



Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

# Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 2

---

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
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> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-641-6 DOI 10.22533/at.ed.416192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</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

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 2º volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A MATEMÁTICA PRATICADA EM ESCOLAS PAROQUIAIS LUTERANAS DO RS E REVELADA EM CADERNOS ESCOLARES DA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX	
Malcus Cassiano Kuhn	
DOI 10.22533/at.ed.64819103091	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
A QUALIDADE DO AR NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO FUNDAMENTAL: IMPORTÂNCIA E EXEMPLOS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	
Maria Eduarda Palheiros Vanzan	
Raquel Mac-Cormick Franco	
Luiz Francisco Pires Guimarães Maia	
DOI 10.22533/at.ed.64819103092	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE (II): AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO EM CATÁLISE	
Maria Iaponeide Fernandes Macêdo	
Pedro Luiz Ferreira de Sousa	
Karine Loíse Corrêa Conceição	
Neyda de la Caridad Om Tapanes	
Roberta Gaidzinski	
DOI 10.22533/at.ed.64819103093	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
A ROBOTICA EDUCACIONAL LIVRE COMO METODOLOGIA ATIVA PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS	
Elcio Schuhmacher	
Vera R. N. Schuhmacher	
DOI 10.22533/at.ed.64819103094	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÉUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS	
Rafael Barbosa Libotte	
Hermes Alves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.64819103095	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>59</b>
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOLUBILIDADE DE ELEMENTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Eduardo Baudson Duarte	
Amanda Péres da Silva Nascimento	
Mirna Aparecida Neves	
Diego Lang Burak	
DOI 10.22533/at.ed.64819103096	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>68</b>
ANÁLISE DE IMAGENS EM ESCALAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA WAVELET	
Francisco Edcarlos Alves Leite	
Marcos Vinícius Cândido Henriques	
<b>DOI 10.22533/at.ed.64819103097</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>78</b>
ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS COM ÊNFASE EM MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM EM ATERRO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.64819103098</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>86</b>
APLICAÇÃO DA JUNÇÃO DA PLATAFORMA LIVRE SCILAB E ARDUINO PARA CONTROLE DE pH	
Annanda Alkmim Alves	
Luiz Fernando Gonçalves Pereira	
Letícia Lopes Alves	
Saulo Fernando dos Santos Vidal	
Daniel Rodrigues Magalhães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.64819103099</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>94</b>
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CERVEJA PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM EFLUENTE AQUOSO	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
Taynara Mara Vieira	
Rodinei Augusti	
Kelly Beatriz Vieira Torres Dozinel	
Ana Cláudia Bernardes Silva	
Cristiane Medina Finzi Quintão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030910</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>105</b>
REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO <i>Aspergillus Flavus</i>	
Lourivaldo Silva Santos	
Marivaldo José Costa Corrêa	
Williams da Siva Ribeiro	
Manoel Leão Lopes Junior	
Raílda Neyva Moreira Araújo Cabral	
Fabiane da Trindade Pinto	
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon	
Haroldo da Silva Ripardo Filho	
Carlos Vinicius Machado Miranda	
Jéssica de Souza Viana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030911</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 116**

AUTOMETÁTESE DO DL-KAVAIN, RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CATALÍTICA E IMPEDIMENTO ESTÉRICO DO SUBSTRATO

Thais Teixeira da Silva  
Vanessa Borges Vieira  
Aline Aparecida Carvalho França  
Talita Teixeira da Silva  
Mayrla Letícia Alves de Oliveira  
Roberta Yonara Nascimento Reis  
Maria de Sousa Santos Bezerra  
Fabiana Matos de Oliveira  
José Milton Elias de Matos  
Benedito dos Santos Lima Neto  
José Luiz Silva Sá  
Francielle Aline Martins

**DOI 10.22533/at.ed.648191030912**

**CAPÍTULO 13 ..... 128**

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves  
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima  
Rafaella Costa Bonugli-Santos  
Felipe Justiniano Pinto  
Daniele da Luz Silva  
Ana Letícia Fernandes  
Renato Malveira Carreiro do Nascimento  
Mariana Gabriely da Silva Menezes

**DOI 10.22533/at.ed.648191030913**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

AÇÃO E IMPACTO DE *MIDDLEBOXES* PRESENTES NA *WORLD WIDE WEB*

Adenes Sabino Schwantz  
Bruno Borsatti Chagas

**DOI 10.22533/at.ed.648191030914**

**CAPÍTULO 15 ..... 144**

VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE RUTINA E QUERCETINA NAS FOLHAS DE *Senna acuruensis*

Lucivania Rodrigues dos Santos  
Adonias Almeida Carvalho  
Luanda Ferreira Floro da Silva  
Gerardo Magela Vieira Júnior  
Ruth Raquel Soares de Farias  
Mariana Helena Chaves

**DOI 10.22533/at.ed.648191030915**

**CAPÍTULO 16 ..... 157**

CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS RADIOSSONDAGENS DE BELÉM DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2015

Silvia Adriane Elesbão  
Alfredo Quaresma da Silva Neto  
Maria Aurora Santos da Mota

**DOI 10.22533/at.ed.648191030916**



**CAPÍTULO 17 ..... 170**

COMPOSIÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Psidium* (MYRTACEAE) DA AMAZÔNIA

Renan Campos e Silva  
Joyce Kelly do Rosário da Silva  
Rosa Helena Veras Mourão  
José Guilherme Soares Maia  
Pablo Luis Baia Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.648191030917**

**CAPÍTULO 18 ..... 182**

CONSIDERAÇÃO DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DA ANÁLISE NÃO LINEAR NO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE

Wagner de Sousa Santos  
Rafael Marcus Schwabe

**DOI 10.22533/at.ed.648191030918**

**CAPÍTULO 19 ..... 195**

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo  
Maria Oneide Silva de Moraes  
Tainah Vasconcelos Pessoa  
Rosemeire dos Santos Almeida  
Ivanei Ferreira Pinheiro  
Karen Segala  
Walter Ricardo Brito  
Marcos Akira d'Ávila

**DOI 10.22533/at.ed.648191030919**

**CAPÍTULO 20 ..... 204**

EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Ana Beatriz Alves de Araújo  
Isaac Alves da Silva Freitas  
Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel  
Ricardo Alves Maurício  
Clédson Lucena de Araújo  
Fiana Raissa Coelho Pereira  
Eduardo Maurício Gadelha  
Geovanna Maria Andrade de Oliveira  
Lígia Raquel Rodrigues Santos  
Matheus Monteiro da Silva  
Raniere Fernandes Costa  
Walesca Ferreira de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.648191030920**

**CAPÍTULO 21 ..... 214**

ESTUDO CATALÍTICO DA POLIMERIZAÇÃO RADICALAR MEDIADA POR [Ni<sup>II</sup>(N-SALICILIDENO-CICLOOCTILAMINA)<sub>2</sub>] EM ACETATO DE VINILA E METACRILATO DE METILA

Talita Teixeira da Silva  
Yan Fraga da Silva  
Manoel Henrique dos Santos Galvão  
Thais Teixeira da Silva  
Sâmia Dantas Braga  
Maria das Dores Alves de Oliveira  
Juliana Pereira da Silva  
Cristina Vidal da Silva Neta  
João Clécio Alves Pereira  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior  
Valdemiro Pereira de Carvalho Júnior  
Nouga Cardoso Batista

**DOI 10.22533/at.ed.648191030921**

**CAPÍTULO 22 ..... 228**

DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

Brenda Tayná Silva da Silva  
Kelly das Graças Fernandes Dantas

**DOI 10.22533/at.ed.648191030922**

**CAPÍTULO 23 ..... 241**

AValiação da Secagem da Casca de Mangostão (*Garcinia mangostana* L.) em Diferentes Ambientes

Gabriela Nascimento Vasconcelos  
Elza Brandão Santana  
Rafael Alves do Nascimento  
Elisângela Lima Andrade  
Lorena Gomes Corumbá  
Lênio José Guerreiro de Faria  
Cristiane Maria Leal Costa

**DOI 10.22533/at.ed.648191030923**

**CAPÍTULO 24 ..... 254**

FAKE NEWS: UM PROBLEMA MIDIÁTICO MULTIFACETADO

Felipe de Matos Müller  
Márcio Vieira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.648191030924**

**CAPÍTULO 25 ..... 268**

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira  
Fernando Lopes Santana  
Mario Luiz Pereira Souza  
Renan Zuba Parrela  
Saulo Fernando dos Santos Vidal

**DOI 10.22533/at.ed.648191030925**

<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>280</b>
IMPROVING URBAN MOBILITY THROUGH A BUS COLLABORATIVE SYSTEM	
Fábio Rodrigues de la Rocha	
Ramon Tramontin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030926</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>286</b>
GRAPPHIA: UMA FERRAMENTA <i>M-LEARNING</i> PARA ENSINO DA ORTOGRAFIA	
Luciana Pereira de Assis	
Adriana Nascimento Bodolay	
Luiz Otávio Mendes Gregório	
Magno Juliano Gonçalves Santos	
Alessandro Vivas Andrade	
Pedro Henrique Cerqueira Estanislau	
Gilberto Carvalho Lopes	
Daniela Perri Bandeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030927</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>296</b>
LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DE ATERRAMENTOS ELÉTRICOS	
Marcos Vinicius Santos da Silva	
Márcio Augusto Tamashiro	
Kaisson Teodoro de Souza	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Humberto Rodrigues Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030928</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>303</b>
METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	
Paulo Roberto de Oliveira	
Elise Ane Maluf Rios	
Fernanda Joppert Carvalho de Souza	
Renan Vidal Viesser	
Patrick Rodrigues Batista	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030929</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>316</b>
NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEEIRO	
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior	
Irlon de Ângelo da Cunha	
Adriano Bortolotti da Silva	
Raphael Nogueira Rezende	
Luana Elís de Ramos e Paula	
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho	
Paulo Henrique de Siqueira Sabino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030930</b>	

<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>323</b>
O ENSINO NA MODALIDADE EAD: PERSPECTIVAS SOBRE O PROCESSO EDUCATIVO NA MATEMÁTICA	
<a href="#">Lucilaine Goin Abitante</a> <a href="#">Máriele Josiane Fuchs</a> <a href="#">Elizângela Weber</a> <a href="#">Cláudia Maria Costa Nunes</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030931</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>335</b>
O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO APOIO AO ENSINO E APRENDIZADO: UMA ABORDAGEM BASEADA NO BYOD	
<a href="#">Claudiany Calaça de Sousa</a> <a href="#">Ennio Willian Lima Silva</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030932</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>352</b>
COMPUTATIONAL METHOD $H_{\infty}$ APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM	
<a href="#">Rildenir Silva</a> <a href="#">Ivanildo Abreu</a> <a href="#">Cristovam Filho</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030933</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>363</b>
ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL	
<a href="#">Roberto Ananias Ribeiro</a> <a href="#">Fernanda Barbosa Damaceno</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030934</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>374</b>
PHOTOELECTROCATALYSIS PROPERTIES OF $CUWO_4$ POROUS FILM UNDER POLYCHROMATIC LIGHT	
<a href="#">Aline Estefany Brandão Lima</a> <a href="#">Roberta Yonara Nascimento Reis</a> <a href="#">Maria Joseíta dos Santos Costa</a> <a href="#">João Paulo Carvalho Moura</a> <a href="#">Luis Jefferson da Silva</a> <a href="#">Reginaldo da Silva Santos</a> <a href="#">Laécio Santos Cavalcante</a> <a href="#">Elson Longo da Silva</a> <a href="#">Geraldo Eduardo da Luz Júnior</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030935</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>384</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>385</b>

## DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

**Brenda Tayná Silva da Silva**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Química  
Belém-Pará

**Kelly das Graças Fernandes Dantas**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Química  
Belém-Pará

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo a determinação de mercúrio total e orgânico (metilmercúrio) em amostras de própolis e geoprópolis de localidades do Estado do Pará. O mercúrio total foi determinado por espectrometria de absorção atômica com decomposição térmica e amalgamação (TDA AAS). Antes da determinação de mercúrio orgânico por TDA AAS, as amostras foram submetidas a extração do metilmercúrio em forno de micro-ondas com cavidade usando sensor de fibra óptica. Os teores de mercúrio total e orgânico encontrados nas amostras estavam abaixo do valor máximo permitido para mercúrio em alimentos. Nas amostras estudadas não foi encontrado predominância da forma mais tóxica do mercúrio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mercúrio; metilmercúrio; própolis; geoprópolis; analisador direto de mercúrio.

### DETERMINATION OF TOTAL AND ORGANIC MERCURY IN PROPOLIS AND GEOPROPOLIS SAMPLES OF THE PARÁ STATE

**ABSTRACT:** The aim of this study was to determine total and organic mercury (methylmercury) in propolis and geopropolis samples from localities in the Pará State. Total mercury was determined by atomic absorption spectrometry with thermal decomposition and amalgamation (TDA AAS). Before the determination of organic mercury by TDA AAS, the samples were subjected to extraction of the methylmercury in a microwave oven with cavity using a fiber optic sensor. The total and organic mercury contents found in the samples were below the maximum value allowed for mercury in food. In the studied samples no predominance of the most toxic form of mercury was found.

### 1 | INTRODUÇÃO

A apicultura é uma importante atividade econômica, sendo que a exportação brasileira deste produto e de seus derivados (geléia real, própolis) é significativa e importante. As espécies usadas são a *Apis mellifera* e os Meliponíneos, ou seja, as denominadas “abelhas sem ferrão”(EMBRAPA,2004).

A própolis e a geoprópolis tem sido utilizada para fins terapêuticos em humanos e animais, em virtude de suas propriedades farmacológicas. Foram encontradas na literatura que a própolis e a geoprópolis possuem diversas atividades, incluindo atividade anti-inflamatória (MIRZOEVA & CALDER, 1996), antimicrobiana, antioxidante (LIMA, 2015) e atividade antitumoral (ASSUNÇÃO, 2008).

O método de biomonitoração vem aumentando especialmente para a monitoração da poluição do ar. O comportamento de forrageamento das abelhas em busca de néctar, resinas de plantas e água tem feito as abelhas visitarem mais de mil flores na fronteira de 7 km<sup>2</sup> ao redor de sua colméia. Por causa da sua grande mobilidade e contato direto com o meio ambiente dos apiários, as abelhas entram em contato com as amostras através da inalação, da digestão e de seus corpos que são cobertos por cabelo, carregando-os à colmeia. Sendo assim, os produtos produzidos pelas abelhas podem ser usados como indicador de contaminação ambiental (MATIN *et al.* 2016).

O mercúrio pode ser encontrado no meio ambiente em várias espécies químicas. Todas as espécies de mercúrio são consideradas tóxicas, mas as espécies orgânicas tais como metilmercúrio (MeHg<sup>+</sup>) e etilmercúrio são consideradas as mais tóxicas quando comparado ao mercúrio elementar e suas espécies inorgânicas. Métodos analíticos precisos tem sido necessário para avaliar a real toxicidade das amostras quando apresentam teores elevados de mercúrio (PAIVA *et al.* 2016).

Várias técnicas analíticas vêm sendo usadas na determinação de mercúrio total (espectrometria de absorção atômica usando geração de hidreto, espectrometria de emissão óptica com plasma induzido e entre outras. Por outro lado, a análise de mercúrio orgânico tem sido realizada usando técnicas de separação cromatográfica com diferentes detectores (cromatografia gasosa, cromatografia líquida e entre outras). Atualmente, a espectrometria de absorção atômica com decomposição térmica e amalgamação (TDA AAS) também vem sendo usada para determinação de mercúrio total e orgânico (PAIVA *et al.* 2016). Esta técnica tem a vantagem de realizar a análise direta de mercúrio total sem nenhum tratamento prévio da amostra, enquanto que para mercúrio orgânico há a necessidade de uma extração do mercúrio orgânico com posterior determinação por TDA AAS.

O risco de intoxicação pela ingestão de alimentos contaminados com mercúrio depende do teor de mercúrio, a quantidade ingerida e a frequência de ingestão, pois estes fatores são determinantes para acumulação de metilmercúrio no organismo humano. Atualmente, só existe no Brasil o limite de tolerância de mercúrio em alimentos (0,5 mg/kg).

A emissão natural de mercúrio é devida à gaseificação da crosta terrestre, emissões vulcânicas e evaporação natural de corpos d'água. A mineração de ouro e prata, a extração de mercúrio, a queima de combustíveis fósseis e a fabricação de cimento são exemplos de fontes antropogênicas de mercúrio (SOUSA & BARBOSA, 2000).

Os solos possuem uma elevada capacidade de reter e armazenar mercúrio,

devido ao forte acoplamento deste com o carbono presente nos solos. Os solos argilosos apresentam aparentemente uma elevada capacidade de reter mercúrio, podendo acumulá-lo por muitos anos. No entanto, a quantidade de mercúrio acumulada no solo dependerá da história de deposição, da idade e das características deste solo (BISINOTI & JARDIM, 2004).

Alguns estudos indicam que o homem não é o único responsável pelas emissões de mercúrio na Amazônia. Em avaliações das características climáticas 30.000 anos atrás foi possível associar o clima mais seco predominante na Amazônia neste período a emissões mais importantes de mercúrio (Lacerda et al., 1999). A explicação dada por Lacerda e colaboradores indica que a presença mais intensa de incêndios florestais lançariam o mercúrio presente nos solos e na biomassa vegetal na atmosfera, aumentando assim as concentrações do mercúrio em ambientes menos sujeitos à queima (WASSERMAN et al., 2001).

Roulet e Lucotte (1995) encontraram concentrações bastante elevadas de mercúrio em solos amazônicos. Segundo estes autores, o mercúrio forma algum tipo de complexo com o ferro. A natureza destes complexos é ainda uma incógnita, já que a relação entre estes dois metais foi detectada a partir de coeficientes de correlação feitos em perfis de solo. De acordo com eles, esta associação seria amplamente verificável em toda a Amazônia e assim o mercúrio teria uma origem natural e não antropogênica como era imaginado. WASSERMAN et al. (2001) realizaram balanços das emissões oriundas da retirada do ouro na Amazônia e chegaram à conclusão de que seria necessário dez vezes mais garimpo para justificar as quantidades observadas, concluindo assim, que 90% do mercúrio presente nos solos seria natural.

Poucos estudos tem sido encontrados na literatura sobre determinação de mercúrio total em própolis (MATIN et al., 2016, BENVÉHI & BERMEJO, 2013) e nenhum estudo foi encontrado sobre determinação de mercúrio total em amostras de geoprópolis. Além disso, nenhum estudo foi encontrado para determinação de mercúrio orgânico em amostras de própolis e geoprópolis. Sendo assim, este estudo teve como objetivo investigar os teores de mercúrio total e orgânico (metilmercúrio) em amostras de própolis e geoprópolis por espectrometria de absorção atômica com decomposição térmica e amalgamação (TDA AAS).

## 2 | OBJETIVO

Determinação direta mercúrio total e orgânico em amostras de própolis e geoprópolis.

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Instrumentos e acessórios

Na secagem das amostras de própolis e geoprópolis, foi utilizada uma estufa microprocessada com circulação forçada (Modelo 0314M222, Quimis, Diadema, São Paulo, Brasil), onde foi retirada toda umidade das amostras por um período de 48 horas à 40 °C.

Uma balança analítica (Analytical plus, Ohaus, Barueri, Brasil) foi utilizada na pesagem das amostras.

A pulverização das amostras de própolis e geoprópolis foi realizada com um moinho analítico (modelo Q298A, Quimis, Diadema, Brasil).

Um forno de micro-ondas com cavidade Start E (Milestone, Sorisole, Itália) foi utilizado para extração do metilmercúrio das amostras de própolis e geoprópolis. O programa de aquecimento do forno de micro-ondas é apresentado na Tabela 1.

ETAPAS	TEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)	POTÊNCIA (W)
1	10	110	800
2	10	110	800
3*	25	0	0

Tabela 1. Programa de aquecimento do forno de micro-ondas para digestão de amostras de geoprópolis.

\*Etapa de ventilação

Um analisador direto de mercúrio (DMA-80 tri cell, Milestone, Sorisole, Itália) foi utilizado para determinar as concentrações de mercúrio total nas amostras.

O programa de aquecimento do analisador direto de mercúrio para determinação de mercúrio total está apresentado na Tabela 2.

TEMPO (MIN)	TEMPERATURA (°C)	ETAPA
00:00:30	25	Início
00:01:00	250	Rampa
00:01:00	250	Secagem
00:01:30	650	Rampa
00:01:00	650	Decomposição
00:01:30	25	Resfriamento

Tabela 2. Programa de aquecimento para determinação de mercúrio total em amostras de própolis e geoprópolis.

Por outro lado, o programa de aquecimento do analisador direto de mercúrio para determinação de mercúrio orgânico nas amostras está mostrado na Tabela 3.



TEMPO (MIN)	TEMPERATURA (°C)	ETAPA
00:00:30	25	Início
00:01:00	120	Rampa
00:01:30	120	Secagem
00:01:30	300	Rampa
00:01:00	300	Decomposição
00:01:30	25	Resfriamento

Tabela 3. Programa de aquecimento para determinação de mercúrio orgânico em amostras de própolis e geoprópolis.

### 3.2 Reagentes e soluções

As soluções foram preparadas com água ultrapura (resistividade 18,2  $\Omega$ . cm) produzida em sistema Sinergy-UV (Millipore, Bedford, MA, Estados Unidos).

A solução estoque do analito foi preparada a partir do padrão espectroscópico para absorção atômica (Sigma-Aldrich).

### 3.3 Coleta das amostras

As amostras de própolis e geoprópolis foram obtidas em apiários localizados em diferentes municípios do Estado do Pará. Todas as amostras foram fornecidas pela Embrapa Amazônia Oriental.

Após a coleta, as amostras foram levadas para o laboratório para posterior análise.

A Tabela 4 mostra a origem das amostras e as espécies de abelhas produtoras de geoprópolis.

Amostras	Abreviaturas	Abelha produtora
Geoprópolis de Belterra 1	G.BET 1	<i>Scaptotrigona sp</i>
Geoprópolis de Belterra 2	G.BET 2	<i>Frisiometita Varia</i>
Geoprópolis de Belterra 3	G.BET 3	<i>Melípona seminigra merrillae</i>
Geoprópolis de Igarapé-miri 1	G.IMI 1	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de Igarapé-miri 2	G.IMI 2	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de São Caetano de Odivelas 1	G.SCO 1	<i>Melípona fasciculata</i>
Geoprópolis de São Caetano de Odivelas 2	G.SCO 2	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de Colares 1	G.COL 1	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de Colares 2	G.COL 2	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de Castanhal 1	G.CAST 1	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de Castanhal 2	G.CAST 2	<i>Melípona fasciculata</i>
Geoprópolis de Vigia 1	G.VIG 1	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de Vigia 2	G.VIG 2	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de Igarapé-açu	G.IGAÇU	<i>Melípona fasciculata</i>
Geoprópolis de Santo Antônio do Tauá	G.SAT	<i>Melípona flavolineata</i>

Geoprópolis de São João de Pirabas 1	G.SJP 1	<i>Melípona fasciculata</i>
Geoprópolis de São João de Pirabas 2	G.SJP 2	<i>Melípona fasciculata</i>
Geoprópolis de Barcarena	G.BAR	<i>Melípona flavolineata</i>
Geoprópolis de Tracuateua 1	G.TRA 1	<i>Melípona fasciculata</i>
Geoprópolis de Tracuateua 2	G.TRA 2	<i>Melípona fasciculata</i>

Tabela 4. Origem das amostras e espécies de abelhas produtoras de geoprópolis.

A origem e localidade das amostras de própolis estão apresentadas na Tabela 5.

<b>Amostra</b>	<b>Abreviatura</b>
Ourém 1	P.O 1
Ourém 2	P.O 2
Ourém 3	P.O 3
Ourém 4	P.O 4
Colares 1	P.COL 1
Colares 2	P.COL 2
Santo Antônio do Tauá	P.SAT
Vigia	P.VIG
Belém	P.BEL
Tracuateua	P.TRA
São Caetano de Odivelas	P.SCO
São João de Pirabas 1	P.SJP 1
São João de Pirabas 2	P.SJP 2
Igarapé-Miri	P.IMI

Tabela 5. Origem das amostras de própolis.

### 3.4 Métodos

As amostras de própolis e geoprópolis foram previamente secas em estufa até que sua massa se tornasse constante, posteriormente as amostras foram pulverizadas em um moinho analítico.

Para determinar os teores totais de Hg nas amostras foi pesado 100 mg de cada amostra ( $n=3$ ) diretamente em uma barquinha de níquel que posteriormente foi colocada no DMA. As amostras foram automaticamente transportadas para um forno, onde foram primeiramente secas e depois decompostas termicamente em um fluxo contínuo de oxigênio. Os vapores de mercúrio são concentrados por um amalgamador, um sistema composto de fios de ouro com grande área superficial capaz de acumular o gás monoatômico Hg<sup>0</sup>. O amalgamador, então, eleva rapidamente sua temperatura até 650°C, liberando os vapores de mercúrio. Os vapores de mercúrio são direcionados pelo fluxo de oxigênio às células de leitura com caminhos óticos variados. A escolha da célula de leitura a ser utilizada é realizada automaticamente, dependendo da quantidade de mercúrio total na amostra. A quantificação é feita por

espectrometria de absorção atômica. O comprimento de onda utilizado foi 253.7 nm.

Para a análise do mercúrio orgânico (oHg) nas amostras de própolis e geoprópolis foram utilizados os métodos previamente descritos por Paiva et. al (2016) e Carbonell (2009) com algumas adaptações.

As amostras foram submetidas a um procedimento de extração em sistema fechado assistido por micro-ondas usando o solvente orgânico tolueno em meio ácido. Uma massa de aproximadamente 1 g de cada amostra foi pesada no frasco de digestão e em seguida foram adicionados 6 mL de tolueno, 1,25 mL de água ultrapura e 0,75 mL de solução de HCl 30% (m/m). Os frascos foram fechados e colocados no forno de micro-ondas. Após resfriamento, os frascos foram abertos, sendo retirada uma alíquota de 4 mL da fase orgânica e transferido este volume para um tubo falcon contendo 2 mL de uma solução 2,5% (m/v) de L-cisteína. Após agitação manual, a solução foi centrifugada durante 6 min a 3500 rpm. Para a determinação da fração do oHg no analisador DMA, foi utilizado 100 µL da fase aquosa contendo L-cisteína-oHg em uma barquinha de níquel.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teores de mercúrio total

A Tabela 6 apresenta os teores médios de mercúrio total ( $\text{ng g}^{-1}$ ) nas amostras de própolis.

Amostra	Hg ( $\text{ng g}^{-1} \pm \text{SD}$ )
P.O 1	5,76 $\pm$ 0,11
P.O 2	13,56 $\pm$ 0,30
P.O 3	3,10 $\pm$ 0,10
P.O 4	2,90 $\pm$ 0,10
P.COL 1	3,86 $\pm$ 0,15
P.COL 2	10,50 $\pm$ 0,26
P.SAT	<LD
P.VIG	4,40 $\pm$ 0,10
P.BEL	4,36 $\pm$ 0,21
P.TRA	<LD
P.SCO	<LD
P.SJP 1	6,23 $\pm$ 0,25
P.SJP 2	8,36 $\pm$ 0,21
P.IMI	5,67 $\pm$ 0,32

Tabela 6. Teores médios de Hg ( $\text{ng g}^{-1}$ ) em amostras de própolis e seus respectivos desvios padrão ( $n=3$ ).

A amostra P.O2 apresentou o maior teor de mercúrio dentre as amostras

estudadas. Todas as amostras apresentaram valores para mercúrio abaixo do valor máximo permitido pela Legislação Brasileira para alimentos (500 ng g<sup>-1</sup>).

Os teores de mercúrio obtidos nas amostras P.SJP1, P.SJP 2 e P.COL 2 apresentam valores próximos aos encontrados por BONHEVÍ e BERMEJO (2012). Estes autores encontraram um teor médio de 8,0 ± 2,5 ng g<sup>-1</sup> de Hg em amostras de própolis do Sul da Espanha.

A maioria das amostras apresentaram teores maiores comparado aos valores obtidos por MATIN *et al.* (2016) em 5 amostras de própolis da cidade de Esmirna na Turquia. As amostras de própolis da Turquia estavam abaixo do limite de detecção.

A Tabela 7 mostra os teores médios de mercúrio total (ng g<sup>-1</sup>) nas amostras de geoprópolis.

Amostra	Hg (ng g <sup>-1</sup> ± SD)
G.BET 1	3,43 ± 0,06
G.BET 2	1,60 ± 0,10
G.BET 3	<LOD
G.IMI 1	150,46 ± 0,45
G.IMI 2	150,23 ± 0,25
G.SCO 1	122,27 ± 0,25
G.SCO 2	<LD
G.COL 1	3,76 ± 0,25
G.COL 2	123,13 ± 0,21
G.CAST 1	72,13 ± 0,15
G.CAST 2	70,20 ± 0,2
G.VIG 1	69,27 ± 0,21
G.VIG 2	122,50 ± 0,40
G.IGAÇU	69,23 ± 0,15
G.SAT	108,83 ± 0,29
G.SJP 1	120,37 ± 0,39
G.SJP 2	<LD
G.BAR	153,43 ± 0,32
G.TRA 1	97,73 ± 0,25
G.TRA 2	<LOD

Tabela 7. Teores médios de Hg (ng g<sup>-1</sup>) em amostras de geoprópolis e seus respectivos desvios padrão (n=3).

A amostra G.BAR apresentou o maior teor de mercúrio entre as amostras estudadas. Isto pode ser devido ao fato de ser uma área de intensa atividade industrial. Não há legislação específica para contaminantes em geoprópolis. No entanto, existe solo argiloso na composição do geoprópolis. Sendo assim, a Resolução CONAMA n° 420/2009 estabelece que o valor de referência de qualidade do solo para mercúrio é de 500 ng g<sup>-1</sup>.

Os teores mais elevados para Hg total foram encontrados nas amostras de geoprópolis quando comparado com as amostras de própolis.

## 4.2 Teores de mercúrio orgânico

A Tabela 8 mostra os teores médios de mercúrio orgânico ( $\text{ng g}^{-1}$ ) obtidos em amostras de própolis e a razão entre mercúrio orgânico (oHg) e mercúrio total (tHg).

Amostra	oHg ( $\text{ng g}^{-1} \pm \text{SD}$ )	oHg/tHg
P.O 1	0,31 $\pm$ 0,01	5,38%
P.O 2	0,90 $\pm$ 0,05	6,63%
P.O 3	0,57 $\pm$ 0,01	18,38%
P.O 4	0,43 $\pm$ 0,03	14,82%
P.COL 1	0,53 $\pm$ 0,02	13,73%
P.COL 2	0,66 $\pm$ 0,02	6,28%
P.VIG	0,31 $\pm$ 0,01	7,04%
P.BEL	1,18 $\pm$ 0,02	27,06%
P.SJP 1	0,84 $\pm$ 0,01	13,48%
P.SJP 2	1,00 $\pm$ 0,05	11,96%
P.IMI	0,37 $\pm$ 0,03	6,52%

Tabela 8. Teores médios e porcentagens de mercúrio orgânico oHg ( $\text{ng g}^{-1}$ ) em amostras de própolis e seus respectivos desvios padrão ( $n=3$ ).

A amostra P. BEL foi que apresentou o maior teor e a maior porcentagem de mercúrio orgânico em sua composição quando comparado as outras amostras de própolis estudadas.

A Tabela apresenta os teores médios de mercúrio orgânico ( $\text{ng g}^{-1}$ ) obtidos em amostras de geoprópolis.

Amostra	oHg ( $\text{ng g}^{-1} \pm \text{SD}$ )	oHg/tHg
GBET1	0,79 $\pm$ 0,01	23%
GBET2	<LOD	—
GIMI1	0,58 $\pm$ 0,06	0,38%
GIMI2	0,98 $\pm$ 0,03	0,65%
GSCO1	0,97 $\pm$ 0,06	0,79%
GCOL1	1,48 $\pm$ 0,03	39,36%
GCOL2	0,96 $\pm$ 0,04	0,78%
GCAST1	0,55 $\pm$ 0,04	0,76%
GCAST2	0,66 $\pm$ 0,04	0,94%
GVIG1	0,14 $\pm$ 0,01	0,20%
GVIG2	0,97 $\pm$ 0,02	0,79%
GIGAÇU	1,57 $\pm$ 0,03	2,27%
GSAT	1,16 $\pm$ 0,05	1,06%
G.SJP 1	0,76 $\pm$ 0,02	0,63%
G.BAR	1,77 $\pm$ 0,04	1,15%
G.TRA 1	1,15 $\pm$ 0,03	1,18%

Tabela 9. Teores médios e porcentagens de mercúrio orgânico oHg ( $\text{ng.g}^{-1}$ ) em amostras de geoprópolis e seus respectivos desvios padrão ( $n=3$ ).

O mercúrio orgânico foi encontrado em todas as amostras de geoprópolis, exceto a amostra G.BET2 que se mostrou abaixo do limite de detecção (0,06 ng g<sup>-1</sup>). A amostra G. BAR da cidade de Barcarena foi que apresentou o maior teor de mercúrio orgânico. Por outro lado, a amostra G. COL1 apresentou a maior porcentagem de oHg em sua composição.

Os resultados obtidos mostraram que quando há ocorrência de mercúrio nas amostras de própolis ou geoprópolis, a forma orgânica não foi a predominante.

PAIVA et al. (2016) encontraram maiores porcentagens de oHg/tHg (58- 99%) em amostras de sushi da cidade de Campinas (SP) quando comparado aos valores obtidos nas amostras de própolis e geoprópolis.

KEHRIG et al. (2008) obtiveram uma razão entre oHg e tHg em amostras de Tucunaré do rio Tapajós, Madeira e Negro superior a 61%, indicando que a forma orgânica foi a predominante no músculo dos peixes.

Assume-se que as reações de metilação e desmetilação ocorram em todos os compartimentos ambientais, sendo que cada ecossistema atinge seu próprio estado de equilíbrio com respeito às espécies individuais de mercúrio. No entanto, devido à bioacumulação de metilmercúrio, a metilação prevalece sobre a desmetilação em ambientes aquáticos (MICARONI et al., 2000).

### 4.3 Exatidão do procedimento analítico

A exatidão do procedimento analítico por TDA AAS foi avaliado pelo método de adição e recuperação, onde quantidades conhecidas dos analitos foram adicionadas às amostras. O material de referência certificado também foi usado para avaliar a exatidão do procedimento de análise por TDA AAS para mercúrio total.

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos para mercúrio total pelo método de adição e recuperação e para o material de referência certificado.

Método	Matriz	Concentração adicionada (ng mL <sup>-1</sup> )	Concentração encontrada (ng mL <sup>-1</sup> )	Recuperação (%)
Adição e recuperação	Própolis	10,0; 20,0	9,3; 17,5	93,0; 87,5
	Geoprópolis	10,0; 20,0	8,4; 18,0	84,0; 90,0
Material de referência certificado	GBW07605	0,013	0,0117; 0,0128	90; 98,5

Tabela 10. Recuperações obtidas para o método de adição e recuperação de analito e para o material de referência certificado.

A Tabela 11 apresenta os valores obtidos para adição e recuperação do mercúrio orgânico (metilmercúrio).

Matriz	Concentração adicionada (ng mL <sup>-1</sup> )	Concentração encontrada (ng mL <sup>-1</sup> )	Recuperação (%)
Própolis	10,0; 20,0	11,8; 21,6	118,0; 108,0
Geoprópolis	10,0; 20,0	8,9; 22,3	89,0; 111,5

Tabela 11. Recuperações obtidas para o método de adição e recuperação de mercúrio orgânico.

As recuperações obtidas pelo método de adição e recuperação estão de acordo com as recomendações da AOAC (2013) de 70 a 125%. Um teste *t* do valor médio obtido para o material certificado contra o valor certificado de 0,013 ng g<sup>-1</sup>, não apresentou diferença significativa (*p* < 0,05). Os teores recuperados são aceitáveis e possibilitam inferir que a exatidão da medida por TDA AAS está adequada.

#### 4.4 Figuras de mérito

As equações das células de leitura foram  $y=0,1278x + 0,0089$  (Cell 0),  $y=0,0443x + 0,0202$  (Cell 1) e  $y=0,0007 + 0,0255$  (Cell 2). Os coeficientes de correlação obtidos para célula 0, 1 e 2 foram 0,9986, 0,9942 e 0,9919, respectivamente.

Os limites de detecção e quantificação foram calculados segundo INMETRO (2016). Os limites de detecção (LD) encontrados para tHg e oHg foram de 0,01 e 0,06 ng g<sup>-1</sup>, enquanto os limites de quantificação (LQ) para tHg e oHg foram de 0,03 ng g<sup>-1</sup> e 0,17 ng g<sup>-1</sup>. O LD encontrado para oHg foi 33 vezes menor que o LD obtido nos estudos de Hg em amostras de sushi por PAIVA et al. (2016) usando o analisador direto de mercúrio dual cell. Sendo assim, podemos inferir que foi obtido uma maior sensibilidade usando analisador de mercúrio tri cell neste estudo.

## 5 | CONCLUSÃO

O procedimento analítico proposto usado para a extração do mercúrio orgânico nas amostras de própolis e geoprópolis utilizando sistema fechado assistido por micro-ondas e quantificação pelo analisador direto de mercúrio tri-cell permitiu o uso de um reduzido volume de reagentes químicos concordando com princípios de “química verde”, apresentou alta eficiência de extração do oHg, redução do risco de contaminação e do tempo de análise. Os resultados obtidos para ambas amostras estudadas mostraram que a forma mais tóxica do mercúrio não é a predominante.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBIC/UFPA (2016-2017) pela bolsa concedida à Brenda T. S. da Silva e pelo apoio financeiro do CNPq e FAPESPA (Projeto REPENSA). Ao pesquisador Dr. Giorgio C. Venturieri da Embrapa Amazônia Oriental pelo suporte na coleta das amostras.



## REFERÊNCIAS

Association of official agricultural chemists (AOAC). **Guidelines for single laboratory validation of chemical methods for dietary supplements and botanicals**, 2013.

Assunção, A.K.M. **Efeito antitumoral do tratamento profilático com extrato hidroalcoólico de geoprópolis de *Melipona fasciculata* Smith**. São Luís, 44f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Maranhão, 2008.

Bisinoti, M.C. & Jardim, W.F. **O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente (Behavior of methylmercury in the environment)**. *Química Nova*, v. 27, p. 593-600, 2004.

]

**Bonvehí, J S; Bermejo, F J O. Element content of propolis collected from different areas of South Spain**. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 185, p 6035–6047, 2013.

Carbonell, G.; Bravo, J. C.; Fernandez, C.; Tarazona, J. V. **A new method for total mercury and methylmercury analysis in muscle of seawater fish**. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*. V. 83, p. 210-213. 2009.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 420/2009**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acessado em 30 de Julho de 2017, às 14h00.

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Produção de própolis**. 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32166/1/ProducaoPropolis.pdf>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2017.

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Orientação Sobre Validação de Métodos Analíticos**. DOQ-CGCRE-008. Rev.: 05, 1-31, Ago. 2016.

Kehrig, do A.H.; Howard, B.M.; Malm, O. **Methylmercury in a predatory fish (*Cichla* spp.) inhabiting the Brazilian Amazon**. *Environmental Pollution*, v. 154, p. 68-76, 2008.

Lacerda, L D; Salomons W. **Mercury from gold and silver mining: A Chemical Time Bomb**. Springer – Verlag, 1998.

Lima, M V D. **Geoprópolis produzida por diferentes espécies de abelhas: atividades antimicrobiana e antioxidante e determinação do teor de compostos fenólicos**, 2015. Dissertação (mestrado em ciências farmacêuticas) – Universidade Federal do Pará.

Matin, G; Kargar, N; Buyukisik, H B. **Bio-monitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine treeleaves**. *Ecological Engineering*, v.90, p. 331-335, 2016.

Micaroni, R C C M; Bueno, M I M S; Jardim, W F. **Compostos de mercúrio: revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte**. *Química Nova*, v. 23, 9p, 2000.

Mirzoeva, O.K. & Calder, P.C. **The effect of propolis and its components on eicosanoid production during inflammatory response**. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, v.55, p.441-449, 1996.

Paiva EL; Alves JC; Milani RF; Boer BS; Quintaes KD; Morgano MA. **Sushi commercialized in Brazil: Organic Hg levels and exposure intake evaluation**. *Food Control*. v. 69, p. 115–123, 2016.

Roulet, M.; Lucotte, M., 1995. **Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferrolitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America**. *Water, Air and Soil Pollution*, 80: 1079-1088.



Souza de J.R.; Barbosa, A.C. **Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia**. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 12, p. 3-7, 2000.

Wasserman, J.C.; Hacon, S.S; Wasserman, M.A. **O ciclo do mercúrio no ambiente amazônico**, Mundo & vida (UFF), niterói, v. 2, n.1/2, p. 46-53, 2001.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber\_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento urbano 78

Aprendizagem 35, 38, 39, 46, 47, 48, 286, 287, 288, 289, 295, 323, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 339, 341, 343, 345, 348, 350

Aspergillus flavus 105, 106, 108, 109, 110, 114, 115

Aterramentos elétricos 296, 297, 301, 302

Atividade antioxidante 170, 171, 172, 175, 179, 180, 181

### B

Biodiesel 303, 304, 305, 306, 314, 315, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373

Biotransformação 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 131

### C

Cadernos escolares 1, 3, 4, 5, 9

Cafeeiro 317

Catálise 24, 26, 117, 126, 222, 363, 366, 368

### D

Dispositivos móveis 286, 289, 293, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 349, 350, 351

### E

Ensino 1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 80, 105, 286, 287, 288, 294, 295, 297, 298, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 346, 348, 349, 350, 351

Escolas paroquiais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13

### G

Geometria 2, 12, 28, 185, 187, 299

### H

História da Educação Matemática 1, 2, 14

### I

Impactos ambientais 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 107, 210

## **K**

Kavain 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

## **L**

Lama abrasiva 59, 60

## **M**

Metátese 116, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126

Middleboxes 138, 139, 140, 141, 142, 143

Modelagem computacional 49, 50, 69, 296

## **N**

Nanopartículas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 196, 203

## **O**

Óxido de cálcio 363, 364, 367, 368, 369, 371, 373

Óxido de cobre 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34

## **P**

Polimerização Radicalar 215

## **R**

Resíduos industriais 59

Resistividade do solo 296

Rhodamine B 374, 376, 381, 382

Robótica 35, 37, 38, 40, 41, 46, 47, 48

## **S**

Smart Cities 280

## **T**

Transporte de nêutrons 49, 50, 51, 57

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-641-6

