



**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  
Elisangela 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>

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

**Silvia Adriane Elesbão**

Universidade Federal do Pará  
Belém - Pará

**Alfredo Quaresma da Silva Neto**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande - Paraíba

**Maria Aurora Santos da Mota**

Universidade Federal do Pará  
Belém - Pará

**RESUMO:** O seguinte trabalho foi realizado com dados observacionais obtidos de radiossondagens lançadas nos horários sinóticos das 00 e 12 UTC na cidade de Belém (PA). O objetivo foi fazer a classificação das sondagens de Belém durante os anos de 2014 e 2015, utilizando a proposta de Betts (1974), baseados na chuva local e nos perfis termodinâmico das temperaturas potenciais equivalente, equivalente saturada e também fazer análise das sondagens utilizando a proposta de Asplinde (1976) analisando o perfil vertical da temperatura potencial equivalente. Os parâmetros termodinâmicos ( $\Theta$ ,  $\Theta_e$ ,  $\Theta_{es}$ ) os regimes convectivos foram analisados segundo as propostas de Betts (1974) e Aspliden (1976) e a avaliação das condições de instabilidade da atmosfera foram determinadas pelo uso da Energia Potencial Disponível para

Convecção (CAPE). Através das classificações dos regimes convectivos, verificou-se que a atmosfera local apresentava variações de acordo com a atividade convectiva, devido a mudança de estação chuvosa para menos chuvosa na região. Na maioria dos dias, a CAPE apresentou valores elevados, logo, significando que a sua interação com fatores dinâmicos pode ter provocado fortes chuvas durante esse período, mas também em alguns dias, não foi suficiente para produzir convecção úmida. A água precipitável apresenta valores elevados, comprovando que havia grande disponibilidade de vapor d'água para ocorrência de precipitação, que aconteceu em alguns dias do estudo, quando houve essa interação entre mecanismos dinâmicos e termodinâmicos na atmosfera. Logo, a precipitação local pode não ter sido causada apenas por efeitos termodinâmicos locais, mas também pode ter havido contribuição de fatores dinâmicos de maior escala.

**PALAVRA-CHAVE:** Convecção, Precipitação, CAPE.

THERMODYNAMIC CLASSIFICATION OF  
BELÉM RADIOSONDE OBSERVATION  
DURING THE YEARS OF 2014 AND 2015

**ABSTRACT:** Using the obtained observational

of radiosonde data released in the synoptic hours of 00 and 12 UTC in Belém (PA) and daily rainfall observed in the weather station of Belém (PA), administered by the National Institute of Meteorology (INMET), from June 2014 to June 2015, was made the thermodynamic classification of radiosondes using the proposal of convective schemes Betts (1974) and Asplinde (1976), based on the amount of rain and the vertical profiles of saturation equivalent potential temperature ( $\theta_{es}$ ), which is measure of the temperature at a given pressure, and equivalent potential temperature ( $\theta_e$ ), which is a function of both the temperature and the humidity. It was also verified the atmosphere instability conditions (occurrence possibility or not of convection), considering the convective available potential energy theory (CAPE). By the classifications of the soundings in the convectives regimes, it was verified that the local atmosphere presented variations according to the convective activity of each period, characterizing the change of the rainy station for less rainy in the region. In the majority of days, CAPE presented elevated values, meaning that the interaction with dynamic factors could have provoked strong rainfalls during that period, but also in some days, CAPE was not enough to produce profound humid convection. The precipitable water presented elevated values, proving that had water vapor great availability for precipitation occurrence, which happened in some days of the study, when there was this interaction between dynamic and thermodynamic mechanisms in the atmosphere. Soon, the local precipitation is not just caused for local thermodynamic effects, but also it has contribution of dynamic factors of larger scale.

**KEYWORDS:** Convection, precipitation, CAPE.

## 1 | INTRODUÇÃO

O processo de convecção é um dos fenômenos atmosféricos mais influentes nas condições climáticas da Amazônia. Além disso, a convecção precipitante é essencial no ramo atmosférico do ciclo hidrológico, pois influencia a dinâmica tropical de grande escala e exerce um papel fundamental no balanço de energia da circulação geral do planeta (ADAMS et al, 2009). Na Amazônia, o alto teor de umidade presente na atmosfera apresenta variações bastante acentuadas entre região com forte atividade convectiva e outras com pouca ou nenhuma nebulosidade cumulus.

A estrutura termodinâmica da atmosfera apresenta geralmente um ciclo bem definido, o qual está associado à transferência de energia proveniente da radiação solar e a quantidade de água presente na atmosfera e além disso, ela pode ser determinada pelo tipo de convecção presente (BETTS, 1974; RIBEIRO E MOTA, 1994). Isso explica o motivo pelo qual a atmosfera fica mais fria em dias com chuva do que em dias sem chuva (BETTS, 1973).

Outra grande importância de se estudar a estrutura termodinâmica da atmosfera é o fato dela apresentar relação direta com o tipo de convecção úmida desenvolvida, pois o transporte de energia devido ao calor latente e ao calor sensível ocorre

verticalmente na atmosfera, aumentando a instabilidade e ajudando no processo de formação de convecção úmida profunda (BETTS, 1974; ASPLIDEN, 1976; RIBEIRO E MOTA, 1994).

De acordo com Williams e Rennó (1993), como na região tropical a convecção profunda se desenvolve em uma área muito pequena na forma de células, o método da parcela pode ser empregado para avaliar a instabilidade da atmosfera e a formação de nuvens. Esse método deu origem aos parâmetros termodinâmicos, como a Energia Potencial Convectiva Disponível (CAPE) e os índices de instabilidade.

A evolução do ambiente termodinâmico e sua relação com a convecção têm sido investigadas na Amazônia, e uma das mais importantes variáveis que moldam a estabilidade local do perfil termodinâmico é justamente a CAPE. Ela desempenha um papel importante no acionamento e na intensidade da convecção (TAVARES E MOTA, 2012).

As medidas nesta região atmosférica são de interesse à pesquisa devido à forte interação com a superfície (troca de energia), influenciando a formação e o desenvolvimento de fenômenos como linhas de instabilidade. Além disso, a quantidade de precipitação diária que ocorre na Amazônia certamente sofre influência local, de forma que o comportamento diurno das variáveis termodinâmicas se torna um indicador do controle do ambiente na forte atividade convectiva da região. Portanto, baseado nessas considerações, o trabalho visa saber como se comporta a estrutura termodinâmica da cidade de Belém, na região nordeste do estado do Pará, afim de avaliar as condições termodinâmicas locais e a sua importância para a região.

O objetivo principal desta pesquisa será fazer a classificação das sondagens de Belém durante os anos de 2014 e 2015, utilizando a proposta de Betts (1974), baseados na chuva local e nos perfis termodinâmico das temperaturas potenciais equivalente e equivalente saturada. Também será feita análise das sondagens utilizando a proposta de Asplinde (1976) analisando o perfil vertical da temperatura potencial equivalente.

## **2 | MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material**

Os dados observacionais utilizados nesta pesquisa foram obtidos de radiossondagens lançadas na cidade de Belém (PA) (Lat. 01° 27' 21" S e Long. 48° 30' 16" W). Os dados de precipitação diária foram observados na estação meteorológica de Belém (PA), administrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

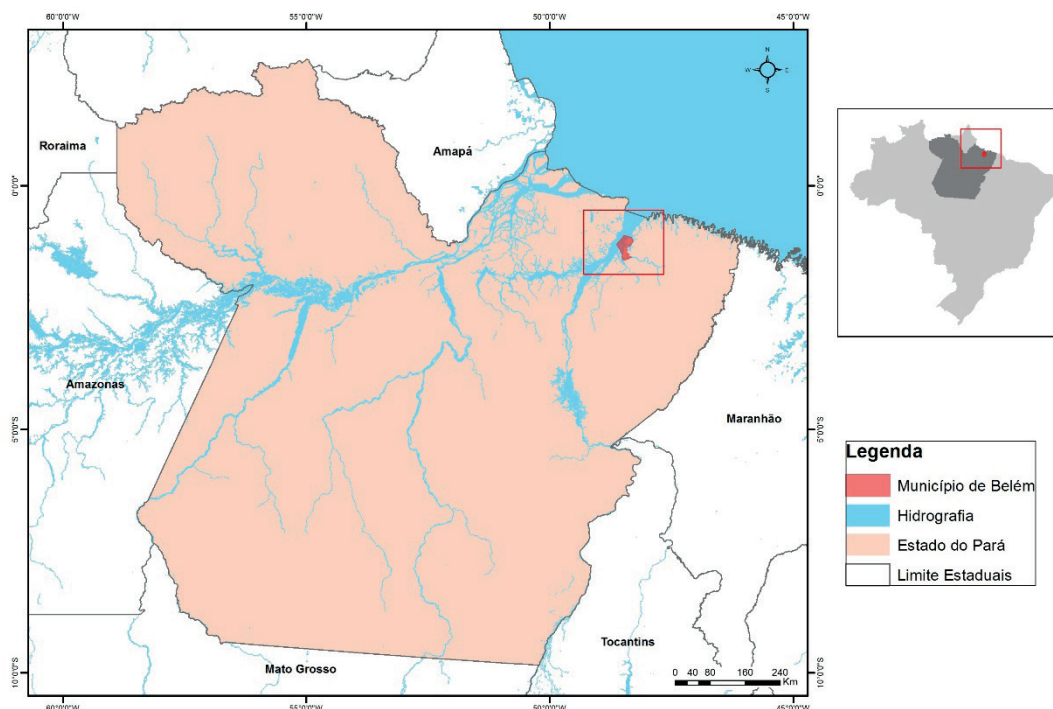


Figura 1 - Localização geográfica da cidade de Belém – PA

Fonte: (Do autor, 2016)

## 2.2 Métodos

A ideia básica foi descrever as séries temporais observadas na cidade de Belém (PA) durante o período do experimento, quando diariamente, eram lançadas radiossondas nos horários sinóticos das 0000 e 1200 UTC e para isso, utilizando-se as equações propostas por Betts (1974) e modificada por Bolton (1980), foram calculados os seguintes parâmetros termodinâmicos:

Temperatura potencial ( $\Theta$ ): Temperatura que uma parcela de ar teria se fosse expandida até o nível de 1000 mb, dada por:

$$\theta = T_K \left( \frac{1000}{P} \right)^{0,286}$$

onde,

$T_K$  é a temperatura do ar (K).

$P$  é a pressão atmosférica em hPa.

Temperatura potencial equivalente ( $\Theta_e$ ): É a temperatura que uma amostra de ar teria, se toda a sua umidade fosse condensada por um processo pseudo-adiabático e depois essa amostra fosse trazida ao nível original por um processo adiabático seco, ou seja, é a temperatura que uma parcela de ar teria se todo vapor d'água fosse condensado isobaricamente e adiabaticamente e depois esse vapor



condensado fosse retirado da parcela onde o calor latente liberado é usado para aquecer a parcela, dada por:

$$\theta_e = \theta \cdot \exp \left[ \left( \frac{3,376}{T_L} - 0,00254 \right) \cdot r (1 + 0,81 \cdot 10^{-3} \cdot r) \right]$$

onde,

$T_L$  é a temperatura no nível de condensação por levantamento (K).

$r$  é a razão de mistura (g/kg).

Temperatura potencial equivalente saturada ( $\Theta_{es}$ ): É a temperatura potencial alcançada por uma parcela de ar saturada se todo o vapor d'água disponível fosse condensado ou removido do sistema, dada por:

$$\theta_{es} = \theta \cdot \exp \left( 2,64 \cdot \frac{r_s}{T_K} \right)$$

onde,

$T_K$  é a temperatura do ar (K).

$r_s$  é a razão de mistura saturada (g/kg).

A estabilidade da atmosfera foi verificada a partir da análise dos perfis de  $\Theta$ ,  $\Theta_e$  e  $\Theta_{es}$ . Com a construção de uma curva de  $\Theta_e$  constante, que vai da superfície até o final da sondagem, é determinada a área positiva do diagrama termodinâmico. Quando esta curva intercepta pela primeira vez a curva de  $\Theta_{es}$ , determina-se neste ponto o NCE (Nível de Convecção Espontânea), considerado a base de uma nuvem. No segundo cruzamento, é determinado o NE (Nível de Equilíbrio da parcela), que será o topo da nuvem e a partir deste ponto, a temperatura da parcela de ar volta a ser menor que a do ambiente. Subtraindo os valores do  $\Theta_e$  da superfície com o valor de  $\Theta_{es}$  em cada nível da atmosfera, encontram-se as áreas negativas e positivas do diagrama termodinâmico.

Tanto a área positiva quanto a negativa, são consideradas proporcionais a uma quantidade de energia cinética para a parcela que se desloca vertical e adiabaticamente. A área positiva, localizada entre os perfis de  $\Theta_e$  e  $\Theta_{es}$ , é considerada a Energia Potencial Disponível para Convecção (CAPE). Nesta área, a pseudo-adiabática do deslocamento da parcela de ar está mais quente que o ambiente, logo, representando uma situação onde a atmosfera se encontra instável. A área entre a pseudo-adiabática e a sondagem é proporcional à quantidade de energia cinética que a parcela ganha do meio ambiente. Logo, a CAPE pode ser usada para avaliar as condições de instabilidade da atmosfera ou como critério de equilíbrio da convecção, e sua determinação foi feita usando a seguinte equação proposta por

Emanuel (1994):

$$CAPE = \int Rd (Tvp - Tva)d\ln p \text{ NE NCE}$$

onde, NCE é o limite inferior da integral é; NE é o limite superior da integral; Tvp é a temperatura potencial equivalente da parcela; Tva é a temperatura potencial equivalente saturada do ambiente; p é a pressão (hPa); Rd é a constante do gás para ar seco (287, 04 Jkg-1K-1).

Para definição dos regimes convectivos segundo a proposta de Betts (1974), adaptada para Belém (PA) por Ribeiro e Mota (1994) e para Caxiuanã (PA) por Souza et al (2013), relacionou-se a diferença entre  $\Theta_e$  e  $\Theta_{es}$  (Tabela 1) com a precipitação ocorrida durante aquele período. A diferença entre estes parâmetros ( $\Theta_e$  e  $\Theta_{es}$ ) é uma medida que pode representar a presença de umidade na atmosfera. Logo, quanto maior a distância entre os perfis (verificada entre os níveis de 600 e 500 hPa), mais seca encontra-se a atmosfera. As sondagens foram separadas em intervalos pré-definidos e associadas a quantidade de precipitação acumulada ocorrida para cada horário da sondagem. Desta forma, foram determinados os intervalos dos índices de precipitação para cada regime convectivo.

Regime Convectivo	Diferença entre $\Theta_e$ e $\Theta_{es}$
I – Seco	$\geq 14$ K
II - Convecção Diurna	$< 14$ K – 11 K
III - Convecção Desenvolvida	$< 11$ K – 6 K
IV – Distúrbio	$< 6$ K

Tabela 1 – Diferença entre  $\Theta_e$  e  $\Theta_{es}$  para classificação dos Regimes Convectivos de acordo com a proposta de Betts (1994).

Fonte: Do autor.

Para classificação de acordo com a proposta de Aspliden (1976), as sondagens foram separadas em modos de convecção também pré-definidos, apresentados na Tabela 2, levando em consideração as características do perfil de  $\Theta_e$  na sondagem, não relacionando com a ocorrência de precipitação local. Ou seja, quanto mais quente o perfil de  $\Theta_e$ , maior vai ser a possibilidade de ocorrência de convecção úmida profunda.

<b>Modos Convectivos</b>	<b>Características</b>
Modo I – Convecção Extremamente Desfavorecida	Ausência de nuvens cumulus ou apenas cumulus humilis; Mínimo de $\Theta_e$ acentuado entre 800 e 700 hPa.
Modo II – Convecção Moderadamente Desfavorecida	Presença de nuvens cumulus humilis e nenhuma chuva; Mínimo de $\Theta_e$ acentuado entre 750 e 650 hPa.
Modo III – Convecção Levemente Desfavorecida	Presença de nuvens cumulus humilis e precipitação média menor que 0,1 mm; Mínimo de $\Theta_e$ acentuado entre 700 e 600 hPa.
Modo IV – Convecção Levemente Desenvolvida	Presença de nuvens cumulus, medíocre ou congestus, além de cumulonimbus calvus, com precipitação média menor que 1 mm; Mínimo de $\Theta_e$ acentuado entre 700 e 500 hPa.
Modo V – Convecção Moderadamente Desenvolvida	Presença de nuvens cumulus congestus e cumulonimbus capillatus com ocorrência de chuvas moderadas; Nenhum valor de $\Theta_e$ abaixo de 330 K.
Modo V – Convecção Moderadamente Desenvolvida	Presença de nuvens cumulus congestus e cumulonimbus capillatus com ocorrência de chuvas moderadas; Nenhum valor de $\Theta_e$ abaixo de 330 K
Modo VI – Convecção Severamente Desenvolvida	Presença de nuvens cumulonimbus e ocorrência de chuvas de forte intensidade; Todos os valores de $\Theta_e$ maiores ou iguais a 335 K.

Tabela 2 – Característica do perfil de  $\Theta_e$  para classificação dos Modos Convectivos de acordo com a proposta de Aspliden (1976).

Fonte: Do autor.

Foram confeccionados gráficos que puderam mostrar as variações entre os parâmetros termodinâmicos em cada sondagem durante o experimento na cidade de Belém (PA). Além disso, a confecção desses gráficos também serviu para que fosse feita uma verificação dos dados e a partir desses gráficos foram feitas as classificações de acordo com as propostas de Betts e Aspliden.

### 3 | RESULTADOS

Na primeira parte do trabalho, foi feita uma análise dos dados obtidos pelas radiossondas, afim de verificar a existência de possíveis erros nas informações. Esses erros não poderiam ser visualizados em gráficos de temperatura ou umidade relativa, uma vez que estas seguem sua tendência de diminuir, conforme aumenta a altura. Portanto, para identificação desses erros, plotam-se gráficos de temperaturas potenciais ( $\Theta$ ,  $\Theta_e$  e  $\Theta_{es}$ ), por estas serem temperaturas conservativas. A temperatura potencial ( $\Theta$ ), por representar a atmosfera sem a presença de umidade; a temperatura potencial equivalente ( $\Theta_e$ ), por representar a quantidade presente de umidade na atmosfera; e a temperatura potencial equivalente saturada ( $\Theta_{es}$ ), por representar a

quantidade de umidade que esta mesma atmosfera poderia conter. Essa consistência realizada nos dados também é feita para melhor visualizar o perfil vertical das temperaturas, uma vez que a radiossonda disponibiliza e envia informações que variam de 0,5 até 1 hPa. Exemplos de gráficos gerados originalmente, antes da sua verificação e consistência, são mostrados na Figura 2.

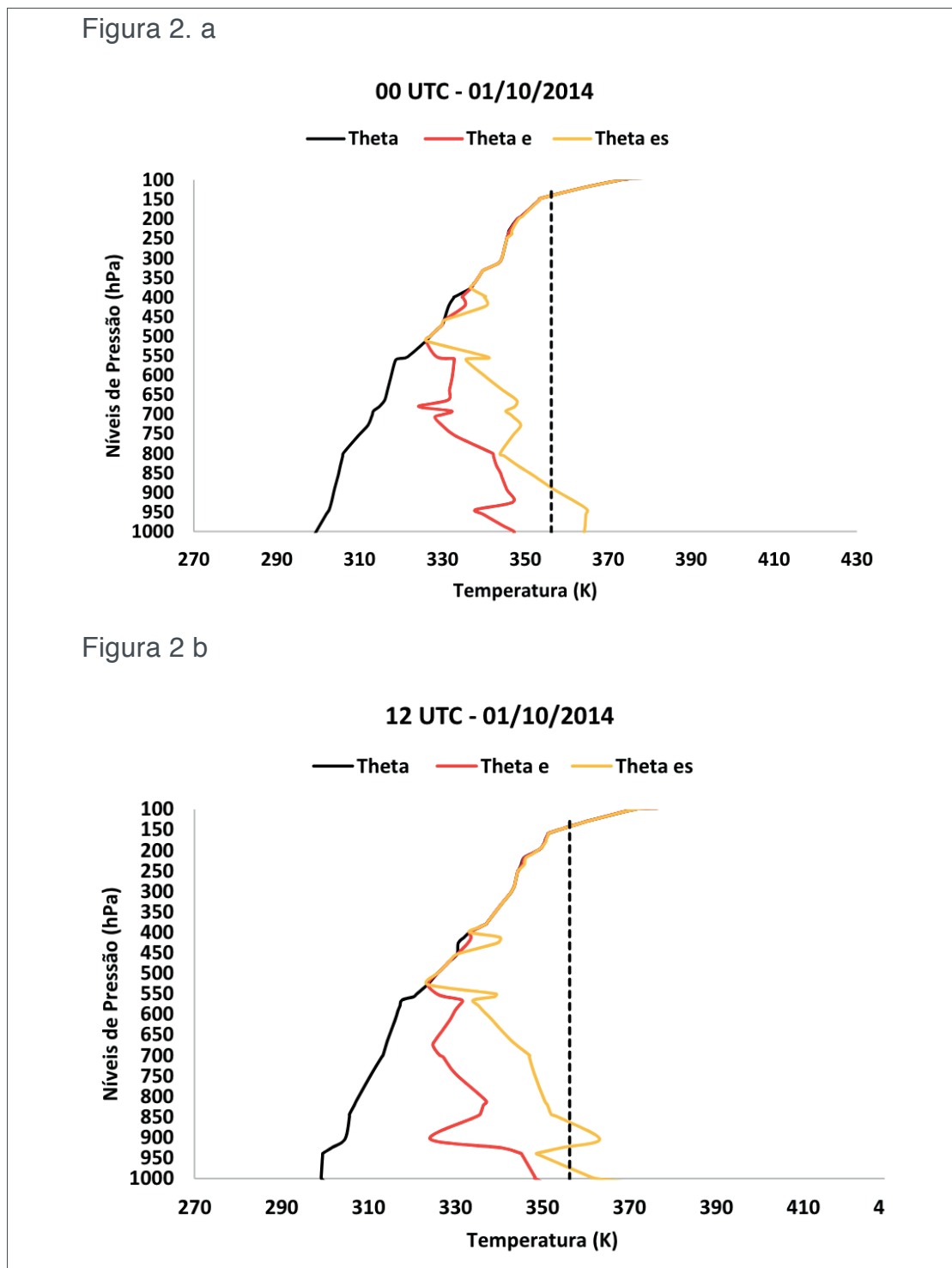


Figura 2 – Perfis verticais das Temperaturas Potencial ( $\Theta$ ), Potencial Equivalente ( $\Theta_e$ ) e Potencial Equivalente Saturada ( $\Theta_{es}$ ) do dia 01/10/2014, com dados ainda não corrigidos nos horários de 00 UTC e 12 UTC, respectivamente. (Fonte: Do Autor, 2016).

A classificação termodinâmica das sondagens para a cidade de Belém (PA), durante o período de Junho de 2014 á Junho de 2015, é mostrada na Tabela 3. Na análise da série de 558 sondagens foi observado que 26% delas estão classificadas no Regime Convectivo I (Seco), 23% no Regime Convectivo III (Convecção Desenvolvida) e 32% no Regime Convectivo IV (Distúrbio). O menor número de sondagens (18%) está classificado no Regime Convectivo II (Convecção Diurna). Considerando o mês em que o estudo foi realizado, ocorre na região amazônica a transição de período chuvoso para período menos chuvoso, havendo uma boa distribuição de sondagens entre os regimes convectivos. Diferente do resultado encontrado por Souza (2013), também para o leste da Amazônia, nos meses de outubro e novembro (período menos chuvoso da região), que apresentou 78% das sondagens no Regime Convectivo I e 4% sondagem classificada no Regime Convectivo IV.

Regime Convectivo	Diferença entre $\Theta_e$ e $\Theta_{es}$	Intervalos de Precipitação (mm)	Nº de Dias	Nº de Sondagens
I – Seco	$\geq 14$ K	$< 1,0$	86	149
II - Convecção Diurna	$< 14$ K – 11K	1,0 – 4,0	52	104
III – Convecção Desenvolvida	$< 11$ K – 6K	4,0 – 7,0	67	129
IV – Distúrbio	$< 6$ K	$> 7,0$	92	176

Tabela 3 – Classificação das sondagens e dias, de acordo com os regimes convectivos da classificação de Betts (1974) para a cidade de Belém (PA), durante o período de Junho 2014 a Junho 2015.

Fonte: Do autor.

Nos regimes convectivos III (Convecção Desenvolvida) e IV (Convecção Diurna), as curvas de  $\Theta_e$  e  $\Theta_{es}$  estiveram mais próximas, ou seja, estes regimes apresentaram maior instabilidade. O regime convectivo III, apresentou NCL em torno de aproximadamente de 800 hPa e NE em 200 hPa, sendo a maior área positiva dentre os regimes, enquanto que no regime convectivo IV, a maior proximidade entre as curvas e o NCL em torno de 800 hPa e o NE em 300 hPa, pode sugerir sugerindo a formação de nebulosidade convectiva e conseqüentemente, a ocorrência de chuvas sobre a região. Os perfis de  $\Theta_e$  e  $\Theta_{es}$  do regime convectivo IV apresentaram, de forma bem destacada, uma forte inversão térmica, que vai desde o nível da superfície até 950 hPa, com variações de temperatura de até 4,7 °C. Esse tipo de inversão, que ocorre na camada mais baixa da atmosfera, é chamada Inversão de Radiação. Ocorre sempre pela manhã (nas sondagens, as inversões de temperatura geralmente ocorriam entre 03:00 e 09:00), pelo contato direto dessa camada mais baixa da atmosfera com a superfície da terra que está se resfriando por radiação de onda longa, enquanto as camadas acima ficam com temperaturas maiores e como

consequência, causando a reversão do gradiente normal de temperatura. Durante o período menos chuvoso da região amazônica, Souza (2013) mostrou que todos os Regimes Convectivos tiveram diferenças entre os perfis de  $\Theta_e$  e  $\Theta_s$  maiores, em comparação ao encontrado neste trabalho, concluindo que a atmosfera da região se apresentou mais seca, devido à diminuição das chuvas, que ocorre neste período.

A classificação das sondagens de acordo com o a classificação de Aspliden (1976), em modos convectivos, para a cidade de Belém (PA), durante o período de estudo, é mostrada na Tabela 4. Ficou constatado que o modo I apresentou 27% do total de 558 sondagens e o modo VI apresentou 22%. Os modos II e III reuniram a menor quantidade de sondagens com apenas 10% do total, e os modos IV e V, tiveram 14% e 15%, respectivamente de sondagens dentro de suas classificações.

MODO	Nº de Sondagens
I - Convecção Extremamente Desenvolvida	153
II - Convecção Moderadamente Desfavorecida	58
III – Convecção Levemente Desfavorecida	54
IV – Convecção Levemente Desenvolvida	81
V – Convecção Moderadamente Desenvolvida	88
VI – Convecção Severamente Desenvolvida	124

Tabela 4 – Classificação das sondagens, de acordo com os modos convectivos da classificação de Aspliden (1976) para a cidade de Belém (PA), durante o período de Junho de 2014 a Junho 2015.

Fonte: Do autor.

As sondagens que na classificação de Aspliden (1976), estiveram no regime Convectivo Extremamente Desenvolvida, foram classificadas no modo I. Neste modo, o mínimo de  $\Theta_e$  ocorre entre 800 e 700 hPa, significando que não há presença de nuvens cúmulos ou apenas cumulus humilis. Nos modos II e III encontram-se todas as sondagens pertencentes ao regime Convecção Diurna. As sondagens do modo II apresentam mínimo de  $\Theta_e$  entre 750 e 650 hPa, e geralmente há formação de nuvens cumulus humilis, mas nenhuma ocorrência de chuva. No modo III, o mínimo de  $\Theta_e$  das sondagens ocorre entre 700 e 600 hPa, e a presença de nuvens cumulus humilis pode causar uma quantidade bem pequena de precipitação. As sondagens pertencentes ao regime Condição Desenvolvida, aqui estão classificadas no modo IV, apresentando valor mínimo de  $\Theta_e$  entre 700 e 500 hPa e indicando presença de nuvens cumulus (mediocre ou congestus) com ocorrência de chuvas leves. No modo V encontram-se sondagens classificadas no regime Condição Desenvolvida e no regime Distúrbio, onde não há valores de  $\Theta_e$  inferiores a 330 K, com presença de nuvens cúmulos congestus e cumulonimbus e ocorrência de chuvas médias. Para as sondagens classificadas no regime convectivo Distúrbio, onde todo o perfil de  $\Theta_e$  apresentou valores maiores que 335 K, aqui são caracterizadas no modo VI,

onde há possibilidade de ocorrência de convecção severa, com nebulosidade do tipo cumulonimbus, e chuvas pesadas na região.

A variação temporal da precipitação e da energia potencial disponível para convecção (CAPE) na cidade de Belém (PA), durante o período de observação. A região amazônica é propícia a sempre estar com energia disponível, devido sua localização próxima ao Equador, recebendo o ano todo uma grande quantidade de radiação solar, e além destes fatores, o tipo de superfície, a cobertura de nuvens, o tipo de cobertura vegetal e albedo colaboram para o saldo de radiação (CHARNEY, 1975). Dessa forma, os valores de CAPE são altos na maioria dos horários, e a tendência de acompanhar a variação da temperatura ao longo do dia, caracteriza um ciclo diurno de CAPE bem definido, com aumento durante o dia, devido ao aquecimento causado pela radiação solar, máximo às 15:00, e diminuição durante o período noturno, devido o resfriamento na atmosfera. Resultados semelhantes também foram encontrados durante o período seco para Rondônia, por Mota et al. (1994), na análise de dados da campanha Rondônia Boundary Layer Experiment (RBLE).

A CAPE diminui toda vez que ocorre precipitação, ou seja, nos horários após a precipitação ou no horário em que ocorre a precipitação, como por exemplo, nos dias 3, 6, 21 e 29 de Março de 2015, confirmando assim a hipótese de quase equilíbrio de Arakawa-Schubert (1974). Isto é, o sistema convectivo precipitante consome o CAPE produzido pela grande escala, ou seja, quando a grande escala instabiliza o ambiente produzindo correntes ascendentes, a convecção profunda durante a precipitação produz correntes descendentes que estabilizam o ambiente, o que implica em menor CAPE (Mota e Nobre, 2006). No dia 6, às 15:00, ocorreu o valor máximo de CAPE, e às 18:00, foi registrada a precipitação de 54,7 mm.

Em geral, a água precipitável apresentou uma disponibilidade sempre alta, o que nem todos os dias significou a ocorrência de grandes quantidades de precipitação, uma vez que a convecção profunda depende da interação de mecanismos termodinâmicos e dinâmicos na atmosfera, que favoreçam a formação de nebulosidade para que esta venha a precipitar.

Em geral, a água precipitável apresentou uma disponibilidade sempre alta, o que nem todos os dias significou a ocorrência de grandes quantidades de precipitação, uma vez que a convecção profunda depende da interação de mecanismos termodinâmicos e dinâmicos na atmosfera, que favoreçam a formação de nebulosidade para que esta venha a precipitar. Nesses casos, uma forte evidência vem a ser e que a meso e a grande escala tenham papel importante na formação de nuvens precipitantes.

#### **4 | CONCLUSÃO**

Através da análise dos resultados obtidos durante o período da pesquisa, realizado na cidade de Belém (PA), nos meses de junho de 2014 a Junho 2015, ficou

constatado que a precipitação na região ocorria geralmente, entre 15:00 e 21:00, o que é uma característica marcante da forte atividade convectiva que ocorre na região Amazônica, principalmente durante o período da tarde. Na classificação de Betts (1974), boa parte das sondagens esteve classificada nos regimes I (Seco) e IV (Distúrbio), enquanto que na classificação de Aspliden (1976), os modos I (Convecção Extremamente Desfavorecida) e VI (Convecção Severamente Desenvolvida), apresentaram o maior número de sondagens, indicando que a atmosfera local apresentou variações de acordo com a atividade convectiva presente naquele momento, e que essas variações ocorreram em decorrência da mudança de estação chuvosa para menos chuvosa na região. Foi observado que a característica do ciclo diurno da CAPE se mostrou bem definida, com valores máximos geralmente ocorrendo às 15:00 e valores mínimos ocorrendo quase sempre às 03:00. Os valores da CAPE diminuía, quase sempre após ou durante o horário da ocorrência de precipitação na região do experimento, indicando que o sistema convectivo precipitante consumia a CAPE, e utilizava essa energia durante a sua ocorrência, até sua fase de dissipação.

Os altos valores de água precipitável e razão de mistura, observados durante a realização do projeto, comprovaram que a atmosfera local esteve com grande disponibilidade de vapor d'água nos meses Janeiro a Abril de 2015, e com isso, a interação de mecanismos termodinâmicos e dinâmicos na atmosfera em alguns casos, fez com que houvesse a formação de nebulosidade convectiva e a ocorrência de precipitação na cidade de Belém (PA).

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, D. K.; SOUZA, E. P.; COSTA, A. R. Convecção úmida na Amazônia: Implicações para a modelagem numérica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 168-178, 2009.
- ASPLIDEN, C. I. A classification of the structure of the tropical atmosphere and related energy fluxes. **Journal of Applied Meteorology**, v. 15, p. 692-697, 1976.
- BETTS, A. K. Non-precipitation cumulus convection and its parameterization. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 99, n. 419, p. 178-196, 1973.
- BETTS, A. K. Further comments on "a comparison of the equivalent potential temperature and the static energy". **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 31, p. 1713-1715, 1974.
- BOLTON, D. **The computation of equivalent potential temperature. Monthly Weather Review**, v. 108, p. 1046-53, 1980.
- RIBEIRO, J. B. M.; MOTA, M. A. S. Classificação Termodinâmica para atmosfera de Belém-PA para o ano de 1987. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia**, 1994, p. 272-275.
- TAVARES, J. P. N.; MOTA, M. A. S. Condições termodinâmicas de eventos de precipitação extrema em Belém-PA durante a estação chuvosa. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 207-218, 2012.



WILLIAMS, E.; RENNÓ, N. O. An Analysis of the conditional instability of the Tropical atmosphere. **Monthly Weather Review**, v. 121, n.1, p. 21-36, 1993.

## **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

