

Francisco Odécio Sales
(Organizador)



FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS: Conhecimentos e pesquisas

 **Atena**
Editora
Ano 2021

Francisco Odécio Sales
(Organizador)



FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS: Conhecimentos e pesquisas

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Formação interdisciplinar das ciências exatas: conhecimentos e pesquisas

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F723 Formação interdisciplinar das ciências exatas: conhecimentos e pesquisas / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-119-7

<https://doi.org/10.22533/at.ed.197212806>

1. Ciências exatas. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A obra “Formação Interdisciplinar das Ciências Exatas: Conhecimentos e Pesquisas” aborda um considerável acervo técnico-científico de publicação da Atena Editora. Este primeiro volume, apresenta 10 capítulos dedicados às Ciências Exatas. De leitura compreensível, com resultados relevantes envolvendo aplicações teóricas, práticas e atualizadas nas áreas de Matemática, Química e Física, a presente obra configura-se como um conglomerado de estudos que utilizam (não apenas) o raciocínio lógico, cálculos, modelagem e teste de hipóteses fortemente atrelados à área de Ciências Exatas; mas uma proposta contextual mais ampla através da resolução e direcionamento de inovação para manipulação de problemas atuais. O reconhecimento das Ciências Exatas como de grande utilidade e importância para a humanidade reside no fato dos avanços e inovações tecnológicas terem sido apresentadas desde muito tempo e em escala de descobertas bastante amplas, como no caso da eletricidade, computadores e smartphones, por exemplo; a até as temáticas abordadas na presente obra, sob caráter contemporâneo, como simulação computacional, modelagem, ensino de matemática, biocombustíveis, vulcanização, manipulação de resíduos industriais, ensaios eletroquímicos, química da nutrição, nanofibras, componentes poliméricos, fibras vegetais e suas propriedades mecânicas, educação de jovens e adultos, manipulação química de etanol de segunda geração, empregabilidade de novos componentes químicos sob contextos multidisciplinares e etc.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma robusta, consolidada e pungente demanda por mão-de-obra qualificada na área. Não obstante, as Ciências Exatas estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade. Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com as Ciências Exatas e a sociedade (como um todo) frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que – inclusive – sempre caracterizou as Ciências Exatas ao longo dos tempos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

O USO DA LINGUAGEM MATEMÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

José Rafael dos Santos

Fernanda dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128061>

CAPÍTULO 2..... 9

UFSC 100% ACESSÍVEL: MAPEAMENTOS PARA A CIDADANIA

Vivian da Silva Celestino Reginato

Cláudio Cesar Zimmermann

João Victor Hernandez Vianna Lemos Nappi

Ana Paula Albrecht de Sousa

Bruno Eduardo Bestetti

Anthony Aliardi

Camila Matos de Aquino

André Felipe Bózio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128062>

CAPÍTULO 3..... 24

CONTEÚDOS DE FÍSICA: UMA ANÁLISE DA REALIDADE DAS ESCOLAS ESTADUAIS DESEMBARGADOR VIDAL DE FREITAS E MARCOS PARENTE DE PICOS (PI) FRENTE AOS DOCUMENTOS OFICIAIS

Wenderson Lucas Cavalcante

Raul Oliveira Guimarães

Haroldo Reis Alves de Macêdo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128063>

CAPÍTULO 4..... 35

SENSORES DE GAS PREPARADOS A PARTIR DE ÓXIDOS SEMICONDUCTORES DOPADOS EMPLEADOS EN LA DETECCIÓN DE GASES ORGÁNICOS PRESENTES EN EL AROMA EN VINOS

Ana Lucía Paredes-Doig

María R. Sun-Kou

Elizabeth Doig-Camino

Gino Picasso

Adolfo La Rosa-Toro Gómez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128064>

CAPÍTULO 5..... 47

REALIDADE AUMENTADA APLICADA EM INFORMAÇÕES DE TEMPO E CLIMA

Kleber Renato da Paixão Ataíde

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128065>

CAPÍTULO 6	54
JASM: FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS	
Júlia Naelly Machado Silva	
Aléxya Maria Leonardo de Oliveira	
Marcos Pinho Nascimento	
Sandyyelle Souza do Nascimento	
Abraão Leal Alves	
Thiciana Silva Sousa Cole	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128066	
CAPÍTULO 7	67
ETNOASTRONOMIA NA COMUNIDADE INDÍGENA TREMEMBÉ NO ESTADO DO CEARÁ: ONTOLOGIAS, SABERES E RESISTÊNCIA	
Ana Clara Souza Araújo	
Catarina Angélica Antunes da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128067	
CAPÍTULO 8	78
ESTUDO NUMÉRICO DO EFEITO MAGNUS EM UMA GEOMETRIA ELÍPTICA	
Matheus Henrique Cavalheiro Garros	
Mayara Francisca de Souza	
Fernando Augusto Alves Mendes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128068	
CAPÍTULO 9	90
CAMADA LIMITE NOTURNA NA INTERFACE RIO-FLORESTA NA AMAZÔNIA	
Raphael Tapajós	
Rodrigo da Silva	
Wilderclay Machado	
Diego Ribeiro de Aguiar	
Bruno Bota	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128069	
CAPÍTULO 10	106
APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS MOVÉIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	
Kleiane Negalho Gatinho	
Suelen Rocha Botão Ferreira	
Welberth Santos Ferreira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19721280610	
SOBRE O ORGANIZADOR	116
ÍNDICE REMISSIVO	117

CAMADA LIMITE NOTURNA NA INTERFACE RIO-FLORESTA NA AMAZÔNIA

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Raphael Tapajós

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Instituto de Engenharia e Geociências,
Ciências Atmosféricas
Santarém, Pará
<http://lattes.cnpq.br/3925768576575087>

Rodrigo da Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Instituto de Engenharia e Geociências,
Ciências Atmosféricas
Santarém, Pará
<http://lattes.cnpq.br/9990287494145760>

Wilderclay Machado

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Instituto de Engenharia e Geociências,
Ciências Atmosféricas
Santarém, Pará
<http://lattes.cnpq.br/7928041665593236>

Diego Ribeiro de Aguiar

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Instituto de Biodiversidade de Florestas, Grupo
de Pesquisa de Manejo de Ecossistemas
Amazônicos
Santarém, Pará
<http://lattes.cnpq.br/9241060544837430>

Bruno Bota

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Instituto de Engenharia e Geociências,
Ciências Atmosféricas
Santarém, Pará
<http://lattes.cnpq.br/2781910651006998>

RESUMO: Este capítulo de livro apresenta os resultados das medidas feitas na Camada Limite Atmosférica Amazônica, ressaltando a importância do comportamento da Camada Limite noturna na interface Rio-Floresta. A caracterização, através de sondagens realizadas com balão cativo na borda leste do rio Tapajós, mostrou que não há grandes variações de noite para noite. Porém, quando temos dias chuvosos, os valores da temperatura potencial diminuem de 0,5 a 1,5°C e aumentam na umidade específica de 0,5 a 1,5g/kg. A altura da CLN, estimada a partir dos perfis de temperatura potencial e temperatura potencial virtual, apresentam valores bem próximos, variando de 50 metros no início da noite até próximo a 200 metros no início da manhã. As condições de estabilidade estática e dinâmica apresentaram-se de forma similar, com uma camada estável em torno de 150 metros durante a noite. A partir dos dados da estação meteorológica de superfície foi possível verificar as condições meteorológicas para os últimos anos para Jamaraguá, local onde ocorreu a campanha, com influência da presença do rio, principalmente, sobre os valores totais de chuva comparado com os totais para a regiões vizinhas.

PALAVRAS-CHAVE: Rio Tapajós, Jamaraguá, Flona Tapajós.

NOCTURNAL BOUNDARY LAYER IN RIVER-FOREST INTERFACE IN THE AMAZONIA

ABSTRACT: This book chapter presents the results of the measurements made in the Amazonian Atmospheric Boundary Layer, highlighting the importance of the nocturnal

Boundary Layer behavior in the river-forest interface. The characterization, through campaign carried out with tethered balloon soundings on the eastern edge of the Tapajós river, showed that there are no big changes from night to night. However, when we have rainy days, the potential temperature values decrease from 0.5 to 1.5 ° C and increase in specific humidity from 0.5 to 1.5g/kg. The height of the CLN, estimated from the potential temperature and, potential virtual temperature profiles, present very close values, ranging from 50 meters in the early evening to close to 200 meters in the early morning. The conditions of static and dynamic stability were similar, with a stable layer around 150 meters during the night. From the surface weather station data it was possible to check the meteorological conditions for the last few years for Jamaraquá, where the campaign took place, influenced by the presence of the river, mainly on the total rainfall values compared to the totals for the regions neighbors.

KEYWORDS: Tapajós River, Jamaraquá, Flona Tapajós.

1 | INTRODUÇÃO

Estudos sobre a Camada Limite Atmosférica (CLA) na Amazônia têm sido realizados desde a década de 80. Diversos resultados para os diferentes locais mostram o entendimento em partes da CLA, principalmente nas condições de turbulência, e apresentam grande complexidade em se estudar essa área que é tão importante para explicar a dinâmica dos fenômenos que ocorrem na parte mais baixa da atmosfera.

Mais especificamente quando se estuda a Camada Limite Noturna (CLN) ainda existem muitas dificuldades, sendo que as condições de estabilidade atmosférica dificultam as medidas realizadas por torres micrometeorológicas. Com isso, medidas com radiossondagens, balão cativo e sodar, tornaram-se complementares para se obter informações de perfis verticais de grandezas meteorológicas na CLN, fornecendo informações com qualidade para o entendimento dos diversos processos físicos e de evolução da estrutura vertical da CLN (SÁ e ANDRADE, 2006).

Na Amazônia, medidas observacionais na CLN não são tão frequentes, porém alguns resultados sobre áreas de pastagem e floresta apresentados por Fisch et al. (2004) e Acevedo et al. (2008), realizados no oeste e leste da Amazônia, respectivamente, mostram grandes diferenças na abordagem de questões como altura da CLN, características termodinâmicas e circulação local.

Além disso, a presença de grandes corpos d'água influenciam nas características da CLA, como é o caso dos rios amazônicos (OLIVEIRA e FTIZJARRALD, 1993; TAPAJÓS, 2017). Na região de confluência dos rios Tapajós e Amazonas, Lu et al. (2004) e Silva Dias et al. (2005), através de observações diretas e modelagem, ressaltam a importância dos rios e da topografia da região na influência de eventos de média e pequena escala, mostrando condições típicas de brisa do rio Tapajós no sentido contrário aos ventos alísios. Estes trabalhos mostraram que regiões próximas a grandes rios têm contribuição significativa no que diz respeito à climatologia local, processos convectivos noturnos sobre os rios, carregamento de gases-traço e no regime de chuva (FITZJARRALD et al., 2008).

Desta maneira, esse capítulo de livro mostra as características sobre a CLN próximo a um dos maiores rios da Amazônia, o rio Tapajós. Os resultados trazem análises sobre o comportamento termodinâmico da CLN durante o período de transição entre as estações chuvosa e seca amazônica.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área do estudo

A campanha de medidas foi realizada em dez noites entre os dias 15 a 25 (exceto dia 22) de junho de 2011, no oeste do Pará, dentro dos limites do município de Belterra, na margem direita do rio Tapajós, mais especificamente dentro da área da Floresta Nacional do Tapajós (FNT), na comunidade de Jamaraquá (-2,80639°S; -55,03639°W), como mostra a **Figura 1**.

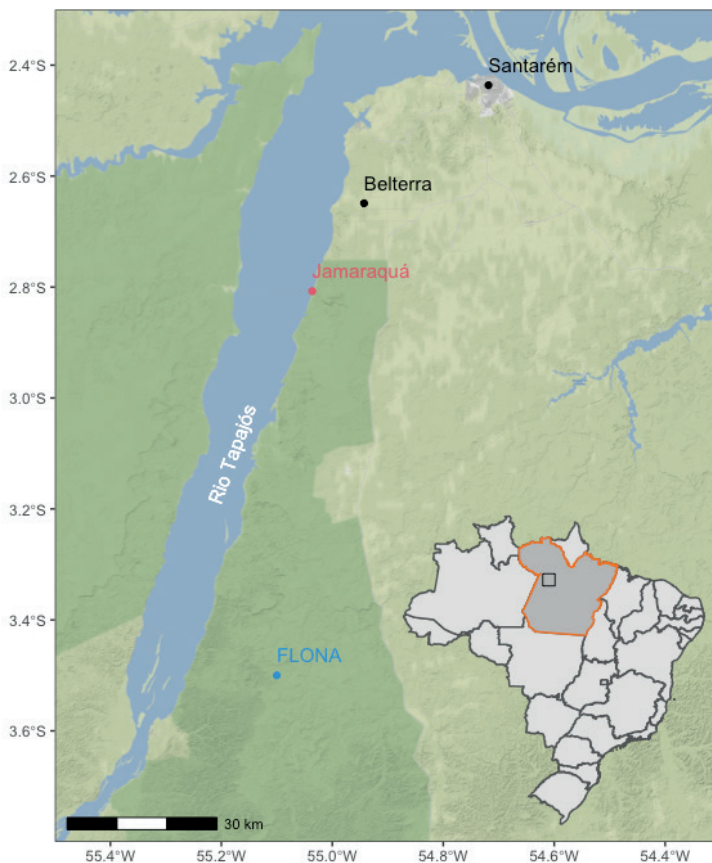


Figura 1. Local de medida em Jamaraquá. Destaque para as cidades de Santarém, Belterra e a Floresta Nacional do Tapajós (Flona).

2.2 Determinação da altura da camada limite noturna

Segundo Stull (1988) a altura da CLN é difícil de quantificar, isso porque em vários casos a mistura na CLN suaviza na Camada Residual para cima sem grande demarcação do topo. Entretanto, a forma mais usada ainda hoje, e em estudos na Amazônia (SANTOS 2005, ACEVEDO et al., 2008) é através dos perfis de Temperatura Potencial (θ) onde taxa decrescente é adiabática, no qual ocorre uma inversão térmica $\partial\theta/\partial z=0$. Objetivamente, é determinada como sendo a região ou o primeiro ponto de inflexão no gradiente de temperatura potencial (critério 1) (SILVA, 2006). Devido a grande influência da umidade na termodinâmica da CLN na área do estudo, optou-se em verificar e analisar, também, o ponto de inversão do perfil de Temperatura Potencial Virtual (θ_v), ou seja, onde $\partial\theta_v/\partial z \leq 0$, visto que esta variável engloba de maneira geral as características da temperatura potencial e umidade (critério 2) (SÁ e ANDRADE, 2006).

2.3 Estabilidade na camada limite noturna

A caracterização da estabilidade na camada limite depende de fatores que estão diretamente ligados à transferência de momento e energia. Sabendo que existe uma caracterização bem definida a respeito dos fluxos de calor sensível e da turbulência na CLA dentro do seu ciclo diário é possível definir os regimes de estabilidade estática em: Instável ($\partial\theta_v/\partial z < 0$), Neutra ($\partial\theta_v/\partial z = 0$) ou Estável ($\partial\theta_v/\partial z > 0$) (ARYA, 1999).

Já para caracterização da estabilidade dinâmica usou-se como parâmetro o Número de Richardson Totalizador, ou *Bulk*, (R_b), determinado pela equação a seguir (STULL, 1988):

$$R_b = \frac{g\Delta\bar{\theta}_v\Delta z}{\bar{\theta}_v [(\Delta\bar{u})^2 + (\Delta\bar{v})^2]}$$

Escrita de maneira simples, o número de Richardson, através da relação entre os termos de produção de energia cinética turbulenta por flutuabilidade (variação de temperatura/umidade) e por via mecânica (vento). Considera-se aqui, valores de $Ri > 0,25$ como sendo camada estável e $Ri < 0,25$ sendo uma camada instável.

2.4 Sistema de sondagem e aquisição de dados

Para a obtenção dos dados de perfil da CLN foram realizadas sondagens usando sensores em balão cativo de 4m³ modelo Blimp 13 (Blimp Works, USA). As medidas foram realizadas através da Sonda AIR (temperatura, umidade, velocidade e direção do vento). Esses dados eram transmitidos a cada 10 segundos via rádio através do sistema ADAS (Atmospheric Data Acquisition System, AIR Inc., Boulder, CO, USA), visualizados e salvos em forma de tabelas para análises. Foi adotada a velocidade de subida de 0,5 m/s (obter maior resolução do perfil atmosférico) e de descida de 2m/s (dados desprezados).

Abaixo a **Tabela 1** mostra as 96 sondagens feitas entre as noites dos dias 15 e 25 de junho de 2011, indicando os horários aproximados das sondagens, sondagens não realizadas, outras que não atingiram alturas de 200 metros e momentos de chuva, de acordo com a legenda.

Noite Hora	16h	17h	18h	19h	21h	23h	01h	03h	05h	06h	07h	7.5h
15/06	N	N	S*	C	S	S	S	S	S	S	S	N
16/06	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S*	S*
17/06	N	S	S	S	S	S	S	S*	S*	S	S	N
18/06	N	S	S	S	S	S	S	C	C	C	C	C
19/06	S	S	S	S	S	S	S	S*	S*	S*	S*	N
20/06	S	S	C	C	C	S	S	S	S	S	S	S
21/06	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N
22/06	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
23/06	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N
24/06	N	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S
25/06	N	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S

Tabela 1. Dias e horários das sondagens. Legenda: N: Não houve sondagem; S: sondagem com sucesso; S*: sondagem baixa (~200m); C: Chuva.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização meteorológica da área

Para ter uma visão mais ampla sobre o que ocorre com as variáveis meteorológicas na área do estudo, fez-se a análise dos dados dos anos de 2000 a 2011 provenientes da torre meteorológica de Jamaraquá que fica 150 metros a oeste de onde foram realizadas as sondagens com o balão cativo. Os dados, de 2000 a 2006, foram obtidos pelo portal Beija-Flor no site do Programa de Grande Escala Biosfera-Atmosfera (LBA) (<http://lba.cptec.inpe.br/beija-flor/>) e para os demais anos, de 2007 a 2011, cedidos diretamente pelo projeto LBA/Santarém.

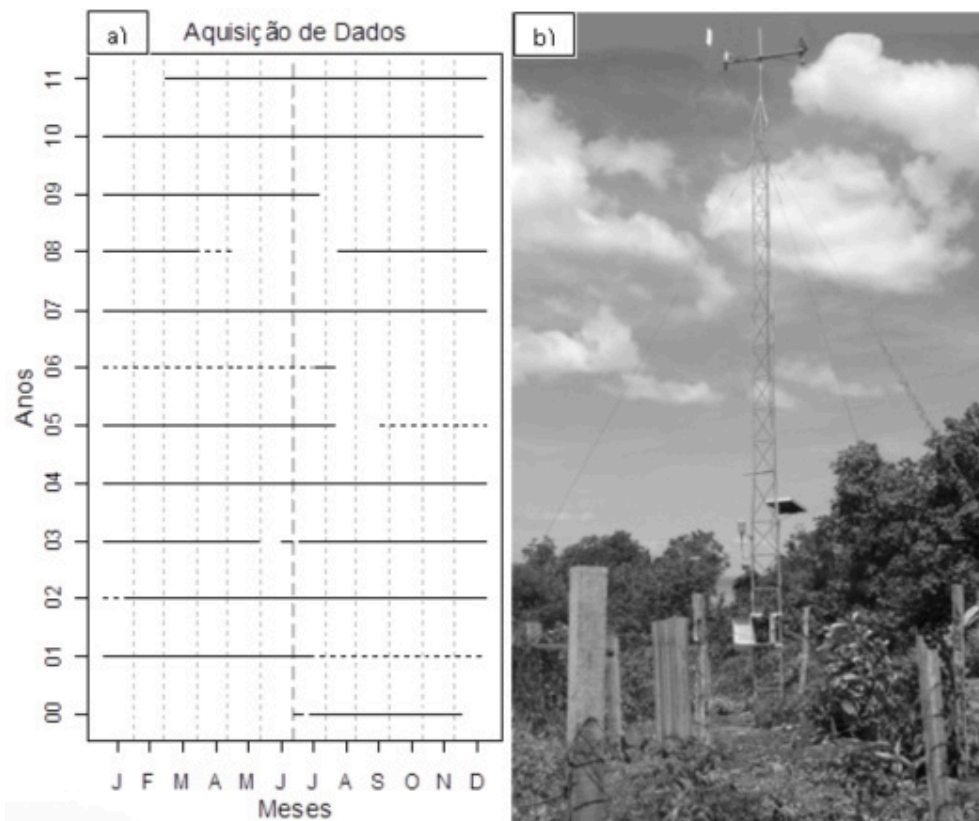


Figura 2. Aquisição de dados e Estação de Jamaraguá. (a) Sequência dos dados analisados, períodos em que existem dados continuamente (linha completa), dados durante algum período do dia (linha tracejada) e ausência de dados (sem linha). (b) Torre meteorológica de Jamaraguá com seus equipamentos.

É válido ressaltar que em alguns períodos não houve coleta de dados por eventuais problemas de energia e equipamentos na torre como mostra o gráfico na **Figura 2.a**. Já na **Figura 2.b** mostra a foto da torre meteorológica de Jamaraguá em 2011 e seus sensores que fazem as medidas de: Temperatura e Umidade (Vaisala - HMP45C), Radiação (Licor - LI200X), Precipitação (Texas - TE525), Velocidade e Direção do Vento (MetOne - 034A-L), Temperatura do Solo (CampbellSci - 107) e Umidade do Solo (CampbellSci - CS615).

Como existem falhas e períodos em que só se tem dados durante algumas horas do dia, de acordo com a **Figura 2a**, fez-se uma média horária com os valores de todos os anos, verificando a máxima e a mínima média para essa variável e depois a média diária, com máximos e mínimos médios respectivos. Esse método faz com que, por exemplo, dados de temperatura que existem apenas durante o dia em certos períodos, não superestime o valor médio diário. Já os valores de precipitação foram tratados diferentemente, pois existe diferenças significativas na distribuição horária de chuva para essa região (FITZJARRALD

et al. 2008; COHEN et al., 2014). Assim, para chuva foram separados os meses com dias e horários completos e depois feito uma média dos totais mensais para cada mês.

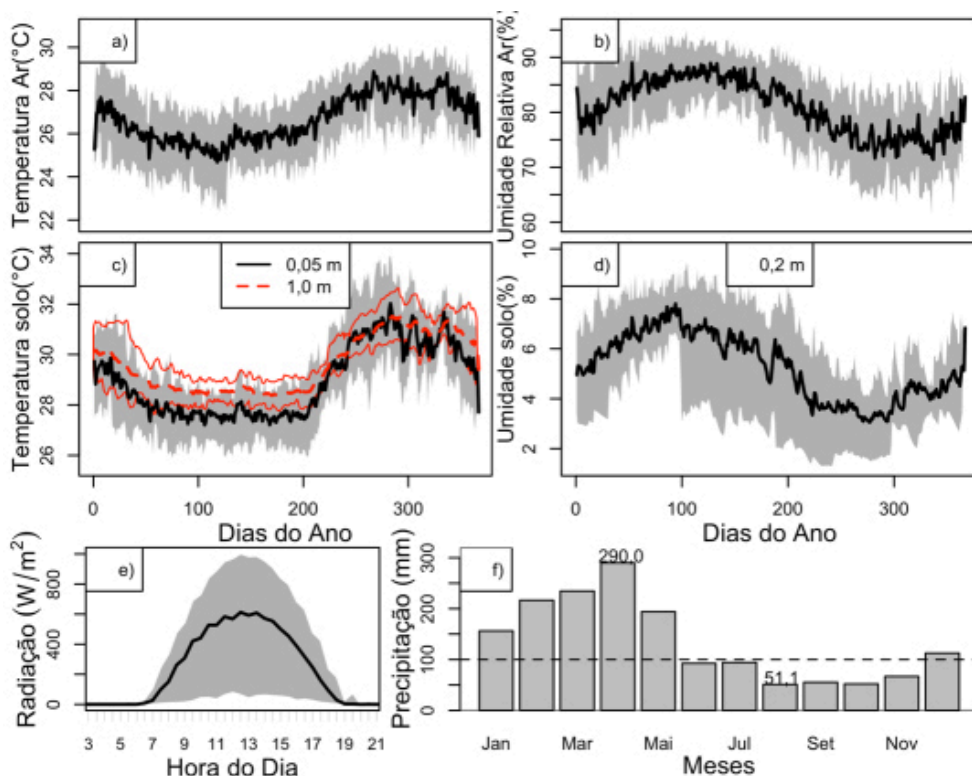


Figura 3. Condições Meteorológicas da Região. (a) Média diária da Temperatura do Ar. (b) Média diária da Umidade do Ar. (c) Média diária da Temperatura do solo em dois níveis como na legenda. (d) Média diária da umidade do solo. (e) Média diária da radiação. Áreas em cinza são os mínimos e máximos médios. (f) Precipitação média mensal por ano.

Os valores mostrados nos gráficos da **Figura 3** mostram claramente a variação diária e a sazonalidade das variáveis registradas pela torre meteorológica de Jamaraquá. A temperatura do ar (**Figura 3a**) chega a variar até 5°C em média durante o dia atingindo a menor temperatura média diária (25°C) em abril, mês mais chuvoso e maiores valores entre os meses de setembro e novembro (28°C). As variações médias diárias de umidade relativa (**Figura 3b**) do ar são de 30%, com dias ensolarados secos e noites mais úmidas, atinge valores médios diários máximos em abril (85%) e mínimos entre agosto e novembro (entre 70 e 75%). As temperaturas e umidade do solo (**Figura 3c** e **Figura 3d**) seguem a tendência das variáveis do ar, com variações diárias na temperatura de até 3° C, para o nível de 10 centímetros de profundidade e de 2°C, para o nível mais profundo, com maiores valores anuais de 31°C e de 27,8°C como mínimo. Vale ressaltar que as temperaturas

no nível mais profundo (**Figura 3c**, linha vermelha) sempre são mais elevadas que nível superficial, isso deve ao fato da eficiência no armazenamento de energia nos níveis mais profundos do solo arenoso.

Como o solo é arenoso, tem facilidade de escoar a água devido à baixa agregação das partículas. Assim, os valores sempre são baixos para a umidade do solo, como mostrado na **Figura 3d**, com maiores variações no período chuvoso.

Observou-se, durante a análise dos dados que os valores de radiação se apresentam abaixo da média mostrada na **Figura 3e**, durante os seis primeiros meses do ano, que correspondem ao período chuvoso na região, com máximas de até 550 W/m^2 no horário de 12:30. Isso deve-se ao fato do excesso de nuvens formadas durante o período e localizadas no lado leste do Rio Tapajós, como mostrado por Silva Dias et al. (2005). Já no período seco, a radiação chega a atingir em média 750 W/m^2 , o que chega a ser quase 50% a mais de radiação no período seco.

A chuva na área do estudo tem aspectos peculiares em relação à região como um todo, considerando a variabilidade espacial e temporal, como descrito por Fitzjarrald et al. (2008) e Cohen et al. (2014). Como a estação meteorológica fica no lado leste do rio, a brisa do rio (ventos no sentido oeste-leste) causa um efeito de subsidência, anulando parte da chuva nessa área, fazendo com que os valores médios anuais fiquem abaixo da média para a região. Assim, na média, tivemos uma precipitação anual de 1616 milímetros, sendo que em média chove aproximadamente 70% (1184 mm) da chuva anual no primeiro semestre, período chuvoso na região. Além disso, como visto na **Figura 3f**, os meses que chovem mais e menos são abril (290 mm) e agosto (51 mm) respectivamente.

3.2 Condições meteorológicas durante a campanha

Para se ter um melhor entendimento sobre as condições do tempo durante a campanha com balão cativo, fez-se uma análise mais específica dos dados da torre, separando esses dados do período de 14 a 26 de junho de 2011. Os dados, na **Figura 4**, mostram a variação média horária dos valores de temperatura e umidade do ar e do solo, radiação e chuva durante a campanha. Nota-se que a variação dos valores de temperatura e umidade do ar, além da influência da chuva durante alguns dias de campanha. Observou-se 4 dias com chuvas consideráveis, dias 14 (17,8 mm), 15 (54 mm), 19 (8,1 mm) e 20 (3,6 mm). Também, nota-se que (**Figura 4c**) no dia 15 houve chuva durante a manhã e a tarde, sendo que a tarde choveu 28,4 mm em uma hora. Esse tipo de chuva é típico de chuvas que ocorrem durante o período chuvoso, e como os dados são do fim do período chuvoso, pode-se caracterizar esse período como sendo de transição para o seco, visto que podemos identificar alguns dias nublados e outros não, além de ocorrência de intensa de chuvas.

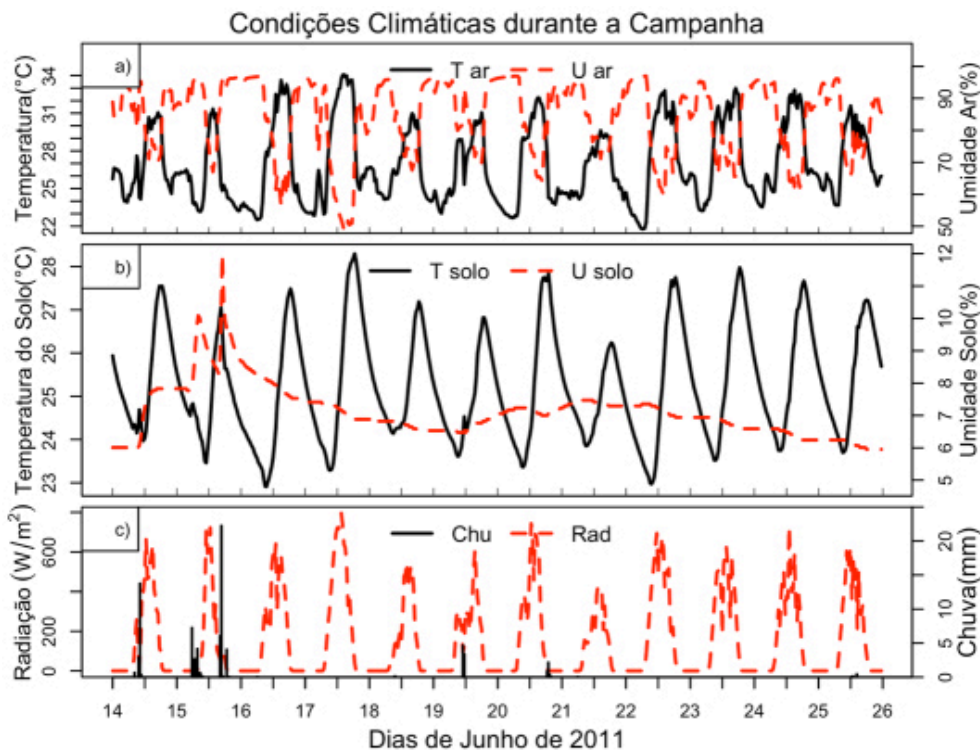


Figura 4. Condições meteorológicas durante a campanha. (a) Médias horárias de temperatura e umidade do ar, (b) médias horárias da temperatura e umidade do solo e (c) média horária da radiação e chuva total horária.

3.3 Caracterização da camada limite noturna

Para caracterização da CLN próximo ao Rio Tapajós, as noites foram analisadas separadamente e tentou-se verificar um padrão de comportamento. Assim, fez-se uma média geral para mostrar as características básicas da CLN. Porém, como o período de coleta de dados é durante a transição entre as estações chuvosa e seca, houve dias em que houve precipitação (dias 15, 16 e 19). Como se sabe, fatores como total de radiação diária, chuva e vento alteram as características da CLN. Dessa forma, é mostrado o comportamento individual da CLN para um dia de chuva intenso e outro para um dia em que não choveu como casos de estudo.

Para melhor visualização das características da CLN, os dados dos perfis foram compilados e interpolados, resultando assim na evolução das variáveis na altura e no transcorrer da noite. A **Figura 5** apresenta a média das condições de Temperatura Potencial (TP), Umidade Específica (QE), Temperatura Potencial Virtual (TPV) e Velocidade do Vento (VV) para todas as 10 noites de sondagens. Percebe-se que o resfriamento da CLN, próximo à superfície, inicia às 18 horas, e que a TP nos primeiros metros de altura pode atingir os

menores valores (abaixo de 23°C) em torno das 23:00. É possível ver também, através da TP que a camada residual se dissolve até às 02:00, tendo temperatura mais elevada em cerca de 2 °C a mais que nas porções inferiores próximas a superfície. A partir das 03:00 nota-se uma camada superficial, que chega até cerca de 50 metros, caracterizada pela influência direta do resfriamento da superfície, sendo que esta camada mais resfriada pode ser notada em todas as noites estudadas.

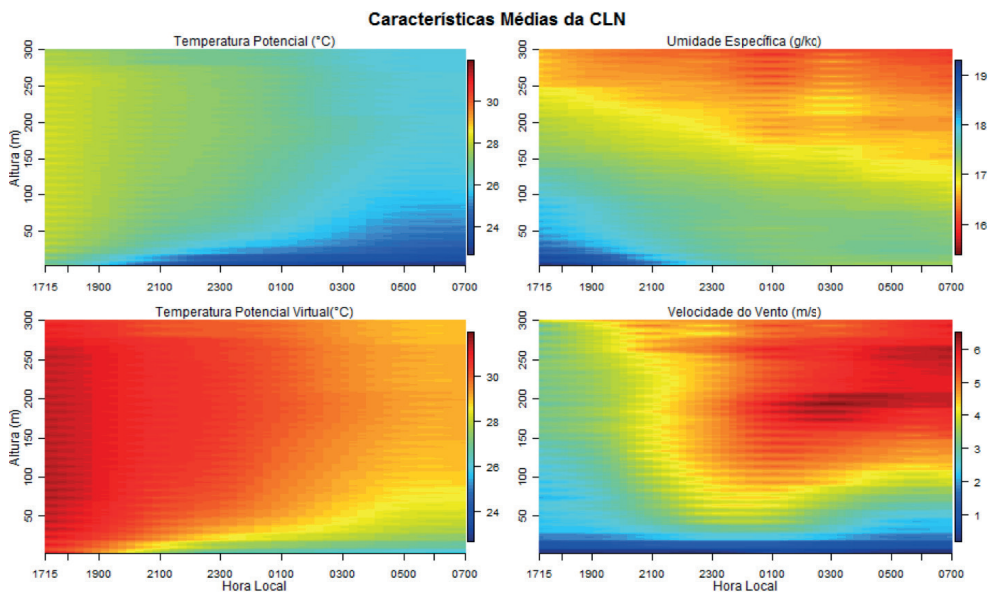


Figura 5. Características médias da CLN durante a campanha

As condições médias de QE mostram que a noite inicia mais úmida até 95 metros de altura, cerca de 2 g/kg a mais do que no fim da noite, o que pode ser resultado do processo evapotranspirativo do fim do dia e pela baixa intensidade do vento no início da noite, favorecendo a acumulação de umidade. No decorrer da noite a umidade fica praticamente constante até cerca de 150 metros, em torno de 18,5 g/kg, e nas altitudes superiores há uma dissolução dessa umidade para os níveis superiores, atinge valores de 16 g/kg. A TPV tem influência direta da quantidade de água disponível na atmosfera (QE) e da temperatura (TP), dessa forma, inicia a noite com valores mais elevados e vai resfriando no decorrer da noite e com a altura, pois a TP e QE vão diminuindo. A partir desse horário, a TPV e QE diminuem e seu valor também.

As condições de vento durante as noites de campanha tiveram comportamento médio como é mostrado ainda na **Figura 5**. Com baixas intensidades no início da noite, e aumento a partir das 22:00, atingindo os maiores valores, acima de 5 m/s a partir de 01:00 até início da manhã em alturas acima de 100 metros.

Análises também foram feitas para condições da CLN depois de um dia sem chuva, representado pelo dia 23. As características são similares da discutida na **Figura 5**, porém, devido às condições de radiação durante o dia, a qual foi um pouco mais intensa que a média, os perfis de TP e TPV tiveram valores mais elevados do que a média em cerca de 1°C. As condições de QE tiveram um pequeno aumento de cerca de 0.5 g/kg acima da média, o que pode ser uma consequência do aumento da temperatura do solo e conseqüentemente da maior evapotranspiração durante a noite. Além disso, a camada em que se encontra maior volume de água por volume total de ar estava enclausurada dentro dos 100 metros de altura, devido a menor intensidade da VV dentro dessa camada no decorrer da noite. Já acima dos 75 metros de altura, a partir das 21:00 a velocidade do vento sempre esteve acima de 4 m/s.

No caso de dia chuvoso, caso esse que ocorreu em três dos dez dias de sondagens, as condições temperatura que variam de 1,5 a 0,5 °C abaixo do que as condições médias da CLN, pois o calor armazenado no solo durante o dia é usado principalmente para evapotranspirar a grande quantidade de água disponível no solo. Assim, os valores na camada de umidade atingem valores acima de 18 g/kg em grande parte da atmosfera, até cerca de 250 metros no fim da noite. Essa camada de umidade também é consequência da baixa velocidade do vento (entre 0 e 1,5 m/s) que faz com que a mistura da umidade com a camada mais acima (menos úmida) torne-se menos eficiente, entretanto quando a velocidade do vento aumenta, as condições da umidade diminuem em até 1,5 g/kg como pode ser visto no início da noite.

A TPV, por sua vez, apresenta características parecidas com a CLN média no que diz respeito à estrutura, com resfriamento contínuo e formação de uma camada superficial a partir das 21 horas. Vale notar que a TPV apresenta valores sempre menores na CLN em condições de dia de chuva do que em dias sem chuva em até 2°C.

3.4 Altura da camada limite noturna

Usando o critério 1 descrito na metodologia é possível verificar a evolução da camada limite durante o decorrer da noite para cada noite de sondagem, como mostrado na **Figura 6a**. O crescimento da CLN dá-se início um pouco antes das 18 horas, sendo que neste horário já alcança a altura de cerca de 50 metros. A CLN tem crescimento praticamente linear até à 01 hora atingindo em média 160 metros, a partir deste horário, até às 05 horas a altura tem taxa de crescimento menor e atinge aproximadamente 210 metros. Por fim entre 05 e 07 horas há um decréscimo na altura da CLN em aproximadamente 25 metros, atingindo a altura de 190 metros aproximadamente, valores condizentes aos encontrados na pastagem por Acevedo et al. (2004) e abaixo dos mostrados por Santos (2005). Ainda na **Figura 6a**, é possível verificar que os valores da altura do dia 15/16 a altura da CLN atinge valores acima da média, esse fato, pode ser por causa da baixa velocidade do vento (~1 m/s) acima de 30 metros até 180 metros, o que gerou uma camada de leve estratificação, com alta acumulação de umidade, resultando em pontos de inversão situados em torno de 350 metros.

Em algumas noites, é possível perceber que a altura não é definida para algumas horas, isso se deve ao fato de que as sondagens não atingiram alturas superiores a 200 metros (tabela 1) ou não houve a identificação de um ponto de inversão confiável. Isso vale tanto para a análise do critério 1 como para o critério 2, mostrados nas **Figuras 6a e 6b**.

Na **Figura 6b**, é apresentada a estimativa da altura da CLN a partir do ponto de inversão da TPV a partir dos perfis medidos. É notório verificar que o comportamento é similar ao método TP, porém, em algumas horas, as alturas são sempre menores, em alguns metros, das obtidas pelo critério1. As diferenças, em média, são de poucos metros em algumas horas como às 18:00 e à 01:00, e podem chegar a 35 metros de diferença às 22:00 e 03:00.

Apesar de na média parecer uma evolução típica da CLN usando os dois métodos, verifica-se a altura apresenta uma grande variabilidade de noite para noite, chegando a apresentar diferenças nas alturas de até 140 metros no mesmo horário. Isso devesse aos diversos fatores como condições meteorológicas durante o dia, umidade e intensidade do vento durante a noite, circulação de mesoescala e até mesmo linhas de instabilidade.

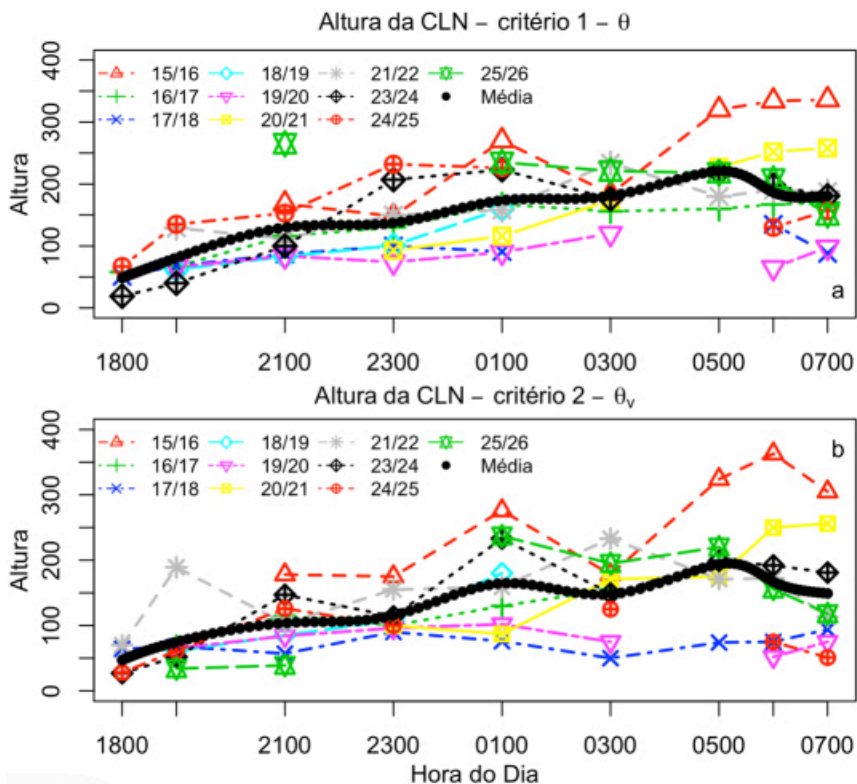


Figura 6. Estimativa da Altura da CLN. (a) Altura da CLN estimada pelo critério 1. (b) altura da CLN estimada pelo critério 2.

3.5 Estabilidade na camada limite noturna

Para verificação da estabilidade atmosférica utilizou-se de dois métodos, um para estabilidade estática e outro para estabilidade dinâmica como descrito na metodologia. As análises da estabilidade estática e dinâmica foram feitas para todas as noites, e como estas levam em consideração o gradiente de TPV com a altura, apresentaram camadas estáveis com alturas similares. Na **Figura 7a** mostra que em média a estabilidade estática é classificada como estável (cor azul escuro) da superfície a 130 metros de altura das 18 às 23 horas e a partir desse momento atinge até 180 metros de estabilidade. A instabilidade (cor laranja) começa a ser presenciada apenas acima dos 200 metros sempre com uma camada.

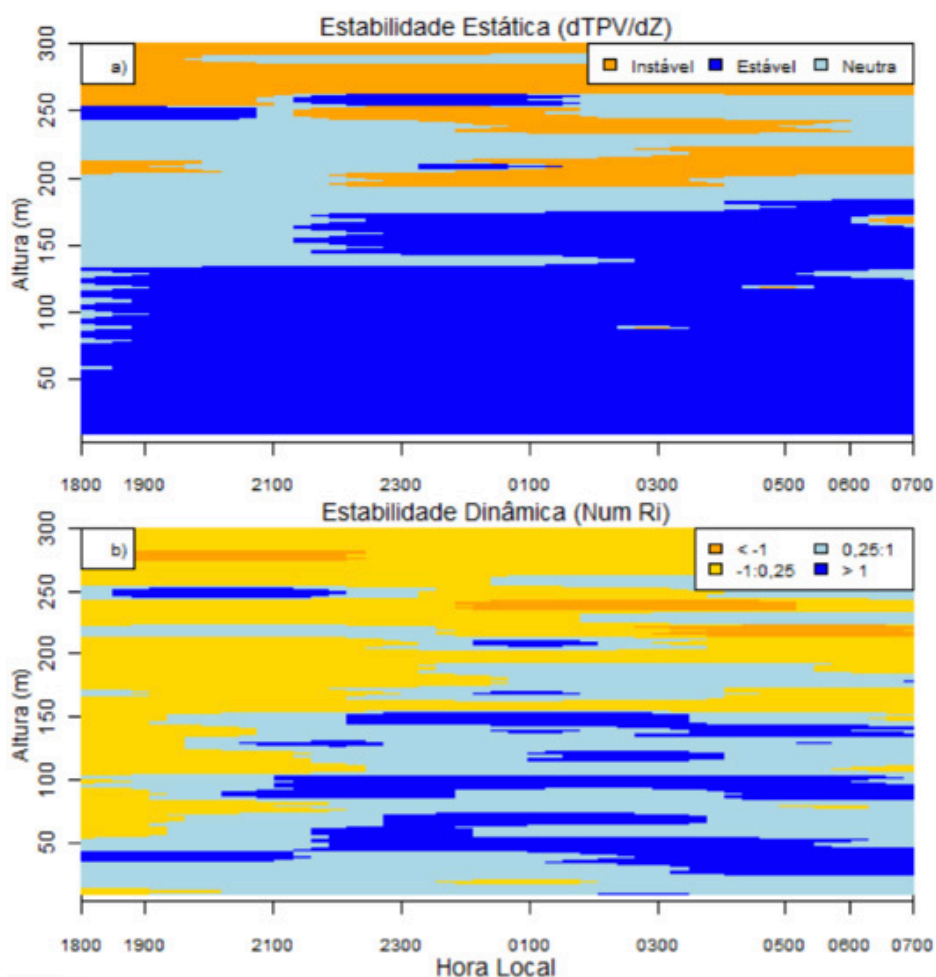


Figura 7. Condições de Estabilidade da CLN. (a) Estabilidade Estática; (b) Estabilidade dinâmica.

Na noite do dia 17/06 a condição de atmosfera estável atingiu pouco mais de 50 metros de altura. Isso pode ter ocorrido devido à velocidade do vento (~3 m/s) das 20 às 02:30, provocando uma melhor mistura e homogeneização da camada. Nas outras noites, a camada de estabilidade sempre esteve acima de 130 metros, acima disso a atmosfera encontrou-se em condição neutra e próximo aos 250 metros pode ser considerada instável, pois o gradiente de temperatura potencial virtual apresentaram valores negativos.

Já a **Figura 7b**, apresenta a média do número de Richardson Totalizador (Ri) para as 10 noites de sondagens. É possível notar, na média, o predomínio da condição de estabilidade sempre abaixo de 150 metros de altura, quando o Ri mostra valores sempre acima de 1, na cor azul escuro. Os valores em azul claro (de 0,25 a 1) indica a transição do estado turbulento para o estado laminar. A cor amarela, em que o Ri vale de -1 a 0,25 é o estado indica instabilidade com turbulência gerada praticamente por processos mecânicos (velocidade do vento), e por fim os valores em laranja indicam o escoamento dinamicamente instável.

É válido ressaltar que o comportamento dinâmico, a partir do Ri, caracterizou o escoamento laminar até altura de 150 metros para a maioria das noites, porém foi possível verificar que em algumas noites (16, 17, 20, 23 24) o escoamento estaticamente estável estava em torno de 50 metros e logo acima disso, a camada foi considerada instável devido à variação da velocidade do vento.

3.6 Taxa de resfriamento da CLN

O resfriamento a atmosfera se dá a partir do momento que o sol se põe, porém como o ar é um mal condutor de calor, esse resfriamento se dá de maneira gradativa, no sentido solo-atmosfera, devido à superfície perder calor mais facilmente que o ar logo acima dela. Nesse sentido, a taxa de resfriamento foi analisada utilizando os dados das sondagens e da estação meteorológica, assim tem-se um melhor entendimento do que ocorre desde 1 metro de profundidade até 250 metros de altura. Verificou-se que a taxa de resfriamento próximo à superfície é intensa, iniciando pouco antes das 17 até às 20:00 em média. Nesse período a taxa de resfriamento é em média de -1,6 °C/hora.

Em algumas noites, como nos dias 16, 17, 23, 24, a taxa atingiu valores um pouco acima de -2°C/hora. Porém, a partir das 20:00 o comportamento foi comum para todas as noites, com a taxa de resfriamento decaindo suavemente até às 22 horas e fica praticamente constante a partir desse período, apresentando uma taxa variando entre -0,1 a -0,4 °C/hora que é a mesma para atmosfera logo acima de 25 metros durante toda a noite.

4 | CONCLUSÃO

As condições meteorológicas na área de estudo mostram-se interessantes, visto que apresentam variabilidades diárias e sazonais bem definidas, além dos valores de precipitação serem menores do que a média da região. Esse pode ser um efeito direto causado pela brisa de rio, ressaltado por Fitzjarrald et al. (2008) e Cohen et al. (2014).

A evolução média das variáveis meteorológicas na CLN mostraram similaridades as noites estudadas, apresentando diferenças apenas se analisarmos noites com dias chuvosos e dias não chuvosos. De acordo com os resultados apresentados, observou-se que não existem grandes diferenças na a altura média da CLN utilizando os dois critérios para análise. Assim, o melhor método para estimar a altura da CLN nesta região ribeirinha não pode ser estabelecido com o conjunto de sondagens realizadas. Sugere-se a realização de sondagens mais frequentes e em diferentes estações do ano.

Em geral a estabilidade, analisada na forma estática e dinâmica, apresentaram características semelhantes, apresentando camada estável sempre abaixo de 150 metros e instável, com uma transição neutra no caso da estabilidade estática, acima disso. Já a taxa de resfriamento da CLN apresentou valores elevados nas primeiras duas horas da noite, logo após o por do sol e próximo a superfície, e permaneceu praticamente constante até o início da manhã. Esses resultados são confirmados com os dados da estação meteorológica (temperatura do ar e do solo), que apresentam o mesmo comportamento pelos resultados apresentados por Acevedo e Fitzjarrald (2001) e Santos (2005).

AGRADECIMENTO

À Fundação Amazônia Paraense de Amparo a Pesquisa, Edital 01/2010, ao CNPq, edital MCT/CNPq 14/2009 (483103/2009-8), pelo financiamento e ao Projeto LBA, pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, O. C.; FITZJARRALD, D.R. **The Early Evening Surface-Layer Transition: Temporal and Spatial Variability.** *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 58, 2001.
- ACEVEDO, O.; MORAES, O.; SILVA, R.; FITZJARRALD D. R.; SAKAI, R.; STAEBLER R.; CZIKOWSKY, M. **Inferring nocturnal surface fluxes from vertical profiles of scalars in an Amazon pasture.** *Global Change Biology*, vol, 10, 886-894, 2004.
- ACEVEDO, O. C.; SILVA R.; FITZJARRALD D. R.; MORAES, O.; SAKAI, R.; CZIKOWSKY, M. **Nocturnal vertical CO₂ accumulation in two Amazonian ecosystems.** *Journal Geophysical Research*, vol. 113, 2008.
- ARYA, P.S. **Air Pollution, Meteorology and Dispersion.** Oxford University Press, New York, 1999.
- COHEN, C. P. J.; FITZJARRALD, D. R.; D'OLIVEIRA, F. A. F.; SARAIVA, I.; BARBOSA, I. R. S.; GANDU A. W.; KUHN, P. A. **Radar-Observed Spatial and Temporal Rainfall Variability near The Tapajós-Amazon Confluence.** *Revista Brasileira de Meteorologia*,v. 29, n. esp., 23 - 30, 2014.
- FISCH, G.; TOTA, J.; MACHADO, L. A. T.; SILVA DIAS, M. A. F.; LYRA, R. F. F. C.; NOBRE, A.; DOLMAN, A. J.; GASH, J. H. C. **The Convective Boundary Layer Over Pasture and Forest in Amazonia.** *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 78, p.47-59, 2004.

FITZJARRALD, D. R.; SAKAI, R. K.; MORAES, O. L.; COSME de OLIVEIRA, R.; ACEVEDO, O. C.; CZIKOWSKY, M. J.; BELDINI, T. **Spatial and Temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós Rivers Confluence.** *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, 2008.

LU, L.; DENNING, A. S.; SILVA-DIAS, M. A.; SILVA-DIAS, P.; LONGO, M.; FREITAS, S. R.; SAATCHI, S. **Mesoscale circulations and atmospheric CO₂ variations in the Tapajós Region, Pará, Brazil.** *Journal of Geophysical Research*, vol. 110, 2005.

OLIVEIRA, A. P.; FITZJARRALD D. R. **The Amazon Breeze and Local Boundary Layer: I Observations.** *Boundary Layer Meteorology*, vol. 63: p. 141-162, 1993.

SÁ, L. D. A.; ANDRADE, E. S. de. **Curvatura do Perfil Vertical de Temperatura Potencial Virtual acima do Pantanal em Períodos Noturnos: Diferenças entre as Estações Seca e Úmida.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 21, 2006.

SANTOS, R. M. N. **Estudos da camada limite noturna na Amazônia.** 2005. 168f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, São Paulo, 2005.

SILVA, R. **Avaliação dos fluxos superficiais noturnos de escalares através do método de balanço da camada limite atmosférica.** 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Física) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2006.

SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA DIAS P. L.; LONGO M.; FITZJARRALD D. R.; DENNING A. S. **River breeze circulation in eastern Amazonia: observations and modelling results, Theoretical and Applied Climatology**, vol. 78(1), p. 111–121, 2004.

STULL, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.

TAPAJÓS, R. **Caracterização e Influência da Brisa do Rio Tapajós sobre dados Meteorológicos na Floresta Nacional do Tapajós.** 2017. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 22, 23

Aroma of wines 35, 36

C

Cilindro 78, 79, 81, 84, 89

Comunicação 5, 11, 13, 15, 106, 107, 109

Currículo de física 24, 26, 28, 29, 33

E

Efeito magnus 78, 79, 89

Elipse 78, 86

Ensino-aprendizagem 2, 5, 55, 56, 57, 62, 63, 65, 106, 112, 113

Ensino médio 3, 4, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 54, 56, 57, 60, 65, 66, 111

Etnoastronomia 67, 68, 69, 72, 73, 75, 76

F

Física 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 48, 67, 105, 106, 111, 113, 116

Flona Tapajós 90, 91

Formação inicial de professores 33, 54, 55

G

Gas sensors 36, 46

Geoprocessamento 47, 48, 49

H

Humanidade 67

I

Informação 29, 32, 47, 106, 108, 109, 114

J

Jamaraquá 90, 91, 92, 94, 95, 96

Jogo didático 54, 55, 63, 65, 66

M

Mapeamento 10, 12

Matemática 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 33, 68, 89, 116

Meteorologia 47, 52, 104, 105

MOS 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45

Multidisciplinaridade 10

N

Noble metals 36

O

OpenFOAM 78, 80, 82, 85, 89

P

PCN 24, 25, 28, 29, 30, 32, 33

Pessoas com Deficiência (PcD) 10, 11, 13, 15, 23

PIBID 7, 54, 55, 57, 63, 64, 65

Povos 67, 68, 69, 70, 73, 75, 77

Q

Química orgânica 55, 56, 60, 64

R

Realidade aumentada 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Rio Tapajós 90, 97, 98, 105

S

Sustentação 78, 79, 81, 85, 86, 87, 88, 89

T


Tecnologias 33, 47, 48, 52, 106, 109, 113, 114


U


Unity3d 47


FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:

Conhecimentos e pesquisas

 www.atenaeditora.com.br


 contato@atenaeditora.com.br


 @atenaeditora


 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:

Conhecimentos e pesquisas

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br