



**Cleberton Correia Santos**  
(Organizador)

---

**Estudos Interdisciplinares  
nas Ciências e da Terra  
e Engenharias**

---

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

# Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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 1 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-621-8 DOI 10.22533/at.ed.218191109</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 primeiro 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 pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo então na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CHÁ DE BOLDO: O SABER POPULAR FAZENDO-SE SABER CIENTÍFICO NO ENSINO DE QUÍMICA	
Andressa da Silva Muniz Monique Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
A ESTRATÉGIA REGIONAL DE INOVAÇÃO DA UNIÃO EUROPEIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SRIs NA AMÉRICA LATINA	
Guilherme Paraol de Matos Clarissa Stefani Teixeira Paulo Cesar Leites Esteves Solange Maria da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
ENSINO DE TÉCNICAS LABORATORIAIS PELA ELABORAÇÃO DE SORVETE COM A FRUTA BERIBÁ/BIRIBÁ ( <i>Annona hypoglauca</i> )	
Minelly Azevedo da Silva Alice Menezes Gomes Amanda Carolilna Cândido Silva Iasmim Moreira Linhares João Vitor Hermenegildo Bastos Mel Naomi da Silva Borges Rebeca da Costa Rodrigues Nilton Fagner de Oliveira Araújo Elza Paula Silva Rocha Cleber do Amaral Barros Jamilé Mariano Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
A ETNOMATEMÁTICA COMO RECURSO METODOLÓGICO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: UMA INVESTIGAÇÃO NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA DA UNICESUMAR	
Eliane da Rocha Rodrigues Ivna Gurniski de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO EM ÁREAS AGRICULTÁVEIS	
Ana Paula Brasil Viana Railton Reis Arouche Pedro Henrique da Silva Sousa Edvan Carlos de Abreu Dheime Ribeiro de Miranda Lineardo Ferreira de Sampaio Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2181911095</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 58**

O USO DA CASCA DA BANANA COMO ADSORVENTE RENOVÁVEL DE ÍONS METÁLICOS TÓXICOS

Adriana O. Santos  
Danielle P. Freitas  
Fabiane A. Carvalho  
Fernando S. Melo  
Juliana F. C. Eller  
Stéphanie Calazans Domingues  
Boutros Sarrouh  
Willian A. Saliba

**DOI 10.22533/at.ed.2181911096**

**CAPÍTULO 7 ..... 76**

STATIC MAGNETIC TREATMENT OF IRRIGATION WATER ON DIFFERENTS PLANTS CULTURES IMPROVING DEVELOPMENT

Yilan Fung Boix  
Albys Ferrer Dubois  
Elizabeth Isaac Alemán  
Cristiane Pimentel Victório  
Rosani do Carmo de Oliveira Arruda  
Ann Cuyppers  
Natalie Beenaerts  
Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

**DOI 10.22533/at.ed.2181911097**

**CAPÍTULO 8 ..... 85**

ANÁLISE DE ARQUITETURAS DE *DEEP LEARNING* APLICADO A UM BENCHMARK DE CLASSIFICAÇÃO

Henrique Matheus Ferreira da Silva  
Max Tatsuhiko Mitsuya  
Clayton André Maia dos Santos  
Anderson Alvarenga de Moura Meneses

**DOI 10.22533/at.ed.2181911098**

**CAPÍTULO 9 ..... 96**

ANÁLISE DE VITAMINA C USANDO TÉCNICAS DE FLUORIMETRIA, CROMATOGRAFIA E ELETROFORESE

Luana Gabriela Marmitt  
Sabrina Grando Cordeiro  
Verônica Vanessa Brandt  
Lucélia Hoehne

**DOI 10.22533/at.ed.2181911099**

**CAPÍTULO 10 ..... 106**

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICA NO CURSO TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA DO IFC – *CAMPUS SANTA ROSA DO SUL*

Julian da Silva Lima  
Cassiano Scott Puhl  
Neiva Ignês Grando

**DOI 10.22533/at.ed.21819110910**

**CAPÍTULO 11 ..... 116**

A VISÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS DE ARAPIRACA-AL SOBRE O ENSINO DE ASTROBIOLOGIA

Janaína Kívia Alves Lima  
Elielma Lucindo da Silva  
Lilian Nunes Bezerra  
Janice Gomes Cavalcante  
Luis Carlos Soares da Silva  
José Edson Cavalcante da Silva  
Jhonatan David Santos das Neves  
Daniella de Souza Santos

**DOI 10.22533/at.ed.21819110911**

**CAPÍTULO 12 ..... 125**

APLICAÇÃO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

André Felipe de Almeida Batista  
Ricardo André Cavalcante de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.21819110912**

**CAPÍTULO 13 ..... 138**

PRECIPITATION VARIABILITY ON THE STATE OF PARAÍBA IN ATMOSPHERIC CONDITIONS UNDER THE INFLUENCE OF UPPER LEVEL CYCLONIC VORTICES

André Gomes Penaforte  
Maria Marle Bandeira  
Magaly de Fatima Correia  
Tiago Rocha Almeida  
Flaviano Fernandes Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.21819110913**

**CAPÍTULO 14 ..... 148**

AS CONTRIBUIÇÕES DO PLANETÁRIO E CASA DA CIÊNCIA DE ARAPIRACA PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA E CIÊNCIAS NATURAIS

Luis Carlos Soares da Silva  
Janaína Kívia Alves Lima  
Janice Gomes Cavalcante  
Jhonatan David Santos das Neves  
Lilian Nunes Bezerra  
Daniella de Souza Santos  
José Edson Cavalcante da Silva  
Elielma Lucindo da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21819110914**

**CAPÍTULO 15 ..... 157**

POLÍMERO SULFONADO UTILIZADO COMO CATALISADOR HETEROGÊNEO NA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

Victória Maria Ribeiro Lima  
Rayanne Oliveira de Araújo  
Jamal da Silva Chaar  
Luiz Kleber Carvalho de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.21819110915**

**CAPÍTULO 16 ..... 167**

ATIVIDADE CRIATIVA (AC): UM MODO ALTERNATIVO PARA MINISTRAR O CONTEÚDO DE UMA DISCIPLINA DO CURSO NOTURNO DE FARMÁCIA DA UFRJ

Aline Guerra Manssour Fraga  
Viviane de Oliveira Freitas Lione

**DOI 10.22533/at.ed.21819110916**

**CAPÍTULO 17 ..... 180**

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS MULTIEXTUSADOS: SIMULAÇÃO DO REPROCESSAMENTO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

Fernando A. E Tremoço  
Ricardo S. Souza  
Valéria G. Costa

**DOI 10.22533/at.ed.21819110917**

**CAPÍTULO 18 ..... 186**

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE ARGILAS BENTONÍTIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira  
Nancy Isabel Alvarez Acevedo  
Marisa Cristina Guimarães Rocha  
Joaquim Teixeira de Assis  
Alexei Kuznetsov  
Luiz Carlos Bertolino

**DOI 10.22533/at.ed.21819110918**

**CAPÍTULO 19 ..... 197**

AVALIAÇÃO PELA MODA, MÉDIA OU MEDIANA?

Luiz Fernando Palin Droubi  
Norberto Hochheim  
Willian Zonato

**DOI 10.22533/at.ed.21819110919**

**CAPÍTULO 20 ..... 221**

COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DAS SOLUÇÕES FUNDAMENTAIS E O MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS APLICADOS A UM PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE DIFUSÃO DE CALOR

Bruno Henrique Marques Margotto  
Carlos Eduardo Polatschek Kopperschmidt  
Wellington Betencurte da Silva  
Júlio Cesar Sampaio Dutra  
Luiz Alberto da Silva Abreu

**DOI 10.22533/at.ed.21819110920**

**CAPÍTULO 21 ..... 230**

SINERGISMO DE MISTURAS DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS UTILIZADAS NA HIDRÓLISE DA CELULOSE EXTRAÍDA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PRÉ-TRATADO COM  $H_2SO_4/H_2O_2$ , EM MEIO ALCALINO

Leila Maria Aguilera Campos  
Luciene Santos de Carvalho  
Luiz Antônio Magalhães Pontes  
Samira Maria Nonato de Assumpção  
Maria Luiza Andrade da Silva  
Heloise Oliveira Medeiros de Araújo Moura  
Anne Beatriz Figueira Câmara

**DOI 10.22533/at.ed.21819110921**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>238</b>
CONCEPÇÕES DE LINGUAGEM E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA LINGUAGEM MATEMÁTICA	
Cíntia Maria Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110922</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>248</b>
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE SOFTWARE INTERATIVO PARA PROJETOS CONCEITUAIS DE AERONAVES	
Carlos Antonio Vilela de Souza Filho	
Giuliano Gardolinski Venson	
Jefferson Gomes do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>260</b>
ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO: UM OLHAR PARA O PROCESSO FORMATIVO POSSIBILITADO POR OBSERVAÇÕES DE AULA	
Mariele Josiane Fuchs	
Cláudia Maria Costa Nunes	
Elizangela Weber	
Lucilaine Goin Abitante	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>269</b>
OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS FINANCEIROS DE UMA MADEIREIRA UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR	
Brenno Souza de Oliveira	
Edson Patrício Barreto de Almeida	
Vitor Miranda Sousa Brito	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>280</b>
ESTUDO ATUALIZADO E ABRANGENTE DAS APLICAÇÕES PRÁTICAS DE GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA	
Pedro Henrique Martins	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Kaiisson Teodoro de Souza	
Márcio Augusto Tamashiro	
Humberto Rodrigues Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110926</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>292</b>
FIQUE SABENDO: PLATAFORMA ACADÊMICA DE COMUNICAÇÃO	
Marco Antônio Castro Martins	
Lúcio Flávio de Jesus Silva	
George Miler Gomes Farias	
Diego Lisboa Pires	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110927</b>	

**CAPÍTULO 28 ..... 300**

INVESTIGAÇÃO ESTRUTURAL, MORFOLÓGICA E FOTOCATALÍTICA DE MICROCRISTAIS DE  $\beta$ -(Ag<sub>2-2x</sub>Zn<sub>x</sub>)MoO<sub>4</sub>

Fabiana de Sousa Cunha  
Francisco Henrique Pereira Lopes  
Amanda Carolina Soares Jucá  
Lara Kelly Ribeiro da Silva  
Keyla Raquel Batista da Silva Costa  
Júlio César Sczancoski  
Francisco Eroni Paz dos Santos  
Elson Longo  
Laécio Santos Cavalcante  
Gustavo Oliveira de Meira Gusmão

**DOI 10.22533/at.ed.21819110928**

**CAPÍTULO 29 ..... 325**

PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA ATRAVÉS DA TEMÁTICA SANEANTES

Egle Katarinne Souza da Silva  
Luislândia Vieira de Figueredo  
Felícia Maria Fernandes de Oliveira  
Luiz Antonio Alves Fernandes  
Edilson Leite da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21819110929**

**CAPÍTULO 30 ..... 339**

INFLUÊNCIA DO SnCl<sub>2</sub> NA COPOLIMERIZAÇÃO DE NORBORNENO E ÁCIDO 5-NORBORNENO-2-CARBOXÍLICO VIA ROMCP CATALISADO POR RuCl<sub>2</sub>(PCy<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHR

Sâmia Dantas Braga  
Aline Aparecida Carvalho França  
Vanessa Borges Vieira  
Talita Teixeira da Silva  
Aline Estefany Brandão Lima  
Ravane Costa e Silva  
Luís Fernando Guimarães Nolêto  
Nouga Cardoso Batista  
José Milton Elias de Matos  
Benedito dos Santos Lima Neto  
José Luiz Silva Sá  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.21819110930**

**CAPÍTULO 31 ..... 347**

MONITORAMENTO DE DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA DO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE CAMPUS PAU DOS FERROS

José Henrique Maciel de Queiroz  
José Flávio Timoteo Júnior  
Rogério de Jesus Santos

**DOI 10.22533/at.ed.21819110931**

**CAPÍTULO 32 ..... 357**

REDE FEDERAL EM SANTA CATARINA: ORIGEM, TRAJETÓRIA E ASPECTOS GERENCIAIS

Sônia Regina Lamego Lino

**DOI 10.22533/at.ed.21819110932**

<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>371</b>
SISTEMA DE EDUCAÇÃO CORPORATIVA: EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS E CHINESAS PARA A INOVAÇÃO	
Regina Wundrack do Amaral Aires	
Cleunisse Aparecida Rauen De Luca Canto	
Patricia de Sá Freire	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110933</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>385</b>
VARIABILIDADE TEMPORAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS DE <i>Eucalyptus microcorys</i>	
Gilmara Aparecida Corrêa Fortes	
Pedro Henrique Ferri	
Suzana da Costa Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110934</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>397</b>
OXIDAÇÃO SELETIVA DO METANOL A FORMALDEÍDO ASSISTIDA POR N <sub>2</sub> O SOBRE CATALISADOR Co,Ce DERIVADOS DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES	
Oséas Silva Santos	
Giulyane Felix de Oliveira	
Artur José Santos Mascarenhas	
Heloyza Martins. Carvalho Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21819110935</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>408</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>409</b>

## VARIABILIDADE TEMPORAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS DE *Eucalyptus microcorys*

**Gilmara Aparecida Corrêa Fortes**

Instituto Federal Goiano  
Ipameri – Goiás

**Pedro Henrique Ferri**

Universidade Federal de Goiás, Instituto de  
Química  
Goiânia – Goiás

**Suzana da Costa Santos**

Universidade Federal de Goiás, Instituto de  
Química  
Goiânia – Goiás

**RESUMO:** Folhas de *Eucalyptus microcorys* tem potencial medicinal pois são ricas em 1,8-cineol e taninos. Fatores sazonais e níveis nutricionais da planta influenciam a biossíntese desses metabólitos. A variabilidade de fenóis e nutrientes foliares dessa espécie foi avaliada ao longo de dois anos. Os dados obtidos foram submetidos à dois métodos de análise multivariados: Curva de Resposta Principal e Análise de Redundância. Houve aumento significativo nos teores dos compostos fenólicos majoritários entre os anos de coleta. Observou-se que os teores de oenoteína B, fenóis totais e taninos hidrolisáveis tem correlação negativa com Mg e positiva com K, enquanto os flavonoides, constituintes minoritários, foram influenciados pela precipitação e temperatura. Concluiu-se que a biossíntese de taninos

nessa espécie é mais dependente dos níveis de nutrientes foliares e em menor medida dos fatores climáticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** oenoteína B, taninos, flavonoides, nutrientes foliares.

### TEMPORAL VARIABILITY OF PHENOLICS IN LEAVES OF *Eucalyptus microcorys*

**ABSTRACT:** *Eucalyptus microcorys* leaves have medicinal potential as they are rich in 1,8-cineol and hydrolysable tannins. Seasonality and plant nutrients can influence the biosynthesis of these metabolites. Variability of phenols and nutrients were evaluated during two years. Data was analyzed by multivariate methods: Principal Response Curves and Redundancy Analysis. There was a significant increase in the levels of phenolic compounds between the years. Levels of oenothien B, hydrolysable tannins and total phenols correlated negatively with Mg and positively with K, while, flavonoids, minor constituents, were influenced by precipitation and temperature. In conclusion, nutrients play a major role in the tannin biosynthesis in this specie than climatic factors.

**KEYWORDS:** oenothien B, tannins, flavonoids, foliar nutrients.

## 1 | INTRODUÇÃO

Abiossíntese de metabólitos secundários de plantas é determinada pelo genoma, embora possa sofrer modificações frente a processos bioquímicos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos. A interação planta-ambiente deve ser considerada, pois a sazonalidade, níveis nutricionais, intensidade de luz, temperatura, regime hídrico, herbivoria e ataque de patógenos podem influenciar a produção dos metabólitos (NCUBE et al., 2012).

O efeito de nutrientes nos derivados do ácido chiquímico são bem documentados e deficiências em N, P, S e K geralmente resultam em maiores teores desses metabólitos (MOORE et al., 2004). Micronutrientes como Cu, Zn e Mn atuam como cofatores de enzimas da rota do ácido chiquímico que conduz à biossíntese de vários fenóis (GUANGQIU et al., 2007).

As alterações sazonais podem acarretar condições ambientais extremas, expondo as plantas ao estresse, com os metabólitos secundários constituindo mecanismos de defesa e adaptação (NCUBE et al., 2012). Gobbo-Neto & Lopes (2007) evidenciaram que as variações sazonais ocorrem praticamente em todas as classes de metabólitos secundários como taninos, terpenos, alcaloides, ácidos fenólicos, flavonoides, cumarinas, saponinas, graxas epicuticulares, iridóides, glucosinolatos e glicosídeos cianogênicos.

Estudos prévios com óleo essencial de *Eucalyptus microcorys* F. Muell. (Myrtaceae) mostraram que a sua composição química está relacionada tanto a fatores climáticos quanto às variações nos nutrientes foliares (OLIVEIRA et al., 2014). Dessa forma, torna-se necessário avaliar a variação dos teores de compostos fenólicos em *E. microcorys* para conhecer sua dinâmica de adaptação às condições de Cerrado. Esse conhecimento pode contribuir para a racionalização do cultivo desta espécie, visando o aumento dos teores de metabólitos fenólicos de interesse químico-biológico.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Material botânico e preparo de extratos

Amostras de folhas foram coletadas na Unidade de Conservação do Ibama-Flona em Silvânia/GO (S16°8'14", W48°39'6") de *E. microcorys* com cerca de quarenta anos de idade, cultivadas sem adubação e irrigação. Coletaram-se folhas adultas de dez árvores durante dois anos (setembro/2010 a junho/2012), nos meses de setembro (T1), dezembro (T2), março (T3) e junho (T4) de cada ano, totalizando oitenta amostras. As folhas foram lavadas, secas a temperatura ambiente e na sombra, trituradas em moinho de facas e armazenadas em freezer a -18°C.

A extração seguiu o procedimento adaptado de Escarpa & González (2001).

Para a análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), pesou-se 0,05 g de folhas, adicionou-se 5,0 mL de MeOH 50% (v/v), extraído-se a mistura em banho de ultrassom por 30 min. Após centrifugação a 2000 rpm por 10 min, transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico (10 mL). Esta etapa foi repetida por mais duas vezes, com volumes de 3,0 e 2,0 mL de MeOH 50%. Para as análises colorimétricas, seguiu-se o mesmo procedimento, com 0,15 g de folhas e volume final do extrato de 25 mL. Todas as extrações foram realizadas em duplicata.

## 2.2 Quantificação por CLAE

As análises foram executadas em equipamento Shimadzu LC-10AVP com bombas LC-10 ADvp, conectadas a um detector de ultravioleta com arranjo de diodos. Utilizou-se coluna LiChrospher 100 RP-18 (5  $\mu\text{m}$ ; 250 mm (d.i.) x 4,0 mm; Merck). O extrato diluído em água Milli-Q (1:3) foi filtrado em membrana 0,22  $\mu\text{m}$  (Millipore). O volume de injeção foi de 20  $\mu\text{L}$ . Para a eluição utilizou-se acetonitrila (A) e tampão fosfato 0,01M (pH 2,5) (B) com o gradiente: 0-15 min, 5-15% A em B; 15-20 min, 15-25% A em B; 20-25 min, 25-50% A em B. Finalizou-se com redução em A para 5% (25-30 min), mantendo-se o fluxo de 1 mL/min, detecção em 264 nm e aquisição na faixa 190-370nm. A identificação de oenoteína B foi efetuada comparando-se os tempos de retenção e espectro (UV) com padrão. A quantificação foi realizada com curva de calibração (8,4-100  $\mu\text{g/mL}$ , n=6) e os resultados registrados em relação à massa de folha seca (mg/g). As análises foram realizadas em duplicata.

## 2.3 Quantificação dos compostos fenólicos

A quantificação de fenóis totais seguiu o método de Escarpa & González (2001), modificado. Diluiu-se o extrato com água destilada (1:3) e transferiu-se 0,3 mL para balão volumétrico (25 mL). Em seguida, adicionou-se 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) e, após 1 min, acrescentou-se 4,0 mL de solução 20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , completando-se com água destilada. Após 30 min realizou-se a leitura da absorbância (750 nm). Elaborou-se uma curva de calibração com ácido gálico (0,4-1,4 mg/mL; n=6) e os resultados registrados em concentração de ácido gálico equivalente por massa de folha seca (mg/g).

A determinação de flavonoides totais foi adaptada da Pharmacopeia Helvetica (PETRY et al., 1998). A 5,0 mL de extrato em um balão volumétrico (10 mL) adicionou-se 1,0 mL de solução 12%  $\text{AlCl}_3$  em MeOH, completando-se o volume com solução 5% ácido acético glacial em MeOH. Após 30 min, efetuou-se a leitura da absorbância (422 nm). Ensaios em branco foram efetuados com adição de 5,0 mL de extrato, completando-se o volume para 10 mL com solução 5% ácido acético glacial em MeOH. Elaborou-se uma curva de calibração com rutina (100-400  $\mu\text{g/mL}$ ; n=6) e os resultados foram registrados em concentração de rutina equivalente por massa de folha seca ( $\mu\text{g/g}$ ).

Os taninos totais foram quantificados segundo o método de Hagerman-Butler (WATERMAN & MOLE, 1994). Ao extrato (1,0 mL) adicionou-se 2,0 mL de solução de albumina bovina sérica (BSA; 1,0 mg/mL), mantendo-se repouso por 15 min. Após centrifugação (2000 rpm) por 15 min e descarte do sobrenadante, o precipitado foi dissolvido em 4,0 mL de solução SDS, composta de 1% dodecilsulfato de sódio, 5% (v/v) trietanolamina e 20% (v/v) isopropanol. Acrescentou-se 1,0 mL de solução ácida 0,01 mol/L  $\text{FeCl}_3$  e as misturas foram homogeneizadas. No intervalo de 15-30 min, realizou-se a leitura da absorbância (510 nm). Um ensaio de branco foi preparado com 1,0 mL  $\text{FeCl}_3$  e 4,0 mL de solução SDS. Elaborou-se uma curva de calibração com ácido tânico (0,4-1,4 mg/mL; n=6) e os resultados foram registrados em concentração de ácido tânico por massa de folha seca (mg/g).

O doseamento de taninos hidrolisáveis seguiu o método de Willis & Allen (1998). Alíquotas de 5,0 mL de 2,5%  $\text{KIO}_3$  foram transferidas para tubos de ensaio mantidos em banho a 25°C. Em intervalos de 1 min, adicionou-se 1,0 mL do extrato e, após agitação, retornou-se o tubo para o banho. Decorridos 6 min, mediu-se a absorbância do primeiro tubo (550 nm). Leituras sucessivas foram realizadas em um mesmo intervalo de tempo (1 min), contra um branco preparado com 5,0 mL do reagente. Uma curva de calibração foi elaborada com ácido tânico (0,4-1,4 mg/mL; n=6) e os resultados registrados em concentração de ácido tânico por massa de folha seca (mg/g).

## 2.4 Digestão das amostras e análise de nutrientes foliares

Em um tubo para digestão, contendo folhas secas e moídas (0,5 g), acrescentou-se 6,0 mL de solução  $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$  (2:1). Em seguida, aqueceu-se de 50°C até 210°C, em um período de 40 min. Após a digestão se completar, o líquido foi resfriado até a temperatura ambiente e transferido para tubo Falcon (50 mL), sendo o volume completado com água deionizada. As análises dos nutrientes foliares foram efetuadas no Laboratório de Análise de Solos e Foliar da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG). Sódio e K foram analisados por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe, por absorção atômica e o P por espectrofotometria.

## 2.5 Dados meteorológicos

Os dados de temperatura, umidade e precipitação pluviométrica foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

## 2.6 Análise estatística

As comparações múltiplas de médias foram realizadas por meio da análise de variância (two-way ANOVA) usando SAS GLM (Statistical Analysis System, versão 6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, 1996) com o ano, época de coleta e a interação ano-época como fatores. Onde as diferenças entre as médias foram estabelecidas, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5%.

Para analisar as tendências de variação nos conteúdos de fenóis e nutrientes foliares ao longo do tempo de coleta, aplicou-se a técnica de curva de resposta principal (PRC), utilizando o pacote estatístico CANOCO, versão 5.10 (VAN DEN BRINK & TER BRAAK, 1999; TER BRAAK & ŠMILAUER, 2012). A PRC é baseada na análise de redundância parcial (pRDA) e objetiva investigar os efeitos das variáveis e suas alterações no tempo. Nesta análise, as covariáveis foram os tempos de amostragem (épocas de coleta) e as variáveis explicativas foram as interações entre os tempos de amostragem e os tratamentos (anos). Um teste de permutação de Monte Carlo (999 permutações) foi aplicado para avaliar a significância do efeito do tratamento (ano1), em relação a um controle (ano2), ao longo da série temporal. Um teste de permutação (499 permutações) também foi aplicado sobre cada tempo de amostragem (TER BRAAK E ŠMILAUER, 2012). Antes da PRC, os dados foram transformados pelo  $\log(x+1)$ . A análise das influências dos dados climáticos sobre a variabilidade dos metabólitos e nutrientes foliares foi obtida pela RDA, com as variáveis climáticas autoescaladas para média zero e desvio padrão unitário.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações no metabolismo secundário vegetal podem ocorrer entre os indivíduos, ao longo das estações e/ou em anos sucessivos devido, principalmente, a características genéticas, condições fisiológicas, níveis de nutrientes foliares, alterações climáticas e ataque de predadores ou patógenos (GOBBO-NETO & LOPES, 2007; NCUBE et al., 2010).

Neste trabalho, a quantificação de fenóis e taninos totais, taninos hidrolisáveis, flavonoides, oenoteína B, glicose e nutrientes foliares de *E. microcorys* foram realizados com a finalidade de compreender os padrões de variabilidade temporal ao longo dos meses de coleta e em dois anos de amostragem. Os resultados da *two-way* ANOVA encontram-se na tabela 1.

Verificou-se que os teores médios de oenoteína B, fenóis totais e taninos hidrolisáveis foram maiores no segundo ano, independente dos meses, enquanto os teores em flavonoides foram constantes em todas as coletas. Já os teores de taninos totais foram influenciados pela interação dos fatores (ano e mês), com variações significativas entre amostras de setembro no primeiro ano, com os maiores níveis também em março. Por sua vez, as concentrações de Ca e Mn ocorreram independentemente do ano, enquanto para o Mg ocorreu entre os anos (e maior no primeiro ano), independentemente dos meses de coleta (Tabela 1). Entretanto, todos estão fora das faixas adequadas para a cultura do eucalipto (MALAVOLTA et al., 1997): Ca (8,0-12 g/kg), Mg (4,0-5,0 g/kg) e Mn (0,1-0,6 g/kg). A deficiência de Ca e Mg e o excesso de Mn podem gerar desequilíbrios metabólicos para os indivíduos desta espécie.

Variável	Ano	Meses de coleta				
		Setembro	Dezembro	Março	Junho	Média
Oenoteína B <sup>b</sup> (mg/g)	1	32,23	29,07	30,58	37,59	32,37 B
	2	41,43	35,00	39,81	41,96	39,55 A
	Média	36,83 a	32,03 a	35,19 a	39,77 a	
Fenóis T <sup>b</sup> (mg/g)	1	145,05	143,37	148,98	151,71	147,28 B
	2	163,29	159,34	163,82	159,60	161,51 A
	Média	154,17 a	151,36a	156,40 a	155,66 a	
Flavonoides (mg/g)	1	20,04	20,32	21,64	18,59	20,15 A
	2	20,75	22,16	19,48	20,05	20,61 A
	Média	20,39 a	21,24 a	20,56 a	19,32 a	
Taninos H (mg/g)	1	320,58	299,65	340,64	310,87	317,94 B
	2	340,95	332,23	360,23	324,81	339,55 A
	Média	330,77 ab	315,94 b	350,44 a	317,84 b	
Taninos T (mg/g)	1	104,79 aA	91,90 bA	105,49 aA	89,82 bA	
	2	90,21 aB	99,68 aA	98,35 aA	96,21 aA	
Glicose (g/100 g)	1	11,4 aB	9,07 bB	10,47 abB	11,62 aB	
	2	13,27 aA	10,37 bA	12,30 abA	13,18 aA	
Fósforo <sup>b</sup> (g/kg)	1	1,91 aA	1,19 bB	1,29 bA	1,52 abA	
	2	1,38 bB	1,99 aA	1,47 bA	1,64 abA	
Potássio <sup>d</sup> (g/kg)	1	7,06 aA	7,80	8,68 aB	7,86 aB	
	2	7,52 bA	8,44	11,60 aA	11,46 aA	
Cálcio <sup>c</sup> (g/kg)	1	6,50	6,30	5,40	9,40	6,90 A
	2	7,00	6,50	5,60	7,10	6,55 A
	Média	6,75 ab	6,40 b	5,50 b	8,25 a	
Magnésio (g/kg)	1	2,00	2,50	2,20	2,20	2,23 A
	2	1,70	1,90	1,80	2,10	1,87 B
	Média	1,85 a	2,20 a	2,00 a	2,15 a	
Manganês <sup>c</sup> (g/kg)	1	1,32	0,99	0,74	1,71	1,19 A
	2	1,06	1,00	0,82	0,97	0,96 A
	Média	1,19 a	0,99 ab	0,78 b	1,34 a	
Cobre (mg/kg)	1	3,30 aA	2,70 aA	2,80 aB	2,90 aB	
	2	2,60 bA	2,60 bA	3,90 aA	4,00 aA	
Ferro <sup>b</sup> (g/kg)	1	0,11 bB	0,16 aA	0,05 cA	0,10 bA	
	2	0,17 aA	0,09 bB	0,04 cA	0,08 bA	
Zinco (mg/kg)	1	12,74 aA	11,29 abA	9,65 bB	10,36 bA	
	2	10,32 bcB	12,13 abA	12,40 aA	9,69 cA	

Tabela 1. Concentração<sup>a</sup> de fenóis e nutrientes foliares de *E. microcorys* em dois anos.

<sup>a</sup>Valores são as médias (n = 10) baseadas em dados originais. Transformado pela <sup>b</sup>ordem dos mesmos (rank) ou <sup>c</sup>raiz quadrada na ANOVA. <sup>d</sup>Valores do verão foram excluídos da análise estatística. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey. K e Fe foram significativas a 1%.

Os teores de P, K, Cu, Fe e Zn também variaram de acordo com a interação dos fatores. Fósforo e Fe apresentaram diferenças significativas entre os anos nos meses de setembro e dezembro, enquanto K e Cu diferiram entre os anos em amostras de março e junho. As concentrações de K, Cu, Fe e Zn estão abaixo da

faixa-crítica em todas ou na maioria das amostras. Os teores foliares de K, Cu, Fe e Zn, em cultura de eucalipto (MALAVOLTA et al. (1997) deveriam estar entre 10-12 g/kg; 8-10; 150-200 e 40-60 mg/kg, respectivamente. Apenas o P está acima da faixa-crítica de 1,0-1,2 g/kg.

Os baixos níveis de nutrientes foliares são condizentes com a baixa fertilidade do solo local, do tipo latossolo vermelho amarelo com textura que varia de franco argilo arenosa a franco argilosa. No horizonte A<sub>11</sub> verificaram-se baixos teores de Ca (0,5 cmol<sub>c</sub>/dm), Mg (0,2cmol<sub>c</sub>/dm), P (2,3 mg/dm) e K (32 mg/dm), além de baixa saturação por bases (12,9%) e pH abaixo de 4,5. Ao longo do perfil, todos os nutrientes diminuem sua concentração, seguindo a matéria orgânica no horizonte A<sub>11</sub> com 2,9% e chegando ao B<sub>3</sub> a 0,1%.

Para auxiliar na interpretação da variação sazonal dos metabólitos e nutrientes foliares aplicaram-se as análises de Curva de Resposta Principal (PRC) (Figura 1A) e de redundância (RDA) (Figura 1B), essa última em função das variáveis climáticas (Tabela 2).

A PRC tem a vantagem de o vetor tempo ser representado em uma única direção e as tendências na variação serem relativas a uma referência ou controle (VAN DEN BRINK & TER BRAAK, 1999), uma característica importante devido à grande quantidade de interações tempo x tratamento. Assim é preciso concentrar-se na detecção e interpretação das principais tendências na dinâmica de variação (VAN DEN BRINK et al., 2009).

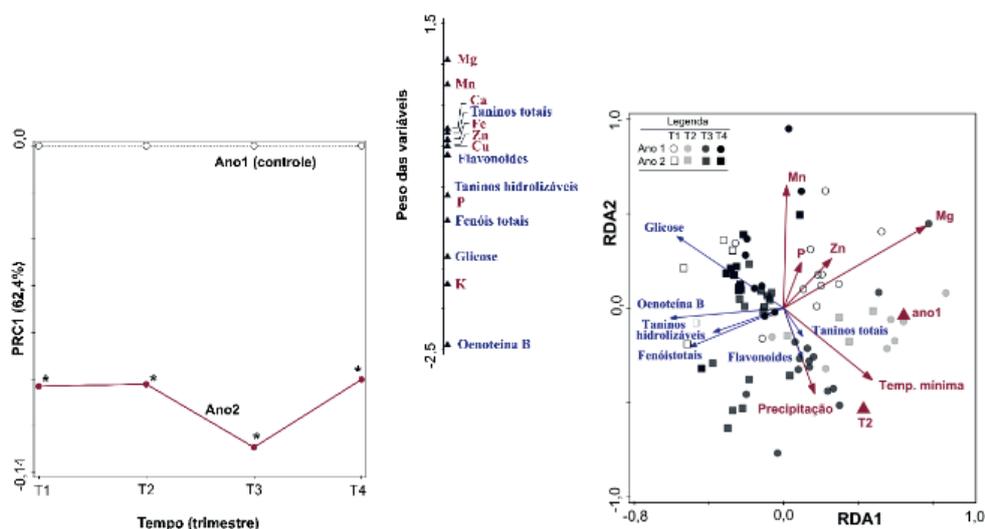


Figura 1. Diagramas da PRC (A) e da RDA (B) da variação dos metabólitos e nutrientes foliares de *E. microcorys* coletadas trimestralmente (tempo) ao longo de dois anos (tratamento).

Variável	Ano	Setembro	Dezembro	Março	Junho
Temperatura Máxima <sup>a</sup>	1	35,2 ± 1,1	29,4 ± 1,6	28,6 ± 2,1	27,0 ± 2,3
(°C)	2	30,5 ± 2,4	27,7 ± 1,7	28,5 ± 2,2	27,2 ± 1,7

Temperatura Mínima <sup>a</sup>	1	20,2 ± 1,5	19,4 ± 0,5	18,1 ± 0,7	12,7 ± 1,6
(°C)	2	16,6 ± 2,5	18,4 ± 0,8	18,0 ± 0,7	15,7 ± 1,2
Umidade <sup>a</sup>	1	18,0 ± 3,9	55,0 ± 11,8	50,0 ± 11,5	33,0 ± 9,4
(%)	2	22,0 ± 6,2	53,0 ± 8,8	52,0 ± 10,3	47,0 ± 9,9
Precipitação <sup>b</sup>	1	0,0	40,6	114,8	0,2
(mm)	2	0,0	92,0	124,4	6,2

Tabela 2. Dados meteorológicos dos meses de coleta

a. Média e desvio padrão dos dez dias anteriores à coleta. b. Acúmulo de chuva registrado nos dez dias anteriores à coleta.

Na análise de PRC, considerou-se como tempo os meses de coleta e como tratamento, os anos de amostragem, com o ano1 como controle. Os resultados indicaram que a interação tempo (coletas trimestrais) x tratamento (ano), representando as variáveis preditoras, explicou 16,1% da variação total nos teores dos metabólitos e nutrientes foliares. O efeito do tempo e do tratamento contribuíram de maneira similar na variabilidade química (13,3% e 13,9%, respectivamente). A maioria das variações foram capturadas pela PRC1 (64,4%;  $F = 8,0$ ;  $p = 0,027$ ; 999 permutações). A PRC2 não foi significativa (16,9%;  $F = 2,2$ ;  $p = 0,214$ ) e não está representada. Todas as amostragens ao longo do experimento apresentaram diferenças significativas.

Para a interpretação da PRC, considera-se que quanto maior for o peso da variável, maior será sua contribuição para a resposta dos desvios do tratamento em relação ao controle. Pesos negativos mostram um padrão oposto. Dessa forma, oenoteína B, K, glicose e fenóis totais foram as variáveis que mais contribuíram para essas diferenças, as quais apresentaram teores mais elevados no ano2 (Figura 1A). Por sua vez, Mg e Mn apresentaram teores mais elevados no controle (ano1). Variáveis com pesos entre -0,5 a +0,5 não influenciam a resposta ou não estão relacionadas ao padrão apresentado pela PRC. Assim, os outros metabólitos e nutrientes foliares não apresentaram contribuição para a diferenciação entre os anos de análise.

No caso da RDA (Figura 1B), a matriz de metabólitos (matriz resposta, 80'6), foi condicionada pelos nutrientes foliares e dados climáticos (matriz explicativa; 80'6). A RDA1 (30,0%;  $F = 30,4$ ;  $p = 0,001$ ) separou principalmente as amostras do ano1, especialmente nas primeiras duas estações, primavera (T1) e verão (T2), pelos menores teores de oenoteína B, fenóis totais, taninos hidrolisáveis e glicose, os quais foram correlacionados a uma maior temperatura mínima, além dos teores elevados de Mg e Zn. Embora não tenha apresentado contribuição significativa na variância total (3,2%;  $F = 3,4$ ;  $p = 0,66$ ), a RDA2 apresentou uma tendência de separação das estações secas, primavera/inverno (T4), das chuvosas, verão/outono (T3), independentemente do ano. As amostras do período seco se caracterizaram por um teor maior de glicose e apresentaram altas concentrações de Mn (Figura 1B).

O Cerrado é caracterizado pelas estações seca e chuvosa, e tanto as plantas nativas quanto as exóticas vivem em constante estresse hídrico, seja pela falta ou excesso de água. O estresse hídrico pode reduzir o crescimento e o desenvolvimento da planta, contudo, um déficit de água não muito grave tem provado ser benéfico para o acúmulo de metabólitos biologicamente ativos (ZOBAYED et al., 2005). A seca moderada reduz o crescimento da planta, sem reduzir a fotossíntese. Assim, os carboidratos acumulados são utilizados no metabolismo secundário, com pouca ou nenhuma concorrência com investimentos em crescimento e desenvolvimento da planta (HERMS & MATTSON, 1992). Horner (1990), no entanto, observou um efeito não-linear entre o déficit de água e a produção de compostos fenólicos, o que pode explicar a inconsistência de alguns resultados descritos na literatura (TREUTTER, 2010).

Estudos de sazonalidade realizados no Cerrado goiano com plantas nativas e cultivadas apresentaram resultados conflitantes quanto à influência da precipitação nos níveis de compostos fenólicos. No período de alta pluviosidade foram observados os maiores teores de fenóis totais e taninos condensados, além de maior adstringência em cascas de barbatimões, *Stryphnodendron adstringens* e *S. polyphyllum* (SANTOS et al., 2006), enquanto em folhas de *Eugenia uniflora*, os taninos hidrolisáveis foram produzidos nos meses chuvosos e flavonoides nos secos (SANTOS et al., 2011). Neste trabalho a precipitação não apresentou correlação forte com oenoteína B, fenóis totais e taninos hidrolisáveis, e uma fraca correlação positiva com flavonoides. A mesma tendência foi observada em estudo anterior para os fenóis de *E. myrcocoris*, onde taninos hidrolisáveis e fenóis totais apresentaram correlações significativas com alguns nutrientes e nenhuma com o nível de pluviosidade (OLIVEIRA et al., 2014).

De acordo com a PRC e RDA alguns nutrientes foliares foram essenciais para distinguir as amostras nos dois anos e podem ter contribuído para as variações químicas. Já se tem evidências que o teor de compostos fenólicos aumenta sob certa deficiência de nutrientes foliares (TEKAYA et al., 2014). As hipóteses que relacionam a produção de compostos fenólicos com os níveis de nutrientes foliares (HERMS & MATTSON, 1992) relatam que as deficiências de nutrientes conduzem a uma redução no desenvolvimento da planta, em decorrência da falta de metais necessários às atividades enzimáticas. Este fato leva a um acúmulo de carboidratos, que irão impulsionar a produção de compostos fenólicos. Contudo, a complexidade de fatores que afetam o metabolismo das plantas dificulta a previsão de variação nos constituintes em níveis individuais (NYKANEN & KORICHEVA, 2004).

Na RDA, o Mg apresentou forte correlação negativa com a oenoteína B, fenóis totais e taninos hidrolisáveis, além de apresentar os menores teores em todo o segundo ano. Este nutriente é essencial na fotossíntese, pois participa dos processos metabólicos como a formação de ATP nos cloroplastos, na síntese proteica, formação de clorofila, carregamento do floema, separação e utilização de fotoassimilados. Ele

também funciona como ativador ou regulador de várias quinases, ATPases, RUBP carboxilase/oxigenase e várias outras enzimas do metabolismo de carboidratos. A deficiência do magnésio afeta o nível de clorofila, a fotossíntese e a síntese proteica. Um dos principais efeitos fisiológicos da deficiência de Mg é o acúmulo de sacarose, provavelmente devido à inibição da translocação para os drenos, cujo efeito foi observado em experimento com *Arabidopsis thaliana* (HERMANS & VERBRUGGEN, 2005).

Magnésio é também importante no metabolismo secundário, sendo cofator de várias enzimas que atuam na biossíntese dos fenilpropanóides e flavonoides, onde íons  $Mg^{2+}$  e  $Mn^{2+}$  são necessários para o funcionamento da PAL, CoA-ligases e metiltransferases (TREUTTER, 2010). A biossíntese de monoterpenos oxigenados também se passa via enzimas que utilizam Mg e Mn como cofatores (ARSENIJEVIĆ et al., 2013). Como exemplo, tem-se que a aplicação foliar de íons  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  em *Origanum vulgare* aumentou o rendimento do seu óleo essencial (DORDAS, 2009). Por sua vez, a biossíntese dos taninos hidrolisáveis ocorre no início da via do ácido chiquímico, antes da formação da fenilalanina, ou seja, sem a participação da PAL (HASLAM, 2007). Com isso, no presente estudo pode-se sugerir que a redução dos níveis de Mg no segundo ano favoreceu o aumento dos teores de taninos hidrolisáveis, primeiro pela menor produção de fenilpropanóides e flavonoides, e segundo pela menor atividade das enzimas ligadas à síntese dos terpenóides.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu ampliar a compreensão da influência dos nutrientes foliares sobre o metabolismo de compostos fenólicos de *E. microcorys* no Cerrado goiano. Os resultados sugeriram que as variações nos teores de oenoteina B, taninos hidrolisáveis e fenóis totais foram influenciadas inversamente pelo Mg. A precipitação pluviométrica e a temperatura mínima podem ser fatores climáticos importantes para a variação de flavonoides, constituintes minoritários dessa espécie. Estes resultados podem contribuir para condições de cultivo planejado visando a obtenção dos maiores teores de metabólitos de interesse, assim como para a manutenção do padrão de qualidade de fitoterápicos.

#### REFERÊNCIAS

ARSENIJEVIĆ, J. et al. A chemometrics as a powerful tool in the elucidation of the role of metals in the biosynthesis of volatile organic compounds in Hungarian thyme samples. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 71, p. 298-306, 2013.

DORDAS, C. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). **Industrial crops and products**, v. 29, p. 599–608, 2009.

- ESCARPA, A.; GONZÁLEZ, M. C. Approach to the content of total extractable phenolic compounds from different food samples by comparison of chromatographic and spectrophotometric methods. **Analytica Chimica Acta**, v. 427, p. 119-127, 2001.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.
- GUANGQIU, Q. et al. Influence of Heavy Metals on the Carbohydrate and Phenolics in Mangrove, *Aegiceras corniculatum* L., **Seedlings. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 78, p. 440-444, 2007.
- HASLAM, E. Vegetable tannins – Lessons of a phytochemical lifetime. **Phytochemistry**, v. 68, p. 2713 - 2721, 2007.
- HERMANS, C.; VERBRUGGEN, N. Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 418, p. 2153–2161, 2005.
- HERMS, D. A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: To grow or defend. **The Quarterly Review of Biology**, v.67, p. 283-335, 1992.
- HORNER, J. D. Nonlinear effects of water deficits on foliar tannin concentration. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 18, p. 211-213, 1990.
- MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, p. 319, 1997.
- MOORE, B. D. et al. Foliar nutrition, site quality, and temperature influence foliar chemistry of Tallowwood (*Eucalyptus microcorys*). **Ecological Monographs**, v. 74, p. 553 - 568, 2004.
- NCUBE, B. et al. Quality from the field: The impact of environmental factors as quality determinants in medicinal plants. **South African Journal of Botany**, v. 82, p. 11-20, 2012.
- NYKANEN, H.; KORICHEVA, J. Damage-induced changes in woody plants and their effects on insect herbivore performance: a meta-analysis. **Oikos**, v. 104, p. 247–168, 2004.
- OLIVEIRA, F. N. M.; et al. Seasonal Influence on the Essential Oil of *Eucalyptus microcorys*. **Natural Product Communications**, v. 9, 2014.
- PETRY, R. D. et al. Doseamento do Teor de Flavonoides Totais em Extratos Hidroalcoolicos de *Passiflora alata* Dryander (marucujá). **Revista Brasileira de Farmácia**, v.79, n. 1/2, p. 7-10, 1998.
- SANTOS, R. M. et al. Seasonal variation in the phenol contents from *Eugenia uniflora* (L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 13, p. 85-89, 2011.
- SANTOS, S. C. et al. Seasonal variation in the content of tannins in barks of barbatimão species. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 552-556, 2006.
- TEKAYA, M. et al. Changes in the profiles of mineral elements, phenols, tocopherols and soluble carbohydrates of olive fruit following foliar nutrient fertilization. **Food Science and Technology**, v. 59, p. 1047-1053, 2014.
- TER BRAAK, C. J. F., ŠMILAUER, P. Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination, version 5.0. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA, p. 496, 2012.
- TREUTTER, D. Managing Phenol Contents in Crop Plants by Phytochemical Farming and Breeding—Visions and Constraints. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, p. 807-857, 2010.

VAN DEN BRINK, P. J. et al. Principal response curves technique for the analysis of multivariate biomonitoring time series. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.152, p. 271–281, 2009.

VAN DEN BRINK, P. J.; TER BRAAK, C. J. F. Principal response curves: Analysis of time dependent multivariate responses of a biological community to stress. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 18, p. 138–148, 1999.

WATERMAN, P. G.; MOLE, S. Analysis of Phenolic Plant Metabolites. Blackwell Scientific Publications, p. 238, 1994.

WILLIS, R. B.; ALLEN, P. R., Improved method for measuring hydrolysable tannins using potassium iodate. **Analyst**, v. 12, p. 435, 1998.

ZOBAYED, S.M.A. et al. Temperature stress can alter the photosynthetic efficiency and secondary metabolite concentrations in St. John's wort. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 43, p. 977–984, 2005.

## **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 tratos 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

Agricultura 30, 38, 42, 43, 44, 45, 46, 52, 53, 56, 57, 77, 106, 110, 112, 141, 280, 281, 286, 287, 289, 333, 408

Agricultura de precisão 56, 289

Astrobiologia 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124

Atividade fotocatalítica 301

### B

Bagaço de cana 64, 230, 233

### C

Campo magnético estático 77, 83

Catalisador ácido sólido 157, 159

Celulose 65, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Compostos fenólicos 36, 385, 386, 387, 393, 394

Copolímeros 339, 340, 341, 342, 343, 344

Cromatografia 96, 97, 100, 105, 233, 234, 387, 399

### D

Desenvolvimento tecnológico 373

### E

Educação 1, 11, 25, 28, 30, 35, 37, 39, 41, 49, 50, 51, 52, 106, 107, 108, 109, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 137, 148, 149, 152, 153, 154, 155, 156, 168, 169, 177, 178, 179, 245, 246, 260, 261, 262, 263, 268, 290, 291, 325, 327, 328, 329, 337, 338, 356, 357, 358, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 380, 381, 382, 383, 384

Eletroforese 96, 97, 102

Energia solar 347, 348, 349, 350, 354, 355

Ensino de matemática 51, 114

Estratégias regionais de inovação 20, 21

### G

Geotecnologias 52, 53, 56, 57

### H

Hidrólise 96, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

## **I**

Íons metálicos 62, 64, 65, 69, 400

## **M**

Metátese 339, 340, 341, 346

Minigeração 347, 349, 350, 354, 355

## **N**

Nanopartículas 186

Norborneno 339, 340, 341

## **O**

Oxidação seletiva de metanol 397, 399

## **P**

Planejamento territorial 52, 53, 55

Planetário 116, 117, 118, 119, 122, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155

Poliméricas 157, 159, 161, 163, 183, 188

## **R**

Resina polimérica 157, 159, 160, 163, 164

## **S**

Saber popular 1, 3, 4

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-621-8

