca da Baixa do Cajueiro is a rock shelter located in the municipality of Castelo do Piauí (Piauí- Brazil) and contains a diversity of colors, shapes and rock art style. Although, it presents several conservation problems that require immediate intervention actions in order to preserve it for future generations. For this research, samples of prehistoric pigments of different colors and shapes were analyzed using Optical Microscopy and Portable X-Ray Fluorescence in situ, aiming to characterize them chemically and provide subsidies to the conservation works of rock art. The pigment samples presented Fe (1.17 a 4.49% m/m) as the main element responsible for the color varieties. It is possible to observe at least two classes of pigments present in the sites, those containing Mn (0.034 to 0.7073%) and Zr (0.012 to 0.041%) and those without them. This work is a subsidy for the conservation interventions to be execute at the archaeological site Toca da Baixa do Cajueiro.

**KEYWORDS:** Rock art. elementar analysis. portable XRF. Archaeometry. Conservation of rock art.

### 1 | INTRODUÇÃO

O sítio arqueológico Toca da Baixa do Cajueiro é um abrigo de pequeno porte localizado às margens da rodovia PI 226 na cidade de Castelo do Piauí, estado do Piauí, sob as coordenadas 24M 233771E 9403888N com cerca de 415 m acima do nível do mar (Figura 1).

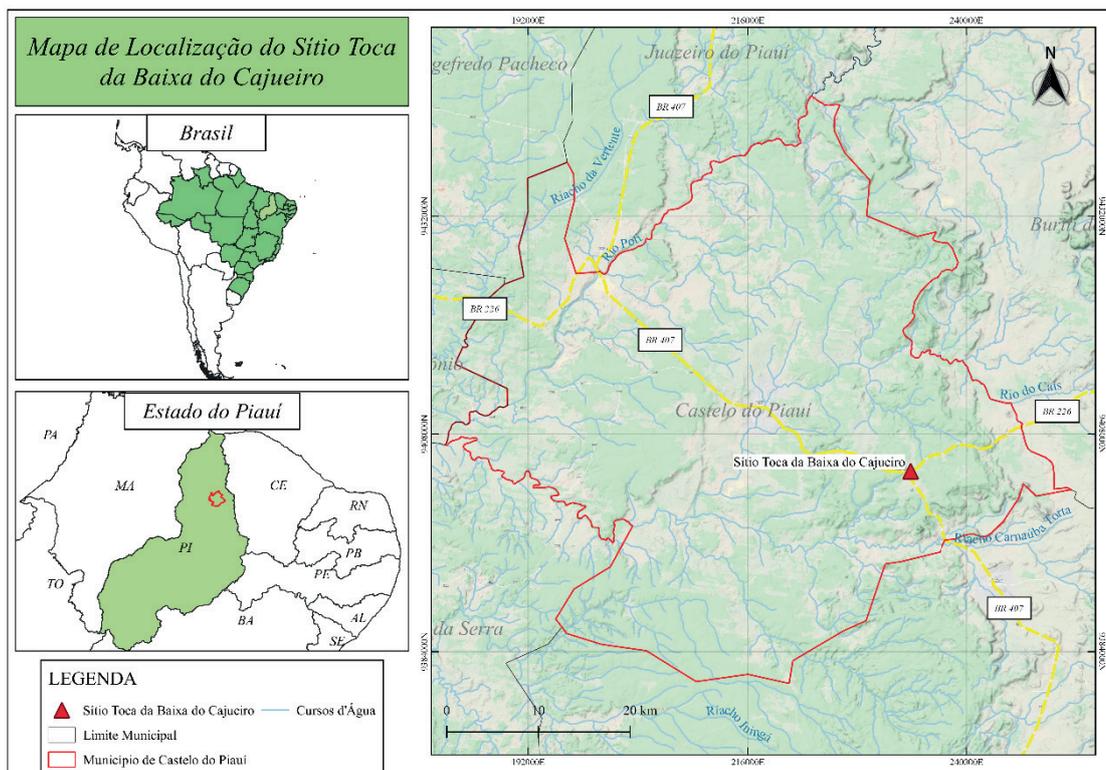


Figura 1 – mapa de localização geográfica do sítio arqueológico Toca da Baixa do Cajueiro

O paredão rochoso mede cerca de 3,706 metros e apresenta profundidades entre 0,567 e 3,897 metros. É composto por arenito tendo dispostas em sua estrutura parietal pinturas rupestres, em sua maioria, de linhas cruzadas, círculos, caracois e marcas de mãos. O sítio é rodeado por vegetações nativas, inclusive o cajueiro citado em seu nome, o que dificulta parcialmente sua visibilidade (Figura 2A). Embora se encontre em local de fácil acesso, por ser nas proximidades de uma rodovia, é necessário um considerável esforço físico para alcançar as pinturas que estão, aproximadamente, entre 2 e 3 metros de altura e uma plataforma elevada a 2,156 metros do nível do solo. Sobre o estado de conservação do sítio arqueológico, devido a facilidade de acesso, o sítio passa por problemas de origem antrópica, como a ação de pichadores que escreveram a palavra “OS CÃES” em tinta spray de cor preta sobrepondo as pinturas rupestres (Figura 2B).



Figura 2 – o sítio arqueológico Toca da Baixa do Cajueiro (A) vista geral da entrada do sítio (B) pinturas rupestres e o principal problema de conservação de origem antrópica

Como forma a complementar à ciência da Conservação, a Arqueologia vai de encontro com outras áreas do conhecimento, como as ciências naturais e exatas (química, física, biologia, matemática, estatística etc), que quando aplicadas no contexto arqueológico passa a ser uma subárea de estudo denominada arqueometria (ARTIOLI, 2010; POLLARD E HERON, 2008). Os estudos envolvendo a arqueometria na ciência da conservação tem sido relevantes para auxiliar na preservação de inúmeros sítios de arte rupestre no Brasil (Cavalcante, 2018; Lage e Lage, 2014) e no mundo (BAYARRI et al., 2019; MAY et al., 2020; ROSINA et al., 2019), pois é possível propor medidas interventivas e preventivas a fim de desacelerar o desgaste natural e/ou antrópico bastante comum considerando que as pinturas estão propícias ao intemperismo e ações danosas resultante de atividades humanas, respectivamente (NHAMO, 2018).

Sob a perspectiva arqueométrica se faz necessário entender a dinâmica natural da rocha e dos pigmentos rupestres no que tange aos aspectos morfológicos e físico-químicos, ações importantes para direcionar o trabalho do conservador na

tomada de decisões sobre como proceder para remoção dos principais problemas de conservação sem agredir o patrimônio arqueológico.

Para realização de tais trabalhos é importante o uso de técnicas físico-químicas de preferência não-destrutivas e de caráter portátil, pois permitem a realização de medidas in situ sem a necessidade de coleta de amostra. A Fluorescência de Raios X (FRX) portátil tem sido muito utilizada para as análises arqueométricas e aplicada para diversos tipos de vestígios do patrimônio cultural, como cerâmicas, ossadas humanas, materiais líticos e pinturas rupestres (CALZA et al. 2006; NEWMAN e LOENDORF, 2005; HOU et al, 2004; VANDENABEELE e DONAIS, 2016).

A espectrometria de Fluorescência de Raios X é uma técnica analítica não-destrutiva que permite identificar os elementos químicos ( $Z > 11$ ) presentes em uma amostra (análise qualitativa) e desse modo estabelecer a proporção em que cada elemento se encontra (quantitativa). A FRX utiliza uma fonte de radiação de elevada energia (radiação gama ou radiação X) que é necessária para provocar a ejeção de um elétron da camada interna de um átomo, formando uma vacância que é ligeiramente preenchida por um elétron da camada mais externa (processo de emissão) seguida da liberação de energia que é característica de cada elemento presente na amostra (HOU et al, 2004, SKOOG et al., 2016; VANDENABEELE e DONAIS, 2016).

Diversos têm sido os trabalhos disponíveis na literatura que utilizam a FRXp na análise de pigmentos rupestres visando a sua caracterização química a fim de propor aspectos tecnológicos utilizados por povos pré-coloniais no preparo da tinta ou mesmo em trabalhos de conservação visando determinar a composição química dos pigmentos para só então propor ações interventivas de conservação (RIFKIN et al., 2016; SANTOS et al., 2018; GAY et al., 2016; LEBON et al., 2019; BECK et al., 2014; SEPULVEDA et al., 2015).

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a composição química elementar por Fluorescência de Raios X portátil da paleta artística da arte rupestre do sítio arqueológico Toca da Baixa do Cajueiro (Piauí - Brasil) a fim de direcionar tais resultados aos trabalhos de conservação.

## 2 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 2.1 Amostras

Foram selecionadas oito pinturas rupestres, considerando inicialmente uma inspeção visual do paredão rochoso e utilizando como critério de escolha as tonalidades de cores presentes no sítio arqueológico (Figura 3). Das oito pinturas foram separadas para estudo nove amostras que receberam códigos de identificação:

SBC que se refere às iniciais do sítio e a sequência de amostragem que variou do 1 ao 9, com destaque a amostra SBC 6 que se trata de uma pintura policromática nas cores vermelha (V) e amarela (A).

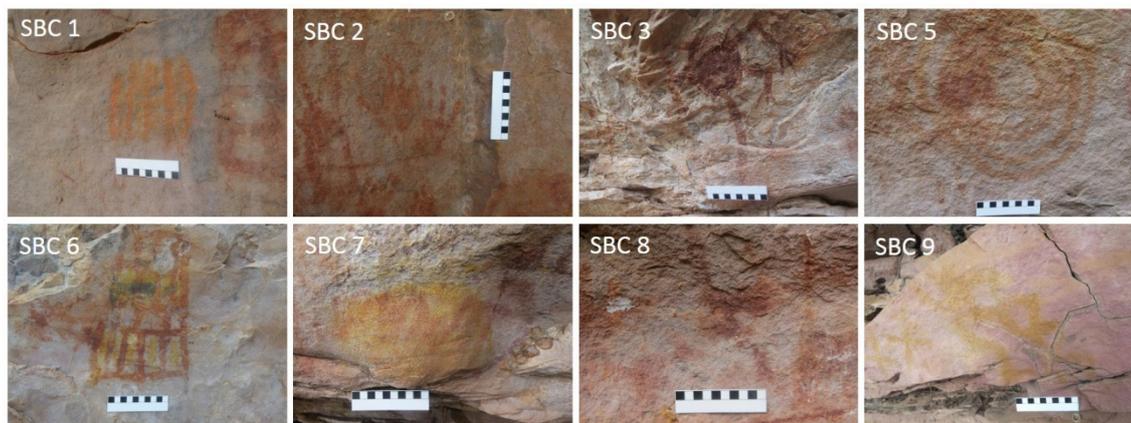


Figura 3 – A arte rupestre presente no sítio Toca da Baixa do Cajueiro selecionadas para realização das análises.

As pinturas rupestres selecionadas tiveram sua coloração referenciada por meio do sistema de código Munsell, entre cores que variavam de amarelo claro ao vermelho escuro, como pode ser observado na Tabela 1.

Amostras	Código Munsell	Referência de cor
SBC 1	2,5 YR 6/8	Vermelho claro
SBC 2	2,5 YR 3/6	Vermelho escuro
SBC 3	10 R 3/6	Vermelho escuro
SBC 5	2,5 YR 4/8	Vermelho
SBC 6 A	7,5 YR 7/8	Amarelo avermelhado
SBC 6 V	10 R 4/6	Castanho amarelado escuro
SBC 7	10 R 3/4	Castanho amarelado escuro
SBC 8	7,5 YR 6/6	Amarelo avermelhado
SBC 9	10 YR 8/8	Amarelo

Tabela 1. Código de cores munsell.

## 2.2 Caracterização morfológica e químico elementar

As amostras de pigmentos rupestres foram examinadas *in situ* sob a ocular de um microscópio óptico portátil (Handheld ProScope CSI) com conexão USB ao computador. As imagens foram obtidas utilizando lentes (Scalar) de 30 e 100x realizando um exame rigoroso das tintas.

Efetou-se as análises de pFRX dos pigmentos e do suporte rochoso a fim de conhecer suas propriedades e constituição química elementar. A análise elementar foi realizada em um espectrômetro pFRX (Thermo Fisher Scientific, modelo Niton XL3t Ultra portátil), equipado com tubo de raios-X com um anodo de prata e um

detector de deriva de silício (SDD). O tubo possui uma voltagem máxima de 50 kV, corrente de 200  $\mu\text{A}$  e 2W de potência, e apresenta uma câmera CCD acoplada que permite visualizar o ponto no qual foi feita a medida e registrá-lo junto ao resultado analítico. O analisador foi configurado para o Modo Mineração Cu/Zn o qual funciona com quatro filtros distintos a fim de que forneçam uma melhor sensibilidade para vários elementos específicos. Os filtros são denominados “Main, Low, High e Light” e estão descritos com a faixa de elementos que o abrangem (Tabela 2).

Filtros	Elementos analisados
Main	Sb, Sn, Cd, Ag, Mo, Nb, Th, Zr, Y, Sr, U, Rb, Bi, Au, Se, As, Pb, W, Zn, Cu, Ni, Co,
Low	Fe, Mn, Cr, V, Ti
High	Cr, V, Ti, Ca, K, Nd, Pr, Ce, La, Ba, Sb, Sn, Cd, Ag
Light	Al, P, Si, Cl, S, Mg

Tabela 2. Filtros utilizados no Modo Mineração e elementos analisados pelo pFRX.

As amostras foram analisadas utilizando um ponto focal de incidência de raios X de 3 mm de diâmetro e tempo de análise de 120 segundos (sendo 30 segundos para cada filtro) realizada sob atmosfera. As medidas foram realizadas *in situ* e em triplicadas em diferentes pontos das amostras a fim de garantir a representatividade das medidas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra as imagens com detalhes da camada pictórica no suporte rochoso analisada por meio do microscópio óptico, as quais permitem verificar aspectos morfológicos da pintura rupestre, como por exemplo, desgaste, espessura, tamanho de partículas, misturas de materiais, entre outros. A avaliação destes parâmetros é indispensável para se obter dados microscópicos da arte rupestre e assim constituir um primeiro levantamento sobre o seu estado de conservação.

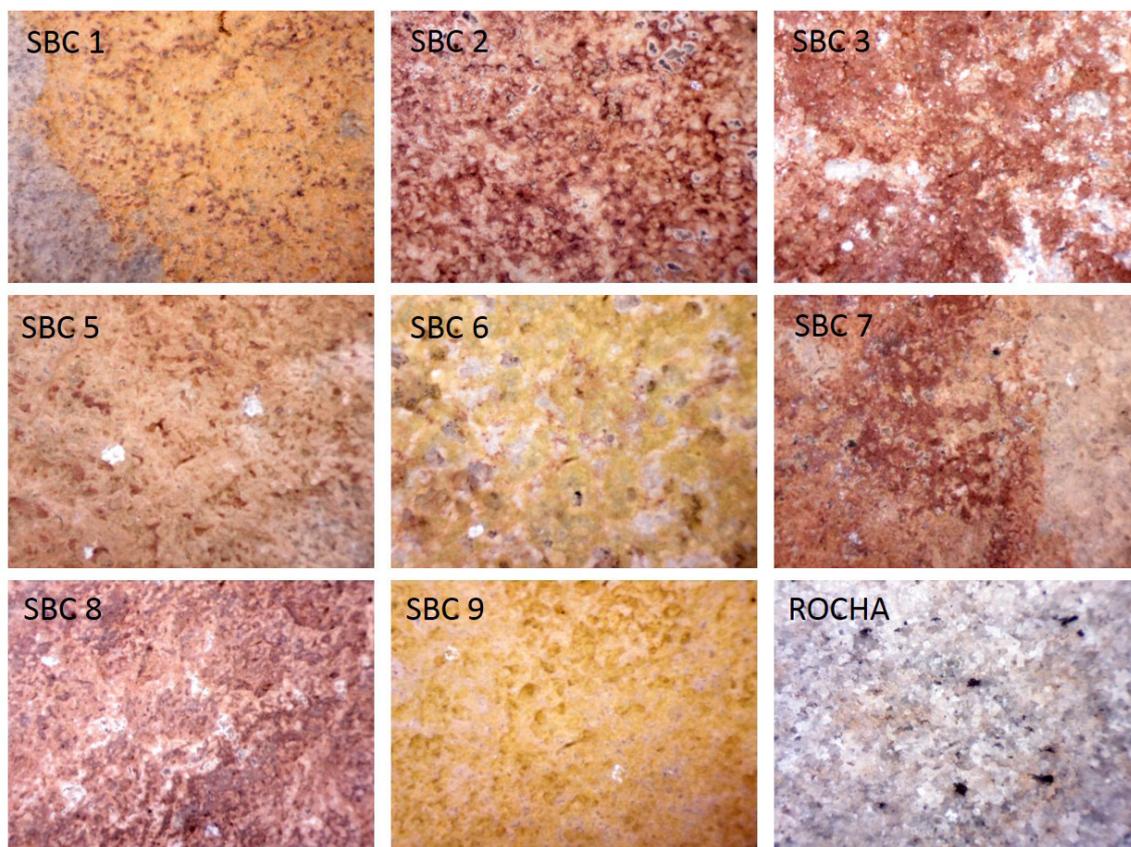


Figura 4 – Imagens microscópicas com lente de 50X. (SBC 1) laranja, (SBC 2) vermelho, (SBC 3) vermelho, (SBC 5) laranja, (SBC 6 A e V) vermelho sobre amarelo, (SBC 7) vermelho sobre amarelo, (SBC 8) vermelho escuro, (SBC 9) amarelo e (SBC 11) rocha.

Os exames morfológicos das amostras revelam que os pigmentos rupestres se encontram bastante aderidos ao suporte rochoso, espalhados uniformemente sobre toda a superfície dando ideia de uma aplicação mais bem elaborada da arte rupestre. Essas observações levantam a ideia de que a tinta rupestre pode ter sido preparada e aplicada no estado líquido, sendo uma característica do aspecto tecnológico dos povos que o elaboraram. Os exames microscópicos da matriz rochosa (SBC 11) mostram que ela possui uma superfície irregular com a presença de grãos de quartzo granulometricamente pequenos fornecendo aspecto esponjoso. Esta característica estrutural da rocha facilita a dispersão da tinta rupestre sobre o suporte, principalmente quando a mesma se encontra no estado líquido, como foi o caso das amostras de pigmentos examinadas.

Sobre os aspectos da conservação da arte rupestre, microscopicamente ela se encontra em sua maioria intacta com problemas pontuais como a presença de fragmentos de eflorescências salinas que sobrepõem os pigmentos rupestres. Além disso, outros problemas de origem natural também são recorrentes no sítio, como microalgas, raízes de plantas e insetos construtores, no entanto, o maior problema refere-se a pichação, pois o *spray* da tinta se espalhou por regiões circunvizinhas afetando direta e indiretamente todo o paredão de arte rupestre. Devido ao fato da tinta *spray* ter afetado algumas pinturas rupestres houve a necessidade de

determinar a composição química elementar da paleta artística pré-histórica a fim de inequivocadamente utilizar um solvente químico removedor do depósito de alteração (tinta *spray*), mas que não agrida diretamente o painel rupestre.

A primeira questão a abordar nas análises químicas realizadas por FRX remete-se a heterogeneidade e desgastes nas amostras de pigmentos. Por se tratar de uma técnica pontual, a utilização de uma única medida analítica não seria suficiente para expressar com representatividade a composição química elementar da amostra. Para superar tal problemática as medidas foram realizadas em diferentes pontos da arte rupestre cujos resultados são apresentados na Tabela 3.

	% (m/m)				
	SBC1	SBC2	SBC3	SBC5	SBC6 A
<b>Zr</b>	0,041 (1)	0,025(2)	-	0,033 (1)	0,0126 (2)
<b>Fe</b>	2,8 (6)	2,067(3)	4,1(4)	1,63 (7)	4,49 (6)
<b>Mn</b>	0,065(3)	0,04 (1)	-	0,7073 ()	0,034 (1)
<b>Ti</b>	1,1 (2)	0,99 (7)	0,20 (4)	0,65 (2)	0,50 (5)
<b>Ca</b>	0,132 (6)	0,75(2)	0,074 (8)	0,35 (3)	0,33 (4)
<b>K</b>	0,85 (8)	0,94 (2)	0,53 (1)	0,70 (1)	1,85 (5)
<b>Al</b>	5,4(4)	5,5 (9)	4,8 (6)	3,5 (4)	5,2 (9)
<b>P</b>	8,1 (1)	10,3 (1)	4,6 (5)	6,7 (4)	5,7 (1)
<b>Si</b>	7,6(5)	7,7 (9)	15,3 (2)	7,9 (4)	7,8 (2)
<b>S</b>	3,2 (1)	1,5 (1)	0,97 (1)	0,99 (3)	3,2 (8)

	% (m/m)				
	SBC6 V	SBC7	SBC8	SBC9-	ROCHA
<b>Zr</b>	0,012 (1)			0,027 (8)	
<b>Fe</b>	4,4 (1)	1,17 (9)	2,5 (1)	3,1 (1)	0,70 (1)
<b>Mn</b>	0,034 (3)	-	-	0,16 (2)	-
<b>Ti</b>	0,50 (1)	0,24 (4)	0,83 (1)	0,89 (1)	0,64 (1)
<b>Ca</b>	0,33 (3)	0,35 (5)	0,57 (2)	0,41 (8)	0,02 (1)
<b>K</b>	1,85 (1)	1,01 (5)	1,30 (1)	2,65 (6)	1,40 (1)
<b>Al</b>	5,2 (8)	7,0 (6)	4,4 (1)	5,2 (1)	4,1 (1)
<b>P</b>	5,7 (1)	9,3 (5)	8,4 (1)	11,9 (1)	0,16 (2)
<b>Si</b>	7,8 (2)	16,6 (1)	7,4 (2)	5,8 (8)	22,4 (2)
<b>S</b>	3,2 (7)	1,1 (6)	0,92 (3)	0,69 (1)	4,8 (3)

Tabela 3 – concentração elementar dos pigmentos rupestres e suporte rochoso em porcentagem (média com os correspondentes desvios padrão).

As análises por FRX portátil apresentaram como elementos principais o Al, Si, K, S, P e Fe e em porções menores o Ti, Mn, Ca e Zr. Para obtenção de interpretações inequívocas foi realizada a análise do suporte rochoso onde, para alguns elementos, foram observadas diferenças marcantes quando comparadas com os elementos

que compõem o pigmento rupestre. Como exemplo desta comparação podemos citar o teor de Si, 22,4% m/m da rocha, uma vez que se trata exclusivamente de uma matriz silicatada e o teor de Fe de 0,70% m/m bem inferior aos dos pigmentos.

O ferro é comumente o elemento mais apontado em pigmentos rupestres nas cores vermelhas e amarelas e em amostras argilosas como ocre ou em minerais rochosos, aparecendo em conjunto com os elementos Al, Si e K (SEPULVEDA et al., 2015).

Os teores de Fe encontrados para os pigmentos variaram de 1,17 a 4,49% (m/m). As diferenças observadas nos teores de Fe entre as tonalidades de vermelho, bem como entre o vermelho e o amarelo deve-se a alguns fatores como a espessura da camada de tinta que foi aplicada na superfície rochosa para preparo da arte rupestre, ou devido ao desgaste das tintas que com o passar dos tempos se desbotaram substancialmente. Como exemplo podemos citar as amostras SBC 2 (2,067%), SBC 5 (1,63%), SBC (1,17%) que apresentaram teores menores, uma vez que se trata de uma tinta mais desgastada do que as amostras SBC 3 (4,1%), SBC 6V (4,4%) e SBC 8 (2,5%) que se encontram mais preservadas.

O cálcio foi detectado em um teor de 0,02% na amostra do suporte rochoso, valor inferior em relação aos pigmentos rupestres (0,074 a 0,75%). O cálcio pode ser derivado de depósitos salinos presentes nos pigmentos, no entanto, foi selecionada cuidadosamente uma área para análise de modo a evitá-lo. Dessa forma, pode-se sugerir o uso de aditivo químico a base de cálcio para melhoria das propriedades da tinta, ou mesmo, se tratar de um componente da própria matéria-prima.

Por fim, pode-se observar que as amostras SBC 1, SBC 2, SBC 5, SBC 6A, SBC 6V e SBC 9, apresentaram teores significativos de Mn (0,034 a 0,7073%) e de Zr (0,012 a 0,041%) que se encontram ausentes no suporte rochoso. Tais elementos podem ser indicativos de uma matéria-prima diferenciada para o preparo das tintas pré-históricas.

#### 4 | CONCLUSÃO

A utilização de técnicas de exame e análise com características portáteis aplicadas em arqueometria é sem dúvida a tendência para os trabalhos de conservação em arte rupestre, considerando que tais patrimônios devem ser preservados e com isso, a exclusão das etapas de coleta de amostra.

O uso da técnica de Fluorescência de Raios X portátil na detecção química elementar das amostras de pigmentos rupestres mostrou ser um instrumento importante por seu caráter não destrutivo, multielementar, rapidez nas medidas e escolha precisa do ponto focal de análise evitando assim interpretações equivocadas.

Os pigmentos rupestres foram preparados por um mineral a base de ferro que

proporcionou a variedade de cores presentes no sítio arqueológico em estudo. Além disso, pode-se perceber a existência de pelo menos dois grupos de matéria-prima utilizada para elaboração da arte rupestre: a primeira contendo uma quantidade expressiva de Mn e Zr e a outra com a ausência destes elementos.

Apesar do sítio arqueológico Toca da Baixa do Cajueiro conter em destaque um problema antrópico (pichação), o seu estado de conservação é bom, com apenas presenças pontuais de origem natural. Por fim, os exames e análises realizados permitiram avaliar a forma morfológica que a arte rupestre se encontra, a composição química do suporte rochoso e dos pigmentos, dados importantes que servirão de base para trabalhos de conservação.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão das bolsas de Iniciação Científica a Wilkins O. de Barros e Iasmin Maria R. de Sales Vieira e da bolsa de Produtividade em Pesquisa à Maria Conceição S. Meneses Lage (Processo 304915/2014-9)

## REFERÊNCIAS

ARTIOLI, G. **Scientific Methods and Cultural Heritage: An introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation Science**. Oxford: Oxford Scholarship, 2010.

BAYARRI, V.; SEBASTIÁN, M. A.; RIPOLL, S. **Hyperspectral Imaging Techniques for the Study, Conservation and Management of Rock Art**. *Applied Science*, v. 9 (23), 5011, p. 1-22, 2019.

BECK, L.; ROUSSELIÈRE, H.; CASTAING, J.; DURAN, A.; LEBON, M.; MOIGNARD, B.; PLASSARD, F. **First use of portable system coupling X-ray diffraction and X-ray fluorescence for in-situ analysis of prehistoric rock art**. *Talanta*, v. 129, p. 459-464, 2014.

CALZA, C.; ANKOS, M. J.; BRANCAGLION JUNIOR, A.; SOUZA, S. M. F. M.; LIMA, T. A.; LOPES, R. T. **Fluorescência de Raios X aplicada à Arqueometria**. *Revista brasileira de arqueometria, restauração e conservação*, v. 1, p. 338-342, 2007.

CAVALCANTE, L. C. D. **Chemical-Mineralogical Characterization of Saline Efflorescences, from the Pedra do Atlas Archaeological Site**. *Arqueologia Iberoamericana*, v. 38, p. 55-60, 2018.

GAY, M.; MÜLLER, K.; PLASSARD, F.; CLEYET-MERLE, J.-J.; ARIAS, P.; ONTAÑÓN, R.; REICHE, I. **Efficient quantification procedures for data evaluation of portable X-ray fluorescence – Potential improvements for Palaeolithic cave art knowledge**. *Journal of Archaeological Science: Reports*, v.10, p. 878-886, 2016.

HOU, X.; HE, Y.; JONES, B. T. **Recent Advances in Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry**. *Applied Spectroscopy Reviews*, v. 39 (1), p. 1-25, 2004.

LAGE, M. C. S. M.; LAGE, W. **Conservation of rock-art sites in Northeast Brazil**. In: Timothy Darvill & Antonio Pedro Batarda Fernandes. (Org.). *Open-air rock-art conservation and management: state of the art and future perspectives*. 1ed. Londres: Routledge, 2014, v. 1, p. 150-170.

LEBON, M.; GALLET, X.; BONDETTI, M.; PONT, S.; MAURAN, G.; WALTER, P.; BELLOT-GURLET, L.; PUAUD, S.; ZAZZO, A.; FORESTIER, H.; AUETRAKULVIT, P.; ZEITOUN, V. **Characterization of painting pigments and ochres associated with the Hoabinhian archaeological context at the rock-shelter site of Doi Pha Kan (Thailand)**. *Journal of Archaeological Science: Reports*, v.26, p. 1-16, 2019.

MAY, S. K.; HUNTLEY J.; MARSHALL, M.; MILLER, E.; HAYWARD J. A.; JALANDONI, A.; GOLDHAHN, J.; JOHNSTON, I. G.; LEE, J.; O'LOUGHLIN, G.; MAY, K.; SANZ, I. D.; TAÇON, P. S. C. **New Insights into the Rock Art of Anbangbang Gallery, Kakadu National Park**. *Journal of Field Archaeology*, v. 45 (2), p. 120-134, 2020.

NEWMAN, B.; LOENDORF, L. **Portable X-Ray Fluorescence Analysis of Rock Art Pigments**. *Plains Anthropologist*, v. 50 (195), p. 277–283, 2005.

NHAMO, A. **Burning Images: A Critical Review of Rock Art Conservation in Zimbabwe**, In: *Conservation and Management of Archaeological Sites*, v. 20 (2), p. 58-75, 2018.

POLLARD, A. M.; HERON, C. **Archaeological Chemistry**. 2<sup>a</sup> edition. Cambridge: RSC Publishing, 2008.

RIFKIN, R. F.; PRINSLOO, L. C.; DAYET, L.; HAALAND, M. M.; HENSHILWOOD, C. S.; DIZ, E. L.; MOYO, S.; VOGELSANG, R.; KAMBOMBO, F. **Characterising pigments on 30000-year-old portable art from Apollo 11 Cave, Karas Region, southern Namibia**. *Journal of Archaeological Science: Reports*, v.5, p. 336-347, 2016.

ROSINA, P.; COLLADO, H.; GARCÉS, S.; GOMES, H.; EFTEKHARI, N.; NICOLI, M.; VACCARO, C. **Benquerencia (La Serena - Spain) rock art: An integrated spectroscopy analysis with FTIR and Raman**. *Helyon*, v. 5, e02561, 2019.

SANTOS, L. M. dos; OLIVEIRA, F. M.; FARIAS FILHO, B. B; FONTES, L. M.; LAGE, M. C. S. M.; SILVA, H. K. S. B.; CAVALCANTE, L. C. D.; FABRIS, J. D. **Chemical and mineralogical characteristics of the pigments of archaeological rupestrian paintings from the Salão dos Índios site, in Piauí, Brazil**. *Journal of Archaeological Science: Reports*, v.18, p. 792-797, 2018.

SEPÚLVEDA, M.; GUTIERREZ, S.; CARCAMO, J.; OYADENER, A.; VALENZUELA, D.; MONTT, I.; SANTORO, C. M. **In situ X-ray fluorescence analysis of rock art paintings along the coast and valleys of the Atacama desert, northern Chile**. *Journal of the Chilean Chemical Society*, v. 60 (1), p. 2822–2826, 2015.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**, 5<sup>a</sup> ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.

VANDENABEELE, P.; DONAIS, M. K. **Mobile spectroscopic instrumentation in archaeometry research**. *Applied Spectroscopy*, vol. 70 (1), p. 27–41, 2016.

## SOBRE A ORGANIZADORA

**JÉSSICA VERGER NARDELI** - Possui graduação em Química Bacharel com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD (2012), com Mestrado em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química de Araraquara, SP (2014). Realizou estágio de pesquisa no exterior durante o Mestrado e Doutorado na Universidade de Lisboa - Instituto Superior Técnico de Lisboa - IST, Lisboa, Portugal. Doutoranda pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química de Araraquara, SP. Revisora dos periódicos indexados: *Corrosion, Advanced Engineering Forum e Current Nanoscience*. Tem experiência na área de Química, Engenharia Química, Engenharia de Materiais com ênfase em Química de Materiais e Eletroquímica. Atualmente a autora dedica-se nos seguintes temas: revestimentos contra corrosão, revestimento orgânico, síntese, tratamento de superfície, polímeros, poliuretano, química verde, estudo eletroquímico, caracterização de superfície, caracterização eletroquímica convencional e localizada, revestimento *self-healing, smart coating*. Possui experiência nas técnicas: *Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR-ATR), Optical Microscope - OM, Scanning Electron Microscopy - SEM, Adhesion tests, Raman, Nuclear Magnetic Resonance - NMR, Atomic Force Microscopy - AFM, Thermogravimetric Analysis - TGA, Electrochemical Impedance Spectroscopy - EIS, Localized Electrochemical Impedance Spectroscopy - LEIS and Scanning Vibrating Electrode Technique - SVET coupled with the Scanning Ion-selective Electrode Technique - SIET*.

## 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**