



**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 BENTONÍTICAS 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>

## 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**

Universidade Salvador, Mestrado em Energia  
Salvador – BA

### **Luciene Santos de Carvalho**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Instituto de Química  
Natal – RN

### **Luiz Antônio Magalhães Pontes**

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica  
Salvador – BA

### **Samira Maria Nonato de Assumpção**

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica  
Salvador – BA

### **Maria Luiza Andrade da Silva**

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI  
Salvador – BA

### **Heloise Oliveira Medeiros de Araújo Moura**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Instituto de Química  
Natal – RN

### **Anne Beatriz Figueira Câmara**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Instituto de Química  
Natal – RN

**RESUMO:** A celulose é um polímero linear de D-glicose, sendo o polissacarídeo mais amplamente distribuído na natureza. Existe grande interesse na hidrólise da celulose para

produção de glicose, cujo campo de atuação envolve o setor de alimentos, produção de combustível e de substâncias químicas, no conceito de biorrefinaria. Vários microrganismos são capazes de promover a biodegradação da celulose, dentre eles, os dos gêneros *Trichoderma*, *Aspergillus* e *Penicillium*. Neste trabalho, o bagaço de cana-de-açúcar (BCA) foi pré-tratado usando uma combinação de ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, em meio alcalino e, a celulose obtida foi submetida à hidrólise com diferentes complexos enzimáticos, separadamente e misturados, com 10, 20 e 30 FPU/g substrato, sendo a cooperação entre enzimas celulolíticas, parte do mecanismo de hidrólise da celulose. O uso de combinações de diferentes complexos enzimáticos com cargas enzimáticas equivalentes a 30 FPU foi mais efetivo na hidrólise da celulose do que suas atividades individuais, evidenciando um provável sinergismo entre as enzimas que degradam a celulose. Tal sistema é complexo e envolve uma série de variáveis físicas e bioquímicas a serem consideradas na hidrólise da celulose.

**PALAVRAS-CHAVE:** bagaço de cana-de-açúcar, celulose, hidrólise, sinergismo, enzimas.

**SYNERGISM OF ENZYMATIC COMPLEXES MIXTURES USED IN THE HYDROLYSIS OF**

## THE CELLULOSE OBTAINED FROM PRE-TREATED SUGARCANE BAGASSE WITH H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, IN ALKALINE MEDIUM

**ABSTRACT:** Cellulose is a linear polymer of D-glucose, the polysaccharide being more widely distributed in nature. There is great interest in the hydrolysis of cellulose for the production of glucose, whose field of activity involves the food, fuel production and chemical sectors, in the concept of biorefinery. Several microorganisms are capable of promoting the biodegradation of cellulose, among them, the genera *Trichoderma*, *Aspergillus* and *Penicillium*. In this work, sugarcane bagasse (BCA) was pretreated using a combination of sulfuric acid and hydrogen peroxide in alkaline medium. The obtained cellulose was separated and subjected to hydrolysis with different enzymatic complexes, separately and mixed, with 10, 20 and 30 FPU/g substrate, since the cooperation between cellulolytic enzymes is part of the hydrolysis mechanism of the cellulose. The use of combinations of different enzymatic complexes with enzymatic charges equivalent to 30 FPU was more effective in cellulose hydrolysis than their individual activities, evidencing a probable synergism between enzymes that degrade cellulose. Such a system is complex and involves a number of physical and biochemical variables to be considered in the hydrolysis of cellulose.

**KEYWORDS:** Sugarcane bagasse, cellulose, hydrolysis, synergism, enzymes.

### 1 | INTRODUÇÃO

A desconstrução das fibras lignocelulósicas constituintes do bagaço de cana-de-açúcar, visando maior aproveitamento da celulose para conversão em glicose, tem sido um dos grandes desafios tecnológicos a serem superados, em escala industrial, na produção de etanol celulósico. Novas tecnologias envolvendo as etapas de pré-tratamento e hidrólise, com a utilização de enzimas, têm sido estudadas de modo a garantir a viabilidade econômica deste processo.

Coquetéis enzimáticos vem sendo desenvolvidos por empresas, tais como Novozymes, Dupont-Genecor e Abengoa, para atender aos diferentes tipos de biomassa. Entretanto, a falta de especificidade leva a uma perda de eficiência do processo de hidrólise. Uma estratégia considerada promissora consiste na customização de coquetéis para cada tipo de biomassa, o que pode levar à redução dos custos do processo de sacarificação da biomassa [KLEIN-MARCUSCHAMER *et al.*, 2012].

Os complexos enzimáticos celulase são biocatalisadores altamente específicos capazes de atuar sobre materiais lignocelulósicos, que atuam em sinergia, ou seja, apresentam um rendimento melhor em conjunto do que a soma dos rendimentos individuais. Tanto os substratos naturais como os resultantes de processos de pré-tratamentos contêm lignina e hemicelulose, o que impede o acesso de componentes de celulase às ligações 1,4-β-glucosídicas o que pode exigir, para a hidrólise, atividades

enzimáticas distintas das envolvidas na degradação da celulose [CASTAÑEDA & MALLOL, 2013]. Desta forma, a realização de uma etapa de pré-tratamento eficiente da biomassa é fundamental para desestruturar a biomassa, liberando lignina e/ou cinco açúcares hemicelulósicos de carbono, tornando a celulose remanescente acessível à hidrólise enzimática, e assim, garantir a acessibilidade das enzimas. Um pré-tratamento ameno, associado a formulações enzimáticas avançadas, pode permitir a diminuição da produção de compostos inibidores e maior rendimento da fração hemicelulose. Tal abordagem exigirá o uso de enzimas “acessórias” para degradar a hemicelulose restante e sinergizar com as celulases, que são tipicamente responsáveis por uma parcela significativa da produção de açúcar durante a conversão enzimática da biomassa. Estas enzimas podem ser divididas em três principais tipos de reações, as endoglucanases, as exoglucanases (ou celobiohidrolases) e as  $\beta$ -glucosidases [THAMBIRAJ, 2017].

O sinergismo entre endoglucanases e exoglucanases tem sido muito estudado, por ser considerado um dos mais importantes para a hidrólise da celulose cristalina, entretanto, por se tratar de um conjunto envolvendo várias celulases em um sistema de reação heterogênea, apresenta um mecanismo altamente complexo.

A hidrólise da celulose também requer a ação de  $\beta$ -glucosidases (BGs), que hidrolisam a celobiose, liberando duas moléculas de glicose fornecendo uma fonte de carbono, que é fácil de metabolizar. A primeira etapa da hidrólise ocorre na superfície de substratos sólidos e libera açúcares solúveis com um grau de polimerização (DP) até 6, na fase líquida, por hidrólise, através das endoglucanases e exoglucanases, que são limitantes da velocidade de todo o processo de hidrólise da celulose. A segunda etapa envolve, principalmente, a hidrólise de celobiose em glicose, por  $\beta$ -glucosidases, embora algumas dessas enzimas também hidrolisam celodextrinas mais longas. As ações combinadas de endoglucanases e exoglucanases modificam as características de superfície da celulose ao longo do tempo, resultando em rápidas mudanças nas taxas de hidrólise [SELIG *et al.*, 2008].

Este sistema complexo de enzimas necessita ser mantido estável para a atividade celulolítica elevada. A celobiose e a glicose são obtidas a partir da ação destas enzimas na celulose e, enquanto a concentração dos respectivos produtos aumenta gradualmente no meio reacional, a atividade destas enzimas é inibida por estes produtos, tendo como resultado uma diminuição final na taxa e no rendimento do processo de sacarificação.

As combinações enzimáticas aparecem como opções promissoras para atingir rendimentos glicosídicos próximos ao teórico e o emprego de técnicas modernas de microbiologia e engenharia genética podem otimizar o processo integrado. O grande desafio consiste em tornar o processo enzimático viável, de modo que a produção de etanol a partir de biomassas lignocelulósicas possa tornar-se competitiva com as demais rotas de produção de biocombustíveis em larga escala.

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar o sinergismo de misturas de

complexos enzimáticos com diferentes cargas, utilizadas na hidrólise da celulose oriunda do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com  $H_2SO_4$  e  $H_2O_2$ , em meio ácido, visando a maximização da produção de glicose.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar

O bagaço foi previamente lavado em água para remover o resíduo de caldo, seco em estufa, à 100 °C, peneirado e triturado até 42-60 mesh. Em seguida, foi submetido a tratamento com  $H_2SO_4$  1,45% (v/v) a 120 °C, 1:10 (m/v) durante 75 minutos, sob agitação constante, em evaporador rotativo Fisatom (Modelo 802 D). O bagaço foi transferido para um balão contendo  $H_2O_2$  7,5% (v/v) com pH 11,5, ajustado com NaOH 4,0% (v/v), na proporção 1:20 (m/v), à temperatura de 80 °C, sob agitação constante, durante 3 horas. A fração sólida remanescente foi lavada com água destilada até atingir a neutralidade e seca, em estufa Quimis (Q317B252), à 100 °C até estabilização da massa. A celulose obtida foi quantificada através de metodologia de caracterização química desenvolvida por Sluiter *et al.* (2012). As alíquotas foram analisadas por espectroscopia UV-Vis (Cary 60 – Agilent) para lignina solúvel, gravimetria para lignina insolúvel e, por cromatografia líquida de alta eficiência (Chromaster 600 – Merck) para açúcares estruturais.

### 2.2 Hidrólise Enzimática

Todas as hidrólises foram realizadas em frascos de Erlenmeyer de 125 mL com 5,5 g de bagaço pré-tratado, solução tampão citrato de sódio (pH = 4,8) e complexos enzimáticos comerciais Celluclast® 1,5L (CL) e CelC (CC), ambas da Novozymes, com cargas enzimáticas iguais a 10, 20 e 30 FPU/g de bagaço pré-tratado, com 8,71% de teor de umidade. Inicialmente, os ensaios foram realizados utilizando CL e CC em separado, com diferentes cargas enzimáticas a fim de verificar o desempenho individual quanto à liberação de glicose e, em seguida foram utilizadas misturas destes complexos, nas mesmas condições (Tabela 1)

Exp.	Carga Enzimática	
	CL (FPU/g substrato)	CC (FPU/g substrato)
1	10	10
2	30	10
3	10	30
4	30	30
5	20	20

Tabela 1: Misturas de complexos enzimáticos.



Os frascos foram mantidos em mesa incubadora de agitação orbital (HX430 – TECNAL), a 50 °C, durante 120 horas, e 200 rpm. No decorrer da hidrólise, foram coletadas amostras do líquido reacional nos tempos 0h, 2h, 4h, 8h, 12h, 24h, 48, 72h, 96h e 120h, e centrifugadas (Eppendorf, Minispin) por 7 minutos na rotação de 10.000 rpm, sendo que, os sobrenadantes, após filtração em membrana de 0,45 µm, foram submetidos a análise de cromatografia líquida de alta eficiência visando a quantificação de glicose.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 BCA pré-tratado

A composição química do BCA, antes e após o pré-tratamento, está mostrada na Tabela 2.

Amostras	Composição Mássica (% m/m)		
	Celulose	Hemicelulose	Lignina*
<i>In natura</i>	39,58	20,50	24,57
Pré-tratado	71,04	7,48	11,91

Tabela 2: Composição química do BCA *in natura* e pré-tratado com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, em meio alcalino.

\*Lignina Total = Lignina Solúvel + Lignina Insolúvel

Observa-se que após a etapa de pré-tratamento, o bagaço resultante apresentou um enriquecimento significativo de celulose, 71,04%, em relação ao BCA *in natura*, 39,58%, resultando em uma fração sólida rica em celulose, com redução de hemicelulose e lignina, componentes que envolvem a celulose e dificulta a acessibilidade das enzimas, na posterior etapa de hidrólise enzimática.

A Figura 1 mostra as morfologias do bagaço *in natura* e pré-tratadas obtidas através da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

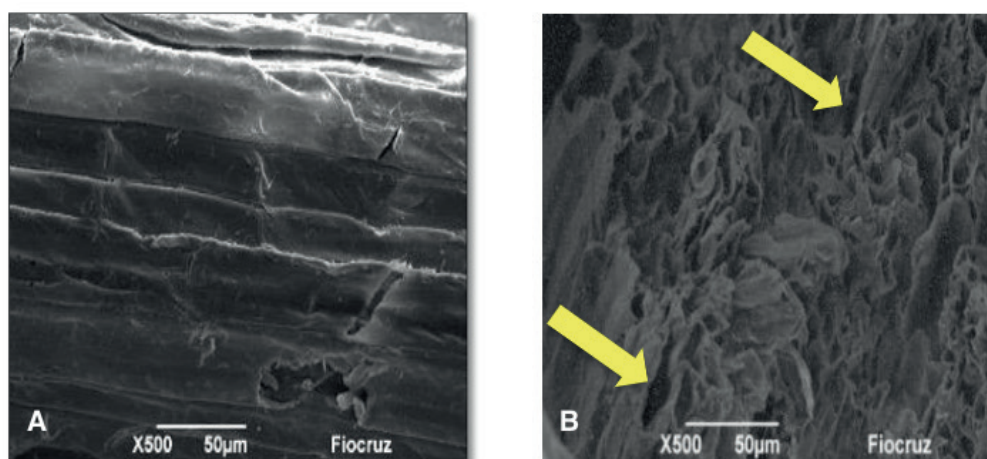


Figura 1: Micrografia da fibra BCA *in natura* (A) e pré-tratado (B).

Na Figura 1A observa-se uma estrutura uniforme, com fibras ordenadas, paralelas e lisas, características do material lignocelulósico [REZENDE *et al.*, 2011] [SINGH *et al.*, 2014]. Entretanto, após o pré-tratamento (Figura 1B), as fibras tornaram-se mais desestruturadas, com a formação de uma parede celular estratificada e abertura de fendas ou canais (indicada pela seta amarela), tornando-se mais exposto para ação de agentes hidrolíticos. Verifica-se ainda, a presença de espaços entre as fibras decorrentes da remoção e solubilização da capa protetora formada pela lignina e hemicelulose com conseqüente perda da cristalinidade da celulose [JOUZANI & TAHERZADEH, 2015].

### 3.2 3Hidrólise enzimática *versus* sinergismo

A Figura 2 mostra os perfis de conversão da celulose em glicose, construídos a partir da quantificação das alíquotas extraídas em intervalos de tempo pré-estabelecidos durante a hidrólise, utilizando Celluclast®1,5L e CelC com diferentes cargas enzimáticas, separadamente, durante 120 horas.

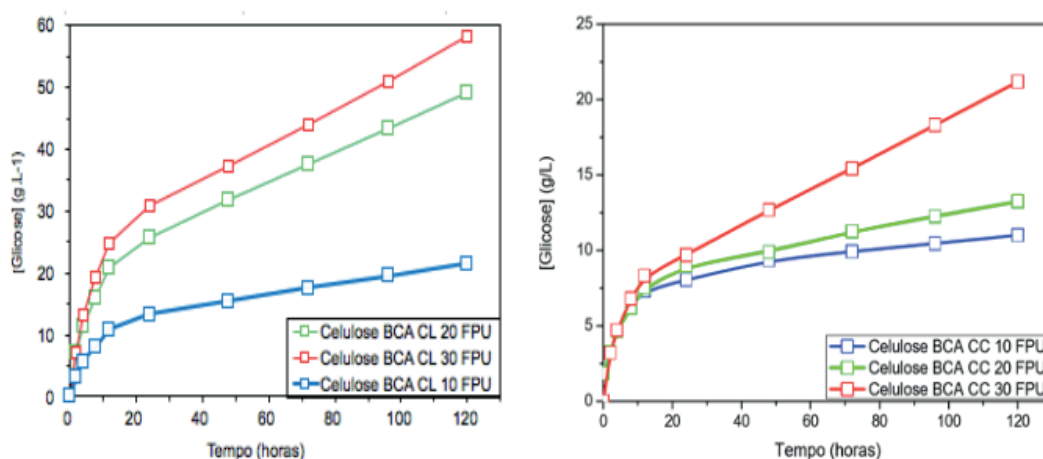


Figura 2: Perfis de concentração de glicose, obtidas a partir da hidrólise enzimática da celulose com (A) Celluclast®1,5L (CL) e (B) CelC (CC).

Observa-se que, durante as primeiras 12 horas, o processo de sacarificação foi acelerado e que, a partir de 24 horas a concentração de glicose continuou a aumentar, entretanto com uma taxa de reação menor até atingir 120 horas de hidrólise, cuja concentração de glicose obtida foi equivalente a 58,21 g.L<sup>-1</sup>, observada para o complexo Celluclast®1,5L, com 30 FPU/g substrato, seguido do mesmo complexo, com carga enzimática de 20 FPU/g substrato, 49,12 g.L<sup>-1</sup>. Ao comparar o desempenho dos dois complexos, verificou-se que o desempenho da Celluclast®1,5L foi três vezes maior em relação à CelC.

A Figura 3 mostra as curvas referentes à produção de glicose utilizando misturas dos complexos Celluclast®1,5L e CelC, com variações nas cargas enzimáticas, nas mesmas condições.

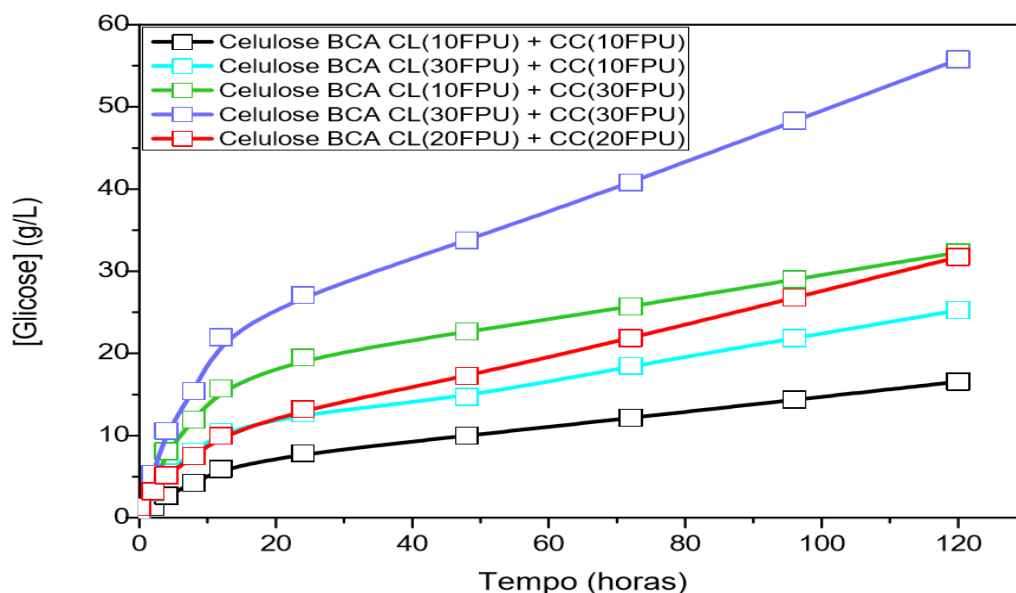


Figura 3. Perfis de concentração de glicose, obtidos a partir da hidrólise enzimática da celulose utilizando misturas dos complexos Celluclast®1,5L (CL) e (B) CelC (CC).

Observa-se que os resultados obtidos apresentaram conversões variáveis, em função das misturas dos complexos enzimáticos com diferentes cargas, sendo que, a maior concentração de glicose (55,77 g/L) foi obtida ao se utilizar a mistura CL (30 FPU/g) + CC (30 FPU/g), cuja conversão foi equivalente a 25,48%. A menor concentração de glicose ocorreu quando se utilizou a mistura CL (10 FPU/g) + CC (10 FPU/g), cuja conversão foi de 5,28%. Verificou-se ainda, que ao se trabalhar com CL (10 FPU/g) + CC (30 FPU/g), a conversão enzimática, 15,30%, foi maior que a da mistura CL (30FPU/g) + CC (10 FPU/g), correspondendo a 11,52%.

Na avaliação da eficiência da hidrólise leva-se em conta o sinergismo, que estabelece a razão entre a concentração de glicose liberada na mistura de enzimas e o somatório da concentração de glicose liberada pela ação das enzimas, individualmente. Para considerar que houve sinergismo entre os complexos enzimáticos, a concentração de glicose obtida na reação, cujos complexos encontravam-se misturados, deveria ter sido maior do que a soma das concentrações de glicose liberada nas reações onde os complexos foram utilizados isoladamente

#### 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho verificou-se que, a concentração de glicose obtida durante a hidrólise enzimática, quando se utilizaram diferentes misturas de complexos enzimáticos, foi inferior ao obtido quando se utilizaram os complexos enzimáticos separadamente. Desta forma, pode-se inferir que não houve o sinergismo esperado entre os complexos enzimáticos Celluclast 1,5L e CelC, apesar da utilização de diferentes cargas enzimáticas. Uma das justificativas possíveis para a falta de

sinergismo pode estar relacionada ao fato de o complexo enzimático utilizado não estar devidamente balanceado em relação às enzimas individuais. Outra justificativa pode ser atribuída à presença de enzimas com a mesma capacidade hidrolítica, ou ainda, possuir parte das atividades presentes nas enzimas isoladas de maneira que a sua adição pouco contribuiu para um aumento na conversão da biomassa.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio das instituições MCT/FINEP, CNPq e FAPESB, UFSCar pela caracterização química, UNIFACS, UFBA e UFRN, pela disponibilidade dos laboratórios.

## REFERÊNCIAS

- CASTAÑEDA, R. E. Q.; MALLOL, J. L. F. **Hydrolysis of Biomass Mediated by Cellulases for the Production of Sugars**. Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass – Techniques, Applications and Commercialization. In: **Intech**, CHANDEL A. K. e SILVA S. S., 2013.
- JOUZANI G. S., TAHERZADEH M. J. **Advances in consolidated bioprocessing systems for bioethanol and butanol production from biomass: a comprehensive review**. *Biofuel Research Journal* 5, 152-195, 2015.
- KLEIN-MARCUSCHAMER, D.; OLESKOWICZ-POPIEL, P.; SIMMONS, B. A.; BLANCH, H. W. **The challenge of enzyme cost in the production of lignocellulosic biofuels**. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 109, no. 4, pp. 1083-1087, 2012.
- REZENDE, C.A., LIMA, de M. A.; MAZIERO, P.; AZEVEDO, de E.R.; GARCIA, W. POLIKARPOV, I. **Chemical and morphological characterization of sugarcane bagasse submitted to a delignification process for enhanced enzymatic digestibility**. *Biotechnology For Biofuels*, v. 4, n. 1, p.54-63, 2011.
- SELIG, M. J., KNOSHAUG, E. P., ADNEY, W. S., HIMMEI, M. E., DECKER, S. R. **Synergistic enhancement of cellobiohydrolase performance on pretreated corn stover by addition of xylanase and esterase activities**. *Bioresource Technology*, 99(11), 4997–5005, 2008.
- SINGH, R., TIWARI, S., SRIVASTAVA, M., SHUKLA, A. **Experimental study on the performance of microwave assisted hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) pretreatment of rice straw**. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16 (1), 173-181, 2014.
- SLUITER A., HAMES B., RUIZ R., SCARLATA C., SLUITER J., TEMPLETON D., CROCKER D. **Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass Laboratory Analytical Procedure**. Laboratory Analytical Procedure (LAP) NREL/ TP – 510-42618, 2012.
- THAMBIRAJ, S., SHANKARAN, D. R. **Preparation and physicochemical characterization of cellulose nanocrystals from industrial waste cotton**. *Applied Surface Science*, v. 37, 2017.

## **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

