

# 14 a 18 de outubro de 2024

## Embrapa Territorial / Campinas - SP



# **CBMET 2024**

## **XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**

O Futuro do Tempo, do Clima e da Água por Gerações

[www.cbmet.com.br](http://www.cbmet.com.br)

**ANAIS 2024**

Realização



Patrocínio



# ISBN E DADOS DE PUBLICAÇÃO

## Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Meteorologia

14 a 18 de outubro de 2024 | Campinas - SP

### Edição técnica

Dr. João de Athaydes Silva Junior; Dr. Leandro Fontes de Sousa; Dra. Janice Freitas Leivas

*Todos os resumos neste livro foram reproduzidos de cópias fornecidas pelos autores e o conteúdo dos textos é de exclusiva responsabilidade dos mesmos. A organização do referente evento não se responsabiliza por consequências decorrentes do uso de quaisquer dados, afirmações e/ou opiniões inexatas ou que conduzam a erros publicados neste livro de trabalhos. É de inteira responsabilidade dos autores o registro dos trabalhos nos conselhos de ética, de pesquisa ou equivalentes de área.*

### Copyright © 2024 – Todos os direitos reservados

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, arquivada ou transmitida, em qualquer forma ou por qualquer meio, sem permissão escrita da comissão organizadora do evento ou da Sociedade Brasileira de Meteorologia.



# APRESENTAÇÃO

A Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET) promove bianualmente o Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET) para apresentar e discutir pesquisas recentes desenvolvidas nas universidades, instituições de pesquisa e empresas de tecnologia e inovação. A EMBRAPA Territorial na cidade de Campinas - São Paulo - sediou o XXIII CBMET entre 14 e 18 de outubro de 2024. A comunidade científica, profissional e estudantil da Meteorologia e áreas afins do Brasil e países vizinhos se debruçaram sobre temas no espectro que vai da micrometeorologia às mudanças climáticas, sistemas de medição locais e remotos, sistemas de previsão e alerta, eventos de tempo e clima de grande impacto socioeconômico, comunicação de massa, proteção e defesa civil, dentre outros temas relevantes para a Sociedade, Instituições e Governo. Esta XXIII edição do CBMET foi organizada em sessões orais, sessões de painéis, mesas redondas e assembleias. A participação e os trabalhos recebidos nas áreas do conhecimento do evento foram contribuições essenciais para o bem estar da sociedade e ambiente, e desenvolvimento socioeconômico sustentável.

O congresso é o principal evento promovido pela Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET) e no ano de 2024 foi realizada a vigésima terceira edição do evento. Este evento congrega estudantes e professores de diversas universidades nacionais e internacionais, pesquisadores que atuam em empresas e centros de pesquisas operacionais de meteorologia, profissionais dos núcleos estaduais e de empresas públicas e privadas que geram e são usuários de informações meteorológicas, empresas que desenvolvem e produzem equipamentos de monitoramento ambiental, além de diversos seguimentos da sociedade que utilizam as informações geradas pelas previsões de tempo e climatológicas, bem como de produtos específicos necessários aos tomadores de decisões, como é o caso do setor público nos diversos estados da federação, da agricultura, do setor de energia, da proteção e defesa civil.

# COMISSÕES DO EVENTO

## Comitê Local

Dra. Janice Freitas Leivas (EMBRAPA)  
Dr. João de Athaydes Silva Junior (UFPA)  
Prof. Dr. Lúcio Silva de Souza (UERJ)  
Profa. Dra. Lucieta Guerreiro Martorano (EMBRAPA)  
Profa. Dra. Maria de Souza Custodio (UNESP-FC)

## Comitê de Organização

Dr. João Batista Miranda Ribeiro (UFPA)  
Dr. Leandro Fontes de Sousa (SBMET)  
Dr. Leonardo Fagner Ponciano Barbieri (UFPB)  
Dr. Rômulo da Silveira Paz (UFPB)  
Dra. Janice Freitas Leivas (EMBRAPA)  
Dra. Maria de Souza Custodio (FC-UNESP)  
Dra. Rafaella de Araújo Aires Vilar (Kroma)  
Luciana Figueiredo Prado (UERJ)  
Msc. Débora de Araujo Paz (UFPB)  
Msc. Francisco de Assis Diniz (INMET)  
Msc. Maria Marle Bandeira (AESAPB)  
Prof. Dr. Almir Venancio Ferreira (CETEF/RJ)  
Prof. Dr. Ivan Pereira de Abreu (UFRJ)  
Prof. Dr. João de Athaydes Silva Junior (UFPA)  
Prof. Dr. Lúcio Silva de Souza (UERJ)  
Profa. Dra. Lucieta Guerreiro Martorano (EMBRAPA)

## Coordenadores do Comitê Científico

Dra. Meiry Sayuri Sakamoto (FUNCEME - Sistemas de Medição e Observação)  
Msc. Maria Marle Bandeira (AESAPB - Meteorologia e mídias)  
Prof. Dr. Augusto Pereira Filho (USP)  
Prof. Dr. Carlos Augusto Morales Rodriguez (USP - Meteorologia Física)  
Prof. Dr. Carlos Frederico Mendonça Raupp (USP - Meteorologia Dinâmica)  
Prof. Dr. Cléo Quesma Dias-Junior (IFPA - Micrometeorologia)  
Prof. Dr. Edson José Paulino da Rocha (UFPA/CENSIPAM - Hidrometeorologia)  
Prof. Dr. Hugo Abi Karam (UFRJ - Modelagem Numérica)  
Prof. Dr. Humberto Alves Barbosa (UFAL - Sensoriamento Remoto)  
Prof. Dr. Luiz Felipe Gozzo (UNESP/Bauru - Climatologia)  
Prof. Dr. Manoel Alonso Gan (INPE - Sinótica)  
Prof. Dr. Reinaldo Haas (UFSC - Meteorologia de Mesoescala)  
Prof. Dr. Thiago Nogueira (USP - Poluição e Química da Atmosfera)  
Prof. Dra. Luciana Figueiredo Prado (UERJ - Interação Oceano-Atmosfera)  
Profa. Dra. Lucieta Guerreiro Martorano (EMBRAPA - Agrometeorologia)

# REVISORES *AD HOC*

Adriana Gioda  
Adriano Marlison Leão de Souza  
Alan Cavalcanti da Cunha  
Alexandre Macedo Fernandes  
Alisson Amorim  
Ana Cunha  
Ariane Frassoni dos Santos de Mattos  
Augusto José Pereira Filho  
Breno César de Oliveira Imbiriba  
Breno Raphaldini  
Carlos Augusto Morales Rodriguez  
Carlos Frederico Mendonça Raupp  
Claudia Wanzeler  
Cléo Quaresma Dias Junior  
Douglas Lindemann  
Edson José Paulino da Rocha  
Eliane de Castro Coutinho  
Emerson Mariano da Silva  
Enver Ramirez Gutierrez  
Everson Dal Piva  
Fernanda Casagrande  
Helber Barros Gomes  
Heliofabio Barros Gomes  
Henri Rossi Pinheiro  
Hugo Abi Karam  
Humberto Alves Barbosa  
Jair Max Furtunato Maia  
Janice Freitas Leivas  
João Batista Miranda Ribeiro  
João de Athaydes Silva Junior  
José Augusto de Souza Junior  
José Augusto Paixão Veiga  
José Danilo da Costa Souza Filho  
José Felipe Gazel Menezes  
José Luis Flores Rojas  
Laura Rodrigues  
Leila Martins  
Leonardo Hoinaski  
Letícia Cotrim da Cunha  
Luciana Figueiredo Prado  
Lucieta Guerreiro Martorano  
Luiz Felipe Gozzo  
Manoel Alonso Gan  
Maria de Souza Custódio  
Maria Isabel Vitorino  
Maria Marle Bandeira  
Meiry Sayuri Sakamoto  
Natália Fedorova  
Paula Bianchini  
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza  
Pedro da Silva Peixoto  
Rafael da Silva Palácios  
Regina Maura de Miranda  
Reinaldo Hass  
Ricardo Hallak  
Rosmeri Portirio da Rocha  
Sin Chan Chou  
Thiago Nogueira

# PROGRAMAÇÃO

## Programação 14/10/2024

Horário	Atividade	Local
13:00 - 17:00	Credenciamento	
14:00 - 16:00	II Encontro de Estudantes de Meteorologia	Auditório - AU
14:00 - 16:00	<b>Palestra da MUTUA</b>	Auditório - AU
14:00 - 16:00	<b>Palestra do CONFEA</b>	Auditório - AU
14:00 - 16:00	<b>Participação da SBMET</b>	Auditório - AU
14:00 - 16:00	<b>Participação do INMET</b> <i>Palestrante: Naur Teodoro Pontes - INMET</i>	Área de Convivência - AC
16:00 - 19:00	Abertura do XXIII CBMET e Homenagem aos 50 anos do IPMET.	Auditório - AU
19:00 - 22:00	Confraternização	Área de Convivência - AC

## Programação 15/10/2024

Horário	Atividade	Local
08:30 - 17:00	<b>Credenciamento:</b> Intervalo para almoço das 12:00 até as 14:00	
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 1:</b> Introdução ao QGIS	Sala de Situação - S.Sit
08:30 - 10:00	<i>Palestrante: Edlene Monteiro Garçon - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Fernando Paim - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Rogério Resende - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Romário Moraes - EMBRAPA Territorial</i>	Área de Convivência - AC
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 2:</b> Curso R - "Uma sessão com o R na meteorologia"	Sala de Supervisão - S. Sup.
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 3:</b> Monitoramento Ambiental	Auditório - AU
08:30 - 10:00	<b>Assunto: Avanços no Monitoramento Meteorológico: O Papel do Radar RMT 0200 com Transmissor em Estado Sólido na Previsão e Detecção de Fenômenos Meteorológicos a Longas Distâncias</b>	Auditório - AU

Horário	Atividade	Local
	<i>Palestrante: Cristiano Eichholz - IACIT</i> <i>Palestrante: Rômulo Fernandes - IACIT</i>	
09:00 - 10:30	Sessão de Pôsteres	Área de Convivência - AC
09:00 - 10:30	<b>Sessões Orais:</b> Locais: Sala de Treinamento, Sala de Reunião 1 e Sala de Reunião 2	
10:30 - 12:30	Palestras <i>Palestrante: Manoel Alonso Gan - INPE</i>	Auditório - AU
10:30 - 10:55	<b>Palestra: Desastres Naturais e Sistemas de Alerta</b> <i>Palestrante: Giovanni Dolif Neto - CEMADEN</i>	Auditório - AU
10:55 - 11:20	<b>Palestra: Padrões climáticos associados a eventos de seca no estado de São Paulo</b> <i>Palestrante: Luiz Felipe Gozzo - UNESP - FC Bauru</i>	Auditório - AU
11:20 - 11:45	<b>Palestra: Eventos extremos no Sul do Brasil: Contexto atual e projeções futuras</b> <i>Palestrante: Jeferson Prietsch Machado - FURG</i>	Auditório - AU
11:45 - 12:10	<b>Palestra: Sistemas de Alerta e Alarme no Estado do Rio de Janeiro</b> <i>Palestrante: Cinthia Avellar Martins - INEA</i>	Auditório - AU
12:30 - 14:00	Almoço	
14:00 - 15:30	Sessão de Pôster	Área de Convivência - AC
14:00 - 15:30	<b>Sessões Orais:</b> Locais: Sala de Treinamento, Sala de Reunião 1 e Sala de Reunião 2	
15:30 - 16:00	Coffe break	
16:00 - 18:00	Palestras <i>Palestrante: Carlos Frederico Mendonça Raupp - USP</i>	Auditório - AU
16:00 - 16:30	<b>Palestra: Modelo de superfície continental</b> <i>Palestrante: Antônio Ocimar Manzi - INPE</i>	Auditório - AU
16:30 - 17:00	<b>Palestra: Modelagem numérica da dinâmica atmosférica: histórico e desafios modernos</b> <i>Palestrante: Pedro da Silva Peixoto - USP</i>	
17:00 - 11:30	<b>Palestra: Extremos meteorológicos associados a sistemas sinóticos</b> <i>Palestrante: Henri Rossi Pinheiro - USP</i>	Auditório - AU

# Programação 16/10/2024

Horário	Atividade	Local
08:30 - 17:00	<b>Credenciamento:</b> Intervalo para almoço das 12:00 até as 14:00	
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 1:</b> Introdução ao QGIS	Sala de Situação - S.Sit
08:30 - 10:00	<i>Palestrante: Edlene Monteiro Garçon - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Fernando Paim - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Rogério Resende - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Romário Moraes - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Emerson Ferrara - Além Mar</i>	
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 2:</b> Curso R - "Uma sessão com o R na meteorologia"	Sala de Supervisão - S. Sup.
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 3:</b> Monitoramento Ambiental	Auditório - AU
09:00 - 10:30	<b>Sessão Pôster:</b> Área de Convivência	Área de Convivência - AC
09:00 - 10:30	<b>Sessões Oraís:</b> Locais: Sala de Treinamento, Sala de Reunião 1 e Sala de Reunião 2	
10:30 - 10:55	Palestra IACIT <i>Palestrante: Jonas Bezerra Xavier - IACIT</i>	Auditório - AU
11:00 - 12:30	Palestras <i>Palestrante: Luciana Figueiredo Prado - UERJ</i>	Auditório - AU
11:00 - 11:30	<b>Palestra: Observações e modelagem de processos de interação oceano-atmosfera nos oceanos Atlântico Sul e Austral</b> <i>Palestrante: Ronald Buss de Souza - INPE</i>	
11:30 - 12:00	<b>Palestra: Interações oceano-atmosfera em períodos pretéritos de aquecimento global</b> <i>Palestrante: Marília de Carvalho Campos Garcia - UNICAMP</i>	Auditório - AU
12:00 - 12:30	<b>Palestra: Aprendizado de Máquina em Meteorologia: Melhorias em Termos de Instrumentação, Monitoramento e Previsão</b> <i>Palestrante: Ricardo Augusto Souza Fernandes - UFSCar</i>	
12:30 - 14:00	Almoço	
14:00 - 15:00	Sessão Pôster	Área de Convivência - AC
14:00 - 15:00	<b>Sessões Oraís:</b> Locais: Sala de Treinamento, Sala de Reunião 1 e Sala de Reunião 2	
15:00 - 15:25	Palestra Hobeco	Auditório - AU

Horário	Atividade	Local
15:30 - 17:30	Palestras <i>Palestrante: Lucieta Guerreiro Martorano - EMBRAPA</i>	Auditório - AU
16:00 - 16:25	<b>Palestra: Zoneamento de Risco Climático</b> <i>Palestrante: Santiago Vianna Cuadra - EMBRAPA Agricultura Digital</i>	
16:25 - 16:50	<b>Palestra: Inteligência artificial e sustentabilidade na agricultura</b> <i>Palestrante: Jurandir Zullo Junior - UNICAMP</i>	Auditório - AU
16:50 - 17:15	<b>Palestra Além Mar: Monitoramento ambiental e agrometeorológico</b> <i>Palestrante: Emerson Ferrara - Além Mar</i>	
17:30 - 18:00	Coffe Break	Área de Convivência - AC

## Programação 17/10/2024

Horário	Atividade	Local
08:30 - 16:00	<b>Credenciamento:</b> Intervalo para almoço das 12:00 até as 14:00	
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 1:</b> Introdução ao QGIS  <i>Palestrante: Edlene Monteiro Garçon - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Fernando Paim - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Rogério Resende - EMBRAPA Territorial</i> <i>Palestrante: Romário Moraes - EMBRAPA Territorial</i>	Sala de Situação - S.Sit
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 2:</b> Curso R - "Uma sessão com o R na meteorologia"	Área de Convivência - AC
08:30 - 10:00	<b>Minicurso 3:</b> Monitoramento Ambiental <i>Palestrante: Francisco José Fontelles Obelenis - DualBase</i>	Sala de Supervisão - S. Sup.
09:00 - 10:30	Sessão de Pôster	Auditório - AU
09:00 - 10:30	<b>Sessões Orais:</b> Locais: Sala de Treinamento, Sala de Reunião 1 e Sala de Reunião 2	Área de Convivência - AC
10:30 - 10:55	Palestra da dualBase - decoding the enviroment	
10:55 - 12:30	Política Nacional de Meteorologia <i>Palestrante: Romulo da Silveira Paz - UFPB</i>	Auditório - AU
10:30 - 12:30	<i>Palestrante: Mario de Miranda Vilas Boas Ramos Leitao - UNIVASF</i>	Auditório - AU

10:30 - 12:30	<b>Participação da AESA: (aguardando confirmação do título)</b>	Auditório - AU
10:30 - 12:30	<b>Participação do INMET</b> <i>Palestrante: Felipe do Souto de Sá Gille - INMET</i>	
12:30 - 14:00	Almoço	
12:30 - 14:00		Área de Convivência - AC
14:00 - 15:00	Sessão Pôster	Área de Convivência - AC
14:00 - 15:00	<b>Sessões Oraís:</b> Locais: Sala de Treinamento, Sala de Reunião 1 e Sala de Reunião 2	
15:00 - 15:30	Palestra Patrocinador	Auditório - AU
16:00 - 18:00	Palestras <i>Palestrante: Reinaldo Haas - UFSC</i>	Auditório - AU
16:00 - 16:30	<b>Palestra: Impactos das mudanças climáticas sobre as plantas e suas consequências para a agricultura e para as florestas</b> <i>Palestrante: Marcos Silveira Buckeridge - USP</i>	Auditório - AU
16:30 - 17:00	<b>Palestra: Sistema regional de aerossóis atmosféricos no Brasil: Uma análise da evolução nas últimas décadas e reflexões a respeito dos impactos climáticos</b> <i>Palestrante: Nilton Manuel Évora do Rosário - USP</i>	Auditório - AU
17:00 - 17:30	<b>Palestra: Ações da Defesa Civil baseadas em previsão de eventos extremos</b> <i>Palestrante: Rosane Duque Estrada Vieira - CENAD</i>	Auditório - AU
17:00 - 18:10	Assembleia Geral de Eleição	Sala de Treinamento - ST

## Programação 18/10/2024

Horário	Atividade	Local
09:00 - 12:00	Assembléia da SBMET	Sala de Treinamento - ST
09:00 - 12:00	Encerramento	Auditório - AU

# LIVRO DE RESUMOS

## Sumário

<b>1. Climatologia</b> .....	<b>25</b>
TENDÊNCIAS NA CONCENTRAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NO BRASIL .....	26
<i>Beatriz Siqueira</i> <sup>1</sup> ; <i>Jonas Teixeira Nery</i> <sup>2</sup> .....	26
ANÁLISE DOS FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E LATENTE SOBRE A BAÍA DE CAXIUANÃ - PA .....	27
<i>William Aquino</i> <sup>1</sup> ; <i>Paulo Vitor Reis Rodrigues</i> <sup>1</sup> ; <i>Carlos Edgar Gonçalves da Costa</i> <sup>1</sup> ; <i>José Danilo da Costa Souza Filho</i> <sup>2</sup> .....	27
DIAGNÓSTICO DE GESTÃO CLIMÁTICA A PARTIR MONITORAMENTO TÉRMICO EM ÁREA CONURBADA NA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS .....	34
<i>João Pedro de Moraes</i> <sup>1</sup> .....	34
CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA EM APOIO À GESTÃO DA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO MADEIRA, BRASIL .....	35
<i>Matheus Gomes Tavares</i> <sup>1</sup> ; <i>Sin Chan Chou</i> <sup>2</sup> ; <i>Nicole Cristine Laureanti</i> <sup>1</sup> ; <i>Priscila da Silva Tavares</i> <sup>1</sup> ; <i>Jorge Luís Gomes</i> <sup>1</sup> ; <i>Gustavo Sueiro</i> <sup>1</sup> ; <i>Francis Wagner Silva Correia</i> <sup>3</sup> .....	35
ANÁLISE DO DÉFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR EM TRÊS DIFERENTES ÁREAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM - PA .....	36
<i>Matheus Cristiano Cordeiro Moreira</i> <sup>1</sup> ; <i>João de Athaydes Silva Junior</i> <sup>2</sup> ; <i>Hernani José Brazão Rodrigues</i> <sup>3</sup> ; <i>Aline Maria Meiguins de Lima</i> <sup>4</sup> .....	36
TENDÊNCIAS DE LONGO PRAZO DE CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO ESTADO DO PARANÁ .....	37
<i>João Vitor Barreiros Cardoso</i> <sup>1</sup> ; <i>Admir Créso Targino</i> <sup>2</sup> .....	37
RELAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE CASOS DE DENGUE EM MACEIÓ E VARIABILIDADE CLIMÁTICA DO OCEANO ATLÂNTICO .....	38
<i>Djane Fonseca da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Pedro Fernandes de Souza Neto</i> <sup>2</sup> ; <i>Marcos Paulo Santos Pereira</i> <sup>3</sup> ; <i>Josiclêda Domiciano Galvêncio</i> <sup>4</sup> ; <i>Heliofabio Barros Gomes</i> <sup>5</sup> ; <i>Wellington Tenório da Costa</i> <sup>6</sup> .....	38
RELAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE CASOS DE DENGUE EM MACEIÓ E VARIABILIDADE CLIMÁTICA DO OCEANO PACÍFICO .....	39
<i>Djane Fonseca da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Pedro Fernandes de Souza Neto</i> <sup>2</sup> ; <i>Josiclêda Domiciano Galvêncio</i> <sup>3</sup> ; <i>Geórgenes Hilário Cavalcante Segundo</i> <sup>4</sup> ; <i>Weronica Meira de Souza</i> <sup>5</sup> ; <i>Licia Maíra Ramos Pires da Silva</i> <sup>6</sup> .....	39
ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ANOS PADRÕES DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CASTANHAL .....	40
<i>Paulo Vitor Reis Rodrigues</i> <sup>1</sup> ; <i>Adriano Venturieri</i> <sup>2</sup> ; <i>José Leocyvan Gomes Nunes</i> <sup>1</sup> ; <i>Moises Cordeiro Mourao de Oliveira Junior</i> <sup>2</sup> .....	40
MODELING THE URBAN HEAT ISLAND INTENSITY: A FRAMEWORK FOR IMPLEMENTING NATURE-BASED SOLUTIONS .....	48
<i>Gabriel Yoshikazu Oukawa</i> <sup>1</sup> ; <i>Patricia Krecl</i> <sup>2</sup> ; <i>Admir Créso Targino</i> <sup>2</sup> ; <i>Ligia Flávia Antunes Batista</i> <sup>2</sup> .....	48
O FENÔMENO EL NIÑO E SUA INFLUÊNCIA DIRETA NO DESASTRE NA CIDADE DE ELDORADO DO SUL (RS) EM ABRIL E MAIO DE 2024. ....	49
<i>Ana Beatriz da Silva Pereira</i> <sup>1</sup> .....	49
USO DO MÉTODO SARIMA NO PROGRAMA MINITAB PARA PREVISÃO DE TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA DA CIDADE DE BELÉM, NO PARÁ .....	50
<i>Kayky Pantoja de Sousa</i> <sup>1</sup> ; <i>Eva Nicole Silveira dos Santos</i> <sup>1</sup> .....	50
ATUALIZAÇÃO DA NORMAL CLIMATOLÓGICA E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA O MUNICÍPIO DE BOTUCATU-SP .....	59

<i>JOSÉ RAFAEL FRANCO</i> <sup>1</sup> ; <i>VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA</i> <sup>1</sup> ; <i>Marcus Vinícius Contes Calça</i> <sup>2</sup> ; <i>Matheus Rodrigues Raniero</i> <sup>2</sup> ; <i>VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN</i> <sup>3</sup> ; <i>TAKECHI KOIZUME FILHO</i> <sup>4</sup> ; <i>Alexandre Dal Pai</i> <sup>3</sup> ; <i>Enzo Dal Pai</i> <sup>3</sup> .....	59
CHUVAS EXTREMAS EM BOTUCATU-SP: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DA SÉRIE HISTÓRICA (1971-2022) .....	61
<i>JOSÉ RAFAEL FRANCO</i> <sup>1</sup> ; <i>VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA</i> <sup>1</sup> ; <i>MARCUS VINÍCIUS CONTES CALÇA</i> <sup>2</sup> ; <i>MATHEUS RODRIGUES RANIERO</i> <sup>2</sup> ; <i>VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN</i> <sup>3</sup> ; <i>DEMERVAL SOARES MOREIRA</i> <sup>5</sup> ; <i>ISABELA ALVES DE ALMEIDA</i> , <sup>4</sup> ; <i>ENZO DAL PAI</i> <sup>3</sup> .....	61
AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO ESPACIAL PARA VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO ESTADO DE MATO GROSSO .....	63
<i>Rhavel Salviano Dias Paulista</i> <sup>1</sup> ; <i>Daniela Castagna</i> <sup>1</sup> ; <i>Luzinete Scaunichi Barbosa</i> <sup>1</sup> ; <i>Frederico Terra de Almeida</i> <sup>3,4</sup> ; <i>Adilson Pacheco de Souza</i> <sup>2,3,4</sup> .....	63
EROSIVIDADE DA CHUVA EM ÁREAS DE CERRADO NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO .....	64
<i>Daniela Castagna</i> <sup>2,3</sup> ; <i>Rhavel Salviano Dias Paulista</i> <sup>2,3</sup> ; <i>Luzinete Scaunichi Barbosa</i> <sup>2</sup> ; <i>Frederico Terra de Almeida</i> <sup>1,5</sup> ; <i>Adilson Pacheco de Souza</i> <sup>1,4,5</sup> .....	64
PERCEPÇÕES DE MUDANÇAS NA PRECIPITAÇÃO VERIFICADAS NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA ...	65
<i>Lusiene Silva de Jesus</i> <sup>1</sup> ; <i>João Batista Miranda</i> <sup>2</sup> ; <i>Matheus Pantoja Aguiar</i> <sup>3</sup> ; <i>Maria Eduarda Nobre dos Santos</i> <sup>4</sup> .....	65
ANÁLISE DO ÍNDICE DE CALOR, NA CIDADE DE BRASÍLIA- DF, DURANTE ANO 1992 A 2022.....	74
<i>Caio de Oliveira Silva Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Lucas Oliveira Xavier</i> <sup>1</sup> ; <i>Augusto Conceição dos Reis</i> <sup>1</sup> .....	74
ANÁLISE DA CLIMATOLOGIA E O CONFORTO TÉRMICO DA CIDADE DE BELO HORIZONTE (MG)....	75
<i>Ana Beatriz da Silva Almeida</i> <sup>1</sup> ; <i>Eva nicole silveira dos santos</i> <sup>1</sup> .....	75
ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA NO ESTADO DE MINAS GERAIS NO SÉCULO XXI .....	76
<i>Lucas Rosa de Almeida</i> <sup>1</sup> ; <i>Mariana Gonçalves da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Vitor Vilhena de Souza Mangia Manso</i> <sup>1</sup> ; <i>Julia da Silva Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Mel Cristina Valeriano de Paula</i> <sup>1</sup> ; <i>Maria Julia Almeida de Oliveira</i> <sup>1</sup> ; <i>Ana Julia Matias</i> <sup>1</sup> ; <i>Rayssa de Oliveira Dias</i> <sup>1</sup> ; <i>Anna Beatriz Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Marcelo Vieira-Filho</i> <sup>2</sup> .....	76
OS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS COMO FATOR DE RISCO NAS ENFERMIDADES RESPIRATÓRIAS: ESTUDO DE CASO PARA A CIDADE DE JUIZ DE FORA-MG .....	77
<i>Cássia de Castro Martins Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Letícia de Castro Martins Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Luísa de Castro Batista</i> <sup>2</sup> ; <i>Fabio de Oliveira Sanches</i> <sup>1</sup> .....	77
IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESCOAMENTO, UMIDADE DO SOLO E RECARGA, PARA O SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA, ESTADO DA BAHIA, BRASIL .....	78
<i>Barbara Hanna Fernandes Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Claudine Dereczynski</i> <sup>2</sup> ; <i>Gerson Cardoso da Silva Junior</i> <sup>3</sup> .....	78
DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO MUNICÍPIO DE BELO JARDIM, PERNAMBUCO, BRASIL .....	79
<i>Juliana Chagas Rodrigues</i> <sup>1</sup> ; <i>Sebastião Mariano Junior</i> <sup>2</sup> .....	79
ANÁLISE DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO EM BELÉM-PA .....	83
<i>Matheus Pantoja Aguiar</i> <sup>1</sup> ; <i>Lusiene Silva de Jesus</i> <sup>1</sup> ; <i>Rina Batista Anika</i> <sup>1</sup> ; <i>Eva Nicole Silveira dos Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>João Batista Miranda Ribeiro</i> <sup>2</sup> .....	83
VARIAÇÕES NO GIRO SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL DURANTE A TERMINAÇÃO V E O EIM 11 .....	84
<i>Viviane Querollaine Pires Turman</i> <sup>1</sup> ; <i>Tatiana de Lourdes Campese</i> <sup>1</sup> ; <i>Breno de Souza Marques</i> <sup>1</sup> ; <i>Laura Kraft</i> <sup>2</sup> ; <i>Bruna Borba Dias</i> <sup>4</sup> ; <i>Cristiano Mazur Chiessi</i> <sup>5</sup> ; <i>Gelvam Hartmann</i> <sup>3</sup> ; <i>Rodrigo Azevedo Nascimento</i> <sup>6</sup> ; <i>Igor Martins Venancio</i> <sup>7</sup> ; <i>Ana Luíza Spadano Albuquerque</i> <sup>8</sup> ; <i>João Marcelo Ballalai</i> <sup>7</sup> ; <i>Anderson Gomes de Almeida</i> <sup>9</sup> ; <i>Marília de Carvalho Campos</i> <sup>3</sup> .....	84
MUDANÇAS NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NO OESTE DO ATLÂNTICO TROPICAL DURANTE A TERMINAÇÃO V E O EIM11 .....	85
<i>TATIANA DE LOURDES CAMPESE</i> <sup>1</sup> ; <i>VIVIANE QUEROLLAINÉ PIRES TURMAN</i> <sup>1</sup> ; <i>BRENO DE SOUZA MARQUES</i> <sup>1</sup> ; <i>LAURA KRAFT</i> <sup>2</sup> ; <i>BRUNA BORBA DIAS</i> <sup>3</sup> ; <i>CRISTIANO MAZUR CHIESSI</i> <sup>4</sup> ; <i>GELVAM HARTMANN</i> <sup>5</sup> ; <i>RODRIGO AZEVEDO NASCIMENTO</i> <sup>6</sup> ; <i>IGOR MARTINS VENÂNCIO</i> <sup>7</sup> ; <i>ANA LUIZA SPADANO ALBUQUERQUE</i> <sup>8</sup> ; <i>JOÃO MARCELO BALLALAI</i> <sup>7</sup> ; <i>ANDERSON GOMES DE ALMEIDA</i> <sup>9</sup> ; <i>MARÍLIA DE CARVALHO CAMPOS</i> <sup>5</sup> .....	85

ESTUDO DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB .....	86
<i>Eva Nicole Silveira Dos Santos<sup>1</sup>; Matheus Pantoja Aguiar<sup>2</sup>; Ana Beatriz Da Silva Almeida<sup>3</sup>; kayky Pantoja De Souza<sup>1</sup>; João Batista Miranda Ribeiro<sup>1</sup>.....</i>	
ANÁLISE E ESTUDO CLIMATOLÓGICO PARA A CIDADE DE NATAL - RIO GRANDE DO NORTE .....	87
<i>Rina Batista Aniká<sup>1</sup>; Matheus Cristiano Cordeiro Moreira<sup>2</sup>; Matheus Pantoja Aguiar<sup>3</sup>; Maria Eduarda Nobre dos Santos<sup>4</sup>; Breno Cesar de Oliveira Imbiriba<sup>5</sup>.....</i>	
ANÁLISE DE ONDELETAS DO EPISÓDIO DE CHUVA EXTREMA NO RIO GRANDE DO SUL ENTRE ABRIL E MAIO DE 2024 .....	88
<i>Luiz Felipe Gozzo<sup>1</sup>; Luis Fernando Sormani<sup>2</sup>; Pedro Lucas Oliveira Pinto<sup>2</sup>.....</i>	
CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM PERÍODO NOTURNO NO MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ/MG UTILIZANDO O THI .....	89
<i>Rafael Rodrigues Ferreira<sup>1</sup>; Aline Pascoalino<sup>2</sup>.....</i>	
RELAÇÃO ENTRE AS ANOMALIAS DE TEMPERATURA EM SUPERFÍCIE NAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL E ANOMALIAS DE TEMPERATURA NA ESTRATOSFERA DO HEMISFÉRIO SUL	90
<i>Pietra Santos de Sá Lisboa<sup>1</sup>; Luiz Felipe Gozzo<sup>2</sup>.....</i>	
IMPACTOS NA AGRICULTURA BRASILEIRA CAUSADOS POR EL NIÑO E LA NIÑA .....	91
<i>Gabriel Santos Costa<sup>1</sup>; Denise Bartok de Almeida<sup>1</sup>; Renan Onassis da Silva Lopes<sup>1</sup>.....</i>	
AQUECIMENTO DAS ÁGUAS OCEÂNICAS: EFEITOS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E NAS OCORRÊNCIAS DE CHUVAS.....	92
<i>Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão<sup>3</sup>; Gertrudes Macario de Oliveira<sup>2</sup>; Emerson Damasceno de Oliveira<sup>1</sup>; Manoel Gregório Caetano de Lima Pinto<sup>1</sup>.....</i>	
O AQUECIMENTO E O DESCONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE URBANO, NÃO RESULTAM DO AQUECIMENTO GLOBAL .....	102
<i>Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão<sup>1</sup>; Gertrudes Macario de Oliveira<sup>2</sup>; Emerson Damasceno de Oliveira<sup>1</sup>; Manoel Gregório Caetano de Lima Pinto<sup>1</sup>.....</i>	
VENTO ARACATI NO CEARÁ E NO SERTÃO DA PARAÍBA: REAL E IMAGINÁRIO .....	108
<i>José Ivaldo Barbosa de Brito<sup>1</sup>; Mileny da Silva Fonseca<sup>2</sup>.....</i>	
CORRELAÇÃO DAS ALTAS TEMPERATURAS COM O NÚMERO DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NA CIDADE DE BELÉM .....	109
<i>Lanna Agatha Freire Pinheiro<sup>1</sup>.....</i>	
PREVISÃO DA DATA DE INÍCIO DO PERÍODO CHUVOSO NAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO CEARÁ A PARTIR DE OBSERVAÇÕES E PREVISÕES SUBSAZONAIS .....	110
<i>Iago Alvarenga e Silva<sup>1,2</sup>; Francisco das Chagas Vasconcelos Júnior<sup>1</sup>; Denis Harley Feijó Cardoso<sup>1</sup>; Gabriela Pinheiro Feitosa<sup>1</sup>.....</i>	
CENÁRIOS FUTUROS DE PNEUMONIA PARA ARACAJU-SE VIA PROJEÇÕES CLIMÁTICAS DO CMIP5 E CMIP6.....	111
<i>Arthur Santiago Gomes Marinho<sup>1</sup>; Fabrício Daniel dos Santos Silva<sup>2</sup>; Mario Henrique Guilherme dos Santos Vanderlei<sup>1</sup>; Rafaela Lisboa Costa<sup>2</sup>; Glauber Lopes Mariano<sup>2</sup>.....</i>	
RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E CASOS DE ASMA EM CAMPINA GRANDE-PB .	112
<i>Arthur Santiago Gomes Marinho<sup>1</sup>; Ana Jessica Silva e Souza<sup>1</sup>; Mário Henrique Guilherme dos Santos Vanderlei<sup>1</sup>; Fabrício Daniel dos Santos Silva<sup>2</sup>; Rafaela Lisboa Costa<sup>2</sup>; Glauber Lopes Mariano<sup>2</sup>.....</i>	
AVALIAÇÃO DAS PREVISÕES CLIMÁTICAS DECADAIS PARA O NORDESTE BRASILEIRO .....	113
<i>Gabriela Pinheiro Feitosa<sup>1</sup>; Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins<sup>2</sup>; Francisco das Chagas Vasconcelos Junior<sup>2</sup>; Iago Alvarenga e Silva<sup>2</sup>.....</i>	
RELAÇÃO ENTRE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL EM BACIAS DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN) E ÍNDICES CLIMÁTICOS .....	114
<i>Lucas Fanderuff Gaissler<sup>6</sup>; Alice Marlene Grimm<sup>4</sup>; João Paulo Jankowski Saboia<sup>5</sup>; Henrique Schinaider da Silva<sup>6</sup>; Bernardo Lipski<sup>5</sup>; Ugo Maranhão Leal<sup>5</sup>; Isabella Ecard Barros<sup>2</sup>; Lucas Borges Picarelli<sup>3</sup>; Thainá Rodrigues Fernandes<sup>2</sup>; Victor Campos Vieira da Rosa<sup>1</sup>.....</i>	

CLIMATOLOGIA E CONFORTO TÉRMICO EM BELÉM-PA: TENDÊNCIAS E IMPACTOS AO LONGO DE 50 ANOS.....	115
<i>NATALIA ARAUJO DE PAIVA</i> <sup>1</sup> .....	115
ANÁLISE COMPORTAMENTAL DA VARIABILIDADE DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS EM DIFERENTES MUNICÍPIOS NA REGIÃO DA AMAZÔNIA LEGAL.....	116
<i>Euller Felipe Lobo Wanzeller</i> <sup>1</sup> ; <i>Rosa Das Graças Lobato Da Rocha</i> <sup>1</sup> ; <i>Paulo Vitor Reis Rodrigues</i> <sup>1</sup> .....	116
ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO AMBIENTAL EM PRAÇA PÚBLICA DURANTE EVENTO DE FRIAGEM NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ AMAZONAS.....	122
<i>Lauriane Souza Alves</i> <sup>1</sup> ; <i>Carlos Alexandre Santos Querino</i> <sup>2</sup> ; <i>Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino</i> <sup>3</sup> ; <i>Antônio Francisco Nunes Braga</i> <sup>4</sup> ; <i>Beatriz de Souza Gomes</i> <sup>4</sup> ; <i>Zeilane Silva Brito</i> <sup>6</sup> .....	122
IMPACTOS DA LA NIÑA NO REGIME CHUVOSO DA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	129
<i>Leonam Lucas Monteiro Pastana</i> <sup>1</sup> .....	129
GOOGLE EARTH ENGINE E MONITORAMENTO DE USO DO SOLO: POTENCIALIDADES DO SUPORTE À DECISÃO EM SIG PARA RISCOS DE RESPOSTAS HIDROLÓGICAS DE CHUVAS NA BACIA HIDROGRÁFICAS DO RIO MACAÉ.....	135
<i>Willy César Veiga Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Rafael Malheiro Ferreira</i> <sup>2</sup> .....	135
PROVÁVEL INFLUÊNCIA DAS VÁRIAS METEOROLOGIAS, NA INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM CRIANÇAS EM BELÉM-PA.....	136
<i>Gleiciane Gomes de Assunção</i> <sup>1</sup> ; <i>Jessica Nayara Siqueira da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Luis Carlos Martins Monteiro Junior</i> <sup>1</sup> ...	136
ANÁLISE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO MUNICÍPIO DE TRACUATEUA-PA.....	139
<i>Michelen de Souza Monteiro</i> <sup>1</sup> ; <i>Thaís Cristina Ferreira Belo</i> <sup>2</sup> ; <i>Elorrany Vitória Santos de Jesus</i> <sup>3</sup> ; <i>Layanna Adny Fernandes de Oliveira</i> <sup>4</sup> ; <i>João Paulo Pamplona Mendes</i> <sup>5</sup> .....	139
MUDANÇAS DE TEMPERATURA E A EPIDEMIOLOGIA DA DENGUE EM BELÉM DO PARÁ ENTRE 2014 E 2022.....	144
<i>EMILENE MONTEIRO FURTADO SERRA</i> <sup>1</sup> ; <i>EVERALDO BARREIROS DE SOUZA</i> <sup>2</sup> ; <i>LUIS CARLOS MARTINS MONTEIRO JUNIOR</i> <sup>3</sup> .....	144
INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA INCIDÊNCIA DA DENGUE NO ESTADO DO PARÁ ENTRE 2014 E 2022.....	149
<i>EMILENE MONTEIRO FURTADO SERRA</i> <sup>1</sup> ; <i>EVERALDO BARREIROS DE SOUZA</i> <sup>2</sup> ; <i>LUIS CARLOS MARTINS MONTEIRO JUNIOR</i> <sup>3</sup> .....	149
ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BREVES-PA.....	150
<i>Tainá Aragão Brittes</i> <sup>1</sup> ; <i>italo reis pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>maykol jorge santos silva</i> <sup>1</sup> ; <i>joão felipe de almeida silva</i> <sup>1</sup> .....	150
ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS NO MUNICÍPIO DE CAMETÁ.....	155
<i>Naira Pinheiro do Espírito Santo</i> <sup>1</sup> ; <i>Graziella Siqueira de Oliveira</i> <sup>2</sup> ; <i>Átila Luiz Silva Modesto</i> <sup>3</sup> ; <i>Adria Yasmim Souza do Nascimento</i> <sup>4</sup> .....	155
IMPACTOS DO EL NIÑO NO REGIME CHUVOSO DA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	162
<i>Jessica Nayara Siqueira da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Gleiciane Gomes de Assunção</i> <sup>1</sup> .....	162
ANÁLISE DOS STORM TRACKS NO HEMISFÉRIO SUL EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	163
<i>Jeferson Prietsch Machado</i> <sup>1</sup> ; <i>Renato Ramos da Silva</i> <sup>2</sup> ; <i>Jaci Maria Bilhalva Saraiva</i> <sup>1</sup> .....	163
ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS NOS PADRÕES DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA.....	174
<i>Pedro Henrique Caetano Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Pedro Henrique Moraes Conceição</i> <sup>1</sup> ; <i>Lucas da Rocha Marum Jorge</i> <sup>1</sup> .....	174
CORRELAÇÃO ENTRE CASOS DE DENGUE E PRECIPITAÇÃO EM HUMAITÁ-AM.....	181
<i>Beatriz de Souza Gomes</i> <sup>1</sup> ; <i>Carlos Alexandre Santos Querino</i> <sup>2</sup> ; <i>Juliane Kayser Albuquerque Da Silva Querino</i> <sup>3</sup> ; <i>Antonio Francisco Nunes Braga</i> <sup>4</sup> ; <i>Lauriane Souza Alves</i> <sup>5</sup> ; <i>Zeilane Silva Brito</i> <sup>6</sup> .....	181
ANÁLISE DAS CHUVAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS NAS ENCHENTES DE TUCURUÍ(PA).....	188
<i>Samara Ayumi Martins Kakizawa</i> <sup>1</sup> ; <i>Nathally Suanne dos Santos Moura</i> <sup>1</sup> ; <i>Juliana Conceição Duarte</i> <sup>1</sup> ; <i>Anna Carolina Macedo Lobato</i> <sup>1</sup> ; <i>Felipe Cauê Morais</i> <sup>1</sup> .....	188

ANÁLISE DAS CHUVAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS NAS ENCHENTES DE TUCURUÍ(PA).....	189
<i>Samara Ayumi Martins Kakizawa<sup>1</sup>; Nathally Suanne dos Santos Moura<sup>1</sup>; Juliana Conceição Duarte<sup>1</sup>; Anna Carolina Macedo Lobato<sup>1</sup>; Felipe Cauê Morais<sup>1</sup>.....</i>	
	189
EFEITO DA TEMPERATURA E ONDAS DE CALOR NOS CASOS DE DENGUE NOS MUNICÍPIOS DE SÃO PAULO/SP E NATAL/RN.....	195
<i>Camila Lorenz<sup>1</sup>; Rita Yuri Ynoue<sup>3</sup>; Adriana Gioda<sup>4</sup>; Thiago Nogueira<sup>2</sup>.....</i>	
	195
EMITÂNCIA DE CALOR PARA DIFERENTES SUPERFÍCIES EM SÃO JOÃO DE PIRABAS-PA, NORDESTE PARAENSE, EM PERÍODO DE SUPER EL NIÑO.....	196
<i>João Batista Miranda Ribeiro<sup>1</sup>; João Athaydes Silva Junior<sup>2</sup>; Clarissa Santos Duarte<sup>3</sup>; Samira Maciel da Costa<sup>4</sup>.....</i>	
	196
ANÁLISE DO UTCI EM HUMAITÁ/AM DURANTE UM EVENTO DE FRIAGEM.....	197
<i>Carlos Alexandre Santos Querino<sup>1</sup>; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino<sup>1</sup>.....</i>	
	197
ANÁLISE DE DESEMPENHO MEDIDO E ESTIMADO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO LOCALIZADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ, ALAGOAS.....	199
<i>Luan Santos de Oliveira Silva<sup>1</sup>; Rosiberto Salustiano da Silva Junior<sup>3</sup>; Luana do Nascimento Vasconcelos<sup>2</sup>; Ewerton de Souza Muniz<sup>2</sup>; Brisa Soriano de Andrade<sup>2</sup>; Ricardo Ferreira Carlos de Amorim<sup>3</sup>.....</i>	
	199
COMPARAÇÃO DAS ATMOSFERAS DOS PLANETAS GASOSOS E DA TERRA: MÓDULO DE ASTROMETEOROLOGIA EM CURSO DE ASTRONOMIA DIGITAL.....	200
<i>Kennia Karina da Silva Varine<sup>1</sup>; Mayana Vitoria Oliveira e Sousa<sup>1</sup>; Rodolfo Langhi<sup>2</sup>.....</i>	
	200
<b>2. Hidrometeorologia.....</b>	<b>201</b>
MODELAGEM HIDROMETEOROLÓGICA APLICADA A MÉDIAS BACIAS DE CLIMA TROPICAL.UM ESTUDO DE CASO COM TOPMODEL PARA A BACIA DO RIO MURIAÉ.....	202
<i>Raphaella Barros Pereira da Silva<sup>1</sup>; Hugo Abi Karam<sup>2</sup>.....</i>	
	202
IMPACTOS DA SECA DE 2023 NA AMAZÔNIA CENTRAL.....	203
<i>Lady Layana Martins Custódio<sup>1</sup>; Debora Carolina Hymans<sup>1</sup>; Priscila Camelo Alves<sup>1</sup>; Paula dos Santos Silva<sup>1</sup>; André Zumak Azevedo Nascimento<sup>1</sup>; Bruna Mendel Naissinger<sup>1</sup>; Rodrigo Xavier<sup>1</sup>; Miriam Marmontel<sup>2</sup>; Ayan Santos Fleischmann<sup>2</sup>.....</i>	
	203
CALIBRAÇÃO DE MODELO CHUVA-VAZÃO PARA PROJEÇÕES FUTURAS COM CARACTERIZAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NAS BACIAS DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN).....	204
<i>Maria Clara Pontello<sup>6</sup>; Ricardo Carvalho de Almeida<sup>4</sup>; João Paulo Jankowski Saboia<sup>5</sup>; Henrique Schinaider da Silva<sup>6</sup>; Violet Ishak<sup>6</sup>; Rubem Luiz Daru<sup>5</sup>; Bernardo Lipski<sup>5</sup>; Ugo Maranhão Leal<sup>5</sup>; Isabella Ecard Barros<sup>2</sup>; Lucas Borges Picarelli<sup>3</sup>; Thainá Rodrigues Fernandes<sup>2</sup>; Victor Campos Vieira da Rosa<sup>1</sup>.....</i>	
	204
COMPARAÇÃO DE DADOS DE CHUVA DOS BANCOS DE DADOS BRAZILIAN DAILY WEATHER GRIDDED DATA (BR-DWGD) E ERA5 NO ACRE NA SÉRIE TEMPORAL 2000-2022.....	205
<i>Santiago Maria Márquez Arévalo<sup>1</sup>; Bruna Rodrigues de Sousa<sup>1</sup>; Ana Luísa Ribeiro de Faria<sup>1</sup>; Rafael Coll Delgado<sup>2</sup>.....</i>	
	205
CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE INTENSIDADE DAS CHUVAS NATURAIS NO MUNICÍPIO DE SINOP -MT.....	206
<i>Brenda Buose<sup>1</sup>; Adilson Pacheco de Souza<sup>2,3</sup>; Daniela Roberta Borella<sup>2,4</sup>; Marlus Sabino<sup>4</sup>; Frederico Terra de Almeida<sup>2</sup>.....</i>	
	206
AVALIAÇÃO DE MÉTODO IDF EM REGIÕES OCEÂNICAS: UM ESTUDO DE CASO PARA BACIA DE CAMPOS.....	207
<i>Karine dos Santos Rodrigues<sup>1</sup>; Gilmara Duarte Lima Furtado<sup>1</sup>; Eric Oliveira Ribeiro<sup>2</sup>; Wellington Ceccopieri Belo<sup>3</sup>; Marcelo Andrioni<sup>2</sup>; Luis Manoel Paiva Nunes<sup>4</sup>; Ricardo de Camargo<sup>5</sup>.....</i>	
	207
ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA DA BACIA DO RIO TOCANTINS NO MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA.....	208
<i>Erica Caelany Veiga Barral<sup>1,2</sup>; Emylle Victoria Santos Correa<sup>1,2</sup>; Eduardo da Silva Margalho<sup>2</sup>; Edson José Paulino da Rocha<sup>2</sup>; Flávio Augusto Altieri dos Santos<sup>3</sup>.....</i>	
	208
ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA DA BACIA DO RIO TAPAJÓS NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA/PA.....	209

<i>Emylle Victoria Santos Correa</i> <sup>1,3</sup> ; <i>Erica Caelany Veiga Barral</i> <sup>1,3</sup> ; <i>Eduardo da Silva Margalho</i> <sup>3</sup> ; <i>Edson José Paulino da Rocha</i> <sup>3</sup> ; <i>Flávio Augusto Altieri dos Santos</i> <sup>2</sup> .....	209
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE SENSIBILIDADE BIOCLIMÁTICA DA VÁRZEA DA FOZ DO RIO GUAMÁ .....	210
<i>Ana Caroline Correa dos Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Matheus Cristiano Cordeiro Moreira</i> <sup>2</sup> ; <i>Aline Maria Meiguins de Lima</i> <sup>3</sup> ...	210
ANÁLISE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO PARA QUATRO BACIAS HIDROGRÁFICAS LOCALIZADAS NOS ESTADOS DE PERNAMBUCO E ALAGOAS. ....	211
<b>3. Meteorologia Física .....</b>	<b>212</b>
FORÇANTES RADIATIVAS INSTANTÂNEAS DEVIDO AO PRIMEIRO EFEITO INDIRETO DE AEROSSÓIS ANTROPOGÊNICOS DURANTE O EXPERIMENTO GOAMAZON 2014/5 .....	213
<i>André Cezar Pugliesi da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Alexandre Lima Correia</i> <sup>2</sup> .....	213
CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO OBSERVADA NAS TEMPESTADES ELÉTRICAS DA AMÉRICA DO SUL .....	214
<i>carlos augusto morales rodriguez</i> <sup>1</sup> .....	214
<b>4. Meteorologia Dinâmica.....</b>	<b>215</b>
IMPACTOS DA OSCILAÇÃO DE MADDEN-JULIAN (OMJ) NA CHUVA DE MONÇÃO NA AFRICA AUSTRAL .....	216
<i>Kenedy Cipriano Silverio</i> <sup>1</sup> ; <i>Tercio Ambrizzi</i> <sup>2</sup> .....	216
ENERGÉTICA DA TEMPESTADE SUBTROPICAL RAONI, UTILIZANDO MODELO MONAN-MPAS .....	217
<i>Sérgio Henrique Soares Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Manoel Alonso Gan</i> <sup>1</sup> ; <i>Bruno Miranda de Brito</i> <sup>1</sup> ; <i>Júlio Pablo Reyes Fernandez</i> <sup>1</sup> .....	217
<b>5. Meteorologia Sinótica.....</b>	<b>218</b>
ESTUDO DE CASO DE ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS) - 04 A 07 DE JANEIRO DE 2024 .....	219
<i>Augusto Gabriel da Costa Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Maria Isabel Silva Dantas</i> <sup>1</sup> ; <i>Luana Oliveira Barros</i> <sup>1</sup> ; <i>Ádria Martins Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Nedilson Sanches Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Davidson Lima de Melo</i> <sup>1</sup> ; <i>Marcelo Enrique Seluchi</i> <sup>2</sup> .....	219
PADRÕES SINÓTICOS ASSOCIADOS COM AS PRINCIPAIS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO OCORRIDAS NO BRASIL DURANTE OS NOVEMBROS DE 2022 E 2023 .....	220
<i>Gustavo Carlos Juan Escobar</i> <sup>1</sup> .....	220
ANÁLISE SINÓTICA DAS CHUVAS EXTREMAS ANÔMALAS OCORRIDAS NO RIO GRANDE DO SUL ENTRE O FINAL DE ABRIL E INÍCIO DE MAIO DE 2024 .....	221
<i>Gustavo carlos Juan Escobar</i> <sup>1</sup> ; <i>Marcelo Barbio Rosa</i> <sup>1</sup> .....	221
ANÁLISE DO AMBIENTE SINÓTICO ASSOCIADO A ENCHENTE NA CIDADE DE VOTORANTIM/SP EM FEVEREIRO DE 1982 .....	222
<i>Maria de Souza Custodio</i> <sup>1</sup> ; <i>Murilo Henrique dos Santos Silva</i> <sup>2</sup> ; <i>Luiz Felipe Gozzo</i> <sup>1</sup> .....	222
<b>6. Sistemas de Medição e Observação .....</b>	<b>223</b>
CENTRO REGIONAL DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE SUPERFÍCIE REMOTA .....	224
<i>Felipe do Souto de Sá Gille</i> <sup>1</sup> ; <i>Ary Rodrigues Bertolino</i> <sup>1</sup> ; <i>Adilson Cleomenes Rocha</i> <sup>2</sup> .....	224
ANÁLISE PRELIMINAR DO PERFIL DA VELOCIDADE DO VENTO UTILIZANDO UM SODAR PARA APLICAÇÕES EM OPERAÇÕES DE LANÇAMENTOS DE FOGUETES .....	225
<i>Diogo Machado Custódio</i> <sup>1</sup> ; <i>Antonio Cardoso Neto</i> <sup>2</sup> ; <i>Alexandre Santos de Souza</i> <sup>3</sup> ; <i>Felipe do Nascimento Correa</i> <sup>4</sup> .....	225
TORRE DE FLUXO MAMIRAUÁ: MONITORAMENTO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E HIDROMETEOROLOGIA NA VÁRZEA DO RIO AMAZONAS .....	226
<i>Daniel Michelin dos Santos</i> <sup>1,3</sup> ; <i>Lady Custódio</i> <sup>1</sup> ; <i>Débora Regina Roberti</i> <sup>4</sup> ; <i>Rafael Stern</i> <sup>5</sup> ; <i>Alison Hoyt</i> <sup>6</sup> ; <i>Robert B. Jackson</i> <sup>6</sup> ; <i>Ayan Santos Fleischmann</i> <sup>2</sup> .....	226
MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE DADOS REPETIDOS EM SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO EM ESTAÇÕES DISTINTAS .....	227

<i>João Paulo Jankowski Saboia</i> <sup>4</sup> ; <i>Alice Marlene Grimm</i> <sup>3</sup> ; <i>Lucas Fanderuff Gaisler</i> <sup>5</sup> ; <i>Henrique Schinaider da Silva</i> <sup>5</sup> ; <i>Bernardo Lipski</i> <sup>4</sup> ; <i>Ugo Maranhão Leal</i> <sup>4</sup> ; <i>Isabella Ecard Barros</i> <sup>6</sup> ; <i>Thainá Rodrigues Fernandes</i> <sup>6</sup> ; <i>Victor Campos Vieira da Rosa</i> <sup>2</sup> ; <i>Lucas Borges Picarelli</i> <sup>1</sup> .....	227
DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CHUVA NA AMAZÔNIA COM TÉCNICAS DE ANÁLISE ACÚSTICA E APRENDIZADO DE MÁQUINA.....	228
<i>Rodrigo de Souza Xavier</i> <sup>1</sup> ; <i>Tarcisio Ferreira Maciel</i> <sup>2</sup> ; <i>Marielle Gosset</i> <sup>3</sup> ; <i>Ayan Santos Fleischmann</i> <sup>4</sup> .....	228
PYFORTRACC: ALGORITMO PARA RASTREAMENTO DA EVOLUÇÃO DE CLUSTERS CONFIGURÁVEIS.....	229
<i>Helvecio Bezerra Leal Neto</i> <sup>1</sup> ; <i>Alan James Peixoto Calheiros</i> <sup>2</sup> .....	229
VARIABILIDADE SAZONAL DO CICLO DIÁRIO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DO SÍTIO EXPERIMENTAL AMAZONFACE.....	230
<i>Maria Juliana de Melo Monte</i> <sup>1</sup> ; <i>Ranyelli Cunha de Figueiredo</i> <sup>1</sup> ; <i>Carla de Souza Farias</i> <sup>1</sup> ; <i>Leonardo Ramos de Oliveira</i> <sup>2</sup> ; <i>Iokanam Sales Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Alacimar Viana Guedes</i> <sup>1</sup> ; <i>Bruno Takeshi Tanaka Portela</i> <sup>1</sup> ; <i>Carlos Alberto Quesada</i> <sup>3</sup> ; <i>David Montenegro Lapola</i> <sup>4</sup> .....	230
METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO E ELIMINAÇÃO DE SEQUÊNCIAS ZEROS ESPÚRIOS EM SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO.....	231
<i>João Paulo Jankowski Saboia</i> <sup>5</sup> ; <i>Alice Marlene Grimm</i> <sup>4</sup> ; <i>Henrique Schinaider da Silva</i> <sup>6</sup> ; <i>Bernardo Lipski</i> <sup>5</sup> ; <i>Ugo Maranhão Leal</i> <sup>5</sup> ; <i>Lucas Fanderuff Gaisler</i> <sup>6</sup> ; <i>Isabella Ecard Barros</i> <sup>2</sup> ; <i>Lucas Borges Picarelli</i> <sup>3</sup> ; <i>Thainá Rodrigues Fernandes</i> <sup>2</sup> ; <i>Victor Campos Vieira da Rosa</i> <sup>1</sup> .....	231
AVALIAÇÃO DAS MEDIÇÕES REALIZADAS COM PLATAFORMA METEOROLÓGICA ARDUINO, COM A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA.....	232
<i>Robert Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Rosiberto Salustiano</i> <sup>2</sup> ; <i>Jailson Melo</i> <sup>3</sup> ; <i>Ricardo Amorim</i> <sup>4</sup> ; <i>Felipe Passos</i> <sup>5</sup> ; <i>Ewerton Muniz</i> <sup>6</sup> ; <i>Alex Santos de Deus</i> <sup>7</sup> ; <i>Ricardo Araújo Ferreira Júnior</i> <sup>8</sup> .....	232
SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE RISCOS AGROHIDROCLIMÁTICOS DO ESTADO DA PARAÍBA: UMA NOVA CONCEPÇÃO EM MONITORAMENTO.....	233
<i>Danilo Ericksen Costa Cabral</i> <sup>1</sup> ; <i>Carmem Terezinha Becker</i> <sup>1</sup> ; <i>Maria Marle Bandeira</i> <sup>1</sup> ; <i>ALEXANDRE MAGNO TEODÓSIO DE MEDEIROS</i> <sup>1</sup> ; <i>Lindenberg Lucena Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>André Luiz Soares Velozo</i> <sup>1</sup> ; <i>Wellington Antônio Barbosa</i> <sup>1</sup> ; <i>Jana Yres Barbosa de Sousa</i> <sup>1</sup> .....	233
PROJETANDO E CONSTRUINDO UMA SOLUÇÃO IOT DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO E MITIGAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA.....	234
<i>Anselmo Pestana Ribeiro Costa</i> <sup>1,2</sup> ; <i>Claudia Lage Rebello da Motta</i> <sup>3</sup> ; <i>Daniel Serrão Schneider</i> <sup>3</sup> ; <i>Vinicius Benone Gonçalves</i> <sup>4</sup> ; <i>Joseferson de Jesus</i> <sup>5</sup> .....	234
MEDIÇÃO DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS COM VANT EQUIPADO COM IOT: UM ESTUDO NOS CAMPI EM MACAÉ.....	252
<i>Vinicius Benone Gonçalves Souza</i> <sup>2,7</sup> ; <i>Nivaldo Silveira Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Anselmo Pestana Ribeiro Costa</i> <sup>6</sup> ; <i>Pedro Henrique Castello Branco Dagola</i> <sup>3</sup> ; <i>Gabriel Fonseca Barreto</i> <sup>4</sup> ; <i>Joseferson de Jesus Florencio</i> <sup>5</sup> ; <i>Willy César Veiga Souza</i> <sup>2</sup> .....	252
<b>7. Sensoriamento Remoto..... 253</b>	
AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS DE PRECIPITAÇÃO DERIVADOS DE MEDIDAS RADIOMÉTRICAS, CASOS DE ESTUDO.....	254
<i>Angel Domínguez Chovert</i> <sup>2,3,4</sup> ; <i>Saulo Ribeiro de Freitas</i> <sup>1</sup> ; <i>Nilton Manuel Évora do Rosário</i> <sup>5</sup> ; <i>Karla Maria Longo de Freitas</i> <sup>1</sup> ; <i>Daniela França Jauer</i> <sup>2,4</sup> ; <i>Fernando Rodrigues Cabral Filho</i> <sup>3</sup> ; <i>Otávio Medeiros Feitosa</i> <sup>2,4</sup> .....	254
TEMPERATURAS DOS LAGOS DA AMAZÔNIA CENTRAL: ANÁLISE DE LONGO PRAZO E IMPLICAÇÕES CLIMÁTICAS.....	255
<i>Lady Layana Martins Custódio</i> <sup>1</sup> ; <i>Ayan Santos Fleischmann</i> <sup>2</sup> .....	255
ANÁLISE DA EXPANSÃO DAS ÁREAS DE PASTAGEM NAS MESORREGIÕES DO VALE DO ACRE E VALE DO JURUÁ NO ESTADO DO ACRE.....	256
<i>Ana Luísa Ribeiro de Faria</i> <sup>1</sup> ; <i>Bruna Rodrigues de Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Santiago María Márquez Arévalo</i> <sup>1</sup> ; <i>Rafael Coll Delgado</i> <sup>2</sup> .....	256
AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS MODIS 3KM PARA PROFUNDIDADE ÓTICA DE AEROSSÓIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM-PA.....	257

<i>Júlia Christine dos Santos Carmo</i> <sup>1</sup> ; <i>Keila Correa Nunes</i> <sup>1</sup> ; <i>Carlos Edgar Gonçalves da Costa</i> <sup>1</sup> ; <i>Augusto Gabriel da Costa Pereira</i> <sup>3</sup> ; <i>Rafael da Silva Palácios</i> <sup>2</sup> .....	257
COMPARAR AOD PARA DIFERENTES CAPITAIS AMAZÔNIA BRASILEIRA .....	258
<i>Keila Correa Nunes</i> <sup>1</sup> ; <i>Rafael da Silva Palácios</i> <sup>2</sup> ; <i>Augusto Gabriel da Costa Pereira</i> <sup>3</sup> ; <i>Julia Christine dos Santos Carmo</i> <sup>1</sup> ; <i>Carlos Edgar Gonçalves da Costa</i> <sup>1</sup> .....	258
RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E INCÊNDIOS NO PANTANAL: ANÁLISE DE ÁREAS QUEIMADAS E DINÂMICA HÍDRICA NA ESCALA TEMPORAL DE 1989-2020 .....	259
<i>Bruna Rodrigues de Sousa</i> <sup>1</sup> ; <i>Santiago Maria Márquez Arévalo</i> <sup>1</sup> ; <i>Humberto Paiva Fonseca</i> <sup>1</sup> ; <i>Alexandre Simões Lorenzon</i> <sup>2</sup> ; <i>Fillipe Tamiozzo Pereira Torres</i> <sup>2</sup> ; <i>Ana Luísa Ribeiro de Faria</i> <sup>1</sup> ; <i>Rafael Coll Delgado</i> <sup>3</sup> ; <i>Cibele Hummel do Amaral</i> <sup>4</sup> .....	259
MODELAGEM DOS COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE DE ÁGUA NO BIOMA CERRADO USANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO .....	260
<i>Antônio Heriberto de Castro Teixeira</i> <sup>1</sup> ; <i>Janice Freitas Leivas</i> <sup>2</sup> ; <i>Celina Maki Takemura</i> <sup>2</sup> ; <i>Inajá Francisco de Sousa</i> <sup>1</sup> ; <i>André Quintão de Almeida</i> <sup>1</sup> .....	260
RELAÇÃO ENTRE A PROFUNDIDADE ÓPTICA DO AEROSSOL E A MICROMETEOROLOGIA DE BELÉM-PA .....	273
<i>Carlos Edgar Gonçalves da Costa</i> <sup>1</sup> ; <i>Rafael da Silva Palácios</i> <sup>2</sup> ; <i>Júlia Christine dos Santos Carmo</i> <sup>1</sup> ; <i>Keila Correa Nunes</i> <sup>1</sup> ; <i>Augusto Gabriel da Costa Pereira</i> <sup>1</sup> .....	273
SOFTWARE PARA ANÁLISE DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO UTILIZANDO RADAR BANDA S .....	274
<i>Ivon Wilson da Silva Júnior</i> <sup>2</sup> ; <i>Ricardo Ferreira Carlos de Amorim</i> <sup>1</sup> ; <i>Maria Luciene Dias de Melo</i> <sup>1</sup> ; <i>Rosiberto Salustiano da Silva Junior</i> <sup>1</sup> .....	274
O PAPEL DOS FATORES GEOMORFOLÓGICOS NA SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO TAQUARI, BRASIL.....	275
<i>Yasmim Carvalho Guimarães</i> <sup>1</sup> ; <i>Matheus Wesley Rodrigues</i> <sup>1</sup> ; <i>Fernanda Dácio da Costa</i> <sup>1</sup> ; <i>Andrés Velastegui-Montoya</i> <sup>2</sup> ; <i>Enner Herenio de Alcântara</i> <sup>3</sup> .....	275
VISÃO GERAL DA ACURÁCIA DE DADOS DIÁRIOS E MENSIS DE PRECIPITAÇÃO CHIRPS E ERA5-LAND NO PANTANAL .....	276
<i>Bruno Rech</i> <sup>1</sup> ; <i>Jahdy Moreno Oliveira</i> <sup>1</sup> ; <i>Alice César Fassoni de Andrade</i> <sup>2</sup> ; <i>Evelyn Márcia Leão de Moraes Novo</i> <sup>3</sup> ; <i>Cláudio Clemente Faria Barbosa</i> <sup>4</sup> .....	276
PREVISÃO DE ESTRESSE HÍDRICO COM REDES NEURAIS PROFUNDAS PARA GESTÃO HÍDRICA E AGRÍCOLA NO CENTRO-SUL DO BRASIL.....	277
AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE FOLHA VERDE (GLI) DE PLANTAS DE <i>COFFEA ARABICA</i> L. DO BANCO DE GERMOPLASMA DO CAFÉ EM ESTAÇÃO DO ANO DE SECA.....	278
<i>Hélio Coelho da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Matheus Gustavo Quinalha</i> <sup>2</sup> ; <i>Ludmila Bardin Camparotto</i> <sup>3</sup> ; <i>Angélica Praela Pantano</i> <sup>4</sup> ; <i>Julietta Andrea Silva de Almeida</i> <sup>5</sup> .....	278
MODELAGEM ESPACIAL DA UMIDADE DO SOLO UTILIZANDO IMAGEM DE SATÉLITE PARA ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA SOLO/VEGETAÇÃO EM FLORESTA - PE .....	279
<i>HELIOFABIO BARROS GOMES</i> <sup>1</sup> ; <i>João Otavio Alves Accioly</i> <sup>2</sup> ; <i>Mathias Oliveira Portela Vieira</i> <sup>2</sup> ; <i>Djane Fonseca da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida</i> <sup>3</sup> ; <i>Luiz Soares Neto</i> <sup>2</sup> ; <i>Fabrcio Daniel dos Santos Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Glauber Lopes Mariano</i> <sup>1</sup> ; <i>Julia Alves Ferreira de Araujo</i> <sup>2</sup> .....	279
ESTIMATIVA DAS COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA UTILIZANDO O GOOGLE EARTH ENGINE.....	286
<i>Mathias Oliveira Portela Vieira</i> <sup>2</sup> ; <i>João Otavio Alves Accioly</i> <sup>2</sup> ; <i>Heliofábio Barros Gomes</i> <sup>1</sup> ; <i>Djane Fonseca da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida</i> <sup>4</sup> ; <i>Luiz Soares Neto</i> <sup>2</sup> ; <i>Glauber Lopes Mariano</i> <sup>1</sup> ; <i>Julia Alves Ferreira de Araujo</i> <sup>3</sup> .....	286
DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NO ESTADO DO PARÁ .....	287
<i>Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes</i> <sup>1</sup> ; <i>Mayara Mariana Leal Pereira</i> <sup>2</sup> ; <i>Pâmela Lorena Ribeiro Ávila</i> <sup>1</sup> ; <i>David Nogueira dos Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Glayson Francisco Bezerra das Chagas</i> <sup>1</sup> ; <i>Mauricio do Nascimento Moura</i> <sup>1</sup> ; <i>Saulo Prado de Carvalho</i> <sup>1</sup> ; <i>Jean Josias dos Santos Figueiredo</i> <sup>1</sup> ; <i>Antonio José da Silva Sousa</i> <sup>3</sup> ; <i>Reginaldo dos Santos Rodrigues</i> <sup>1</sup> .....	287

## **8. Poluição e Química..... 296**

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE POLUIÇÃO DO AR HOSPITALAR DURANTE A PANDEMIA.....	297
---	-----

<i>Gabriel Gonçalves de Barros</i> <sup>1</sup> ; <i>Eduarda Santa Helena</i> <sup>2</sup> ; <i>Anna De Falco</i> <sup>3</sup> ; <i>Carlos Leonny Raimundo Fragoso</i> <sup>4</sup> ; <i>Adriana Gioda</i> <sup>5</sup> .....	297
ANÁLISE DE MONITORAMENTO DE BAIXO CUSTO DE MATERIAL PARTICULADO PARA ESTUDOS DA QUALIDADE DO AR .....	298
<i>Anne Beatriz Goulart</i> <sup>1</sup> ; <i>Marcio Seiji Oyamada</i> <sup>2</sup> ; <i>Edson Tavares de Camargo</i> <sup>3</sup> ; <i>Leila Droprinchinski Martins</i> <sup>4</sup> .....	298
DINÂMICA DA MICROBIOTA CONTIDA NA DEPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA NO SUL DE MINAS GERAIS: UM ESTUDO DA VARIABILIDADE DE MICRORGANISMOS IDENTIFICADOS COM VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS .....	303
<i>Talita Fernandes de Sousa</i> <sup>1</sup> ; <i>Lucas Rosa de Almeida</i> <sup>1</sup> ; <i>Alan Eugênio de Oliveira</i> <sup>1</sup> ; <i>Eduarda Mariana Morais Lopes</i> <sup>1</sup> ; <i>Julia da Silva Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Marcelo Vieira da Silva Filho</i> <sup>2</sup> ; <i>Luciene Alves Batista Siniscalchi</i> <sup>2</sup> .....	303
ANÁLISE DO GÁS SULFIDRICO NOS ARREDORES DO ATERRO SANITÁRIO DE MARITUBA-PA .....	304
<i>Marcell da Silva Sousa</i> <sup>1</sup> ; <i>Elisa Valente do Vale</i> <sup>1</sup> ; <i>Breno Cesar de Oliveira Imbiriba</i> <sup>2</sup> .....	304
ANÁLISE DE CONCENTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ÓPTICA DE MATERIAL PARTICULADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM-PA. ....	305
<i>Carolina Ramos de Araújo</i> <sup>1</sup> ; <i>Lucas Rangel Coringa Bastos</i> <sup>2</sup> ; <i>Rafael da Silva Palácios</i> <sup>3</sup> .....	305
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES DE PM <sub>2.5</sub> EM ALAGOAS, BRASIL: O IMPACTO DAS EMISSÕES VEICULARES E DAS INFRAÇÕES REGULATÓRIAS .....	313
<i>Kelvy Rosalvo Alencar Cardoso</i> <sup>1</sup> ; <i>José Francisco de Oliveira Júnior</i> <sup>2</sup> ; <i>Micejane da Silva Costa</i> <sup>3</sup> .....	313
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES DE PM <sub>2.5</sub> EM ALAGOAS, BRASIL: TENDÊNCIAS PRÉ E PÓS-COVID .....	321
<i>Kelvy Rosalvo Alencar Cardoso</i> <sup>1</sup> ; <i>José Francisco de Oliveira Júnior</i> <sup>2</sup> .....	321
ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE MP <sub>2,5</sub> E TAXA DE MORTALIDADE POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM 2022 NA CIDADE DE SÃO PAULO .....	331
<i>Giulia Mariano Machado</i> <sup>1</sup> ; <i>Dayane da Fonseca Barbosa</i> <sup>2</sup> ; <i>Thiago Nogueira</i> <sup>3</sup> .....	331
AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR E A OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO .....	337
<i>Judith Rodrigues Cardoso</i> <sup>1</sup> ; <i>William Cossich</i> <sup>2</sup> ; <i>Adriana Gioda</i> <sup>3</sup> .....	337
RELAÇÃO ENTRE ENOS, REGISTROS DE PNEUMONIA EM CRIANÇAS E MATERIAL PARTICULADO EM BELÉM-PA .....	338
<i>Luis Carlos Martins Monteiro Junior</i> <sup>1</sup> ; <i>Gleiciane Gomes de Assunção</i> <sup>1</sup> ; <i>Jessica Nayara Siqueira da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Rafael Palácios</i> <sup>2</sup> .....	338
ANÁLISE DO TRANSPORTE DE POLUENTES ENTRE AS REGIÕES METROPOLITANAS DE SÃO PAULO, CAMPINAS E BAIXADA SANTISTA .....	344
<i>Natasha Murgu Valdambri</i> <sup>1</sup> ; <i>Flávia Noronha Dutra Ribeiro</i> <sup>2</sup> .....	344
DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E FOCOS DE INCÊNDIO NO PANTANAL: UM ESTUDO DE 2016 A 2021 .....	345
<i>Natasha Murgu Valdambri</i> <sup>1</sup> ; <i>Débora Souza Alvim</i> <sup>2</sup> ; <i>Flavia Noronha Dutra Ribeiro</i> <sup>3</sup> ; <i>Mariana Consiglio Kasemodel</i> <sup>2</sup> ; <i>Cassio Aurelio Suski</i> <sup>4</sup> ; <i>Dirceu Luís Herdies</i> <sup>5</sup> ; <i>João Hass Megal</i> <sup>6</sup> ; <i>Monica Tais Siqueira D'Amelio</i> <sup>7</sup> .....	345
INVENTÁRIO DE EMISSÕES VEICULARES PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA: ATUALIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM SISTEMA DE MODELAGEM .....	346
<i>Daniela de Azeredo França Jauer</i> <sup>1</sup> ; <i>Marcelo Félix Alonso</i> <sup>2</sup> ; <i>Karla Maria Longo</i> <sup>3</sup> ; <i>Angel Domínguez Chovert</i> <sup>1</sup> ; <i>Saulo Ribeiro de Freitas</i> <sup>3</sup> .....	346
ANÁLISE DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA BAIXADA FLUMINENSE .....	347
<i>Gabriela Souza de Abreu Cobucci</i> <sup>1,3</sup> ; <i>Eduarda Oliveira Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Marianna Ribeiro de Souza Schliesing</i> <sup>1,4</sup> ; <i>Maíra de Souza Santana</i> <sup>1</sup> ; <i>Josie Batista Bastos Carvalho</i> <sup>2</sup> ; <i>Thiago Fonseca da costa</i> <sup>5</sup> .....	347

## **9. Agrometeorologia ..... 348**

ESTUDO DA VARIABILIDADE DA UMIDADE E TEMPERATURA DO SOLO NA PARCELA DO PROJETO ESECAFLOR NA FLONA DE CAXIUANÃ. ....	349
---	-----

<i>Alex Nascimento Leal</i> <sup>1</sup> ; <i>João de Athaydes Silva Junior</i> <sup>2</sup> .....	349
CARACTERIZAÇÃO SAZONAL DA PRODUTIVIDADE DO COQUEIRO-ANÃO-VERDE NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO NORDESTE PARAENSE .....	356
<i>Gabriel Siqueira Tavares Fernandes</i> <sup>1</sup> ; <i>Maryelle Kleyce Machado Sousa</i> <sup>1</sup> ; <i>Leandro Monteiro Navarro</i> <sup>2</sup> ; <i>Luis Roberto da Trindade Ribeiro</i> <sup>2</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>1,3</sup> .....	356
DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA DO COQUEIRO-ANÃO-VERDE EM CONSÓRCIO COM KUDZU TROPICAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	357
<i>Gabriel Siqueira Tavares Fernandes</i> <sup>1</sup> ; <i>Mateus Diógenes Pantoja Aguiar</i> <sup>2</sup> ; <i>Breno Rodrigues de Miranda</i> <sup>2</sup> ; <i>Luis Roberto da Trindade Ribeiro</i> <sup>2</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>1,3</sup> .....	357
DINÂMICA DE ÁGUA NO SOLO PARA O CULTIVO DE <i>THEOBROMA CACAO</i> NA REGIÃO DE ALTAMIRA, PARÁ.....	358
<i>Leandro Monteiro Navarro</i> <sup>1</sup> ; <i>Matheus Lima Rua</i> <sup>1</sup> ; <i>Hugo Afra Lopes</i> <sup>2</sup> ; <i>Vivian Dielly da Silva Farias</i> <sup>3</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>4</sup> .....	358
PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM PLANTIO DE CACAU ( <i>THEOBROMA CACAO</i> ) EM CONDIÇÕES IRRIGADAS E NÃO IRRIGADAS NO SUDESTE DO PARÁ.....	359
<i>Luis Roberto da Trindade Ribeiro</i> <sup>1</sup> ; <i>Leandro Monteiro Navarro</i> <sup>1</sup> ; <i>Pablo de Oliveira Lima</i> <sup>3</sup> ; <i>Vivian Dielly da Silva Farias</i> <sup>4</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>2</sup> .....	359
ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NAS ÁREAS DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS CULTURAS DO ABACAXI E CACAU NO ESTADO DO PARÁ .....	360
<i>Pâmela Lorena Ribeiro Ávila</i> <sup>1</sup> ; <i>Antonio José da Silva Sousa</i> <sup>2</sup> ; <i>David Nogueira Santos</i> <sup>3</sup> ; <i>Francisco Bezerra Das Chagas</i> <sup>1</sup> ; <i>Cendy Monteiro Dias</i> <sup>1</sup> .....	360
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NAS FASES DE DESENVOLVIMENTO E RELAÇÃO COM PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE DO FRUTO DO COQUEIRO-ANÃO-VERDE ( <i>COCOS NUCIFERA L.</i> ) SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS .....	378
<i>Miguel Gabriel Moraes Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Juliane Samara da Costa Dias</i> <sup>2</sup> ; <i>Samilly Lisboa Gomes</i> <sup>3</sup> ; <i>Leandro Monteiro Navarro</i> <sup>4</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>5</sup> .....	378
PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A PRODUTIVIDADE DO CACAU ( <i>THEOBROMA CACAO L.</i> ) EM ALTAMIRA-PA.....	379
<i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Gabriel Siqueira Tavares Fernandes</i> <sup>4</sup> ; <i>Joao Vitor de Nóvoa Pinto</i> <sup>4</sup> ; <i>Luís Paulo Alves Portugal</i> <sup>3</sup> ; <i>Hugo Afra Lopes</i> <sup>3</sup> ; <i>Kamila Oliveira Rodrigues</i> <sup>3</sup> ; <i>Pablo de Oliveira lima</i> <sup>3</sup> ; <i>Vivian Dielly da Silva Farias</i> <sup>2</sup> .....	379
ESTIMATIVA DOS COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA EM CULTIVO DE CACAU EM ALTAMIRA, PARÁ.....	380
ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO CACAUEIRO PELO MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO NO SOLO NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DO XINGU, PARÁ.....	381
<i>Matheus Lima Rua</i> <sup>1</sup> ; <i>Joshuan Bessa da Conceição</i> <sup>2</sup> ; <i>Sandra Andrea Santos Silva</i> <sup>3</sup> ; <i>Vivian Dielly da Silva Farias</i> <sup>4</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>5</sup> .....	381
SIMULADOR DE PRECIPITAÇÃO PORTÁTIL.....	382
<i>Luciano Fleischfresser</i> <sup>1</sup> .....	382
LISÍMETRO DE LENÇOL FREÁTICO DE CARGA CONSTANTE DE BAIXO CUSTO .....	383
<i>Ranyelli Cunha de Figueiredo</i> <sup>1</sup> ; <i>Luiz Antonio Candido</i> <sup>2</sup> ; <i>Andressa Gregolin Moreira</i> <sup>5</sup> ; <i>Oséias Neemias de Lima</i> <sup>3</sup> ; <i>Marcelo Crestani Mota</i> <sup>4</sup> .....	383
VARIABILIDADE MENSAL DO PODER EVAPORANTE DO AR EM CULTIVO DE COQUEIRO-ANÃO-VERDE EM SANTA IZABEL, PARÁ .....	390
<i>Juliane Samara da Costa Dias</i> <sup>1</sup> ; <i>Miguel Gabriel Moraes Santos</i> <sup>2</sup> ; <i>Samilly Lisboa Gomes</i> <sup>3</sup> ; <i>Mateus Diógenes Pantoja Aguiar</i> <sup>4</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>5</sup> .....	390
RENDIMENTO DE <i>BETA VULGARIS L.</i> SUBMETIDA A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO .....	391
<i>Jean Carlos dos Reis</i> <sup>1,2</sup> ; <i>Aline Moreira da Silva</i> <sup>2</sup> ; <i>Erick Rodrigues Oliveira</i> <sup>2</sup> ; <i>Carolina Camilo Marques</i> <sup>2</sup> ; <i>Thaís Helena de Araujo</i> <sup>3</sup> ; <i>Maria Gabriela de Queiroz</i> <sup>3</sup> .....	391
EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE <i>BETA VULGARIS L.</i> SUBMETIDA A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO.....	392

<i>Jean Carlos dos Reis</i> <sup>1,2</sup> ; <i>Aline Moreira da Silva</i> <sup>2</sup> ; <i>Marcela Silveira Ferreira Valdo</i> <sup>2</sup> ; <i>Yasmin Aparecida Perciliano</i> <sup>2</sup> ; <i>Thaís Helena de Araujo</i> <sup>3</sup> ; <i>Maria Gabriela de Queiroz</i> <sup>3</sup> .....	392
ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO DÉFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR EM CULTIVO DE COQUEIRO-ANÃO-VERDE EM SANTA IZABEL DO PARÁ.....	393
<i>Samilly Lisboa Gomes</i> <sup>1</sup> ; <i>Miguel Gabriel Moraes Santos</i> <sup>3</sup> ; <i>Juliane Samara da Costa Dias</i> <sup>4</sup> ; <i>Breno Rodrigues de Miranda</i> <sup>2</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>5</sup> .....	393
ACESSOS AO BALANÇO DE ENERGIA EM LARGA ESCALA COM USO CONJUNTO DE PARÂMETROS OBTIDOS POR SENSORIAMENTO REMOTO E GRADES DE DADOS CLIMÁTICOS NA REGIÃO DE CRESCIMENTO AGRÍCOLA DO SEALBA.....	394
<i>Antônio Heriberto de Castro Teixeira</i> <sup>1</sup> ; <i>Janice Freitas Leivas</i> <sup>3</sup> ; <i>Celina Maki Takemura</i> <sup>3</sup> ; <i>Edlene Aparecida Monteiro Garçon</i> <sup>4</sup> ; <i>Inajá Francisco de Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Ana Flávia Maria Santos Azevedo</i> <sup>2</sup> .....	394
IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO CULTIVO E CONSUMO DO TOMATE-CEREJA.....	409
<i>Ana Clara Batista Loponi</i> <sup>1</sup> ; <i>João Guilherme dos Santos Caramês</i> <sup>1</sup> .....	409
CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO BALANÇO HÍDRICO EM CULTIVO DE CACAU EM CENÁRIO CLIMÁTICO FUTURO NA AMAZÔNIA.....	410
<i>Joshuan Bessa da Conceição</i> <sup>1</sup> ; <i>Luis Roberto da Trindade Ribeiro</i> <sup>2</sup> ; <i>Gabriel Siqueira Tavares Fernandes</i> <sup>3</sup> ; <i>Vivian Dielly da Silva Farias</i> <sup>4</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>5</sup> .....	410
CALENDÁRIO METEOROLÓGICO PARA MANEJO AMBIENTAL: DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE BAIXO CUSTO PARA COMBATE E REDUÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	411
<i>Filipe Gomes Saraiva</i> <sup>1</sup> ; <i>Giordani Rafael Conceição Sodrê</i> <sup>2</sup> .....	411
CALENDÁRIO AGRÍCOLA DO SORGO SENSÍVEL AO FOTOPERÍODO EM QUATRO REGIÕES PRODUTORAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS.....	412
<i>Jessimara de Faria Marques</i> <sup>1</sup> ; <i>Yasmin Aparecida Perciliano</i> <sup>2</sup> ; <i>Thalles Leite Da Cunha</i> <sup>2</sup> ; <i>Jean Carlos dos Reis</i> <sup>2</sup> ; <i>Maria Gabriela de Queiroz</i> <sup>3</sup> .....	412
DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CAFEEIROS SUBMETIDOS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DA ALTA MOGIANA.....	413
<i>Lorena Flávia Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Thalles Leite da Cunha</i> <sup>1,2</sup> ; <i>Carolina Camilo Marques</i> <sup>1</sup> ; <i>Jade Maria Muniz Garcia</i> <sup>1</sup> ; <i>Jose Henrique Bueno Reis</i> <sup>1</sup> ; <i>Leandro Simão de Andrade</i> <sup>3</sup> ; <i>Maria Gabriela de Queiroz</i> <sup>4</sup> .....	413
INTERCOMPARAÇÃO ENTRE ETO FAO-56 OBTIDA DE DADOS INMET COM ERA5-LAND E GRID DE DADOS METEOROLÓGICOS DO BRASIL: ANÁLISE PRELIMINAR COM ESTAÇÕES DO ESTADO DA PARAÍBA.....	414
<i>GLÁUCIO DE MENESES SOUSA</i> <sup>1</sup> ; <i>Bernardo Barbosa da Silva</i> <sup>2</sup> ; <i>GABRIEL KAUAN PEREIRA CAVALCANTE</i> <sup>3</sup> ; <i>MARIA LUIZA DE FREITAS SILVA</i> <sup>4</sup> .....	414
USO DE PROTETORES SOLARES PARA A REDUÇÃO DA TEMPERATURA DOS FRUTOS DE MELANCIA.....	415
<i>Leonardo Raasch Hell</i> <sup>1</sup> ; <i>Andressa Racaneli Sian</i> <sup>2</sup> ; <i>Marta Simone Mendonça Freitas</i> <sup>3</sup> ; <i>Marcos Antonio Dell'Orto Morgado</i> <sup>4</sup> ; <i>Leonardo Martineli</i> <sup>1</sup> ; <i>Cátia Aparecida Simon</i> <sup>5</sup> ; <i>Evandro Chaves de Oliveira</i> <sup>4</sup> .....	415
SAZONALIDADE, INTENCIDADE E FREQUÊNCIA RELATIVA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM UM POMAR DE <i>CITRUS LATIFÓLIA</i> (YU. TANKA) TANAKA NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO, PA..	416
<i>Jadson de Jesus Rodrigues de Pinho</i> <sup>1</sup> ; <i>Paulo Arthur Silva Pardim</i> <sup>2</sup> ; <i>Tayssa Menezes Franco</i> <sup>3</sup> ; <i>Jheny Thayná de Souza Favacho</i> <sup>4</sup> ; <i>Marcus José Alves de Lima</i> <sup>5</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>6</sup> .....	416
VARIABILIDADE DO SALDO DE RADIAÇÃO MEDIDO E ESTIMADO PARA AMBIENTE DE POMAR EM CUIARANA NO MUNICÍPIO DE SALINÓPOLIS-PA.....	417
<i>Josiel Junior Dos Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Darlan Ricardo Castro Ferreira</i> <sup>1</sup> .....	417
INFLUENCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS SOBRE O PODER EVAPORANTE DO AR, EM UM CULTIVO DE <i>CITRUS LATIFÓLIA</i> (YU. TANKA) TANAKA EM UMA REGIÃO DO NORDESTE PARAENSE.....	418
<i>Paulo Arthur Silva Pardim</i> <sup>1</sup> ; <i>Jadson de Jesus Rodrigues de Pinho</i> <sup>2</sup> ; <i>Jheny Thayná de Souza Favacho</i> <sup>3</sup> ; <i>Tayssa Menezes Franco</i> <sup>4</sup> ; <i>Marcus José Alves de Lima</i> <sup>5</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>6</sup> .....	418
DESEMPENHO DE MODELOS ALTERNATIVOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O ESTADO DE PARÁ.....	420

<i>Tayssa Menezes Franco</i> <sup>1</sup> ; <i>Gloria Milena Rojas Plazas</i> <sup>2</sup> ; <i>Marcus José Alves de Lima</i> <sup>3</sup> ; <i>Vandeilson Belfort Moura</i> <sup>4</sup> ; <i>Rubens Alves de Oliveira</i> <sup>5</sup> .....	420
DINÂMICA DAS TROCAS GASOSAS EM CULTIVO DE COQUEIRO-ANÃO-VERDE EM SISTEMA IRRIGADO E NÃO IRRIGADO.....	432
<i>Mateus Diógenes Pantoja Aguiar</i> <sup>1</sup> ; <i>Maryelle Kleyce Machado Nery</i> <sup>1</sup> ; <i>Breno Rodrigues de Miranda</i> <sup>1</sup> ; <i>Joshuan Bessa da Conceição</i> <sup>1</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Poente de Souza</i> <sup>2</sup> .....	432
SISTEMA HIDROPÔNICO PARA O CULTIVO DE COENTRO ( <i>CORIANDRUM SATIVUM L.</i> ) UTILIZANDO ÁGUA ORIUNDA DA PSICULTURA, EM PARAUAPEBAS, PARÁ.....	433
<i>Rafael Ferreira da Costa</i> <sup>1</sup> ; <i>Leonardo Vaz Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Giovanni de Angeli Santos Isidoro Pulegio</i> <sup>2</sup> ; <i>Mateus Mesquita dos Santos</i> <sup>2</sup> .....	433
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EXTREMAS E INCÊNDIOS NO ESTADO DE SÃO PAULO, NO INVERNO DE 2024 - ESTUDO DE CASO.....	434
<i>Antoniane Arantes de Oliveira Roque</i> <sup>5</sup> ; <i>Orivaldo Brunini</i> <sup>4</sup> ; <i>Gabriel Constantino Blain</i> <sup>1</sup> ; <i>Romilson Cesar Moraes Yamamura</i> <sup>5</sup> ; <i>Paulo Cesar Reco</i> <sup>2</sup> ; <i>Angelica Praela Pantano</i> <sup>1</sup> .....	434
EVAPORAÇÃO DO SOLO MEDIDA POR MICROLÍMETROS EM CULTIVO DE CACAUEIRO ( <i>THEOBROMA CACAO L.</i> ).....	435
<i>Andressa Julia Santos Vasconcelos</i> <sup>1</sup> ; <i>Israel Alves de Oliveira</i> <sup>1</sup> ; <i>Matheus Lima Rua</i> <sup>2</sup> ; <i>Vivian Dielly da Silva Farias</i> <sup>3</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>4</sup> .....	435
CÁLCULO DO ÍNDICE PADRONIZADO DE SECA UTILIZANDO DADOS DO CENTRO DE PREVISÃO CLIMÁTICA AMERICANO.....	436
<i>Ludmila Bardin Camparotto</i> <sup>1,3</sup> ; <i>Angélica Praela Pantano</i> <sup>2</sup> ; <i>Gabriel Constantino Blain</i> <sup>2</sup> .....	436
DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS E AVALIAÇÃO DAS CONDICIONANTES CLIMÁTICAS EM ESTADOS DAS REGIÕES CENTRO-OESTE E SUDESTE DO BRASIL.....	437
<i>João Paulo da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Luciana Alvim Santos Romani</i> <sup>2</sup> ; <i>Jurandir Zullo Junior</i> <sup>3</sup> .....	437
ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCOS CLIMÁTICOS NA REGIÃO DO CORREDOR SECO DA AMÉRICA CENTRAL: UMA PROPOSTA DE DISSEMINAÇÃO TECNOLÓGICA.....	438
<i>João Paulo da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Eduardo Delgado Assad</i> <sup>2</sup> ; <i>Jurandir Zullo Junior</i> <sup>3</sup> .....	438
ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA O CULTIVO DE MANDIOCA PARA O ESTADO DE ALAGOAS.....	439
<i>Luan Santos de Oliveira Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Rosiberto Salustiano da Silva Junior</i> <sup>3</sup> ; <i>Luana do Nascimento Vasconcelos</i> <sup>2</sup> ; <i>Ewerton de Souza Muniz</i> <sup>2</sup> ; <i>Brisa Soriano de Andrade</i> <sup>2</sup> ; <i>Ricardo Ferreira Carlos de Amorim</i> <sup>3</sup> .....	439
CAFÉ ARÁBICA NAS MATAS DE MINAS, UMA ABORDAGEM SOBRE OS EFEITOS DO (ENOS) NA PRODUTIVIDADE.....	440
<i>Vanda Maria Sales de Andrade</i> <sup>1</sup> ; <i>Fábio Daniel Tancredi</i> <sup>2</sup> ; <i>Williams Pinto Marques Ferreira</i> <sup>3</sup> ; <i>Valéria Pereira Braz Homci</i> <sup>4</sup> .....	440
<b>10. Meteorologia de Mesoescala.....</b>	<b>441</b>
BALANÇO DO TOTAL PRECIPITADO EM BELÉM-PA NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2024.....	442
<i>Nataly Nilzete de Oliveira Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Ana Caroline Correa dos Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Dayanne Fabiola Moura Souza</i> <sup>1</sup> .....	442
<b>11. Modelagem Numérica.....</b>	<b>443</b>
COMPARAÇÃO DO DOWNSCALING DINÂMICO DOS MODELOS WRF E MPAS-A DE ÁREA LIMITADA APLICADOS À ESTAÇÃO CHUVOSA DE CUBA.....	444
<i>Pedro M. González Jardines</i> <sup>1</sup> ; <i>Aleida Rosquete Estévez</i> <sup>1</sup> ; <i>Maibys Sierra Lorenzo</i> <sup>1</sup> ; <i>Arnoldo Bezanilla Morlot</i> <sup>1</sup> .....	444
ANÁLISE DA VARIABILIDADE SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NA ZCIT NO OCEANO ATLÂNTICO ENTRE OS MODELOS CLIMÁTICOS ACCESS1.0 (CMIP5) E ACCESS-ESM1.5 (CMIP6).....	445
<i>Mayana Vitória Oliveira e Sousa</i> <sup>1</sup> ; <i>Breno Tramontini Steffen</i> <sup>2</sup> ; <i>Raimundo Vitor Santos Pereira</i> <sup>2</sup> ; <i>Fernanda Casagrande</i> <sup>3</sup> ; <i>Ronald Buss de Souza</i> <sup>3</sup> .....	445
AVALIAÇÃO DO MODELO REGIONAL CLIMÁTICO PARA A PREVISÃO DE VENTO NO CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA.....	446

<i>Alexandre Santos de Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Cleber Souza Correa</i> <sup>2</sup> ; <i>Inácio Malmonge Martin</i> <sup>3</sup> ; <i>Felipe do Nascimento Correa</i> <sup>4</sup>	446
PREVISÃO DE SECA NO SUDOESTE DA COLÔMBIA USANDO MODELAGEM DE MÉDIA MÓVEL AUTORREGRESSIVA APOIADA POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. MODELO NN-ARMA-X.....	447
<i>Camilo Ocampo Marulanda</i> <sup>1,2</sup> ; <i>Yesid Carvajal-Escobar</i> <sup>3</sup> ; <i>Teresita Canchala</i> <sup>1</sup> ; <i>Wilfredo Alfonso-Morales</i> <sup>4</sup> ; <i>Cristhian Fernández-Álvarez</i> <sup>5</sup> .....	447
IMPACTOS DA MUDANÇA CLIMÁTICA SOBRE A DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA MONILÍASE DO CACAEUEIRO NOS CENÁRIOS DO CMIP6 ATÉ 2100 NA AMAZÔNIA ORIENTAL .....	448
<i>Vandeilson Belfort Moura</i> <sup>1</sup> ; <i>Lucionila Pimentel Pantoja</i> <sup>1</sup> ; <i>Raimundo José Moraes Júnior</i> <sup>1</sup> ; <i>Tayssa Menezes Franco</i> <sup>3</sup> ; <i>Juliane Samara da Costa Dias</i> <sup>3</sup> ; <i>Luis Roberto da Trindade Ribeiro</i> <sup>3</sup> ; <i>Samilly Lisboa Gomes</i> <sup>3</sup> ; <i>Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza</i> <sup>2</sup> .....	448
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CORREÇÃO DE VIÉS EM DADOS SIMULADOS DO MODELO BRAMS: TEMPERATURA DO AR (2 METROS) .....	449
<i>Milena Pereira Dantas</i> <sup>1,2,4</sup> ; <i>Haroldo Fraga de Campos Velho</i> <sup>3</sup> ; <i>Alan Carlos da Costa</i> <sup>2,5</sup> ; <i>Leandro Rodrigues da Silva Souza</i> <sup>2</sup> .....	449
IMPACTO DE SIMULAÇÕES NA ESCALA DE CONVECÇÃO PERMITIDA EM DIFERENTES TIPOS DE CICLONES NO SUL-SUDESTE DO BRASIL .....	457
<i>Matheus Henrique de Oliveira Araújo Magalhães</i> <sup>1</sup> ; <i>Rosmeri Porfírio da Rocha</i> <sup>2</sup> ; <i>Geraldo Deniro Gomes</i> <sup>3</sup> ...	457
ATUALIZAÇÃO DO MAPA FOTOVOLTAICO UTILIZANDO MODELO NUMÉRICO WRF, PARA O ESTADO DE ALAGOAS. ....	458
<i>Ewerton de Souza Muniz</i> <sup>2</sup> ; <i>Luan Santos de Oliveira Silva</i> <sup>3</sup> ; <i>Taiane Alves da Silva</i> <sup>3</sup> ; <i>Luana do Nascimento Vasconcelos</i> <sup>2</sup> ; <i>Rosiberto Salustiano da Silva Junior</i> <sup>1</sup> .....	458
REPRESENTAÇÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS EM MODELOS CLIMÁTICOS REGIONAIS: ESTUDO DE CASO NO PANTANAL.....	459
<i>Lindsay Assunção Silva Pimenta</i> <sup>1</sup> .....	459
ANÁLISE DOS CAMPOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE UM CONJUNTO DE MODELOS DO CMIP6 PARA A REGIÃO NORTE DO NORDESTE DO BRASIL.....	460
<i>Francisco Emerson da Silva Rodrigues</i> <sup>2</sup> ; <i>João Victor de Moraes Cavalcante da Silva</i> <sup>3</sup> ; <i>Domingo Cassain Sales 4</i> ; <i>Emerson Mariano da Silva</i> <sup>1</sup> .....	460
ANÁLISE DA PARAMETRIZAÇÃO DE MICROFÍSICA E CUMULUS DO MODELO WRF (WRF-SOLAR) PARA SIMULAÇÃO DE RADIAÇÃO SOLAR EM ALAGOAS .....	464
<i>Taiane Alves da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Ewerton de Souza Muniz</i> <sup>2</sup> ; <i>Rosiberto Salustiano da Silva Junior</i> <sup>3</sup> ; <i>Luan Santos de Oliveira Silva</i> <sup>4</sup> ; <i>Diogo Nunes da Silva Ramos</i> <sup>5</sup> .....	464
<b>12. Interação Oceano-Atmosfera.....</b>	<b>466</b>
A INFLUÊNCIA COMBINADA DO DIPOLO SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL E DO EL NIÑO- OSCILAÇÃO SUL NAS CHUVAS DE MONÇÃO NA ÁFRICA AUSTRAL .....	467
<i>Kenedy Cipriano Silverio</i> <sup>1</sup> ; <i>Tercio Ambrizzi</i> <sup>2</sup> .....	467
RELAÇÕES ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA E A PRECIPITAÇÃO NO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL.....	468
<i>RAIMUNDO VITOR SANTOS PEREIRA</i> <sup>1</sup> ; <i>Vinício Lima Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Breno Tramontini Steffen</i> <sup>1</sup> ; <i>Leticia Stachelski 1</i> ; <i>Ronald Buss de Souza</i> <sup>2</sup> .....	468
ESTRUTURA VERTICAL OCEÂNICA NA VIZINHANÇA DA PENÍNSULA ANTÁRTICA NO PERÍODO DE OUTONO E INVERNO DE 2008 OBTIDA ATRAVÉS DE DADOS COLETADOS POR MAMÍFEROS MARINHOS .....	469
<i>RAIMUNDO VITOR SANTOS PEREIRA</i> <sup>1</sup> ; <i>Breno Tramontini Steffen</i> <sup>1</sup> ; <i>Ronald Buss de Souza</i> <sup>2</sup> .....	469
MODOS DE VARIABILIDADE DO ATLÂNTICO NOS ÚLTIMOS 8.000 ANOS POR UMA SIMULAÇÃO NUMÉRICA TRANSIENTE.....	470
<i>Luciana Figueiredo Prado</i> <sup>1</sup> ; <i>Ilana Wainer</i> <sup>2</sup> ; <i>Johann Jungclaus</i> <sup>3</sup> ; <i>Anne Dallmeyer</i> <sup>3</sup> .....	470
VARIAÇÕES EM TEMPERATURA DO AR NA ANTÁRTICA REGISTRADAS PELO CRIOSFERA 1 E RELAÇÕES COM O MODO ANULAR SUL.....	471
<i>Rebecca Labhardt Alves</i> <sup>1</sup> ; <i>Luciana Figueiredo Prado</i> <sup>2</sup> ; <i>Heitor Evangelista</i> <sup>3</sup> ; <i>Ronald Buss de Souza</i> <sup>4</sup> .....	471

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS DE REANÁLISE E OBSERVAÇÕES <i>IN SITU</i> DE FLUXOS DE CALOR ENTRE O OCEANO E A ATMOSFERA NO ATLÂNTICO TROPICAL .....	473
<i>Letícia Stachelski</i> <sup>1</sup> ; <i>Vinício Lima Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Mariana Monteiro dos Santos Gandra</i> <sup>1</sup> ; <i>Fernanda Casagrande</i> <sup>3</sup> ; <i>Ronald Buss de Souza</i> <sup>2</sup> ; <i>Breno Tramontini Steffen</i> <sup>1</sup> ; <i>Raimundo Vitor Santos Pereira</i> <sup>1</sup> .....	473
ANÁLISE DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DURANTE NEVOEIROS NA BAÍA DE GUANABARA/RJ.....	474
<i>Fellipe Romão Sousa Correia</i> <sup>1</sup> ; <i>Pamella Sampaio Nascimento Amaro</i> <sup>1</sup> ; <i>Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira</i> <sup>2</sup> .....	474
MUDANÇAS NO GIRO SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL DURANTE A TERMINAÇÃO V .....	475
<i>Breno de Souza Marques</i> <sup>1</sup> ; <i>Bruna Borba Dias</i> <sup>4</sup> ; <i>Gelvam André Hartmann</i> <sup>2</sup> ; <i>Cristiano Mazur Chiessi</i> <sup>5</sup> ; <i>Tainã Marcos Lima Pinho</i> <sup>6</sup> ; <i>Thiago Pereira dos Santos</i> <sup>5</sup> ; <i>Rodrigo Azevedo Nascimento</i> <sup>7</sup> ; <i>Marília de Carvalho Campos</i> <sup>3</sup> .....	475
A RESSURGÊNCIA DE CABO FRIO: INDICADORES MÉDIOS A PARTIR DE DADOS DE REANÁLISE... ..	476
<i>Erica Ferreira Dias</i> <sup>1</sup> ; <i>Luciana Figueiredo Prado</i> <sup>2</sup> .....	476
ESTUDO DO BALANÇO DOS FLUXOS DE CALOR NA REGIÃO DA RADIAL DE ALTA DENSIDADE DO XBT NOAA AX97 .....	477
<i>Louise Moulin da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Mauro Cirano</i> <sup>2</sup> .....	477
ANÁLISE DO CICLONE TROPICAL FREDDY (2023) E A COMPARAÇÃO DE REANÁLISES PARA SEU LANDFALL .....	478
<i>Christhyan Paixão de Godoy Lopes</i> <sup>1</sup> ; <i>Clara Miho Narukawa Iwabe</i> <sup>2</sup> .....	478
ANÁLISE DOS MECANISMOS DE FEEDBACK CLIMÁTICO NA ANTÁRTICA .....	479
<i>Fernanda Casagrande</i> <sup>1</sup> ; <i>Ronald B. Souza</i> <sup>2</sup> .....	479
ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE TELECONEXÕES E A PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL .....	480
<i>Bárbara Velasco Holender</i> <sup>1</sup> ; <i>Eliane Barbosa Santos</i> <sup>2</sup> .....	480
IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS EXTREMOS DE CHUVA EM ALAGOAS .....	481
<i>Micejane da Silva Costa</i> <sup>1</sup> ; <i>José Francisco de Oliveira Júnior</i> <sup>2</sup> ; <i>Akza Hellen dos Santos Silva</i> <sup>3</sup> ; <i>Kelvy Rosalvo Alencar Cardoso</i> <sup>3</sup> ; <i>Maytê Duarte Leal Coutinho</i> <sup>4</sup> .....	481
EFEITO SINÓTICO DA ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL NA CAMADA SUPERFICIAL DO OCEANO ATLÂNTICO EM 38°O NA PRIMAVERA DE 2017 .....	482
<i>Breno Tramontini Steffen</i> <sup>1</sup> ; <i>Ronald Buss de Souza</i> <sup>2</sup> ; <i>Rose Ane Pereira de Freitas</i> <sup>3</sup> ; <i>Raimundo Vitor Santos Pereira</i> <sup>1</sup> ; <i>Letícia Stachelski</i> <sup>1</sup> .....	482
VALIDAÇÃO DA PREVISÃO OPERACIONAL DE ONDAS DO MODELO WAVEWATCH III NA REGIÃO OESTE DO ATLÂNTICO SUL .....	483
<i>Bárbara Regina dos Santos Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Rosio Del Pilar Camayo Maita</i> <sup>2</sup> ; <i>Natália Rudorff Oliveira</i> <sup>2</sup> .....	483
ANÁLISE DA REDUÇÃO SEM PRECEDENTES DA CONCENTRAÇÃO DE GELO MARINHO ANTÁRTICO DURANTE OS ANOS DE 2022-2023 .....	484
<i>Helena Barbieri de Azevedo</i> <sup>1</sup> ; <i>Fernanda Casagrande</i> <sup>1</sup> ; <i>Ronald Buss de Souza</i> <sup>2</sup> .....	484
<b>13. Micrometeorologia.....</b>	<b>485</b>
INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NO MICROCLIMA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ.....	486
<i>Maria Eduarda Nobre dos Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Matheus Cristiano Cordeiro Moreira</i> <sup>2</sup> ; <i>Matheus Pantoja Aguiar</i> <sup>3</sup> ; <i>Rina Batista Aniká</i> <sup>4</sup> .....	486
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PERFIL DE ESTOQUE DE ÁGUA OBTIDOS PELA Sonda EVIROSCAN E PELO REFLECTÔMETRO CS615.....	487
<i>Ranyelli Cunha de Figueiredo</i> <sup>1</sup> ; <i>Cleo Quaresma Dias-Júnior</i> <sup>3</sup> ; <i>Rosária Rodrigues Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Maria Juliana de Melo Monte</i> <sup>1</sup> ; <i>Thiago Lima Xavier</i> <sup>1</sup> ; <i>Jailson Ramos da Mata</i> <sup>1</sup> ; <i>leonardo Oliveira Ramos</i> <sup>2</sup> ; <i>Carla de Souza Farias</i> <sup>1</sup> ; <i>Carla Maria Alves de Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Denisi Holanda Hall</i> <sup>1</sup> ; <i>Bruno Takeshi Tanaka Portela</i> <sup>2</sup> .....	487
QUANTIFICANDO AS TROCAS LIQUIDAS DE CO <sub>2</sub> EM CULTURAS CONVENCIONAIS E COM APLICAÇÃO DE BIOINSUMO NO SUL DO BRASIL UTILIZANDO TORRES DE FLUXO .....	494

<i>Cristiano Maboni</i> <sup>1</sup> ; <i>Daniel Michelon dos Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Alecsander Mergen</i> <sup>1</sup> ; <i>Murilo Machado Lopes</i> <sup>3</sup> ; <i>Tamires Zimmer</i> <sup>1</sup> ; <i>Vanessa de Arruda Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Michel Baptistella Stefanello</i> <sup>2</sup> ; <i>Rodrigo Josemar Seminoti Jacques</i> <sup>2</sup> ; <i>Débora Regina Roberti</i> <sup>2</sup> .....	494
ANÁLISES DE PERFIS TURBULENTOS ADIMENSIONAIS DE MOMENTUM E ESCALAS ASSOCIADAS COM A ALTURA DO PONTO DE INFLEXÃO DO PERFIL DO VENTO PARA ESTIMATIVA DE SUBCAMADA RUGOSA AMAZÔNICA .....	495
<i>Leandro dos Reis Biase Gomes</i> <sup>1</sup> ; <i>Cléo Quaresma Dias-Júnior</i> <sup>2</sup> ; <i>Raoni Aquino Silva de Santana</i> <sup>3</sup> .....	495
ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS VEGETACIONAIS E FOCOS DE CALOR EM MUNICÍPIOS DA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA .....	502
<i>Luzinete Scaunichi Barbosa</i> <sup>1</sup> ; <i>Daniela Castagna</i> <sup>1</sup> ; <i>Rhavel Salviano Dias Paulista</i> <sup>1</sup> ; <i>Daniela Roberta Borella</i> <sup>1,2</sup> ; <i>Adilson Pacheco de Souza</i> <sup>2,3</sup> .....	502
INFLUÊNCIA DA COBERTURA DA SUPERFÍCIE URBANA DE MANAUS NA FORMAÇÃO DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO .....	503
<i>Carla de Souza Farias</i> <sup>1,2</sup> ; <i>Maria Juliana de Melo Monte</i> <sup>1</sup> ; <i>Denisi Holanda Hall</i> <sup>1</sup> ; <i>Vinicius Buscioli Capistrano</i> <sup>4</sup> ; <i>Luiz Antonio Candido</i> <sup>5</sup> ; <i>Cléo Quaresma Dias Júnior</i> <sup>3</sup> .....	503
ESTUDO COMPARATIVO DO SALDO DE RADIAÇÃO ENTRE UMA ÁREA DE FLORESTA E CAMPINARANA .....	505
<i>Carla Maria Alves de Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Ranyelli Cunha de Figueiredo</i> <sup>1</sup> ; <i>Denisi Holanda Hall</i> <sup>1</sup> ; <i>Rosária Rodrigues Ferreira</i> <sup>1</sup> ; <i>Cléo Quaresma Dias Júnior</i> <sup>4</sup> ; <i>Luiz Augusto Toledo Machado</i> <sup>2</sup> ; <i>Jailson Ramos da Mata</i> <sup>1</sup> ; <i>Leonardo de Oliveira Ramos</i> <sup>3</sup> ; <i>Tiago de Lima Xavier</i> <sup>1</sup> .....	505
ANÁLISE DA DINÂMICA DA ALTURA DA CAMADA LIMITE NOTURNA: EFEITOS DO SALDO DE RADIAÇÃO .....	506
<i>Carla Maria alves de Souza</i> <sup>1</sup> ; <i>Anne Cristiny Santos de Mendonça</i> <sup>1</sup> ; <i>Flávio Augusto Farias D'Oliveira</i> <sup>4</sup> ; <i>Cléo Quaresma Dias Junior</i> <sup>3</sup> ; <i>Jailson Ramos da Mata</i> <sup>2</sup> ; <i>Leonardo de Oliveira Ramos</i> <sup>3</sup> ; <i>Thiago de Lima Xavier</i> <sup>2</sup> ..	506
ESTUDO DA RADIOATIVIDADE NATURAL NA PRAIA DE MEAÍPE UTILIZANDO REDE NEURAL. ....	513
<i>Miriam Mathias Gigi</i> <sup>2</sup> ; <i>Jacyra Ramos Soares</i> <sup>1</sup> .....	513
É POSSÍVEL ESTIMAR A ALTURA DA CAMADA LIMITE NOTURNA A PARTIR DE PERFIS DE VENTO DURANTE JATOS DE BAIXOS NÍVEIS NA AMAZÔNIA CENTRAL? .....	514
<i>Anne Cristiny Santos de Mendonça</i> <sup>1</sup> ; <i>Cléo Quaresma Dias Júnior</i> <sup>2</sup> ; <i>Luis Gustavo Nogueira Martins</i> <sup>3</sup> ; <i>Daniel Magnabosco Marra</i> <sup>4</sup> ; <i>Otávio Costa Acevedo</i> <sup>5</sup> .....	514
ESTIMATIVA DO DEFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR NA AMAZÔNIA CENTRAL .....	521
<i>Eder Vasconcelos Marinho</i> <sup>1</sup> ; <i>Cléo Quaresma dias Junior</i> <sup>2</sup> ; <i>Raoni Aquino de Santana</i> <sup>3</sup> .....	521
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA OROGRAFIA NA TURBULÊNCIA ATMOSFÉRICA NA FLORESTA AMAZÔNICA UTILIZANDO SIMULAÇÕES DE GRANDES VÓRTICES .....	522
<i>Raíssa Soares de Oliveira</i> <sup>1</sup> ; <i>Daiane de Vargas Brondani</i> <sup>3</sup> ; <i>Cléo Quaresma Dias Júnior</i> <sup>2</sup> ; <i>Luca Mortarini</i> <sup>4</sup> ; <i>Umberto Giostra</i> <sup>4</sup> ; <i>Tony Christian Landi</i> <sup>3</sup> .....	522
BALANÇO DE CARBONO EM SISTEMAS AGROPASTORIS DO BRAZILIAN PAMPA BIOME ATRAVÉS DE TORRES DE FLUXO .....	523
<i>Débora Regina Roberti</i> <sup>2</sup> ; <i>Rodrigo Jacques</i> <sup>2</sup> ; <i>Rodrigo da Silva</i> <sup>6</sup> ; <i>Alecsander Mergen</i> <sup>1</sup> ; <i>Daniel Michelon dos Santos</i> <sup>1</sup> ; <i>Cristiano Maboni</i> <sup>1</sup> ; <i>Vanessa de Arruda Souza</i> <sup>4</sup> ; <i>Murilo Machado Lopes</i> <sup>3</sup> ; <i>Tamires Zimmer</i> <sup>1</sup> ; <i>Maria Eduarda Oliveira Pinheiro</i> <sup>1</sup> ; <i>Michel Baptistella Stefanello</i> <sup>2</sup> ; <i>Ana Flavia Feldhaus</i> <sup>1</sup> ; <i>João Victor Basso</i> <sup>1</sup> ; <i>João Antonio Voltz da Silva</i> <sup>1</sup> ; <i>Jean Medelin</i> <sup>1</sup> ; <i>William da Silva Chaves</i> <sup>1</sup> ; <i>Richard Reno da Costa Lobato</i> <sup>1</sup> .....	523
INFLUÊNCIA DA COBERTURA DO SOLO NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO BIOMA PAMPA BRASILEIRO .....	524
<i>Richard Reno da Costa Lobato</i> <sup>2</sup> ; <i>Alecsander Mergen</i> <sup>2</sup> ; <i>Vanessa de Arruda Souza</i> <sup>3</sup> ; <i>Tamires Zimmer</i> <sup>2</sup> ; <i>Maria Eduarda Oliveira Pinheiro</i> <sup>2</sup> ; <i>João Victor Basso</i> <sup>2</sup> ; <i>Michel Baptistella Stefanello</i> <sup>1</sup> ; <i>Mirta Teresinha Petry</i> <sup>4</sup> ; <i>Débora Regina Roberti</i> <sup>1</sup> .....	524
MICROCLIMA PARA O CULTIVO DE COGUMELOS, EM DIFERENTES SUBSTRATOS, EM PARAUAPEBAS, PARÁ .....	525
<i>RAFAEL FERREIRA DA COSTA</i> <sup>1</sup> ; <i>Laynara Costa Carneiro</i> <sup>2</sup> ; <i>Marcos Antonio da Rocha</i> <sup>2</sup> .....	525

## **14. Meteorologia e Mídias ..... 526**

"COMO É FEITA A PREVISÃO DO TEMPO": UM EXEMPLO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM PLATAFORMAS DIGITAIS .....	527
<i>Mayana Vitória Oliveira e Sousa <sup>1</sup>; Kennia Karina da Silva Varine <sup>1</sup>; Denisson Guimarães do Carmo <sup>1</sup>; Arlindo Rebechi Junior <sup>2</sup></i> .....	527
ATMOSFERAS DOS PLANETAS TERROSOS: MÓDULO DE ASTROMETEOROLOGIA EM CURSO DE ASTRONOMIA EM PLATAFORMA DIGITAL .....	528
<i>Kennia Karina da Silva Varine <sup>1</sup>; Mayana Vitória Oliveira e Sousa <sup>1</sup>; Rodolfo Langhi <sup>2</sup></i> .....	528

# 1. Climatologia

## Tendências na Concentração da Precipitação no Brasil

Beatriz Siqueira <sup>1</sup>; Jonas Teixeira Nery <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutora em Geografia. Cidade Universitária Zeferino Vaz - Barão Geraldo, Campinas - SP, 13083-970. Universidade Estadual de Campinas; <sup>2</sup>Professor no Programa de Pós-Graduação em Geografia. Cidade Universitária Zeferino Vaz - Barão Geraldo, Campinas - SP, 13083-970. Universidade Estadual de Campinas

### RESUMO

O Brasil, país de dimensões continentais com grande diversidade climática, apresenta variações significativas nos padrões de precipitação ao longo de seu território. Enquanto no extremo norte do país a média anual da precipitação pode ultrapassar os 2.500 milímetros, no semiárido nordestino os índices de precipitação frequentemente ficam abaixo dos 500 milímetros anuais. Além desses extremos, outras áreas do Brasil também apresentam variações significativas. O Centro-Sul do Brasil, apesar de distribuição mais regular de precipitação ao longo do ano, enfrenta seus próprios desafios com extremos climáticos. Estes eventos podem variar desde enchentes e tempestades severas no verão até períodos de seca que afetam significativamente a agricultura e o abastecimento de água. Nesse sentido, o principal objetivo do referido estudo foi estimar a concentração da precipitação pluvial em todo o Brasil, com a finalidade de detectar tendências na precipitação total anual (PP) quantificada pelo Índice de Concentração de Chuva (CI), metodologia utilizada para medir a sazonalidade e heterogeneidade diária da precipitação; e pelo Índice de Precipitação Concentrada (PCI), um indicador da distribuição espacial e temporal da precipitação, quantificando concentrações mensais de chuva na área estudada. As tendências lineares anuais desses parâmetros também foram analisadas. Os procedimentos não paramétricos de Mann-Kendall e o estimador pendente de Sen foram empregados na análise para identificar se há uma tendência crescente ou decrescente com nível de significância de 95%. Os resultados indicaram tendências crescentes para muitas das séries analisadas, denotando aumento na concentração das chuvas em todo o país, especialmente no Centro-Sul, onde os extremos de precipitação podem estar escondidos em valores diários. Essa configuração corrobora um cenário adaptado à ocorrência de eventos extremos, envolvendo especialmente episódios de enchentes e secas severos no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** índices de chuva; testes não-paramétricos; R Project; estatística aplicada;

### AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas, onde o referido estudo foi desenvolvido.

# ANÁLISE DOS FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E LATENTE SOBRE A BAÍA DE CAXIUANÃ - PA

**William Aquino**<sup>1</sup>; **Paulo Vitor Reis Rodrigues**<sup>1</sup>; **Carlos Edgar Gonçalves da Costa**<sup>1</sup>; **José Danilo da Costa Souza Filho**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Meteorologia . Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 ;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01

## RESUMO

A Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, localizada nos municípios de Melgaço - PA e Portel - PA, desempenha papel crucial na conservação da biodiversidade. Logo, considerou-se necessário um entendimento sobre fluxos de energia com dados de curto espaço de tempo, tendo como campo de estudo a Baía de Caxiuanã. Composta majoritariamente por floresta densa e influenciada pela hidrografia do baixo rio Anapu, a região é essencial para o transporte de calor e umidade. O artigo busca analisar os fluxos de calor sensível ( $H$ ) e calor latente ( $Le$ ) na Baía de Caxiuanã, compreendendo a sua redistribuição de energia na atmosfera. A partição desses fluxos depende de fatores como disponibilidade de água, cobertura vegetal e características do solo. A radiação global apresentou variações diurnas marcantes, impactando o saldo de energia na baía. O estudo conclui que os fluxos de calor sensível e latente variam ao longo do dia, influenciadas predominantemente pela radiação solar. Por tanto, é fundamental compreender os processos climáticos regionais da FLONA de Caxiuanã.

**PALAVRAS-CHAVE:** Baía de Caxiuanã; Radiação global; Calor sensível; Calor latente;

## INTRODUÇÃO

A Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã é uma extensa área de conservação adentro dos municípios de Melgaço e Portel, situada a oeste da capital Belém-PA. Composta em 85% de floresta densa, com hidrografia resultante do alargamento do baixo rio Anapu, a Baía de Caxiuanã desempenha parte fundamental no transporte de calor e umidade para as margens da reserva.

Segundo Molion (1987), a floresta amazônica é considerada uma importante fonte de calor para a circulação geral da atmosfera, uma vez que o excesso da radiação solar incidente é absorvido pela superfície e transportada na forma de calor latente. Quando a energia solar atinge a superfície, uma parte é imediatamente refletida de volta à atmosfera (albedo), enquanto o restante é absorvido, aquecendo a superfície terrestre, resultando no aumento da temperatura do solo, vegetação e corpos d'água.

A energia absorvida por a superfície terrestre é redistribuída para a atmosfera mediante dois principais fluxos de energia: calor sensível ( $H$ ) e calor latente ( $Le$ ). O fluxo de  $H$  decorre partindo da transferência de energia térmica para ar adjacente, intermediado por processos de convecção e condução. Sendo particularmente influenciado por diferenciação de temperatura entre superfície aquecida e camada de ar próxima, é responsável pela variabilidade na temperatura do ar em escalas e local.

Em contraponto, o fluxo de  $Le$  referencia mudança na fase da água, como a evaporação e transpiração, circundada por energia imprescindível. A evaporação consome energia significativa ( $Le$ ) da superfície, auxiliando no arrefecimento local e umidade atmosférica. Evidenciase que a troca de  $Le$  em larga escala é o maior encarregado da transferência de calor na atmosfera

Em áreas com maior disponibilidade de água tendem a predomínio de  $Le$ , entretanto, áreas urbanas e áridas, havendo pouca vegetação e maior impermeabilização do solo, o  $H$  é significativamente predominante. A enorme capacidade térmica da água, em combinação com uma troca de calor vertical eficaz, permite um grande potencial de armazenamento de calor em lagos (Nordbo et al., 2011).

## OBJETIVOS

Objetificou-se a compreensão do balanço e fluxos ( $H$ ,  $Le$ ) de energia na Baía de Caxiuanã em escala horária em efêmero tempo, podendo assim, analisar a significância de perda de calor por meio de processos convectivos e advectivos e suas variâncias nos dados propostos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo.

A Floresta Nacional de Caxiuanã (figura 1) foi criada 1961, pelo Decreto N<sup>a</sup> 239/1961, visando preservar áreas dos municípios de Portel e Melgaço. Segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), a área de Caxiuanã corresponde a 317.946,37 hectares, abrangendo as áreas dos municípios que a unidade está inserida, e a Zona de Amortecimento. Possui a prerrogativa de uso múltiplo dos recursos naturais, de forma sustentável e também o incentivo a pesquisa científica.

A baía de Caxiuanã (figura 1) é um alargamento do rio Anapu e fica localizada na parte leste da Floresta Nacional de Caxiuanã e seus principais afluentes são: Os rios Caxiuanã e Curuá classificados como rios de água preta. A baía de caxiuanã possui 40km de extensão no sentido norte/sul e 8km de largura, essa mesma baía apresenta um comportamento como um grande lago de água doce.

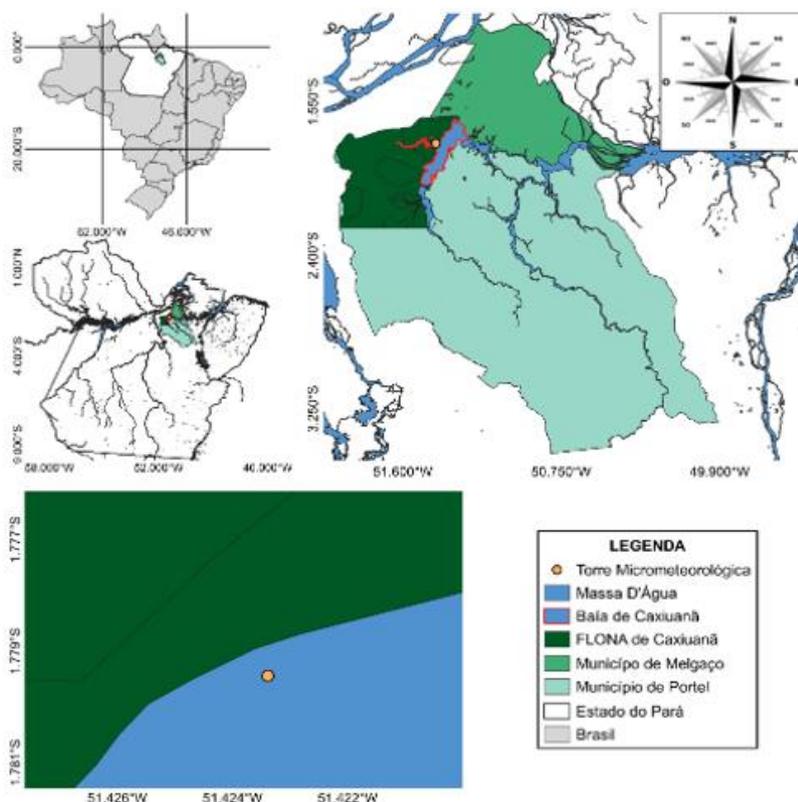


Figura 1. Mapa da região da FLONA de Caxiuanã, Baía de Caxiuanã com localização da Torre micrometeorológica. Fonte: Autoria Própria

### Torre Micrometeorológica.

Os dados empregados nesta pesquisa foram coletados de uma Torre micrometeorológica (localização na Figura 1), situada, em média, a 7 metros acima do nível médio do rio, posicionada dentro da baía de Caxiuanã.

## Dados utilizados, instrumentação e medidas Obtidas.

O período de estudo abrange das 11 horas (h) do dia (d) 6 até as 16h do d 8 de novembro de 2014. De modo a complementar os dados dos fluxos de  $H$  e  $Le$ , também foram registradas as seguintes variáveis meteorológicas: radiação solar global (LI-COR Pyranometer), saldo de energia (NR-Lite, Kipp e Zonen). Todos os sensores foram conectados ao datalogger CR1000 para coletas automáticas dos dados, com um intervalo de 60 segundos.

## Fluxos de Calor Sensível ( $H$ ) e Calor Latente ( $Le$ ).

Por definição, o fluxo de uma variável é definido por sua quantidade em uma determinada direção que passa através de uma unidade de área dividida pelo tempo. Os fluxos de  $H$  e  $LE$  foram obtidos por meio das fórmulas a seguir:

$$H = \bar{p} \alpha c_p \overline{w' T'} \quad (1)$$

$$Le = \bar{p} \alpha w' \overline{q'} \quad (2)$$

## Balanco de energia.

O balanço energético de um lago é dado por:

$$Rn - \Delta Q = H + LE + \Delta Q_s + \Delta Q_f + \Delta Q_p \quad (3)$$

Onde:

$Rn$  é o saldo de energia ( $W m^{-2}$ );

$\Delta Q$  é o calor armazenado na superfície da baía ( $W m^{-2}$ );

$H$  é o fluxo de calor sensível ( $W m^{-2}$ );

$Le$  é o fluxo de calor latente ( $W m^{-2}$ );

$\Delta Q_s$  é o fluxo de calor no sedimento ( $W m^{-2}$ );

$\Delta Q_f$  é o fluxo líquido de calor, entrada e saída, no lago ( $W m^{-2}$ );

$\Delta Q_p$  é o fluxo de calor resultante de eventos de precipitação ( $W m^{-2}$ ).

Por possuírem unidades extremamente irrisório, os 3 últimos termos da equação (3) se tornam irrelevantes para a equação (WANG; BRAS, 1999). Dessa maneira, a equação (3) se torna:

$$Rn - \Delta Q = H + LE \quad (4)$$

O calor armazenado na água ( $\Delta Q$ ) foi calculado por meio da conversão da equação (4) em:

$$\Delta Q = Rn - H - Le \quad (5)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Variabilidade horaria da radiação solar global (RG) e do saldo de energia (RN) sobre a baía de Caxiuanã.**

O ciclo horário da radiação solar global ( $R_g$ ) e do saldo de energia ( $R_n$ ) correspondente ao período estudado são apresentados na Figura 2. A  $R_g$  média horária apresentou seus valores máximos entre as 11h às 14h, com picos de  $1051,0 \text{ W m}^{-2}$  (12h, d 6),  $882,0 \text{ W m}^{-2}$  (12h, d 7) e  $940,8 \text{ W m}^{-2}$  (14, d 8), após as 14h, a uma redução significativa no total de radiação solar incidente na superfície, havendo quedas até próximos das 18h, após o valor e igual a  $0 \text{ W m}^{-2}$ . Os maiores valores de incidência de  $R_g$  são no primeiro de dia de registro com extremos acima de  $950 \text{ W m}^{-2}$ , em 3h consecutivas (11h até 13h), chama atenção para o lapso do dia 8, uma perturbação abrupta no registro das 13h, justificada pela nebulosidade no presente momentâneo, reduzindo significativamente o total de radiação solar incidente na superfície.

Um comportamento semelhante mostrado pelo saldo de energia ( $R_n$ ) médio horário para os dias proposto (Figura 2), seus valores máximos, assim como o  $R_g$ , ficam entre as 11h às 14h, a diferença de dar em valores após as 18h, onde encontrasse negativo. Ao longo do dia, nas horas de brilho solar, o saldo de radiação em uma superfície qualquer tende a ser positivo, pois os fluxos incidentes (global e atmosférico) são superiores às frações refletidas e emitidas (Galvani et al. 2001). Durante a noite, é comum que esses valores sejam negativos, pois o fluxo incidente passa a ser apenas atmosférico e a energia emitida pela superfície, superior a este, resultando em um saldo de radiação negativo (Geiger, 1961; Monteith e Unsworth, 1990; Pezzopane et al., 1995).

Seus picos foram de  $798,9 \text{ W m}^{-2}$  (12h, d 6),  $649,3 \text{ W m}^{-2}$  (11h, d 7) e  $725,5 \text{ W m}^{-2}$  (14, d 8), após as 14 h, há uma queda significativa até próximos das 18 horas em todos os dias, após o valor e menor que  $0 \text{ W m}^{-2}$  continuamente até as 7h. Representando os menores declínios, apontasse  $-87,5 \text{ W m}^{-2}$  (22h, d 6),  $-70,7 \text{ W m}^{-2}$  (1h, d 7) e  $59,2 \text{ W m}^{-2}$  (6h, d 8).

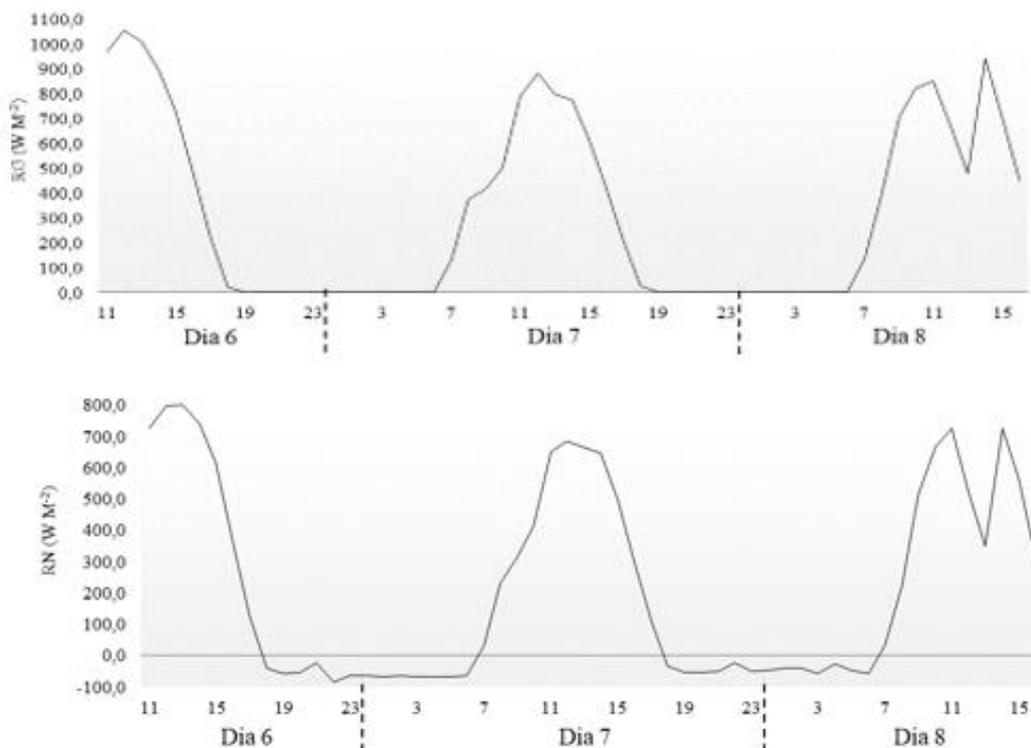


Figura 2. Comportamento horário médio diário da radiação global ( $R_g$ ) e do saldo de energia ( $R_n$ ) sobre a baía de Caxiuana

### Variabilidade horaria dos fluxos de calor sensível ( $H$ ), latente ( $L_e$ ) e do calor armazenado na água da baía de Caxiuana ( $\Delta Q$ ).

O fluxo de calor possui variação diária, mensal e anual, havendo épocas em que o mesmo alcança valores bastante elevados devido à influência das diversas variáveis meteorológicas nesse sistema (Rocha et al. 2003). O comportamento diurno médio horário do fluxo de calor sensível ( $H$ ), fluxo de

calor latente ( $Le$ ) e do resíduo do balanço de energia ( $\Delta Q = Rn - H - Le$ ) é apresentado na Figura 3. Os fluxos de  $H$ ,  $Le$  e o resíduo ( $\Delta Q$ ) são considerados positivos quando há uma perda líquida de calor da superfície da baía de Caxiuanã para a atmosfera e negativo quando o calor é absorvido pela baía (Souza Filho, 2019).

A água é um dos componentes mais importantes do balanço de energia e é continuamente transportada pela atmosfera e pela superfície em todas as direções, dando origem aos fluxos de calor latente (Oort; Peixoto, 1992). Valores positivos de  $H$  foram observados em média durante as 22h até próximos das 19 h do período estudado, indicando transferência de calor da superfície da baía de Caxiuanã para a atmosfera. Os fluxos máximos observados de  $H$  foi de  $20,5 \text{ W m}^{-2}$  (23h, d 6),  $20,0 \text{ W m}^{-2}$  (9h, d 7) e  $32,3 \text{ W m}^{-2}$  (8h, d 8). Os valores mínimos de  $H$  foram  $-18,0 \text{ W m}^{-2}$  (22h, d 6),  $-5,4 \text{ W m}^{-2}$  (20h, d 7) e  $1,0 \text{ W m}^{-2}$ .

Os fluxos máximos de  $Le$  apontado foram de  $383,7 \text{ W m}^{-2}$  (22h, d 6),  $156,0 \text{ W m}^{-2}$  (11h, d 7) e  $168,2 \text{ W m}^{-2}$ . Os valores mínimos do fluxo de  $Le$  observados foram  $4,7 \text{ W m}^{-2}$  (20h, d 6),  $-0,2 \text{ W m}^{-2}$  (19h, d 7) e  $57,2 \text{ W m}^{-2}$  (6h, d 8) (Figura 3). De acordo com Lofgren e Zhu (2000) o fluxo de calor latente positivo ocorre quando a atmosfera acima da superfície da água é estável, com uma pequena mistura turbulenta na interface atmosfera-água.

Os valores positivos de  $\Delta Q$  denota que o total do calor está sendo armazenado nas águas da baía de Caxiuanã, mostrado, em geral, no período de incidências solar, das 7h até 17h. Os valores negativos de  $\Delta Q$  indicam que uma pequena parte do calor armazenado na baía de Caxiuanã é transferindo para a atmosfera, presentes em momentos noturno, pós-18h até próximo do nascer do sol. Os valores mínimos  $\Delta Q$  foi nos apresentados em  $-453,2 \text{ W m}^{-2}$  (22h, d 6),  $-216,5 \text{ W m}^{-2}$  (23h, d 7) e  $231,2 \text{ W m}^{-2}$  (00h, d 8). Os valores máximos  $\Delta Q$  foi-se mostrado em  $641,8 \text{ W m}^{-2}$  (13h, d 6),  $547,4 \text{ W m}^{-2}$  (12h, d 7) e  $589,4 \text{ W m}^{-2}$  (14h, d 8).

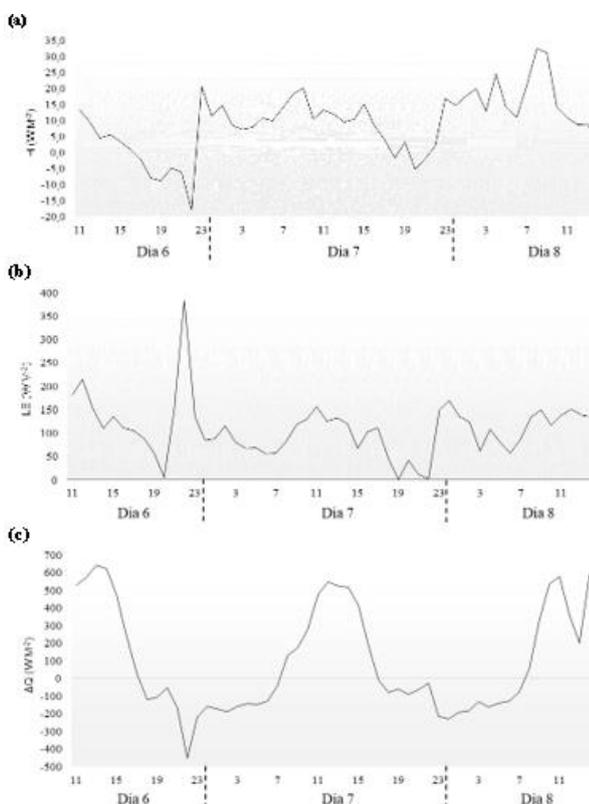


Figura 3. Comportamento horário médio diário dos fluxos de energia: (a) calor sensível ( $H$ ), (b) calor latente ( $Le$ ) e (c) energia armazenada na baía de Caxiuanã ( $\Delta Q$ ).

## CONCLUSÃO

Em suma, apesar do curto período, o estudo realizado na FLONA de Caxiuanã trouxe informações fundamentais sobre o balanço de energia e os fluxos de  $H$ ,  $Le$  na Baía de Caxiuanã, destacando em pouco tempo a complexidade e a importância desses processos no contexto regional.

A radiação solar global ( $R_g$ ) e o saldo de energia ( $R_n$ ) mostraram picos durante o meio-dia, com reduções significativas após as 14h. Esses resultados destacam a importância das variáveis meteorológicas na modulação do clima local e possíveis implicações para a dinâmica da baía de Caxiuanã.

O fluxo de calor latente ( $Le$ ) é preponderante em áreas com alta disponibilidade de água, como a Baía de Caxiuanã, evidenciando seu papel essencial na regulação da umidade atmosférica e no arrefecimento local. Durante o dia o fluxo de calor sensível ( $H$ ) varia significativamente, sendo influenciado pela temperatura do ar e pela radiação solar incidente. O fluxo de calor sensível ( $H$ ) apresentou valores positivos, evidenciando a predominância da radiação solar sobre a baía, enquanto à noite os valores negativos indicam perda de calor para a atmosfera. O fluxo de calor latente ( $Le$ ) variou conforme a estabilidade atmosférica. Os valores de  $\Delta Q$  indicaram armazenamento de calor na baía durante o dia e transferência para a atmosfera durante a noite.

Em síntese, este estudo contribui para a compreensão das interações complexas entre a atmosfera e os corpos d'água tropicais. A Baía de Caxiuanã desempenha um papel vital na modulação do clima local. O detalhamento dos processos de troca de energia entre a baía e a atmosfera é crucial para a compreensão das dinâmicas climáticas na região amazônica e suas implicações para o clima global.

## REFERÊNCIAS

- Galvani, E.; Escobedo, J. F.; Pereira, A. B.. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. *Bragantia*, v. 60, p. 139-147, 2001.
- Geiger, R. Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo. 3.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556p.
- Lofgren, B.M.; Zhu, Y. Surface energy fluxes on the Great Lakes based on satellite-observed surface temperatures 1992 to 1995. *Journal of Great Lakes Research*. v. 26, p. 305-314. 2000.
- Molion, L. C. Climatologia dinâmica da região amazônica: Mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 2, p. 107-117, 1987.
- Nordbo, A., Launiainen, S., Mammarella, I., Leppäranta, M., Huotari, J., Ojala, A., Vesala, T., 2011. Long-term energy flux measurements and energy balance over a small boreal lake using eddy covariance technique. *J. Geophys. Res.* 116. <http://dx.doi.org/10.1029/2010jd014542>.
- Monteith, J.L.; Unsworth, M.H. Principles of environmental physics. 2.ed. London: Edward Arnold, 1990. 291p.
- Oort, A. H.; Peixoto, J. P. Physics of climate. 1ª Ed. Local: Springer Verlag Pod, 1992.
- Pezzopane, J.E.M.; Pedro Júnior, M.J.; Ortolani, A.A.; Meyer, N. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.3, p.1-4, 1995.
- Rocha, E. J. P. Balanço de umidade e influência de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia. 210p. - (INPE-10243-TDI/904). Tese (Doutorado em Meteorologia) -

Instituto Nacional de pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: <http://urlib.net/rep/6qtx3pFwXQZ3P8SECKy/ARzry>.

Souza Filho, J. D. D. C. (2019). Análise dos fluxos turbulentos de CO<sub>2</sub> e energia entre o ecossistema aquático e atmosfera na Flona de Caxiuanã-PA.

Wang, J., Bras, R.L., 1999. Ground heat flux estimated from surface soil temperature. *Journal Hydrology*. v. 216, 214-226.

# **Diagnóstico de gestão climática a partir monitoramento térmico em área conurbada na Região Metropolitana de Campinas**

**João Pedro de Moraes <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. . UNICAMP

## **RESUMO**

As formas urbanas seu ordenamento, e alteração, no território promovem diferentes relações de interações superfície-atmosfera, que modificam o funcionamento do Sistema Clima Urbano (SCU), aumentando a suscetibilidade e risco a determinados eventos climáticos e alterando a qualidade ambiental. Sob um contexto onde os eventos extremos tendem a se tornar mais comuns e mais impactantes ao sul global, a gestão climática do território passa a ser uma necessidade vigente. Assim, a construção de uma gestão climática do território necessita de uma análise que compreenda a construção social do fenômeno natural e sobretudo de que o poder público seja capaz de entender as relações atmosféricas e as escalas de análise adequadas. A pesquisa portanto encaminhou-se com objetivo de comparar e discutir a aplicação de duas diferentes metodologias de análise do campo térmico para aferir as suas diferentes contribuições no desenvolvimento de uma de gestão climática do território, direcionada ao campo térmico e à qualidade ambiental, além de discutir as formas que Estado pode monitorar o campo térmico intraurbano. Para isso foi delimitada uma área conurbada na Região Metropolitana de Campinas na qual se aplicou técnicas de sensoriamento remoto e tratamento de imagens a partir da banda termal do Landsat 8 em conjunto com uma coleta de dados em campo com a utilização do método de transectos móveis seguindo a estratégia 'stop-and-go'. A partir da coleta e tratamento dos dados foi possível espacializar utilizando o QGIS e gerar resultados gráficos que permitem analisar e comparar as plotagens e seus cabíveis usos para uma leitura de gestão climática do território adequando propostas de resiliência e planejamento ao contexto de um espaço que é derivado, aberto, incompletamente organizado, descontínuo, não integrado, instável, diferenciado e seletivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima urbano; Gestão do clima urbano; Riscos climáticos; Conforto térmico;

# CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA EM APOIO À GESTÃO DA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO MADEIRA, BRASIL

**Matheus Gomes Tavares**<sup>1</sup>; **Sin Chan Chou**<sup>2</sup>; **Nicole Cristine Laureanti**<sup>1</sup>; **Priscila da Silva Tavares**<sup>1</sup>; **Jorge Luís Gomes**<sup>1</sup>; **Gustavo Sueiro**<sup>1</sup>; **Francis Wagner Silva Correia**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Presidente Dutra Rod. (BR-116), km 39, Cachoeira Paulista, SP, 12630-000, Brasil;<sup>2</sup>Docente. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Presidente Dutra Rod. (BR-116), km 39, Cachoeira Paulista, SP, 12630-000, Brasil;<sup>3</sup>Professor Associado. Universidade do Estado do Amazonas. Av. Djalma Batista, 3578, Flores, Manaus, AM, 69050-010, Brasil

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é caracterizar as condições climáticas da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Madeira (RDSRM) para fornecer informações sobre algumas variáveis climáticas essenciais para o uso e gestão adequados dos recursos naturais locais. Foram utilizados dados diários provenientes da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) (vazão), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (precipitação e temperatura em 2 metros) e da Reanálise do ERA5 (Quinta Geração de Reanálise Atmosférica) (radiação solar, vento em 10 metros e vento em 100 metros) no período entre 1993 e 2023. Índices climáticos foram definidos. O Rio Madeira é um importante tributário do Rio Amazonas. A Reserva de Desenvolvimento Sustentável é uma categoria de Unidade de Conservação no Brasil. Este trabalho mostrou que as temperaturas variam de uma mínima de 26,5°C em fevereiro a uma máxima de 28°C em agosto. A precipitação mensal de cerca de 250 mm ocorre na estação chuvosa de dezembro a maio. Julho e agosto são os meses mais secos, o que leva aos meses mais quentes em agosto e setembro, e ao menor nível do rio em setembro e outubro. Ondas de frio foram detectadas em julho e ondas de calor entre julho e setembro, o que torna este período crítico para as condições de saúde. Índices extremos de precipitação pesada mostraram tendências positivas, e a anomalia de precipitação tem se amplificado ao longo dos anos. Um desenvolvimento sustentável deve depender da produção local de energia renovável, enquanto os resultados mostram que a Reserva não tem potencial para produção de energia eólica, a energia fotovoltaica pode ser produzida durante todo o ano. Quanto às culturas comerciais, a Reserva tem condições adequadas para a produção de açaí, mas a castanha-do-pará pode sofrer durante eventos extremos de seca e calor. As informações fornecidas podem ser aplicadas ao planejamento de medidas de adaptação e contribuir para o desenvolvimento sustentável da RDSRM.

**PALAVRAS-CHAVE:** eventos climáticos extremos; tendências; energia renovável; comunidade amazônica;

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é apoiado conjuntamente pela Fundação de Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) 2020/08796-2 e Fundação de Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) 01.02.016301.00268/2021. Este trabalho também é apoiado pelo Programa Institutos Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação - Mudanças Climáticas (INCT-Mudanças Climáticas) CNPq 382789/2022-9, e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) 88881.688972/2022-01. Sin Chan Chou agradece ao CNPq pela bolsa 312742/2021-5. Matheus Gomes Tavares agradece à CAPES - Código Financeiro 001.

## **Análise do Déficit de Pressão de Vapor em três diferentes áreas da Região Metropolitana de Belém - PA**

**Matheus Cristiano Cordeiro Moreira<sup>1</sup>; João de Athaydes Silva Junior<sup>2</sup>; Hernani José Brazão Rodrigues<sup>3</sup>; Aline Maria Meiguins de Lima<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110; <sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110; <sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110; <sup>4</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### **RESUMO**

Analisar o Déficit de Pressão de Vapor (DPV) em ambientes urbanos é fundamental para compreender os padrões do microclima e seus impactos na sensação térmica humana. Nesse estudo, objetivou-se avaliar o comportamento do DPV em três áreas na Região Metropolitana de Belém. A primeira no bairro de Nazaré (Belém, PA), área central, que conta com arborização abundante, sendo conhecida como "corredor de mangueiras"; a segunda, no bairro do Marco (Belém, PA), mais periférico, com alto fluxo de veículos e quantitativo de habitações, menor cobertura vegetal, maior impermeabilização, com forte urbanização verticalizada; e a terceira área na BR 316, no bairro Levilândia (Ananindeua, PA). A justificativa da proposta é associada ao uso do DPV para caracterizar a qualidade ambiental em ambientes urbanos. Realizou-se a análise do DPV durante 6 dias do mês de novembro de 2016 com índices horários, partindo-se a cada 30 minutos. O método adotou a equação de Tetens, onde DPV é uma variável que depende da umidade relativa do ar (UR) e da temperatura (T). A UR elevada implica em maior pressão de vapor, resultando em valores de DPV baixos. Quando a UR é baixa e a pressão é menor, o DPV é alto. Logo, valores elevados de DPV podem significar ar mais seco. Esse padrão de comportamento torna o DPV um indicador que possibilita quantificar o papel das áreas verdes nas cidades. A vegetação colabora com o microclima, onde áreas sombreadas reduzem a temperatura do ar, consequentemente favorecem uma condição de DPV menor, e a sensação de frescor do ambiente. Valores de DPV baixos, em condição de temperaturas altas (como ocorre em áreas urbanizadas sem vegetação), ocasionam uma maior sensação de calor, conhecida como "mormaço", que resulta em um ambiente mais desconfortável para a saúde humana. Portanto, o estudo sobre DPV é de fundamental importância para o entendimento e melhoria das condições de conforto térmico em diferentes ambientes. A área do Marco obteve os maiores índices de DPV, com máximo de 22 hPa, às 13:30 horas, seguindo-se pela BR máximo de 20,9 hPa, às 13:30 horas e Nazaré com máximo de 18,0 hPa, às 13:30 horas; indicando que o ar está mais seco pelo período de início tarde, logo mais desconfortável para a sensação térmica humana. É observado que a temperatura do ar segue o mesmo padrão, ou seja, com a área do Marco apresentando os maiores valores, com máximo de 33,2 °C, às 14:00 horas, seguido da BR, com máximo de 32,8 °C, às 12:00 horas e Nazaré com máximo de 31,0 °C, às 13:00 horas. Concluindo, é importante fomentar melhorias na arborização das cidades contribuindo assim para a constituição de maiores áreas sombreadas, visando a melhoria das condições de conforto térmico e qualidade ambiental em regiões urbanas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Áreas verdes.; Temperatura do ar.; Umidade do Ar.;

# TENDÊNCIAS DE LONGO PRAZO DE CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO ESTADO DO PARANÁ

**João Vitor Barreiros Cardoso**<sup>1</sup>; **Admir Crésio Targino**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrando. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Av. dos Pioneiros, 3131 - Jardim Morumbi, Londrina - PR, 86036-370; <sup>2</sup>Docente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Av. dos Pioneiros, 3131 - Jardim Morumbi, Londrina - PR, 86036-370

## RESUMO

Este estudo consiste na análise de tendências de longo prazo de concentrações de poluentes atmosféricos em sete municípios distribuídos no estado do Paraná (PR): Cascavel, Guarapuava, Londrina, Ponta Grossa e a Região Metropolitana de Curitiba (RMC), abrangendo Araucária, Curitiba e São José dos Pinhais. Os poluentes considerados são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), ozônio troposférico (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), material particulado grosso e fino (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>, respectivamente) e *black carbon* (BC). A escolha dessas espécies entre as diversas substâncias nocivas da atmosfera é motivada pelos seus impactos sobre o clima e a saúde humana. Os dados foram obtidos pelo produto de reanálise *Copernicus Atmospheric Monitoring Service* (CAMS) para 17 anos (2003 - 2019), com resoluções temporal e espacial de três horas e 80 km. Combinaram-se a técnica de normalização meteorológica (visando neutralizar a influência das condições meteorológicas sobre as concentrações dos poluentes), e o estimador de Theil-Sen. De maneira geral, observaram-se tendências com diferentes intensidades e sinais ao longo do estado. A exemplo, tendências positivas ( $p < 0,001$ ) de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e O<sub>3</sub> foram observadas na RMC (1,95 ppm/ano, 5,41 ppb/ano e 0,11 µg/m<sup>3</sup>/ano, respectivamente) e tendências negativas ( $p < 0,05$ ) para CO, MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub> e BC (-0,001 mg/m<sup>3</sup>/ano, -0,05 µg/m<sup>3</sup>/ano, -0,04 µg/m<sup>3</sup>/ano e -0,01 µg/m<sup>3</sup>/ano, respectivamente). No oeste do estado, em Cascavel, também observaram-se tendências positivas ( $p < 0,001$ ) de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e O<sub>3</sub> (1,95 ppm/ano, 5,44 ppb/ano e 0,18 µg/m<sup>3</sup>/ano, respectivamente) e tendências negativas ( $p < 0,001$ ) de CO, MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub> e BC (-0,001 mg/m<sup>3</sup>/ano, -0,24 µg/m<sup>3</sup>/ano, -0,17 µg/m<sup>3</sup>/ano e -0,01 µg/m<sup>3</sup>/ano, respectivamente). Este estudo permite avaliar o potencial impacto das emissões antropogênicas sobre regiões representativas do PR, fornecendo auxílio para as autoridades no desenvolvimento de estratégias que assegurem a qualidade do ar na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** qualidade do ar; normalização meteorológica; produtos de reanálise;;

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pela concessão da bolsa de Mestrado (Projeto NAPI - Emergência climática, Convênio 680.2022) e ao *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS) hospedado pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) por fornecer os dados dos poluentes atmosféricos utilizados neste estudo.

## Relação estatística entre casos de Dengue em Maceió e Variabilidade climática do Oceano Atlântico

Djane Fonseca da Silva <sup>1</sup>; Pedro Fernandes de Souza Neto <sup>2</sup>; Marcos Paulo Santos Pereira <sup>3</sup>; Josiclêda Domiciano Galvêncio <sup>4</sup>; Heliofabio Barros Gomes <sup>5</sup>; Wellington Tenório da Costa <sup>6</sup>

<sup>1</sup>docente. Campus A. C. Simões, Maceió (AL). Universidade Federal de Alagoas (UFAL);

<sup>2</sup>doutorando. Campina Grande (PB). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG);

<sup>3</sup>pesquisador. Campus A. C. Simões, Maceió (AL). Universidade Federal de Alagoas (UFAL);

<sup>4</sup>docente. Recife (PE). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); <sup>5</sup>docente. Campus A. C. Simões, Maceió (AL). Universidade Federal de Alagoas (UFAL); <sup>6</sup>estudante. Campus A. C. Simões, Maceió (AL). Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

### RESUMO

A dengue é uma doença sistêmica e de etiologia viral. O vetor de transmissão dessa doença é o mosquito *Aedes Aegypti*, cuja proliferação intensa, a partir da década de 1980, resultou em epidemias explosivas em todas as regiões brasileiras. Nos últimos anos, os jornais da capital alagoana têm noticiado casos e mortes ocasionadas por Dengue na cidade, e vem sendo observado aumento de casos da doença por anos seguidos no Brasil. Os totais pluviométricos em Maceió são diretamente influenciados pela variabilidade climática do Oceano Atlântico, visto que as POAS, é o principal sistema meteorológico do período chuvoso em Maceió, e o mesmo se forma sobre esse Oceano; e em anos de Atlântico Sul quente, os valores de precipitação na cidade também aumentam significativamente; e com ocorrência de chuva e aumento das mesmas, há possibilidade de ocorrência de casos e aumento dos deles. Desse modo, o objetivo do trabalho é realizar uma avaliação da relação entre a variabilidade climática do Oceano Atlântico, através do índice climático do Dipolo do Atlântico (DA), e a ocorrência da doença sazonal Dengue em Maceió. Para isso foram usados dados de precipitação mensal de Maceió, adquiridos através do site do INMET, dados mensais do número de casos de dengue em Maceió, provenientes da base de dados DataSUS, e dados do Índice DA, obtidos no site da NOAA. O período de dados é de 2014- 2023. Como método, foi utilizada a análise da coerência da ondaleta cruzada, que é aplicada para permitir a identificação das bandas de frequências e intervalos de tempo nos quais séries temporais estão relacionadas estatisticamente. Percebeu-se que alguns períodos de aumento de casos de Dengue em Maceió ocorreram registros da fase negativa do Dipolo do Atlântico, tendo como exemplo 2016 e 2022. Ao analisar a Ondaleta cruzada de coerência entre a Precipitação em Maceió e Casos de Dengue em Maceió para o período de 2014- 2023, verificou-se que o máximo das duas séries ocorrem simultaneamente na escala semestral e interanual relacionando a estação seca/chuvosa e a variabilidade interanual à ocorrência dos casos. Após análise da Ondaleta cruzada de coerência entre Casos de Dengue em Maceió e índice DA, descobriu-se que na escala sazonal, o máximo de casos de Dengue aconteceu 20 dias após o máximo de DA. Já na escala de 0,6 anos a 0,9 anos, há forte coerência do máximo de casos de Dengue em Maceió ocorrendo de 64 a 120 dias após o máximo de DA. Essas informações são muito úteis para que órgãos gestores possam planejar suas ações de maneira antecipada com medidas preventivas e mitigadoras a partir do acompanhamento climático do Oceano Atlântico. Desta forma, além de comprovar a influência sazonal, semestral e interanual da precipitação sobre a ocorrência de casos de Dengue, sugere-se que acompanhando e monitorando o índice DA, e utilizando a Ondaleta cruzada, pode-se estimar quando ocorrerá estatisticamente o máximo de casos de Dengue em Maceió.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dipolo do Atlântico; Ondaleta Cruzada; lags; DataSUS;

## Relação estatística entre casos de Dengue em Maceió e Variabilidade climática do Oceano Pacífico

Djane Fonseca da Silva <sup>1</sup>; Pedro Fernandes de Souza Neto <sup>2</sup>; Josiclêda Domiciano Galvêncio <sup>3</sup>; Geórgenes Hilário Cavalcante Segundo <sup>4</sup>; Weronica Meira de Souza <sup>5</sup>; Licia Maíra Ramos Pires da Silva <sup>6</sup>

<sup>1</sup>docente. Campus A. C. Simões, UFAL. Universidade Federal de Alagoas (UFAL); <sup>2</sup>doutorando . Campina Grande (PB). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); <sup>3</sup>docente. UFPE, Recife (PE). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); <sup>4</sup>docente. Campus A. C. Simões, UFAL. Universidade Federal de Alagoas (UFAL); <sup>5</sup>docente. UAG/UFRPE, Garanhuns (PE). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); <sup>6</sup>estudante. Campus A. C. Simões, Maceió (AL). Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

### RESUMO

A dengue é uma doença sistêmica e de etiologia viral. O vetor de transmissão dessa doença é o mosquito *Aedes aegypti*, cuja proliferação intensa, a partir da década de 1980, resultou em epidemias explosivas em todas as regiões brasileiras. Nos últimos anos, os jornais da capital alagoana têm noticiado casos e mortes ocasionadas por Dengue na cidade, e vem sendo observado aumento de casos da doença por anos seguidos no Brasil. Desse modo, o objetivo do trabalho é realizar uma avaliação da relação entre a variabilidade climática do Oceano Pacífico, através do índice climático IOS, e a ocorrência da doença sazonal Dengue em Maceió. Para isso foram usados dados de precipitação mensal de Maceió, adquiridos através do site do INMET, dados mensais do número de casos de dengue em Maceió, provenientes da base de dados DataSUS, e dados do Índice IOS, obtidos no site da NOAA. O período de dados é de 2014- 2023. Como método, foi utilizada a análise da coerência da ondaleta cruzada, que é aplicada para permitir a identificação das bandas de frequências e intervalos de tempo nos quais séries temporais estão relacionadas estatisticamente. Identificou-se que períodos de aumento de casos de Dengue em Maceió também apresentaram simultaneamente registros de ocorrência de ENOS, tendo como exemplo o período de 2021 a 2022, quando ocorria um La Niña moderado e forte. Ao analisar a Ondaleta cruzada de coerência entre a Precipitação em Maceió e Casos de Dengue em Maceió para o período de 2014- 2023, verificou-se que o máximo das duas séries ocorrem simultaneamente na escala semestral e interanual relacionando a estação seca/chuvosa e a variabilidade interanual à ocorrência dos casos. Após análise da Ondaleta cruzada de coerência entre Casos de Dengue em Maceió e índice IOS, descobriu-se que na escala sazonal de 0,25 anos, as séries estão em fase, com máximos ocorrendo simultaneamente. Na escala de 0,4 anos, o máximo de casos de Dengue em Maceió ocorre 18 dias após o máximo de IOS, e na escala semestral de 0,6 a 0,8 anos, o máximo de casos de Dengue em Maceió apresenta um *lag* de 108 dias após o máximo do IOS. Desta forma, além de comprovar a influência sazonal, semestral e interanual da precipitação sobre a ocorrência de casos de Dengue, sugere-se que acompanhando e monitorando o índice IOS, e utilizando a Ondaleta cruzada, pode-se estimar quando ocorrerá estatisticamente o máximo de casos de Dengue em Maceió.

**PALAVRAS-CHAVE:** IOS; Ondaleta Cruzada; lags; DataSUS;

# ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ANOS PADRÕES DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CASTANHAL.

**Paulo Vitor Reis Rodrigues**<sup>1</sup>; **Adriano Venturieri**<sup>2</sup>; **José Leocyvan Gomes Nunes**<sup>1</sup>; **Moises Cordeiro Mourao de Oliveira Junior**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n;<sup>2</sup>Pesquisador. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n

## RESUMO

O estudo da variabilidade interanual da precipitação na Região Geográfica Imediata de Castanhal, abrangendo o período de 1993 a 2022, revelou a influência preponderante de diversos fenômenos atmosféricos, destacando-se o ENOS na definição dos padrões pluviométricos regionais. O fenômeno El Niño, associado a anomalias positivas na temperatura da superfície do mar, frequentemente resultou em períodos de seca acentuada. Por outro lado, a La Niña, caracterizada pelo esfriamento das águas do Pacífico Tropical, favoreceu condições de precipitação elevada. A análise dos dados pluviométricos revelou uma clara alternância entre eventos secos e chuvosos, com uma seca extrema mais pronunciada entre 2015 e 2016 e um período extremamente chuvoso entre 2019 e 2022. A aplicação da técnica de quantis evidenciou uma significativa variação anual na precipitação. Estações situadas na zona litorânea, como Magalhães Barata e Marapanim, registraram os maiores volumes de chuva, atribuídos à interação com brisas marítimas. Em contraste, estações localizadas mais ao interior, como Igarapé-Açu e São Domingos do Capim, apresentaram menores volumes de precipitação. A quadra chuvosa revelou uma predominância de eventos normais e chuvosos, indicando a capacidade da região em manter padrões pluviométricos relativamente estáveis, mesmo durante anos de anomalias secas. Esses resultados ressaltam a complexidade e a dinâmica dos padrões climáticos na Região Geográfica Imediata de Castanhal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Região Geográfica Imediata de Castanhal; ENOS; padrões pluviométricos; quantis;

## INTRODUÇÃO

Inserida na zona tropical do planeta, a Região Geográfica Imediata (RGI) de Castanhal é caracterizada por um clima quente e úmido, com pequena variabilidade e amplitude térmica e grande incidência de radiação solar e registrada em todo o ano. Sendo não homogêneo o regime de precipitação em qualquer parte da Amazônia, a RGI de Castanhal, manifesta variados parâmetros meteorológicos, com variações sazonal e interanual em decorrência de interações com condições oceânicas, situada na porção tropical, essa interação tem impacto direto na duração e intensidade da estação chuvosa e seca.

Fenômenos de microescala, mesoescala e escala sinótica tendem a ser fortes definidores de tempo na zona citada. Os fenômenos ENOS (El Niño; La Niña), Oscilação Madden-Julian (OMJ), Padrão de Dipolo no Oceano Atlântico (PDO), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Ondas de Leste, Linhas de Instabilidade (LI), Brisa Marítima, Fluviais e Terrestre, são exemplos de mecanismos meteorológicos atuantes na região. Os mecanismos citados, influenciam consideravelmente no enfraquecimento, o fortalecimento do desenvolvimento de nuvens, e por consequência a quantidade pluviométrica local, fator primordial para definir a duração do período chuvoso e seco em toda a região.

## OBJETIVOS

O trabalho busca avaliar a variação interanual de precipitação a partir de um método sintético. Com a posse de 30 anos de dados meteorológicos, foi proposto uma classificação baseada em quantis, método proposto por Pinkayan (1966), e descrito por Xavier e Xavier (1987) e Xavier (2001). Assim, inferir sobre as possíveis alterações climáticas, buscando definir períodos de anomalias secas e

chuvosas em uma das regiões paraense de maior destaque, sendo por sua importância agrícola, sobretudo pela economia que encontrasse no processo progressivo de crescimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

A figura 1 mostra a região estudada em destaque, a Região Geográfica Imediata de Castanhal (RGI) representa uma das cinco regiões imediata formadora da Região Geográfica Intermediária de Castanhal. Com um total de 14 municípios e uma área de 10.442,319 km<sup>2</sup>, sua população é estimada em 535.030 (IBGE 2018), seu plano abrange municípios litorâneos com contato oceânico como Marapanim, Magalhães Barata e Maracanã, até municípios com o território adentro do estado do Pará tal como Irituia, Mãe do Rio, Aurora do Pará e São Domingos do Capim.

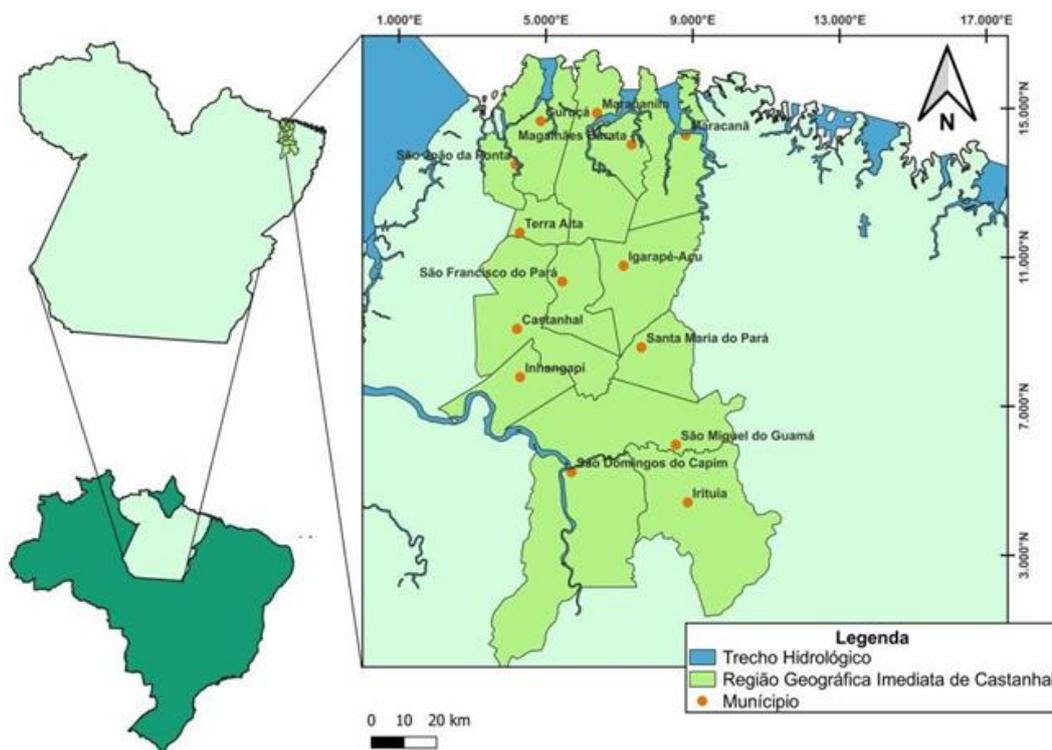


Figura 1. Região Geográfica Imediata de Castanhal. Fonte: Autoria Própria

Abordando os totais pluviométricos anual e o quadrimestre com maior ocorrência de chuva, utilizaram-se dados da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), presentes no portal HIDROWEB, de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA). As variáveis dos anos com fenômenos El Niño e La Niña foram retiradas do site da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), buscando uma análise da precipitação em anos extremos relacionando com os fenômenos ENOS.

A figura 2 mostra a localização das estações na RGI de Castanhal utilizadas no estudo, foram encontradas na plataforma HIDROWEB um total de 22 estações no decorrer dos 14 municípios, o estudo buscou um critério de 30 anos de dados, pegando um levantamento de informações pluviométrica de 1993 a 2022. Após a catalogação das estações, houve um amoldamento das séries na ferramenta Excel, visando uma distribuição de classes em quantis (Q), para uma melhor observação e adequação, possibilitando estabelecer e delimitar regimes de chuvas diferenciados.

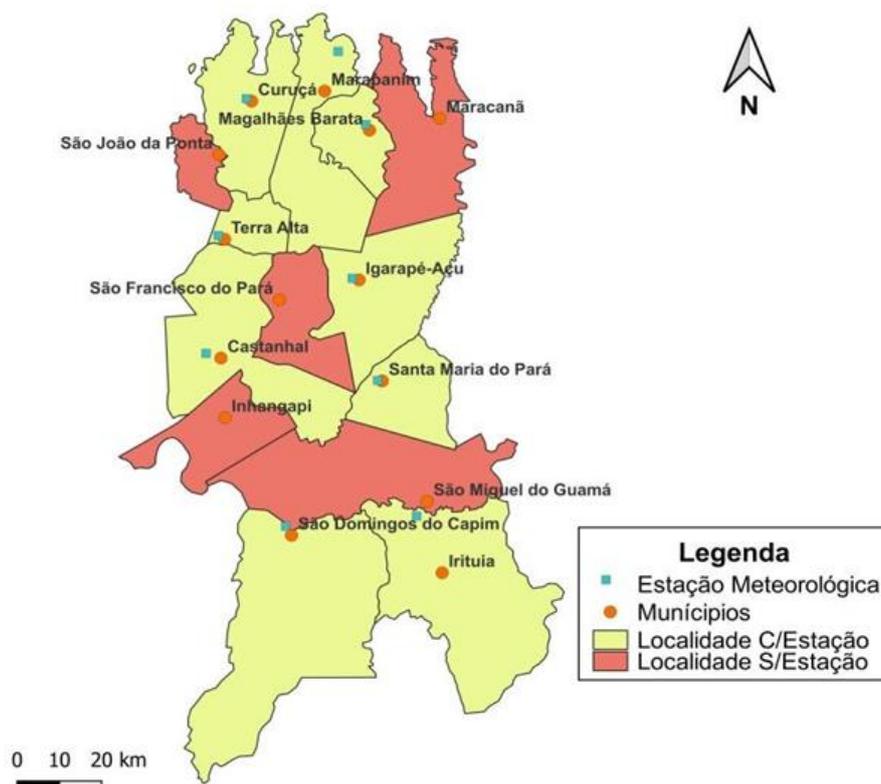


Figura 2. Localização da Estações Meteorológicas na RGI de Castanhal. Fonte: Autorial Própria

Para análise dos dados de precipitação foi empregado um método estático simples. A técnica dos quantis proposta por Pinkayan (1966), técnica no qual aplicou para caracterizar padrões de distribuição de chuva dos anos secos e chuvosos em variadas regiões dos Estados Unidos, sendo também amplamente utilizada no Brasil por Xavier e Xavier (1987) e Xavier (2001) para caracterizar padrões de chuva no estado do Ceará.

Neste trabalho levaram em consideração uma série constituída por uma total precipitação, anual e quadrimestral, sendo atribuída uma probabilidade a cada valor amostral. Porfim, foram calculados neste trabalho os Q (tabela 1) a partir de um total da amostra e considerado uma divisão em partes, conforme Pinkayan (1966), uma divisão em 5 ordem quantílicas:  $Q_{(0,15)}$ ,  $Q_{(0,30)}$ ,  $Q_{(0,50)}$ ,  $Q_{(0,65)}$ ,  $Q_{(0,85)}$ , representadas respetivamente as classes: muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso.

		Classes de precipitação
Muito Seco (MS)	↔	$x_i \leq Q_{(0,15)}$
Seco (S)	↔	$Q_{(0,15)} < x_i \leq Q_{(0,35)}$
Normal (N)	↔	$Q_{(0,35)} < x_i < Q_{(0,65)}$
Chuvoso (C)	↔	$Q_{(0,65)} \leq x_i < Q_{(0,85)}$
Muito chuvoso (MC)	↔	$x_i \geq Q_{(0,85)}$

Tabela 1. Distribuição dos quantis e classes, conforme Pinkayan (1966). Fonte: Adaptado de Sena (2017)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A climatologia (gráfico 1) da RGI de Castanhal mostra uma média anual de 2578,5 mm para todo o plano, com sua quadra chuvosa, período abrangente o quadrimestre com maior médio de chuva no ano, passando por fevereiro, março, abril e maio (FMAM), cerca de 78% da precipitação concentrasse no primeiro semestre, e 22% no segundo semestre, com os meses de setembro, outubro e novembro (SON) ilustrando o decurso seco, com registro de chuvas menor que 60mm.

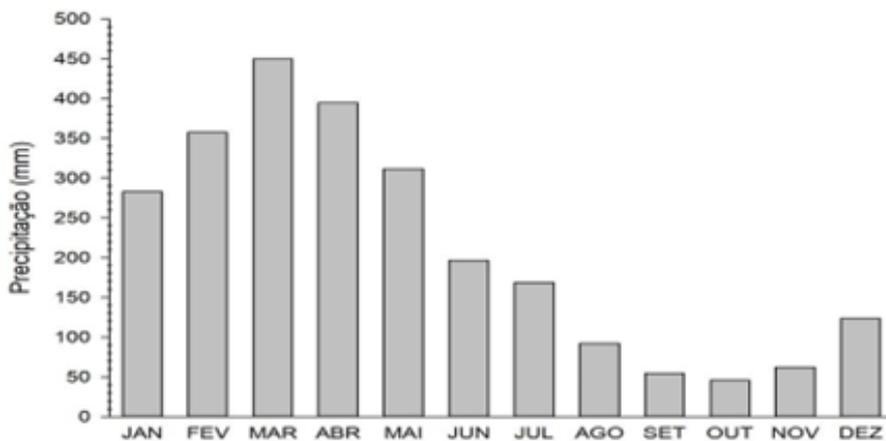


Gráfico 1. Distribuição pluviométrica anual da RGI de Castanhal, período de 1993-2022

A região, como todo, apresentou um desvio padrão de 35 mm anual, o esboço (gráfico 2) mostra a variabilidade de anos extremos ou não, considerando anos chuvosos acima da média o intervalo de 2019 a 2022, em contraponto, o extremo seco ocorreu com maior ênfase nos anos de 2015 e 2016. Notasse uma oscilação, alternando normalmente período de 2 e 3 anos de desvios positivos e negativos, ficando difícil uma alternância de um ano para o outro de eventos. Averiguasse que os desvios negativos apresentaram maiores valores anômalo em comparação com os valores positivos, podendo inferir para o recorte desse período uma maior influência de seca na região.

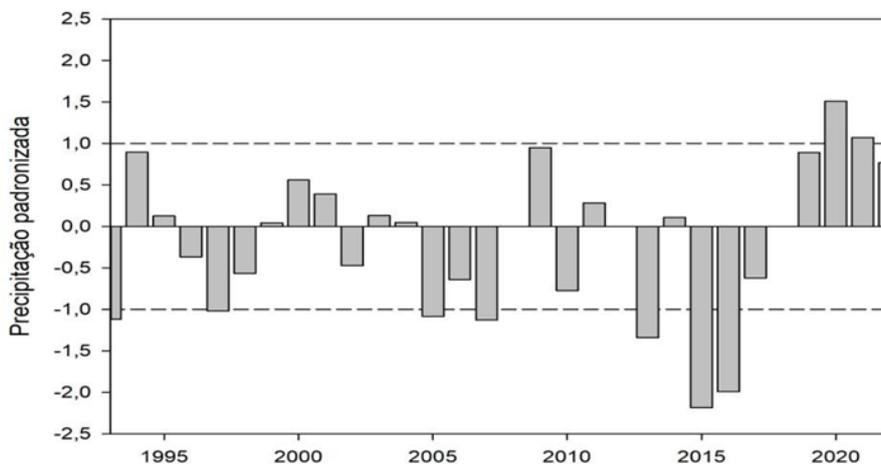


Gráfico 2. Variação interanual de precipitação padronizada para RGI de Castanhal período 1993 a 2022. ( $X = 218$  mm e  $\delta = 35$  mm).

Diante das intercorrências no período estudado, uma classificação de eventos secos e chuvosos por cidade dentro da Região Geográfica Imediata de Castanhal foi implementada, sendo categorizadas como: Muito seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (C), Muito chuvoso (MC), com os valores dos intervalos de precipitação sendo conforme os quantis, apresenta na tabela 1.

Os dados abrangem o período de 1993 a 2022. A tabela 2 destaca que as estações com maior excesso pluviométrico médio são Magalhães Barata, Terra Alta e Marapanim, com 3838 mm, 3446 mm e 3258 mm, respectivamente. Essas estações, próximas à costa, experimentam alta precipitação devido à interação de fenômenos meteorológicos continente-oceano e efeitos de brisas marítimas. Por outro lado, as estações Igarapé-Açu, Irituia e São Domingos do Capim, localizadas mais ao interior, registram menores volumes de chuva (2883 mm, 2697 mm e 2546 mm). A continentalidade reduz a precipitação e resulta em pouca variação pluviométrica entre períodos muito secos e chuvosos.

Santa Maria do Pará e Castanhal, com médias pluviométricas de 1926 mm e 1997 mm, apresentaram variações significativas entre os períodos MS e MC. Magalhães Barata, com uma média pluviométrica na categoria Normal (N), demonstrou o maior registro de chuva geral, com valores oscilando entre 3297 mm e 2125 mm. A análise revela uma significativa amplitude pluviométrica em Castanhal, Curuçá, Magalhães Barata, Marapanim e Terra Alta, variando mais de 1000 mm entre os períodos MS e MC.

Cidade	MS	S	N	C	MC
CAS	1.924 <	1.924 ≤ X < 2.299	2.299 ≤ X < 2.605	2.605 ≤ X < 3.187	> 3187
CUR	2.048 <	2.048 ≤ X < 2.413	2.413 ≤ X < 2.702	2.702 ≤ X < 3.120	> 3.120
IGA	2.091 <	2.091 ≤ X < 2.268	2.268 ≤ X < 2.614	2.614 ≤ X < 2.883	> 2.883
IRI	2.039 <	2.039 ≤ X < 2.154	2.154 ≤ X < 2.394	2.394 ≤ X < 2.697	> 2.697
MAG	2.200 <	2.200 ≤ X < 2.757	2.757 ≤ X < 3.297	3.297 ≤ X < 3.838	> 3.838
MAR	2.184 <	2.184 ≤ X < 2.380	2.380 ≤ X < 2.892	2.892 ≤ X < 3.446	> 3.446
SMA	1.998 <	1.998 ≤ X < 2.125	2.125 ≤ X < 2.603	2.603 ≤ X < 2.907	> 2.907
SDO	2.004 <	2.004 ≤ X < 2.157	2.157 ≤ X < 2.361	2.361 ≤ X < 2.546	> 2.546
TER	2.279 <	2.279 ≤ X < 2.493	2.493 ≤ X < 2.877	2.877 ≤ X < 3.258	> 3.258

Tabela 2. Categorização da precipitação anual por cidade na RGI de Castanhal, período de 1993-2022. Fonte: organizada pelo autor

Ressaltasse de maneira detalhada na tabela 3 a precipitação durante o período de 4 meses mais chuvoso. Castanhal apresentou sua quadra chuvosa de janeiro até abril, o restante da região ficou de fevereiro a maio, o verão no hemisfério sul (DJF) caracterizasse o início do período chuvoso, em fevereiro e determinada a chegada da ZCIT, havendo no outono (MAM) um aumento nos índices de precipitação em toda Bacia Amazônica, muito associado à posição da ZCIT, chegando a seu período austral.

São Domingos do Capim nessa organização (tabela 3) mostrou menores valores pluviométricos do território estudado, tanto em seu período muito seco (MS) e muito chuvoso (MC), o restante das localidades a abnormalidade MS variou entre 200mm e 300 mm, já o abnormal MC representou valores acima de 450mm. Ressaltasse as cidades de Magalhães Barata, Curuçá e Marapanim que em seu ano normal (N) pode apresentar padrões até maior que 500mm, e seu anormal muito chuvoso (MC) expôs padrões maiores que 600mm, os maiores em comparação com a região. Os demais, Castanhal, Igarapé-Açu, Irituia, Santa Maria do Pará e Terra Alta retratou uma menor variabilidade entre o lapso MS e MC, oscilando respectivamente entre 200mm a 510mm, seu estado N ficou entre 430mm 240mm.

Cidade	MS	S	N	C	MC
CAS	202 <	202 ≤ x < 273	273 ≤ x < 376	376 ≤ x < 482	> 482
CUR	218 <	218 ≤ x < 356	356 ≤ x < 511	511 ≤ x < 613	> 613
IGA	213 <	213 ≤ x < 285	285 ≤ x < 391	391 ≤ x < 475	> 475
IRI	243 <	243 ≤ x < 315	315 ≤ x < 373	373 ≤ x < 450	> 450
MAG	295 <	295 ≤ x < 419	419 ≤ x < 578	578 ≤ x < 715	> 715
MAR	271 <	271 ≤ x < 373	373 ≤ x < 519	519 ≤ x < 688	> 688
SMA	200 <	200 ≤ x < 285	285 ≤ x < 369	369 ≤ x < 448	> 448
SDO	115 <	115 ≤ x < 238	238 ≤ x < 343	343 ≤ x < 397	> 397
TER	253 <	253 ≤ x < 341	341 ≤ x < 427	427 ≤ x < 510	> 510

Tabela 3. Categorização da precipitação da quadra chuvosa por cidade na RGI de Castanhal, período de 1993-2022. Fonte: organizada pelo autor

A maioria dos estudos de variabilidade interanual da precipitação na Amazônia tem dado maior atenção às anomalias associadas ao fenômeno ENOS (Nobre; Obregon; Morengo; Fu; Poveda, 2009). Estando cômico disso, a tabela 4 propôs uma classificação de variação interanual de precipitação e

do quadrimestre chuvoso, buscando verificar a existência de relações entre os fenômenos ENOS com a pluviosidade presente nesta região. Na análise do período de 1993 a 2022, foram registrados 15 eventos de ENOS, sendo 7 de El Niño e 8 de La Niña, evidenciando uma alternância entre esses fenômenos. Durante o El Niño houve 2 manifestações fortes, 2 moderadas e 3 leves, enquanto na La Niña foram observadas 1 manifestação forte, 6 moderadas e 1 leve.

O fenômeno ENOS (Oscilação sul) é composto por duas fases principais: El Niño e La Niña. O El Niño é caracterizado por anomalias positivas na temperatura da superfície do mar no Pacífico Tropical, levando geralmente a uma redução da precipitação na Bacia Amazônica e alterando a circulação atmosférica, particularmente a célula de Hadley. Em contraste, a La Niña é marcada por um esfriamento das águas superficiais no Pacífico Tropical, resultando em condições opostas ao El Niño, com precipitação e descarga fluvial geralmente acima da média.

A variação anual da precipitação revelou que em 1997-1998 o El Niño forte causou seca em quase todas as estações, seguindo para 1999-2001, onde a La Niña predominou, resultando em períodos chuvosos e muito chuvosos, com a maior quantidade de chuvas normais dos últimos 30 anos. Em 2005-2007, período no qual foi marcado por eventos secos e muito secos, com o El Niño moderado contribuindo para um ciclo extremamente seco. Já em 2009-2010 o El Niño moderado teve pouca influência; 2009 foi muito chuvoso, enquanto 2010 teve períodos normais e secos. No ciclo de 2014-2017, influenciado por El Niño leve e forte, representou a maior seca dos últimos 30 anos, com predominância de eventos secos e muito secos.

Entre 2007-2008 e 2010-2012, a falta de dados limita a análise completa da influência da La Niña, mas sugere que esses períodos tiveram mais eventos secos. De 2019-2022, a região experimentou uma fase extremamente chuvosa, com a La Niña forte intensificando os eventos chuvosos e muito chuvosos.

Na quadra chuvosa, observou-se pouca ocorrência de eventos secos e muito secos, com a maioria dos anos apresentando chuvas normais ou muito chuvosas. Em anos extremamente secos, as chuvas na quadra chuvosa ainda tendem a ser normais, e não foram registrados anos com eventos secos ou muito secos durante a quadra chuvosa. Em resumo, mesmo em anos secos, a quadra chuvosa tende a manter uma normalidade ou a apresentar chuvas acima do esperado.

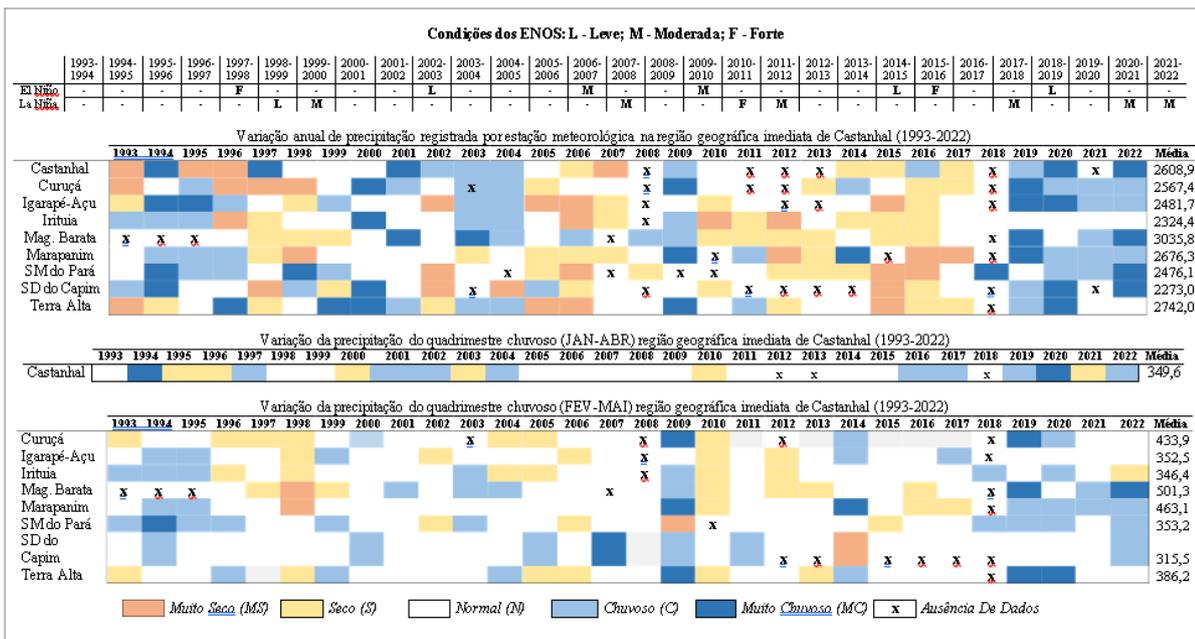


Tabela 4. Condições dos ENOS, e variação interanual da precipitação anual e do quadrimestre

chuvoso registrada na Região Geográfica Imediata de Castanhal (1993-2022). Fonte: Dados Hidroweb. Organização do autor baseado em PEREIRA (2020).

## **CONCLUSÃO**

A análise da variabilidade interanual da precipitação na Região Geográfica Imediata (RGI) de Castanhal, abrangendo o período de 1993 a 2022, evidenciou a complexidade dos padrões pluviométricos na região e o impacto significativo dos fenômenos ENO sobre esses padrões. O estudo revelou que o El Niño, caracterizado por anomalias positivas na temperatura da superfície do mar, tende a causar uma redução na precipitação, resultando em períodos secos acentuados. Em contraste, a La Niña, associada ao esfriamento das águas do Pacífico Tropical, está correlacionada com um aumento na precipitação, favorecendo condições mais chuvosas. A análise dos dados pluviométricos demonstrou uma significativa variação anual, com períodos secos extremos ocorrendo principalmente em 2015 e 2016, enquanto 2019-2022 foi marcado por chuvas intensas, refletindo a predominância da La Niña.

Os resultados evidenciam a importância dos fenômenos meteorológicos regionais e das interações oceânicas, que influenciam a duração e intensidade das estações chuvosa e seca na RGI de Castanhal. A classificação dos eventos pluviométricos com base em quantis mostrou uma ampla variação entre períodos secos e chuvosos, destacando as diferenças entre as áreas litorâneas e as mais interiores. A predominância de eventos normais e chuvosos na quadra chuvosa sugere uma resiliência normativa climática, com a região mantendo padrões pluviométricos relativamente estáveis durante esses períodos, mesmo em anos de extrema seca.

## **AGRADECIMENTOS**

O primeiro autor expressa sua sincera gratidão à Fundação Arthur Bernardes (Funarbe) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo apoio técnico, bem como pela concessão da bolsa que possibilitou a realização desta pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

IBGE; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso : 28 de Jun. de 2024

HIDROWEB. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso: 23 de Jun. de 2024

NOBRE, C. ; OBREGON, G. ; MARENGO, J. A. ; RONG FU ; POVEDA, G. Characteristics of Amazonian Climate: Main Features. In: John Gash, Michael Keller, Mercedes Bustamante, and Pedro Silva Dias. (Org.). Amazonia and Global Change. 1ed. Washington: American Geophysical Union, 2009, v. 186, p. 149-162.

NOAA. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Disponível: <https://www.noaa.gov/>. Acesso em: 23 de Abr. de 2024

PEREIRA, M. D. B.; DE OLIVEIRA MOURA, M.; LUCENA, D. B. Análise da variabilidade pluviométrica interanual da zona da mata nordestina e a identificação de anos padrão. Revista Brasileira de Climatologia, v. 26, 2020.

PINKAYAN, S. Conditional Probabilities of Occurrence of Wet And Dry Years Over a Large Continental Area: Hydrology papers, Number 12, Colorado State University, Fort-Collins, Colorado-USA, 1966.

SENA, J. P. O. Análise da precipitação pluviométrica em anos extremos no Cariri Paraibano e suas consequências na agricultura e cobertura vegetal. 2017. 97 p. (Dissertação de Mestrado) - Campina Grande/PB, 2017.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A.F. S. Classificação e monitoração de Periodos Secos ou Chuvosos e Cálculo de Índices Pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Recursos Hidricos, Blumenau, v.5, n.2, p.7-31, 1987.

XAVIER, T. M. B. S. Tempo de chuva: estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001. p. 478

# Modeling the urban heat island intensity: A framework for implementing nature-based solutions

Gabriel Yoshikazu Oukawa <sup>1</sup>; Patricia Krecl <sup>2</sup>; Admir Crésó Targino <sup>2</sup>; Ligia Flávia Antunes Batista <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrando. Av. dos Pioneiros, 3131, Londrina, Paraná, Brasil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná; <sup>2</sup>Docente. Av. dos Pioneiros, 3131, Londrina, Paraná, Brasil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## RESUMO

Climate change affects the lives of billions of urban residents worldwide. Cities are particularly affected, experiencing a phenomenon known as the urban heat island (UHI), where urban air temperatures ( $T_{air}$ ) are higher than those in surrounding rural areas. To combat escalating urban heat, nature-based solutions (NBS) have gained attention in urban planning. NBS involve retrofitting buildings with vegetated roofs and preserving green corridors, hedges, and urban forestry. Evaluating the impact and effectiveness of NBS on UHI intensity (UHII) is crucial and can be achieved through machine learning models, particularly tree-based models like random forests (RF).

In this study,  $T_{air}$  monitored under diverse synoptic conditions in Londrina, Brazil, were integrated with a large pool of on- and off-site variables. Four RF models were developed to extract spatiotemporal patterns governing the UHI and explore NBS for UHI mitigation, covering the winter and summer of 2011-12 and split by daytime and nighttime. Model performance were evaluated using the coefficient of determination ( $R^2$ ), mean absolute error (MAE), and root mean squared error (RMSE). All four models achieved high explanatory power ( $R^2 \geq 0.82$ ) and relatively small errors (MAE and RMSE  $< 0.56$  °C). Specific NBS were tested through hypothetical scenarios by modifying surface characteristics in three key regions of the city: north, center, and south.

In the NBS scenarios, we adopted a realistic approach to increase tree coverage in the three regions while maintaining consistent building geometry/height. Specific Local Climate Zone (LCZ) types associated with high UHII were replaced with those linked to lower intensities. The results showed a decrease in the simulated UHII across all NBS scenarios, with the most significant decline in the northern region (65% in winter and 55% in summer). This region benefits from its surrounding patches of natural LCZ types, contributing to the reduction. In contrast, the densely built city center with minimal vegetation showed smaller reductions (16% in winter and 27% in summer). The southern region, influenced by nearby built-up areas, also had limited reductions (3% in winter and 15% in summer).

These findings show that even modest increases in tree cover can significantly reduce UHI, with surrounding vegetation enhancing its effectiveness. The machine learning models offer a valuable framework for urban planners to simulate and assess the impact/effectiveness of NBS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Machine learning; Random forests; Local climate zones ; Nature-based solutions ;

## AGRADECIMENTOS

The acquisition of temperature sensors employed in this research was made possible through funding from the Araucária Foundation (grant number 470/2010). We thank EMBRAPA and SIMEPAR for furnishing meteorological data and the institutions, businesses and students that hosted the air temperature sensors during the monitoring campaign.

# O FENÔMENO EL NIÑO E SUA INFLUÊNCIA DIRETA NO DESASTRE NA CIDADE DE ELDORADO DO SUL (RS) EM ABRIL E MAIO DE 2024.

**Ana Beatriz da Silva Pereira** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Discente . Universidade Federal Do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## **RESUMO**

Este estudo visa analisar a influência do El Niño na cidade de Eldorado do Sul, região metropolitana do Rio Grande do Sul, localizada no extremo Sul do Brasil. A região é um ambiente que fica em fronteira com Argentina e com Uruguai, Estado brasileiro em terceiro lugar como maior produtor de grãos, tendo destaque em atividades agrícolas. O El Niño é um fenômeno no qual as águas do Oceano Pacífico Equatorial acarretam efeitos globais nos padrões de circulação atmosférica, transporte de umidade, temperatura e precipitação, sofrem um super aquecimento fazendo com que os padrões climáticos se alterem. O fenômeno no qual foi estudado teve início em julho de 2023 e durou até julho de 2024. O objetivo do trabalho é analisar o impacto e as causas das enchentes que atingiram 471 municípios do Rio Grande do Sul, e principalmente Eldorado do Sul que teve 80% da cidade submersa, tendo um grande impacto ambiental. A metodologia adotada foi a integração de mapas da região em períodos anteriores a maio e no período das enchentes, mapa agrícola e mapa da rede hidrográfica da região, dados de variáveis climatológicas, como precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima. Os resultados deste trabalho mostram a linha do tempo do fenômeno El Niño, a média do nível de precipitação de Eldorado do Sul. A análise da diferença do mapa topográfico ao decorrer dos dias da água em torno da cidade, as consequências atuais, e a média de temperatura durante o período do El Niño no Rio Grande do Sul. A conclusão faz análise acerca do impacto ambiental causado pelas enchentes e como o fenômeno El Niño pode ser nocivo para as enchentes localizadas no Rio Grande do Sul.

**PALAVRAS-CHAVE:** El Niño; Desastre ambiental; Eldorado do Sul; Enchentes; Rio grande do Sul

# USO DO MÉTODO SARIMA NO PROGRAMA MINITAB PARA PREVISÃO DE TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA DA CIDADE DE BELÉM, NO PARÁ

**Kayky Pantoja de Sousa**<sup>1</sup>; **Eva Nicole Silveira dos Santos**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

Seguindo a problemática de previsões estatística, podemos ver agora um novo método que utiliza o modelo SARIMA para trazer dados de previsão das variáveis de temperatura máxima e mínima da cidade de Belém do Pará a partir de uma climatologia de 30 anos. Método este simples e rápido, podendo nos trazer informações climáticas de forma fácil.

**PALAVRAS-CHAVE:** SARIMA; Previsões; Temperatura; Climatologia;

## INTRODUÇÃO

No mundo atual, vivemos sempre tentando descobrir e prever o futuro das variáveis climáticas. Por fins comerciais e até momentâneos, tentamos saber se naquele dia irá chover ou se aquele mês foi mais quente do que o outro, se sim, o próximo pode seguir a mesma direção.

A partir disso, este documento apresenta um novo método estatístico para uma previsão mensal. Utilizando um programa chamado Minitab e dentro dele usando o método SARIMA, podemos prever as variáveis de temperatura máxima e mínima da cidade de Belém do Pará, Localizada no Brasil. Apesar da sua sazonalidade, o método discute a previsão assim mesmo e por fim nos dá um resultado esperado. Além disso, testes são feitos para confirmar sua autenticidade.

## OBJETIVOS

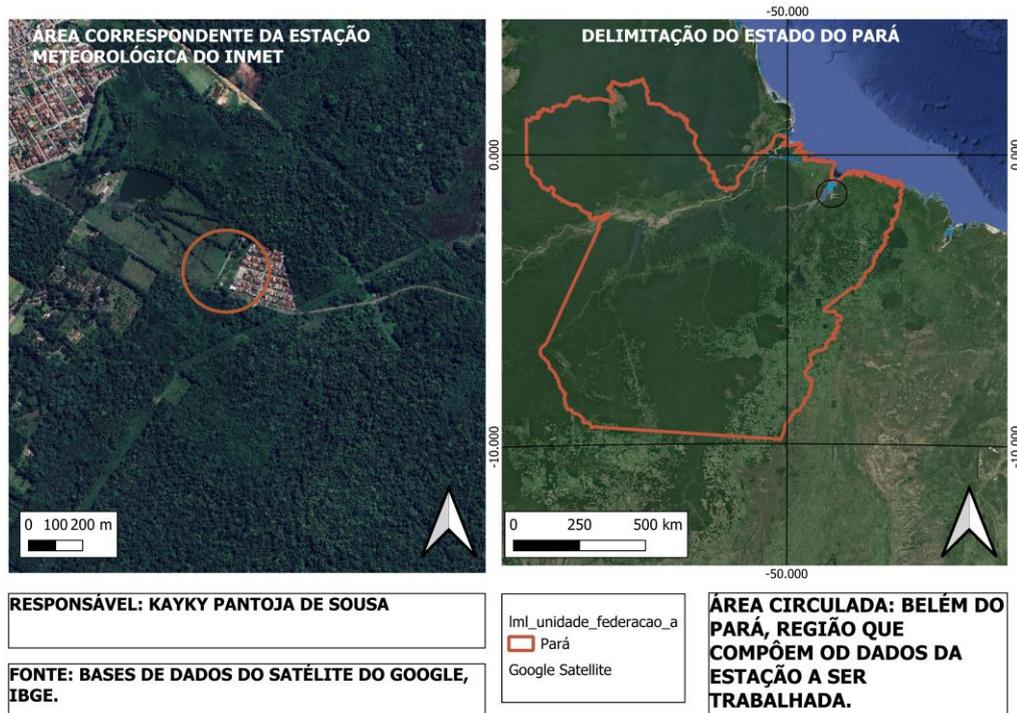
Tendo em vista este método, o objetivo geral é conseguir criar previsões de uma determinada região tal qual esta possua sua climatologia de 30 anos usando o Modelo SARIMA. Além disso com objetivos específicos de comprovar o método e fazer uma previsão para o ano de 2024 para a cidade de Belém.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Área inicial a ser estudada compõem a região metropolitana de Belém, no Pará, na região norte do Brasil, mais precisamente com a localização geográfica de  $-1,45^{\circ}$  S de latitude e  $-48,50^{\circ}$  O de Longitude e possui uma área territorial de 1.059.416 Km<sup>2</sup> segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Atualmente possui uma densidade demográfica de 1.230,25 hab./km<sup>2</sup> e uma área urbanizada de 147,35 km<sup>2</sup> (IBGE/2019).

Belém está localizada atualmente na região Norte de seu estado e próxima a linha do Equador, esses fatores influenciam no seu clima, que segundo a classificação de Köppen o clima predominante desta região é do tipo tropical chuvoso, possuindo baixa amplitude térmica anual e uma precipitação média mensal superior a 2085 mm, sendo este tipo o Af com  $26,7^{\circ}$  C de temperatura média (CLIMATE DATA).

Dentro da região metropolitana de Belém está presente uma estação meteorológica do tipo convencional, está é de propriedade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dela se foi retirado dados para o trabalho a ser mostrado, pois esta estação é responsável pelos dados climáticos da cidade e certamente segue todos os requisitos para a obtenção desses dados.



Mapa 1: Mapa da estação meteorológica do INMET e o estado do Pará

No mapa 1 temos a presença de duas áreas, a primeira (a esquerda) está presente a área cujo se encontra a estação meteorológica de Belém, ela se encontra atualmente no bairro Curió Utinga, na estrada da Ceasa, próximo ao condomínio Jardim Itoror'p, além disso, ela possui aproximadamente 5 km de distância do centro comercial da cidade.

Cada variável presente possuiu seu dado trabalhado com um modelo só, o modelo das médias. Os valores dessas variáveis são de uma série temporal mensal, e, cada valor representa a média mensal de um determinado mês, ou seja, em um ano de dados possui no total dozes elementos, podemos ver um exemplo na tabela 1:

DADOS DO ANO DE 1993	TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA (°C)	TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA (°C)
1	30,86	25,57	22,5
2	29,71	25,33	22,63
3	30,2	25,43	22,61
4	30,63	25,93	23,01
5	31,44	26,37	23,1
6	31,59	26,33	22,74
7	31,52	26	22,03
8	31,38	26,02	22,23
9	31,75	26,42	22,23
10	31,79	26,42	22,79
11	31,11	26,82	23,75
12	31,21	26,81	23,47
MÉDIA	31,10	26,12	22,76

Tabela 1: dados do ano de 1993 de três variáveis

Como podemos observar na tabela 1, existe doze dados para cada ano, como dito anteriormente, além disso estes possuem como unidade o °C (graus Celsius), que nada mais é que uma unidade de

temperatura. Todos os dados foram trabalhados neste relatório usando o °C, além disso, os dados possuem apenas duas casas decimais.

Sabe-se que é necessário uma série temporal de 30 anos para estipularmos ou determinamos o clima de uma determinada região, ou seja, para a realização de resultados corretos e concretos, foi se utilizado um total de 1.116 valores de temperatura, onde todos são médias mensais.

Como trabalhamos com a previsão e variáveis quantitativas, necessariamente precisaríamos de um programa estatístico para a finalidade do trabalho. Desse modo, foi utilizado o Software estatístico Minitab (versão 17). O programa satisfaz todas as necessidades que careciam, e, foi essencial para os resultados deste relatório.

Box e Jenkins (Modelo ARIMA), que nada mais é que um tipo de metodologia utilizada para analisar séries temporais com  $n$  observações. Para isto ela se baseia em parâmetros auto-regressivo e médias móveis.

O modelo de média móvel integrada auto-regressivo (ARIMA) é a representação de processos estocásticos, onde em um determinado instante de tempo, este possa possuir certos valores cujo a série possa aderir, tal quais possa possuir a probabilidade de ocorrência. Além disso, estes valores precisam ser estacionários, caso não seja, pode se tornar a parte de diferenças feitas na série original.

A partir disso podemos escolher a estrutura do modelo, onde nos modelos auto-regressivo (AR) os parâmetros são obtidos a partir dos valores passado de uma série temporal, enquanto o modelo de média móvel (MA) é definido por parâmetros resultados de valores passado do ruído ( $a_t$ ), modelos auto-regressivo Médias Móveis (ARMA)

Para o modelo AR, temos que:

$$Z_t = \varphi_1 Z_{t-1} + \varphi_2 Z_{t-2} + \dots + \varphi_p Z_{t-p} + a_t$$

Onde  $p$  é o número de passos entre as observações passadas e as de previsão,  $a_t$  o ruído, e  $\varphi_i$  são parâmetros de estrutura.

Utilizando o operador de defasagem  $B$  teremos que:

$$(1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_p B^p) Z_t = a_t, \text{ tal que } B Z_t = Z_{t-1}, \text{ então, } \varphi(B) Z_t = a_t$$

e o operador auto-regressivo é:

$$\varphi(B) = 1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_p B^p.$$

Para modelos de MA, temos que;

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \dots - \theta_q a_{t-q}$$

Onde  $\theta_i$  são parâmetros de estrutura e  $q$  a ordem da estrutura.

Utilizando o operador de defasagem teremos que:

$$Z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t, \text{ tal que } Z_t = \theta(B) a_t,$$

e o operador médias móveis será:

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q.$$

Para modelos ARMA (Modelo Auto-regressivo Médias Móveis) que nada mais é que a combinação dos dois anteriores, teremos:

$$Z_t = \varphi_1 Z_{t-1} + \varphi_2 Z_{t-2} + \dots + \varphi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

onde usando o operador de defasagem B certamente teremos:

$$(1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_p B^p) Z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t$$

Ou

$$\varphi(B) Z_t = \theta(B) a_t.$$

Além destes modelos, temos também o modelo mais adequado para séries com processos estocásticos, porém não estacionárias, o modelo Auto-regressivo Integrado de Médias Móveis (ARIMA).

O número necessário de diferença para tornar uma série estacionária é denominado ordem de integração (d).

Desse modo, a estrutura geral ARIMA (p, d, q) será:

$$\varphi(B) \nabla^d Z_t = \theta(B) a_t, \text{ onde } \nabla = 1 - B, \text{ representa o operador diferença.}$$

Define-se este operador como:

$$Z_t - Z_{t-1} = \nabla Z_t = (1 - B) Z_t = \nabla Z_t, \text{ daí } \nabla^d = (1 - B)^d.$$

Por último teremos o Modelo SARIMA (p, d, q) (P, D, Q), que se define por:

$$\varphi_p(B^s) \nabla^d Z_t = \theta_q(B^s) a_t$$

Em um modelo ARIMA, os termos estão incluídos autorregressivos (p), diferenciação da variável (d) e termos de média móvel (q). No entanto, o modelo SARIMA inclui termos sazonais autorregressivos (P), diferenciação sazonal (D) e média móvel sazonal (Q), ou seja, o SARIMA contém fatores sazonais e não sazonais em um modelo multiplicativo (Dritsaki, 2016:137).

Este modelo está presente dentro do programa Minitab, e será crucial para a obtenção de nossas previsões que seguirão exigências para serem seguidas de acordo com cada série a ser utilizada.

Inicialmente iremos mostrar o comportamento da série de forma bruta. As variáveis de temperatura em relação ao tempo mensal em um período de 30 anos na cidade de Belém do Pará.

A cidade possui uma certa sazonalidade e constância em relação a essas variáveis. Isso se dá devido sua localização geográfica que se encontra bem próxima da linha do Equador, o que diferente de locais mais ao extremo em questão de latitude esta não possui uma certa grande variação climática devido a solstícios, porém a mesma pode ser dividida em dois momentos climáticos, o de maior índice pluviométrico e o de menor índice pluviométrico, ambas variações são consequências da famosa ZCIT (Zona de Convergência Intertropical). Esse é um dos eventos que dificultam a formação correta de uma previsão na região. O método agora utilizado consegue fazer uma aproximação com erro quase mínimo, e, antecedentemente à previsão, iremos fazer uma previsão teste em função de verificar o erro mínimo do modelo.

Podemos ver no gráfico 1 o formato da série do ano de 1993 a 2023. Nota-se que a série possui 31 anos e isso se dá porque usaremos primeiramente o ano 2023 para a previsão, ou seja, iremos prever dados já existentes para depois tentar buscar dados de 2024 por exemplo.

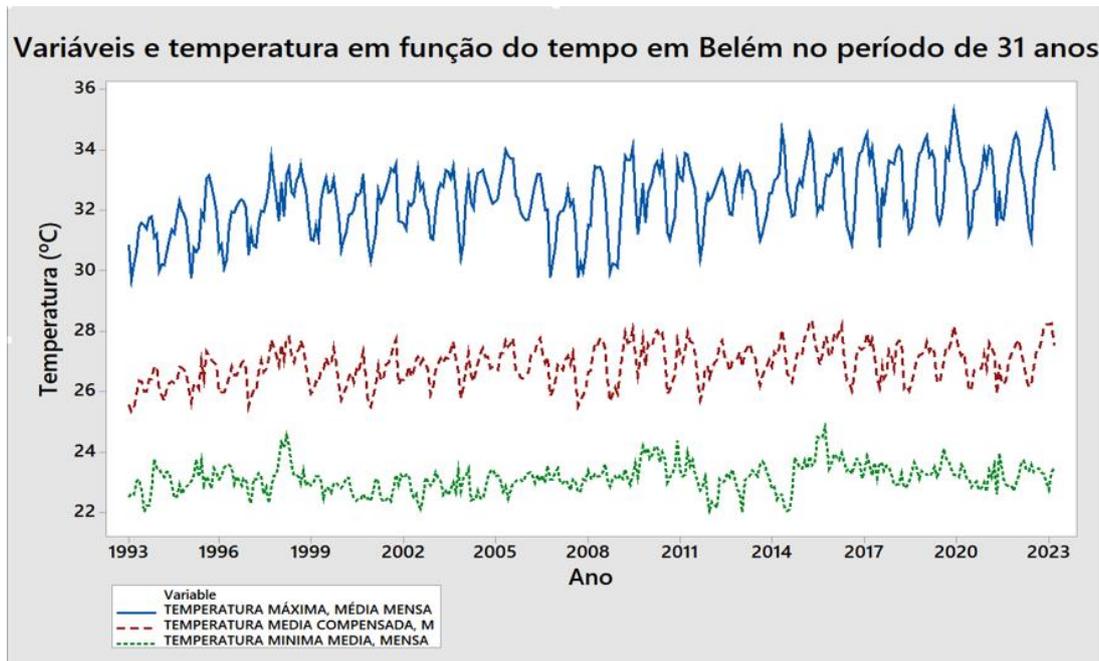


Gráfico 1: série de temperaturas da região metropolitana de Belém

Para iniciarmos a nossa previsão vamos usar dados de exemplo para plotar uma previsão cujo possuímos o valor resultado e assim podemos comparar com a previsão feita pelo modelo do Minitab. Usaremos os valores de 1993 a 2022, que, usando o ano de 1993 teremos no total 30 anos de dados e assim podemos prever o ano de 2023. Dados de Temperatura média compensada não foram utilizados para os testes na previsão pois são valores estimados das outras duas temperaturas.

Usaremos inicialmente a temperatura máxima como nossa variável principal de teste e veremos seu comportamento. Inicialmente faremos uma análise descritiva dos dados que mostra médias e outras informações estatísticas da nossa série.

VARIAVEL	ANO	N	N*	Mea	SE Mea	StDe	Minimu	Q1	Medi	Q3	Maximu
TEMPERATURA MÁXIMA	1993	12	0	31,098	0,185	0,642	29,711	30,685	31,295	31,574	31,79
	1994	12	0	31,195	0,226	0,784	30,006	30,323	31,304	31,886	32,32
	1995	12	0	31,639	0,318	1,102	29,739	30,744	31,827	32,707	33,16
	1996	12	0	31,546	0,238	0,825	30,09	30,715	31,945	32,247	32,365
	1997	12	0	31,931	0,284	0,983	30,507	30,947	31,971	32,706	33,729
	1998	12	0	32,77	0,169	0,585	31,613	32,527	32,949	33,147	33,494
	1999	12	0	32,108	0,227	0,785	30,997	31,186	32,386	32,71	33,077
	2000	12	0	31,941	0,205	0,709	30,679	31,419	31,887	32,524	33,2
	2001	12	0	32,211	0,319	1,107	30,354	30,983	32,544	33,202	33,51
	2002	12	0	32,253	0,182	0,63	31,393	31,62	32,215	32,814	33,373
	2003	12	0	32,509	0,237	0,821	31,023	32	32,718	33,215	33,447
	2004	12	0	32,348	0,283	0,98	30,407	31,582	32,595	33,204	33,337
	2005	12	0	33,018	0,195	0,675	32,216	32,382	32,89	33,719	33,987
	2006	12	0	32,341	0,163	0,564	31,67	31,804	32,247	32,815	33,213
	2007	12	0	31,625	0,256	0,886	29,746	30,986	31,964	32,183	32,687
	2008	12	0	31,862	0,419	1,452	29,755	30,328	32,079	33,368	33,461
	2009	12	0	31,982	0,465	1,612	29,968	30,217	32,017	33,67	34,083
	2010	12	0	32,741	0,235	0,816	31,177	32,091	32,916	33,41	33,793
	2011	12	0	32,667	0,293	1,015	31,029	31,53	33,018	33,479	33,881
	2012	12	0	32,255	0,267	0,927	30,386	31,532	32,479	33,022	33,34
	2013	12	0	32,758	0,152	0,526	31,842	32,452	32,737	33,254	33,4
	2014	12	0	32,535	0,323	1,119	30,996	31,619	32,561	33,176	34,623
	2015	12	0	33,029	0,252	0,871	31,787	32,396	32,908	33,77	34,542
	2016	12	0	33,049	0,218	0,755	31,919	32,251	33,154	33,765	34,033
	2017	12	0	33,015	0,38	1,318	30,868	31,541	33,497	34,029	34,52
	2018	12	0	32,97	0,295	1,022	30,757	32,212	33,166	33,886	34,123
	2019	12	0	33,192	0,326	1,129	31,279	32,093	33,75	33,973	34,453
	2020	12	0	33,424	0,364	1,259	31,576	32,005	33,668	34,469	35,271
	2021	12	0	32,958	0,266	0,921	31,221	32,656	32,941	33,852	34,09
	2022	12	0	33,034	0,31	1,073	31,464	31,894	33,139	34,16	34,52
	2023	12	0	33,498	0,399	1,381	31,068	32,39	33,708	34,733	35,277

Tabela 2: Descrição estatísticas dos valores de temperatura máxima

Os dados estão em forma de média nos mostram certas descrições estatísticas como o máximo daquele ano, a média e os quartis.

Iniciamos com a função de autocorrelação (FAC) e função de autocorrelação parcial (FACP) que nos indicarão melhor comportamento que a nossa série terá que ter, caso a FAC possua um comportamento de decaimento exponencial isso nos informa que o modelo terá de ter um comportamento autorregressivo, caso o decaimento seja da FACP, então terá de ser usado o modelo de médias móveis. Aliás, para a confirmação do uso de modelo, caso um apresente o comportamento de decaimento exponencial, então o outro nos dará correlações significativas. Além disso, a série precisa ser estacionária, caso não, é necessário aplicar uma diferença.

Veremos o gráfico no gráfico 3 o comportamento de FAC da nossa série:

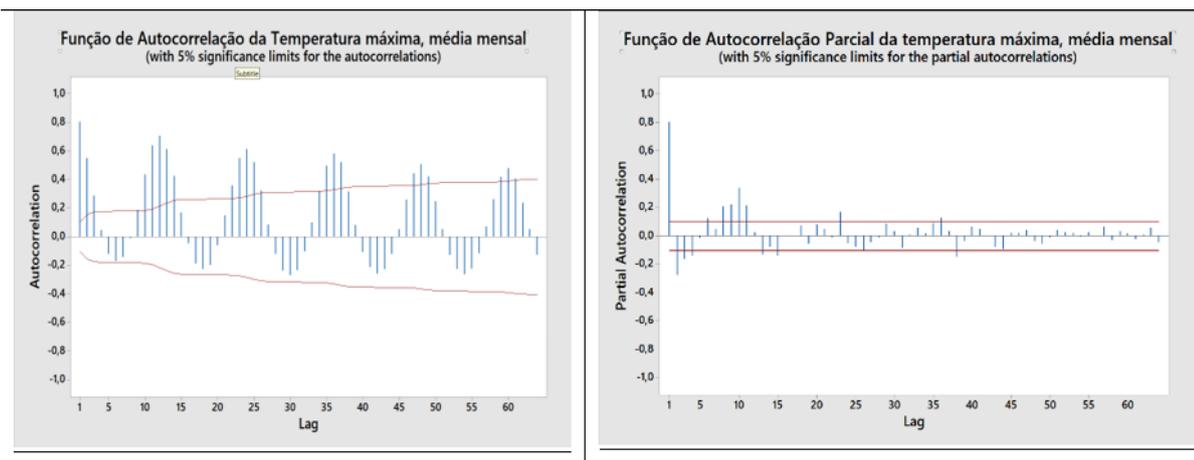


Gráfico 3 e 4:FAC E FACP da variável

Apesar de FAC possuir o decaimento o que indicaria o uso de um modelo de Médias móveis, nós usaremos o modelo SARIMA devido a sazonalidade da série, o modelo SARIMA  $(0,0,1(2,1,1))_{12}$  que depois de vários testes, ele foi o qual o resultado mais se aproximou dos valores reais.

Depois de submeter a série ao modelo, teremos:

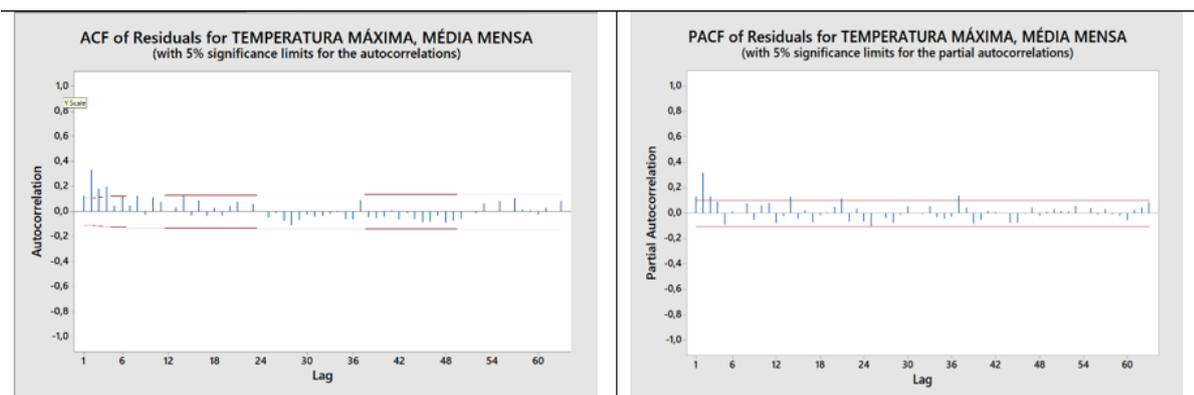


Gráfico 5 e 6:FAC E FACP da variável para SARIMA

Podemos observar o FAC e FACP da variável após ser submetida ao modelo, e, apesar de terem pontos que se sobressaem da linha limite que indicaria que o modelo se adequou a série, podemos ver no gráfico 7 que a previsão não possuiu um erro tão exorbitante.

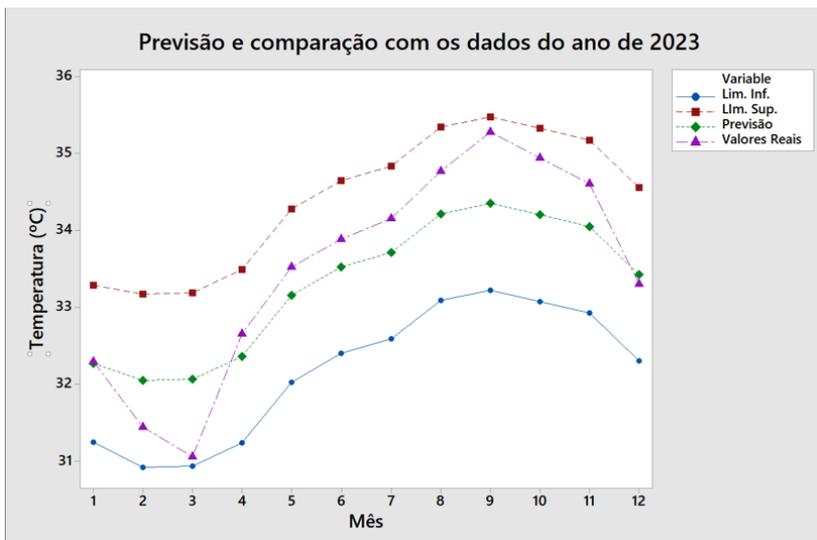


Gráfico 7: Comparação entre a previsão e o valor real

Observa-se no gráfico que o valor real se manteve dentro dos valores limites, e que a previsão se manteve próxima ao que era real, mostrando-nos a veracidade do modelo. Além disso, podemos ver na tabela a seguir o Erro Relativo Percentual, que nos mostra o erro comparando dois pontos, tal que quanto mais próximo de 0, o é relativamente mínimo, e mais distante, o erro é pode se tornar considerável:

Mês	Previsão_1	Valores Reais	(Real-Prev.)/Real	Erro Rel. Perc.
1	23,38	23,39	0,00	0,04
2	23,43	23,38	0,00	0,21
3	23,57	23,59	0,00	0,08
4	23,75	23,34	0,02	1,76
5	23,66	23,45	0,01	0,90
6	23,4	23,45	0,00	0,21
7	23,18	23,31	0,01	0,56
8	23,27	23,27	0,00	0,00
9	23,26	22,98	0,01	1,22
10	23,25	22,77	0,02	2,11
11	23,49	23,32	0,01	0,73
12	23,45	23,46	0,00	0,04

Tabela 3: Erro Relativo Percentual

Os valores de erros em uma previsão são de absurda importância para qualquer teste, pois assim podemos ver a confiabilidade do modelo. Assim, a tabela 3 comprova que o erro do modelo de previsão a partir do método estatístico SARIMA no programa Minitab com os componentes de SARIMA  $(0,0,1(2,1,1))_{12}$  nos dá uma segurança em parte, fazendo-nos confiar em seus dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos testes conseguimos fazer uma previsão real para o ano de 2024 da temperatura máxima e mínima da cidade de Belém. Podemos ver no gráfico a seguir a previsão para os meses de janeiro a dezembro, porém com valores reais de janeiro a maio (último mês com dados reais atualmente):

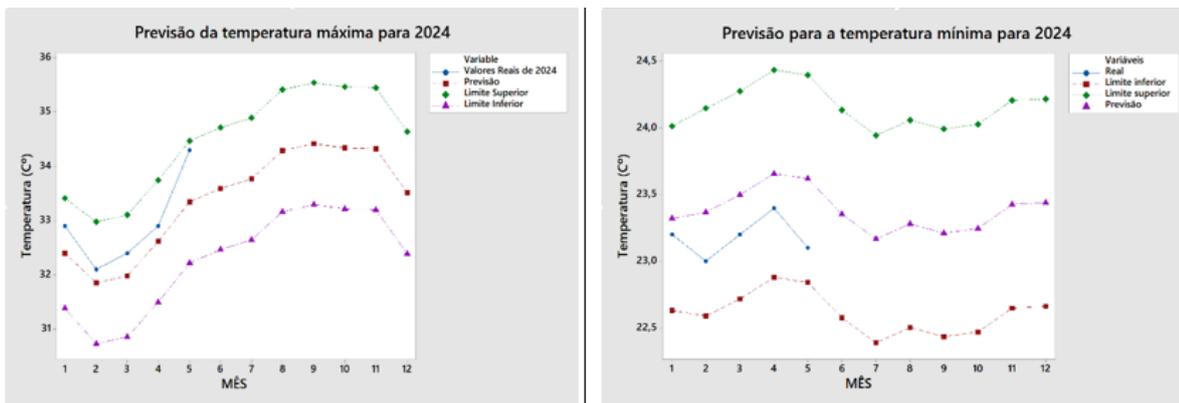


Gráfico 8 e 9: Mostra respectivamente as previsões para 2024 da Temperatura máxima e mínima

Notamos então que a previsão acompanha os valores reais obtidos pelo INMET e que o erro não é exorbitante, confirmaremos a seguir com a tabela de erro:

Mês	Previsão	Valores reais	(Real-Prev.)/Real	Erro Rel. Perc.
1	32,40	32,9	0,02	1,51
2	31,85	32,1	0,01	0,77
3	31,98	32,4	0,01	1,29
4	32,62	32,9	0,01	0,84
5	33,34	34,3	0,03	2,79

Mês	Previ_min	Real	(Real-Prev.)/Real	Erro Rel. Perc.
1	23,32	23,2	0,01	0,53
2	23,37	23	0,02	1,60
3	23,50	23,2	0,01	1,29
4	23,66	23,4	0,01	1,10
5	23,62	23,1	0,02	2,25

Tabela 4 e 5: Mostra respectivamente o Erro Relativo Percentual da Temperatura máxima e mínima para previsão de 2024

## CONCLUSÃO

Podemos concluir então que nossos testes foram bem sucedidos, mostrando então a veracidade do modelo e que a previsão feita pelo programa Minitab possui seus créditos caso usamos o método SARIMA.

Apesar dos testes serem feitos na cidade de Belém do Pará, eles podem ser aplicados a outros municípios, poderá se necessário fazer algumas modificações por conta da região e da climatologia da região devido a variação climática existente em todo o globo terrestre, porém o modelo acompanhará e mostrará seus devidos resultados.

Para o futuro da Meteorologia que até hoje segue com a problemática de previsões, apesar da diminuição devido ao avanço da pesquisa tecnológica, ela ainda precisa de ajudas para chegarmos a anulação dessa problemática. Este mais um dos métodos que nos trará bens benéficos. Este modelo nos permiti usá-lo em diversos momentos e até mesmo para previsões de grande porte, assim, contribuindo para o futuro da previsão.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a minha mãe Clarice, meu pai Mario Roberto, minha vó Orlandina e minha tia Cleonice, pois este foram os seres que mais me ajudaram e continuam me ajudando até aqui. Agradeço também a minha amada amiga Naiara que foi um exemplo de ser inteligente que eu vi mais próximo de mim. Agradeço a minha irmã que sempre me apoiou e nunca deixou de me guiar em meu caminho até os dias de hoje.

Serei sempre eternamente grato a vocês até os confins da Terra.

## REFERÊNCIAS

DAL FORNO, Ana Julia *et al.* **ERRO DE PREVISÕES, SISTEMAS E DESEMPENHO DO PROCESSO DE PREVISÃO DE DEMANDA - RESULTADOS INICIAIS DA APLICAÇÃO DE SURVEY EM EMPRESAS BRASILEIRAS**. Salvador: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013.

LUCAS, J. L. (2013). **Modelos de Series Temporais para Previsão da Demanda**. Faculdade de Economia, Administração, Atuaria, Contabilidade e Secretariado Executivo, Brasil.

SILVA, Luiza Maria. **Uma Aplicação de Árvores de Decisão, Redes Neurais e KNN para a Identificação de Modelos ARMA Não-Sazonais e Sazonais**. Rio de Janeiro: PUC - Rio, 2005. 15-30 p.

CHECHI, Leonardo; BAYER, Fábio M. **Modelos uni variados de séries temporais para previsão das temperaturas médias mensais de Erechim, RS**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2012. 1321-1329 p.

CLIMA BELÉM (BRASIL). CLIMATE DATA, 2024. DISPONÍVEL EM: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/para/belem-4299/> . Acesso em: 28/06/2024

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET)**

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)**

# ATUALIZAÇÃO DA NORMAL CLIMATOLÓGICA E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA O MUNICÍPIO DE BOTUCATU-SP

**JOSÉ RAFAEL FRANCO** <sup>1</sup>; **VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA** <sup>1</sup>; **Marcus Vinícius Contes Calça** <sup>2</sup>; **Matheus Rodrigues Raniero** <sup>2</sup>; **VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN** <sup>3</sup>; **TAKECHI KOIZUME FILHO** <sup>4</sup>; **Alexandre Dal Pai** <sup>3</sup>; **Enzo Dal Pai** <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluno de Doutorado. UNESP - FCA. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034; <sup>2</sup>Doutorado. UNESP - FCA. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034; <sup>3</sup>Docente. UNESP - FCA. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034; <sup>4</sup>Aluno de Mestrado. UNESP - FCA. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034

## RESUMO

O clima pode ser considerado um dos fatores determinantes dentro da dinâmica espacial de distribuição e disseminação dos seres vivos pelos territórios, uma vez que afeta diretamente o solo e conseqüentemente todo o bioma nele existente, assim como seu potencial de uso do solo e produção agrícola. Neste sentido, os estudos sobre o clima são baseados em observações e medidas meteorológicas realizadas em determinada região, tal que ao caracterizar o clima desta região obtém-se os perfis de regime de chuvas, de temperatura do ar, de umidade relativa do ar, de pressão atmosférica, de vento e de radiação solar, possibilitando a classificação climática. A classificação climática tem como objetivo definir áreas ou regiões com características biogeográficas relativamente homogêneas/semelhantes. Um dos modelos clássicos para classificação climática foi criado por Köppen em 1918, para identificar o clima de forma simplificada. Visto a importância de se ter conhecimento sobre o clima de uma localidade e seu impacto agrônômico, e considerando-se efeitos causados por mudanças climáticas, este trabalho teve como objetivo: i) identificar as normais climatológicas mensal e anual de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação dos últimos 30 anos, seguindo o padrão da Organização Meteorológica Mundial (OMM) (2023) para o período de 1991 a 2020; e ii) realizar a classificação de Köppen (1918) atualizada para o município de Botucatu - SP. No estudo foram analisadas as séries históricas de temperatura e precipitação medidas entre 1991 a 2020 pela da Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) de Botucatu - São Paulo - Brasil (22°54'S, 48°27'O e 786m). Para identificar as normais climáticas foram utilizados dados diários de temperatura mínima, média e máxima do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluvial. Com os dados diários foi calculado o valor médio de cada mês para as temperaturas (mínima, média e máxima) do ar e umidade relativa do ar, para a precipitação pluvial foi realizada a somatória dos dias (valor acumulado) e a contagem de dias em que a precipitação foi maior que 1 mm, de cada mês. Após identificar os valores de cada mês foi calculado a média e o desvio padrão entre os meses. Um dos modelos clássicos para classificação climática foi criado por Köppen em 1918, para identificar o clima de forma simplificada. Foram identificadas as normais climáticas de temperatura e de precipitação, do período de 1991 a 2020, representando o clima Aw para o município de Botucatu - SP, após nova classificação. As maiores temperaturas e volume de precipitação ocorrem no verão com valores médio mensal de temperatura mínima 19,77°C, temperatura média 23,45°C e temperatura máxima de 28,37°C a precipitação média variando entre 160 e 315 mm acumulado ao mês. O período de seca ocorre no inverno com valores médio mensal de temperatura mínima de 14,48°C, temperatura média de 19,21°C e temperatura máxima de 25,08°C, e o volume de precipitação varia entre 38 a 80 mm. A classificação Aw também implica na mudança de clima subtropical (Cwa) para clima tropical, e devido às demais especificidades de total de chuvas e temperatura média normal, a classificação climática de Botucatu passa a ser de savana tropical. A atualização constante de classificações climáticas é uma demanda urgente para melhor identificação das relações de clima e produção agrícola, entre outras demandas, principalmente frente às mudanças climáticas. O clima de Botucatu é caracterizado por um clima megatérmico (estação fria ausente ou pouco perceptível), com inverno seco e chuvas concentradas no verão. O maior volume de chuva ocorre entre os meses de novembro

a abril; a estação de seca ocorre de maio a outubro. Julho é o mês mais frio com temperatura média atual de 18,28°C. As normais climatológicas identificadas no período de 1991 a 2020 indicam temperaturas médias 21,34°C e umidade relativa do ar apresenta valor médio de 70% no ano, sendo a precipitação acumulada anual de aproximadamente 1.500 mm, ocorrendo, em média, precipitação em 107 dias do ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Classificação climática de Köppen; Normal climatológica; Temperatura; Precipitação; Mudanças climáticas

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP) de Botucatu (SP) -Brasil. A todos os observadores meteorológicos que trabalharam dia a dia durante todos esses anos e possibilitaram a realização desta pesquisa.

# CHUVAS EXTREMAS EM BOTUCATU-SP: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DA SÉRIE HISTÓRICA (1971-2022)

**JOSÉ RAFAEL FRANCO** <sup>1</sup>; **VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA** <sup>1</sup>; **MARCUS VINÍCIUS CONTES CALÇA** <sup>2</sup>; **MATHEUS RODRIGUES RANIERO** <sup>2</sup>; **VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN** <sup>3</sup>; **DEMerval SOARES MOREIRA** <sup>5</sup>; **ISABELA ALVES DE ALMEIDA**, <sup>4</sup>; **ENZO DAL PAI** <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutorando. Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu UNESP. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034;<sup>2</sup>Doutorado. Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu UNESP. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034;<sup>3</sup>Docente. Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu UNESP. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034;<sup>4</sup>Graduando. Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu UNESP. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034;<sup>5</sup>Docente. Faculdade de Ciências (Câmpus de Bauru) UNESP. Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, Botucatu/SP - CEP 18610-034

## RESUMO

Modelos climáticos indicam um aumento da intensidade dos processos de precipitação, e identificação de presença de chuvas extremas em escalas continental e global durante o século XXI. A intensificação das quantidades de chuvas se deve principalmente ao aumento do teor de umidade da atmosfera associado ao aquecimento global. Apesar da conhecida relação causal entre aquecimento global e eventos climáticos extremos, há muito ainda a ser analisado quanto a intensidade e a frequência de precipitação extrema para se estabelecer protocolos de identificação dos eventos e seus impactos sociais ocasionados por alagamentos, desabamentos de encostas, desastres ambientais e mortes. Chuvas extremas são aquelas cuja quantidade de água extrapola o previsto para um dado período, porém quantidade de água e período são definidos diferentemente por diversos autores. Estabelecer a quantidade normal de chuva de um dado período é um desafio e estudos sugerem uma grande variedade de índices. Diante da problemática estabelecida, este trabalho visa desenvolver uma análise inicial e exploratória da série histórica de precipitações da cidade de Botucatu-SP, do período de 1971 a 2022, com o intuito de identificar condições de precipitação extrema e ocorrências de impactos à comunidade local. O estudo foi realizado no laboratório na estação meteorológica (22°54'S, 48°27'O e 786m) do Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia da Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP) de Botucatu - São Paulo - Brasil. Para realização do estudo foram utilizados dados de diários de precipitação entre 1971 e 2022. Identificadas as 10 maiores precipitações registradas em 52 anos, entre as 10 ocorrências 6 delas aconteceram nos últimos 12 anos. As duas maiores ocorrência extremas ocorreram em um período de 10 anos que justifica a ocorrência de anos atípicos extremos. Com exceção do evento de 1974 todos os demais ocorreram no verão, a estação com maior volume de precipitação para a cidade de Botucatu. O maior evento de chuva no município ocorreu no dia 10 de fevereiro de 2020, nesta semana ainda foram registradas três precipitações anteriores, dia 3 (100,0 mm), dia 7 (19,8 mm) e dia 9 (42,9 mm) de fevereiro, que agravaram ainda mais os efeitos do evento extremo. Destaca-se que no dia 10 foi registrado o acumulado diário de 284 mm. O volume total precipitado no mês de fevereiro de 2020 atingiu 559,4 mm, valor 277,7 % acima da média mensal de fevereiro (1/3 do volume médio anual de 1500 mm). O grande volume de chuva em curto período acabou deixando o solo saturado, o que impediu a absorção de água, aumentou o escoamento superficial e ocasionou enchentes. Sendo assim, o evento causou a queda de sete pontes, danos em outras cinco, e quatorze pontos de alagamentos na cidade. Analisando os dados na partição horária foi identificada que o grande volume de chuva ocorreu em 4 horas, iniciando as 00:00h com precipitação 53,59 mm, 01:00h precipitando 43,9 mm, 02:00h precipitando 24,4 mm e as 03:00h precipitando 66,3 mm. O valor acumulado nesse período atingiu 188,0 mm. Entre as 00:20h e as 2:00h ocorreram várias pancadas de chuva próximo a 6 mm em 5 minutos, com valor máximo de 8 mm. O maior volume registrado na partição sub horaria ocorreu entre as 03:05h as 03:25h com pico de 13,72 mm. O volume acumulado nesses 20 minutos foi de 50,5 mm. O estudo conclui que como consequência das mudanças climáticas eventos de chuvas extremas

nunca registrados no passado estão ocorrendo nos últimos anos. Estudar chuvas extremas é crucial para prevenir desastres naturais como enchentes e deslizamentos, planejar adequadamente a infraestrutura urbana, proteger a agricultura e a segurança alimentar, gerir recursos hídricos, preservar a saúde pública e mitigar os impactos econômicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chuvas intensas; Desastres Naturais; Evento extremo; Mudanças climáticas;

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP) de Botucatu (SP) -Brasil. A todos os observadores meteorológicos que trabalharam dia a dia durante todos esses anos e possibilitaram a realização desta pesquisa.

## **Avaliação de métodos de interpolação espacial para variáveis climáticas no Estado de Mato Grosso**

**Rhavel Salviano Dias Paulista<sup>1</sup>; Daniela Castagna<sup>1</sup>; Luzinete Scaunichi Barbosa<sup>1</sup>; Frederico Terra de Almeida<sup>3,4</sup>; Adilson Pacheco de Souza<sup>2,3,4</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200, Sinop, MT, Brasil; <sup>2</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200; <sup>3</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200, Sinop, MT, Brasil; <sup>4</sup>Docente. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200, Sinop, MT, Brasil

### **RESUMO**

O estado de Mato Grosso é protagonista na produção agrícola e possui importância estratégica nacional em função dos recursos naturais e biomas. O estado apresenta grande extensão territorial, com variações climáticas expressivas dentre as suas mesorregiões. A distribuição de estações meteorológicas é deficiente e são pontuais, dificultando a extrapolação e análise climática regionalizada. Essa limitação pode ser minimizada por processos geoestatísticos como os diversos métodos de interpolação, que apresentam configurações específicas de parâmetros de entrada, e, que a escolha adequada do melhor interpolador, resulta em malhas de estimativas mais precisas. Neste trabalho, avaliamos a interpolação para temperatura do ar, umidade do ar, temperatura de ponto de orvalho, pressão atmosférica, radiação global, precipitação e evapotranspiração de referência, para Mato Grosso. Utilizamos dados de 45 estações meteorológicas da rede INMET, com séries diárias de 2010 a 2020, reamostradas para valores mensais, trimestrais, anuais e para períodos de chuva e seca. Os métodos de interpolação avaliados foram krigagem universal e ordinária, com aplicação da Cross-validação para definição dos melhores parâmetros. As malhas geradas foram comparadas com dados reais utilizando os indicativos raiz do erro quadrático médio (RMSE), erro absoluto médio em porcentagem (MAPE) e D de Wilmott. As interpolações apresentaram resultados satisfatórios, com MAPE menor que 15% para 70% das variáveis meteorológicas. O método mais recorrente foi a krigagem ordinária. As melhores estimativas foram obtidas para temperatura do ar, com destaque o mês de junho, com RMSE de 1.05, MAPE de 9% e D de 0,85. Algumas variáveis meteorológicas apresentaram desempenhos distintos entre a seca e chuva. As interpolações mostraram-se consistentes, indicando que, se geradas utilizando boas práticas, esses produtos podem ser úteis como fonte de dados para agentes públicos e privados.

**PALAVRAS-CHAVE:** geoestatística; distribuição espaço-temporal; Cross-validação; krigagem ordinária; indicativos estatísticos

## Erosividade da chuva em áreas de Cerrado no Centro-Oeste brasileiro

Daniela Castagna <sup>2,3</sup>; Rhavel Salviano Dias Paulista <sup>2,3</sup>; Luzinete Scaunichi Barbosa <sup>2</sup>; Frederico Terra de Almeida <sup>1,5</sup>; Adilson Pacheco de Souza <sup>1,4,5</sup>

<sup>1</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200, Sinop-MT, Brasil.;<sup>2</sup>Bolsista. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200, Sinop-MT, Brasil.;<sup>3</sup>Bolsista. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200, Sinop-MT, Brasil.;<sup>4</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200, Sinop-MT, Brasil.;<sup>5</sup>Docente. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato 1200, Sinop-MT, Brasil.

### RESUMO

A erosividade refere-se ao potencial da chuva em causar erosão e vêm sendo obtida estimada com base na intensidade máxima da chuva em um período de 30 minutos (EI30). Para calcular a EI30, utilizam-se dados de pluviógrafos, mas devido à sua escassez, alternativas foram desenvolvidas com aplicações de equações que permitem o uso de dados pluviométricos, com maior disponibilidade de monitoramento. Neste trabalho, são apresentadas as estimativas da EI30 da chuva em três áreas do Cerrado brasileiro, utilizando equações calibradas regionalmente para dados pluviométricos. As áreas foram denominadas de A, B e C, e estão situadas na região nordeste de Mato Grosso do Sul (22 estações), na região oeste de Mato Grosso (9 estações) e na região leste de Mato Grosso e oeste de Goiás (16 estações pluviométricas), respectivamente. As séries temporais analisadas foram de 17 anos (2002-2019). Realizou-se as correções e preenchimentos de falhas nas séries temporais por meio da metodologia de regressão linear simples. Foram identificadas equações publicadas e calibradas (erosividade x precipitações médias mensais) para as áreas de estudo ou proximidades. Através da correlação entre dados de estações pluviométricas e de três pluviográficas, determinou-se a equação a ser utilizada. Para a área A, as melhores correlações foram encontradas nas equações calibradas para Coxim, Campo Grande e Rondonópolis; para a área B, as equações de Vera e Diamantino; e para área C, equação de Nova Xavantina. A maior erosividade anual foi observada na área A, seguida pelas áreas B e C, com valores de 9.791,4; 8.338,3 e 3.842,8 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Apesar da área A ter a maior erosividade, possui o menor volume de precipitação anual (1.407,5 mm), comparado com as áreas B (1.808,2 mm) e C (1.417,3 mm). As precipitações médias mensais têm padrões espaciais definidos pelas três regiões estudadas, entretanto a erosividade parece não corresponder as relações médias mensais totalmente, o que sugere a necessidade de realizar estudos com novas formulações de equações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fator R; USLE; erosão do solo; conservação dos recursos naturais;

# PERCEPÇÕES DE MUDANÇAS NA PRECIPITAÇÃO VERIFICADAS NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA

**Lusiene Silva de Jesus<sup>1</sup>; João Batista Miranda<sup>2</sup>; Matheus Pantoja Aguiar<sup>3</sup>; Maria Eduarda Nobre dos Santos<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01; <sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01; <sup>3</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01; <sup>4</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa

## RESUMO

A pesquisa objetivou avaliar as variações da precipitação no município de Marabá-PA, e os efeitos dos transbordamentos dos rios Itacaiunas e Tocantins que causa sérias consequências para o município, com remanejamento de pessoas desabrigadas e desalojadas, sérios prejuízos econômicos também. Além disso, a ação humana é capaz de provocar mudanças significativas no ciclo hidrológico, considerando que há várias barragens no Rio Tocantins de diversos empreendimentos. Buscou-se avaliar o efeitos dessa interferência pela análise de dados do INMET nas séries históricas móveis para os meses (desde 1961 a 2020), que constatou uma estação chuvosa de janeiro a abril e uma estação seca de maio a novembro, na análise das séries climatológicas de 1961 a 1990, de 1981 a 2010 e de 1991 a 2020 (médias móveis). Ficou bem evidente que os períodos mais chuvosos ocorreram dentro da série de 1961 a 1990, seguido da série de 1981 a 2010 e com uma redução discreta na série de 1991 a 2020. A exceção ocorreu para os meses de janeiro, maio quando a média de 1991 a 2020 superou as demais séries e no mês de novembro, quando as três séries praticamente se igualaram em termos quantitativos. Numa comparação entre fenômenos climáticos extremos, na análise do comportamento do Forte La Niña que ocorreu desde 2022 e influenciou no regime de chuvas na Amazônia até abril de 2023 e o Super El Niño que ocorreu a partir de junho de 2023 e atingiu até meados de fevereiro de 2024, ficou claro que fenômeno La Niña teve influência direta nos anos de 2021, 2022 e principalmente 2023. Já o Super El Niño influenciou de forma representativa de abril até dezembro de 2023. Importante compreender que a intensidade do fenômeno La Niña foi mais intensa na estação chuvosa de 2023 e o fenômeno El Niño foi mais intenso na estação seca. No entanto, como efeito de compensação hidrológica, no total anual, o forte efeito de La Niña acaba minimizando o efeito do El Niño no total de água armazenada no balanço hídrico anual.

**PALAVRAS-CHAVE:** Registro de dados; Eventos climatológicos; Índices pluviométricos;;

## INTRODUÇÃO

O município de Marabá pertence à mesorregião do sudeste do Estado do Pará às margens do Rio Tocantins e confluência com rio Itacaiunas e sua área total territorial é de 15.128,058 km<sup>2</sup>. Por sua localização geográfica, Marabá possui um regime de chuvas bem distribuído ao longo do ano com estação seca e chuvosa bem definidas e se torna uma região alvo de constantes alagamentos que não é a única causa que contribuiu para inundação de seus dois rios locais. Segundo as informações do Núcleo de Meteorologia da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (Semas), as chuvas que estão ocorrendo nas cabeceiras dos rios Araguaia e Tocantins, presentes entre os Estados do Mato Grosso, Goiás e Tocantins, aproximadamente, são os maiores responsáveis pelo aumento do nível do rio Tocantins. Além dos altos acúmulos de chuva ocorridos nessa região central do país, houve um atingimento da cota de alerta do rio Tocantins, em Marabá, ocasionando seus transbordamentos, por um processo que é conhecido como inundação fluvial.

Por conta das chuvas intensas que essa região sofre, a tendência é que esse município sempre passe por danos ambientais, o que prejudica os moradores do Sudeste do Pará, pois Marabá é uma área afetada por constantes alagamentos decorrentes das enchentes e dos transbordamentos dos rios Itacaiunas e Tocantins, que por sua vez, vem dando prejuízo aos moradores de Marabá. Também,

contrastando com esse efeito, em ocasiões de El Niño, há uma redução considerável das precipitações e conseqüentemente do nível dos rios.

O município de Marabá possui várias barragens e além desses fatores antropológicos de construções de barragens, boletins climatológicos registram anomalias na precipitação no Brasil em 2023, o evento chamado El Niño é singular e neste ocorre o aumento de temperaturas das águas superficiais no Oceano Pacífico, que em conjunto com as altas temperaturas das águas superficiais no Oceano Atlântico, são capazes de alterar fluxo de águas pluviais na Amazônia Legal e provocaram uma seca severa nesse ano atípico e em anos que esses eventos foram registrados (INMET, 2023).

As análises de ocorrências do ciclo hidrológico é importante para gerir os recursos hídricos, onde existem as URE é necessário níveis para manter a produção de energia elétrica equilibrada, e também para uso de navegação da população, que no período de secas (julho a dezembro) e onde a tipologia regional de afloramentos rochosos impedem a navegabilidade comercial no sentido da saída da cidade em direção à Marabá e no período chuvoso (janeiro a julho) é possível navegar na parte da jusante até 2.000 km nas águas do Rio Tocantins e é nesse período chuvoso que há maior capacidade de geração de energias nas usinas hidrelétricas (LUCENA; RANIERI E ET AL., 2017, 2022).

O seguinte trabalho visa demonstrar através de análises dados de precipitação, a ocorrência de mudanças climatológicas no município de Marabá em séries históricas e realizar a comparação desses níveis para os anos de 2021, 2022 e 2023, considerando os fatores antropológicos de construções de barragens no Rio Tocantins e eventos naturais de El Niño e La Niña, que somados são capazes de alterar os padrões de condições normais de águas pluviais para cada período registrado.

## **OBJETIVOS**

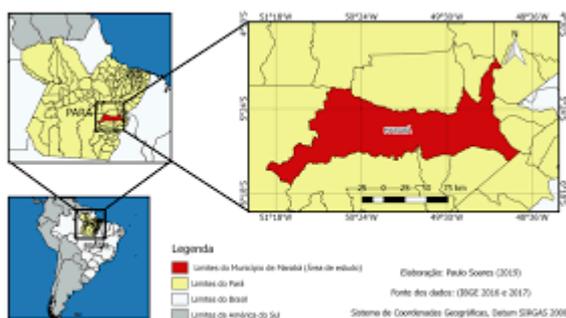
O objetivo desse estudo, é alertar os moradores de Marabá e órgãos públicos, por meio das análises de gráficos, que mostram os níveis de precipitação obtidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o alertar das quantidades de precipitação obtidas no município de Marabá em decorrentes das fortes chuvas em torno dos anos de 1961 até 2020, bem como das secas, eventos estes que são regidos por fenômenos climáticos extremos como La Niña, El Niño e sistemas sinóticos, como a Zona de Convergência Intertropical e sistemas de escala regional.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa explicativa e de metodologia quantitativa segundo Albuquerque et al.,( 2010) visa a análise de níveis de precipitação registrados em banco de dados do INMET(Instituto Nacional de Meteorologia) para o município de Marabá e verificar os efeitos de eventos climatológicos específicos de ocorrência atemporal que alteram os níveis pluviométricos na Amazônia Legal de tempos em tempos.

A base de dados do INMET, constitui-se das séries climatológicas nos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, além dos dados de precipitação acumulada nos anos de 2021, 2022 (anos de forte La Niña) e no período de janeiro a outubro de 2023, ano de ocorrência do Super El Niño.

O município de Marabá localiza-se entre as coordenadas: Latitude: **-5.36997**. Longitude:- 49.1168 e Altitude: 84m (Figura 1).



**Fonte: Mapa de localização do município de Marabá-PA, Brasil. | Download Scientific Diagram**

1961-1990 Ano/Mês	Precipitação (mm)	1981-2010 Ano/Mês	Precipitação (mm)	1991-2020 Ano/Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	253,3	Janeiro	256,3	Janeiro	273,4
Fevereiro	405	Fevereiro	299,5	Fevereiro	295,7
Março	421,1	Março	377,2	Março	342,9
Abril	313	Abril	258,5	Abril	233,5
Maio	97,6	Maio	119,9	Maio	125,8
Junho	38,5	Junho	28,5	Junho	24,8
Julho	24	Julho	15,9	Julho	15,1
Agosto	14,6	Agosto	11,4	Agosto	9,3
Setembro	62,9	Setembro	47,2	Setembro	42,2
Outubro	121,9	Outubro	94,3	Outubro	80,3
Novembro	156,3	Novembro	151,1	Novembro	151,3
Dezembro	266	Dezembro	239,4	Dezembro	192,2
Total	2174,1	Total	1899,2	Total	1786,5

Tabela 1 apresenta os valores acumulados mensais de precipitação para séries climatológicas

**Tabela 1:** Nível de precipitação de cada ano para as séries climatológicas

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação extraídos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em séries históricas móveis para o município de Marabá-PA mostram que nos meses de novembro a abril a média de precipitação demonstra um aumento dos índices pluviométricos em ordem cronológica reversa, ou seja, o acumulado de períodos mais chuvosos ocorreu dentro da série de 1961 a 1990, seguido da série de 1981 a 2010 e com uma redução discreta na série de 1991 a 2020. A exceção ocorreu para os meses de janeiro, maio quando a média de 1991 a 2020 superou as demais séries e no mês de novembro, quando as três séries praticamente se igualaram em termos quantitativos. Os totais acumulados anuais foram de 2.174,2 mm (1961-1990), de 1.899,2 mm (1981-2010) e de 1.786,5 mm (1991-1990). Como podemos observar na (Tabela 1), Marabá é uma cidade com índice pluviométrico muito alto, por conta dos grandes centros de baixa pressão formadas em áreas de divergências. Por volta de 1961-1990 foi o maior ano com chuvas intensas, finalizando o ano com o total de 2174,1 mm. De 1981-2010, as chuvas tiveram uma redução de 274,9 mm, ou seja,

choveu menos que no ano anterior, e no ano de 1991-2020, tivemos novamente outra redução no número de precipitação com uma redução de 112,7 mm.

Numa comparação entre fenômenos climáticos extremos, na análise do comportamento do Forte La Niña que ocorreu desde 2022 e influenciou no regime de chuvas na Amazônia até abril de 2023 e o Super El Niño que ocorreu a partir de junho de 2023 e atingiu até meados de fevereiro de 2024, ficou claro que fenômeno La Niña não teve influência sobre a média climatológica das três séries históricas, com alguma influência apenas nos meses de junho e julho, quando a precipitação foi superior às demais séries. Já o Super El Niño influenciou de forma representativa de abril até dezembro de 2023.

Importante compreender que a intensidade do fenômeno La Niña foi mais intensa na estação chuvosa de 2023 e o fenômeno El Niño foi mais intenso na estação seca. No entanto, como efeito de compensação hidrológica, no total anual, o forte efeito de La Niña acaba minimizando o efeito do El Niño no total de água armazenada no balanço hídrico anual. O total de precipitação acumulado ao longo do ano de 2022 (Forte La Niña) foi de 1.144,0 mm e para o ano de 2023 (Super El Niño) foi de 1.316,6 mm. Isso evidencia que o efeito do Forte La Niña foi mais intenso no ano de 2023, em comparação com o ano de 2022. Além disso, esse fator influenciou em um total acumulado de precipitação em 2023 superior ao total de 2022, ou seja, na balança entre o efeito de La Niña e El Niño, pesou mais o efeito de La Niña, considerando inclusive que no ano de 2022 não foi registrada atuação do fenômeno El Niño.

O ano de 2023 foi surpreendente, mostrando que o município de Marabá enfrentou dois períodos bem atípicos, sendo um período de grandes enchentes na estação chuvosa, sob efeito de Forte La Niña e um período de estiagem severa na estação seca, sob efeito do Super El Niño no ano de 2023.

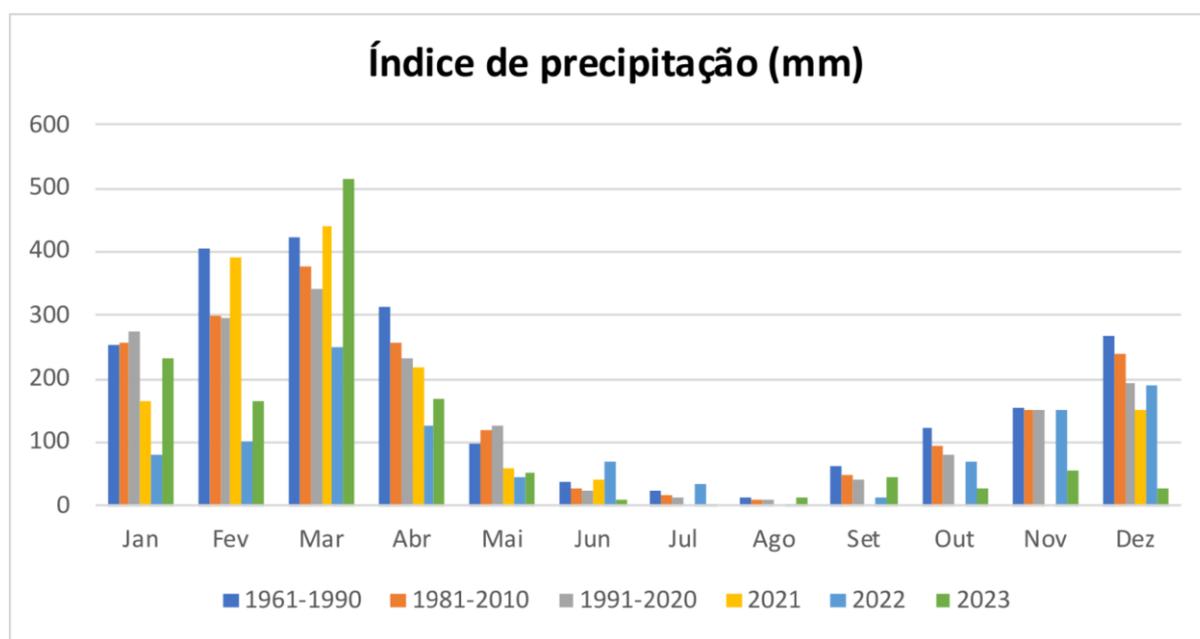


Figura 2 - Variação anual da precipitação (mm) com base nas séries históricas de 1961-1990, 1981-2010, 1991-2020 e no ano de Super El Niño (2023) para o município de Marabá.

Fonte: Banco de dados do INMET

Considerando o desvio padrão entre as séries climatológicas (Figura 3), observa-se que os maiores desvios da média dos totais anuais ocorrem para a série de 1961-1990, justamente a série de maior pluviosidade, mostrando que ocorreram maiores extremos de precipitação para mais em dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril e para menos em maio, junho, julho e agosto, ou seja, a série mais heterogênea de todas. Já as duas séries posteriores, tiveram comportamento muito parecido ao longo

das médias dos totais anuais acumulados. 140,0 mm para a série de 1961-1990, de 119,3 mm para a série de 1981-2010 e de 113,0 mm para série de 1991-2020. Essa atenuação no desvio padrão das chuvas acumuladas ao longo das séries, mostra que a tendência é de uma amortização da onda temporal das séries ao longo dos anos, com uma tendência à redução da amplitude da onda temporal de chuvas ao longo das décadas.

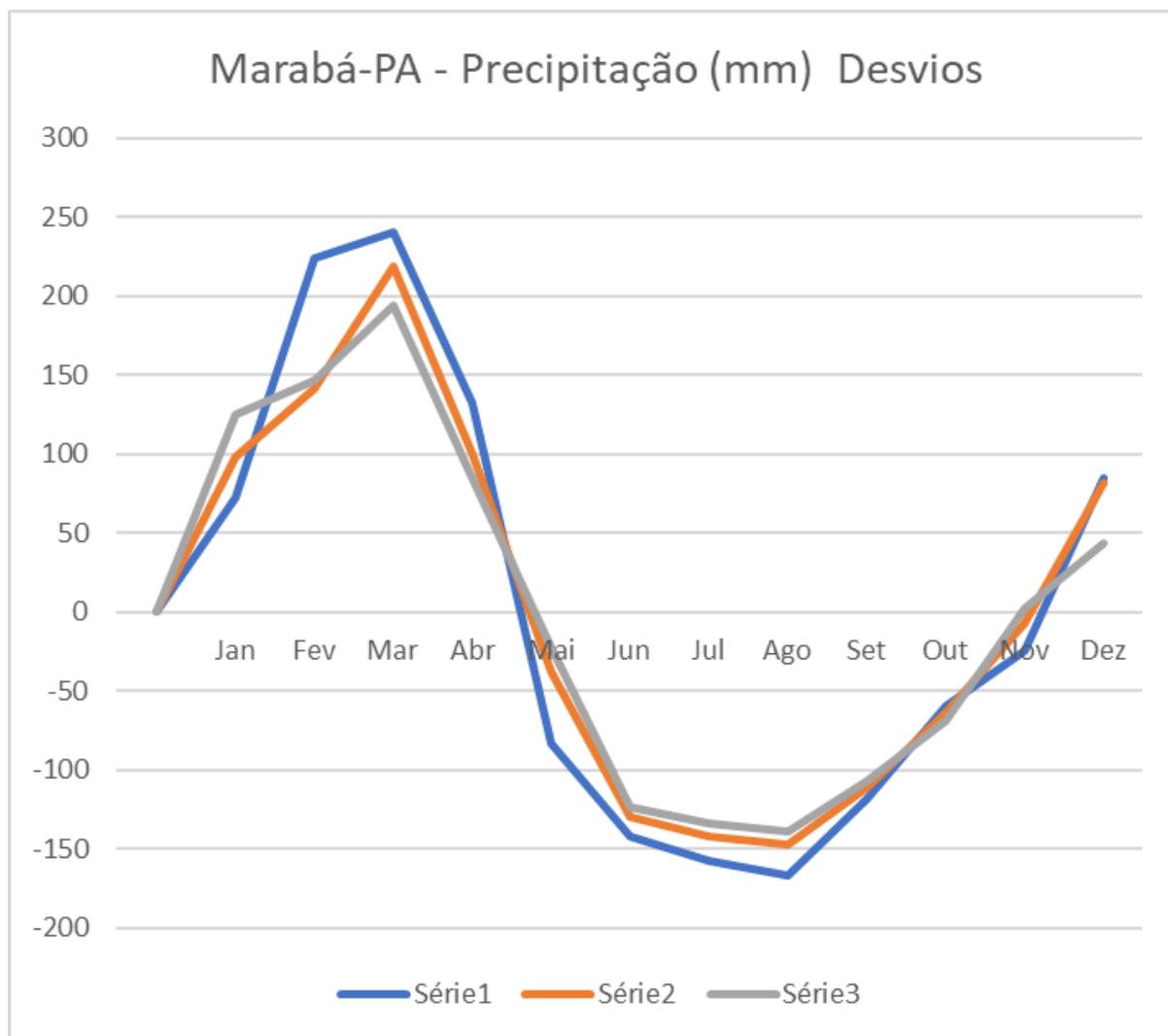


Figura 3 - Desvio Padrão entre as séries climatológicas: Série 1 (1961- 1990), Série 2 (1981-2010) e Série 3 (1991-2020)

Correlacionado as séries históricas com o ano de 2023 há diferença significativa de níveis de precipitação caracterizado por ano atípico, provocado segundo Jaramillo e Valência (2023) pelo evento El Niño no qual é capaz de provocar anomalias de precipitação em todo o continente da América do Sul incluindo o município de Marabá. Com grande capacidade de provocar mudanças significativas o Super El Niño é comprovado pelos dados de precipitação do INMET para 2023, como é mostrado na figura 2. Em janeiro e fevereiro os níveis de chuva ficaram abaixo das médias móveis históricas, em março e abril muito acima da média e os períodos que se intensificaram o período seco, comprova-se que desde maio até dezembro foram abaixo da média e quase sem chuvas e o mês de setembro não houve precipitação, indicado que o município de Marabá enfrentou um período de estiagem severa no ano de 2023.

Na análise das séries climatológicas, observamos que o período chuvoso representou, em média, 82,8% da precipitação total anual. Já o período seco, representou apenas 15,6% da precipitação total anual, não sendo observada nenhuma discrepância estatística entre os valores totais das séries em cada período acumulado estudado, o que mostra certa coerência. Deste modo, as séries foram bastante

homogêneas, com discrepâncias não representativas entre elas, sendo que a série de 1981-2010, foi a que apresentou menor desvio padrão (152,0 mm).

Na análise dos desvios médios apresentados na Figura 3, observamos uma situação de anomalias extremos nos períodos chuvosos e secos, destacando o comportamento no mês de março, cuja média dos desvios apresentou maior discrepância, seja no período seco ou chuvoso para a série de 1961-1990, cuja discrepância foi reduzindo ao longo das demais séries, com claro efeito da atenuação da amplitude de ondas cíclicas ao longo dos 90 anos de dado. Uma espécie de autização da onda de precipitação.

Ressaltamos que embora 2023 seja o ano de forte El Niño, durante o período seco os valores de precipitação foram muito elevados em comparação com as séries e 2021 e 2022. Esse período estava na fase de transição entre o final do ciclo do fenômeno La Niña, que estava terminando após 3 anos seguidos e atingindo o estágio de neutralidade das temperaturas da superfície do mar no Oceano Pacífico, conforme informações da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), do dia 9 de março de 2023.

A situação de calamidade pública no município de Marabá é deflagrada praticamente em todos os anos e se intensifica muito com o evento de La Niña, conforme pode-se observar nas Figuras 3 e 4 .A Figura 3 mostra o cenário da área central de Marabá e a Figura 4 mostra o bairro chamado Velha Marabá ou Marabá pioneira, que fica margeando o rio Tocantins.





AS figuras 3 e 4, mostram os cenários das enchentes causadas pelo transbordamento do Rio Itacaiunas e Tocantins, afetando a população de Marabá. Fonte: imagens da figura 3 e 4 foram tiradas do Google.

## CONCLUSÃO

A comprovação de que a ação humana provoca alterações no ciclo hidrológico é demonstrado ao longo da pesquisa e associado a eventos climáticos provocados pelo aumento de temperaturas nas águas superficiais do Oceano Pacífico (El Niño) e no Oceano Atlântico são capazes de provocar anomalias climáticas intensificadas em Marabá-PA e o monitoramento de precipitação é importante para uma melhor gestão de recursos hídricos. Com o intuito de verificar o panorama de mudanças e melhorias em trabalhos futuros pode-se realizar o balanço hídrico na região que é importante esse monitoramento para a gestão de recursos naturais.

Marabá é um município com altos índices pluviométricos, que ao longo dos anos vem dando problemas para os moradores do Sudeste do estado do Pará, graças aos alagamentos dos rios que transbordam por conta de muita chuva. Mas, felizmente, o povo da região recebe assistência do governo do Pará que os ajudam a passar por esses momentos difíceis, como recursos de saúde, cidadania e cestas de alimentos. Contudo, Marabá sempre será uma área afetada pelas enchentes dos rios proveniente das fortes chuvas, que ao longo dos anos tem gerado esses eventos com desastres ambientais prejudicando dos moradores da região.

Observamos que mesmo com forte efeito de El Niño, o município de Marabá teve uma redução muito grande nos volumes de precipitação, afetando o nível dos rios, porém a carga hidráulica no primeiro semestre de 2023, sob efeito de La Niña, acabou compensando no balanço de água anual. Assim tivemos um período chuvoso mais chuvoso e um período seco bem mais seco.

A tendência no regime climatológico das precipitações mostrou uma redução no regime pluviométrico na região também.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Monik Fernandes de et al. **Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008)**. 2010. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br:8443/handle/prefix/1595>. Acesso em: nov. 2023

ALEPA. **Recebe Movimento dos Atingidos por Barragens**. Disponível em: <https://www.alepa.pa.gov.br/noticia/7104/> >. Acesso em: nov. 2023.

ANA. Relatório de Seguranças de Barragens 2022. ANA, Brasília - DF, 2023. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes> Acesso em: nov. 2023.

ARAÚJO PAIXÃO, N. V. **Ribeirinhos da Amazônia, uma Abordagem de Hábitos Alimentares, Ecologia e Manifestação Cultural de Comunidades Ribeirinhas do Município de Cametá na Região Tocantina - PA**. Revista Brasileira de Agroecologia, 4(2). Recuperado de <https://revista.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/8937>

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. **Inventário da Oferta Turística, Tucuruí 2012. Companhia Paraense de Turismo - PARATUR, 2011**. Disponível em: [http://www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario\\_tucuruí\\_0.pdf](http://www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario_tucuruí_0.pdf) > Acesso em: nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/seca-atinge-centro-norte-da-amaz%C3%B4nia>>. Acesso: nov. 2023

JARAMILLO, Alejandro Builes. Valencia, Juliana. Salas, Hernán D. The influence of the El Niño-Southern Oscillation phase transitions over the northern South America hydroclimate, Atmospheric Research, Volume 290, 106786, ISSN 0169-8095, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809523001837> > Acesso: out 2023.

LUCENA, Eder Sarah De. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO CICLO HIDROLÓGICO NO COMPORTAMENTO DAS DESCARGAS PARCIAIS EM HIDROGERADORES**. Disponível em: <https://www.ppgme.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2017/Eder%20Sarah%20de%20Lucena.pdf> Acesso em: nov. 2023.

Museu Virtual Tucuruí. História da Usina Hidrelétrica de Tucuruí -. Disponível em: <https://museuvirtualtucuruí.com.br/blog/historia-da-usina-hidreletrica-de-tucuruí/>>. Acesso em: nov. 2023.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: nov. 2023

MONTOYA, A. D. e et al. **CONFLITOS PELO USO DAS ÁGUAS NO BAIXO RIO TOCANTINS: ANÁLISE DE TENDÊNCIAS**. Boletim de Geografia, v. 36, n. 2, p. 14-30, 15 ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v36i2.30484>> Acesso em: nov 2023.

PANTOJA, Pedro Ladinilson do Rosário et al. Saberes do trabalho na carpintaria naval artesanal no distrito de Carapajó-município de Cametá-PA. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/8510>> Acesso em: nov. 2023.

RANIERI, C. L. W. E ET AL. **ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A ENCHENTES E INUNDAÇÕES PELO RIO TOCANTINS NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 1686-1695, 2022. DOI:

10.51891/rease. v8i4.5168. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/5168> .  
Acesso em: 12 nov. 2023.

**SNISB - Sistema de Segurança de Barragem.** Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/consultar-barragem>>. Acesso em: nov. 2023.

0169-8095, 2023. Disponível em:  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809523001837>> Acesso: out 2023.

<https://agenciapara.com.br/noticia/34375/semas-afirma-que-enchentes-em-maraba-sao-influenciadas-por-chuvas-em-estados-vizinhos>

[https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/precipitacao\\_acumulada\\_mensal\\_anual](https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/precipitacao_acumulada_mensal_anual)

<https://www.ibge.gov.br/apps/basescartograficas/#/mapa/>

## **Análise do índice de calor, na cidade de Brasília- DF, durante ano 1992 a 2022**

**Caio de Oliveira Silva Silva**<sup>1</sup>; **Lucas Oliveira Xavier**<sup>1</sup>; **Augusto Conceição dos Reis**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### **RESUMO**

A sensação de conforto térmico está intrinsecamente ligada ao equilíbrio térmico entre o corpo humano e o ambiente circundante. Contudo, o crescimento desordenado dos grandes centros urbanos é uma realidade enfrentada por todos os países, impulsionado pela importância socioeconômica e pela necessidade de atender às demandas da população. Esse crescimento acarreta impactos evidentes no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas. Assim, compreender e analisar o conforto térmico em ambientes externos torna-se essencial para melhorar a qualidade desses espaços, influenciando positivamente o comportamento das pessoas e o planejamento urbano. O objetivo deste estudo é analisar o índice de calor na cidade de Brasília, localizada no centro do Brasil, considerando o período de 1992 a 2022. Utilizamos dados de temperatura máxima mensal do ar e umidade relativa fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para determinar o índice de calor, aplicamos a metodologia proposta por Steadman (1979), que considera a relação entre temperatura máxima e umidade relativa do ar. A análise dos resultados do estudo sobre o índice de calor em Brasília revelou informações cruciais sobre as condições climáticas e seu impacto na saúde da população local. Os valores obtidos demonstram níveis elevados de índice de calor durante os meses de Setembro a Abril, indicando condições ambientais que podem representar sérios riscos à saúde, os anos que mais obtiveram índice de calor elevado foram os anos de 2013 a 2022, obtendo uma média de 27°C. Essa constatação reforça a importância de considerar o conforto térmico na concepção e no planejamento de espaços urbanos para promover uma melhor qualidade de vida para os habitantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desconforto Térmico; Índice de Calor; Qualidade de Vida;;

## **Análise da climatologia e o conforto térmico da cidade de Belo Horizonte (MG)**

**Ana Beatriz da Silva Almeida<sup>1</sup>; Eva nicole silveira dos santos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### **RESUMO**

Belo Horizonte (MG), é uma cidade localizada na região sudeste do Brasil que sofre a influência de fenômenos meteorológicos de escala sinótica por conta da sua localização geográfica, possuindo um inverno seco nos meses de junho, julho e agosto, e um verão chuvoso nos meses de novembro, dezembro e janeiro. Este trabalho faz uma análise do comportamento do conforto térmico na cidade de Belo Horizonte e foi feita em uma série temporal de 30 anos no período de 1990 a 2019. Os índices que foram calculados para o estudo da climatologia dessa região, foram: O Índice de desconforto térmico (IDT) que é utilizado para determinar se a região é confortável, parcialmente confortável, pouco desconfortável, ou muito desconfortável, o Índice de calor (IC) que foi desenvolvido por steadman em 1979, na qual representa a temperatura que os seres humanos sentem a partir da combinação da temperatura máxima com umidade relativa, e o índice de temperatura efetiva em função do vento (TEv) que mostra a distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas, a partir desses cálculos foram estruturadas tabelas e gráficos no Microsoft Office Excel para avaliar a evolução do conforto térmico na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** climatologia; conforto térmico; temperatura;;

# ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA NO ESTADO DE MINAS GERAIS NO SÉCULO XXI

**Lucas Rosa de Almeida**<sup>1</sup>; **Mariana Gonçalves da Silva**<sup>1</sup>; **Vitor Vilhena de Souza Mangia Manso**<sup>1</sup>; **Julia da Silva Pereira**<sup>1</sup>; **Mel Cristina Valeriano de Paula**<sup>1</sup>; **Maria Julia Almeida de Oliveira**<sup>1</sup>; **Ana Julia Matias**<sup>1</sup>; **Rayssa de Oliveira Dias**<sup>1</sup>; **Anna Beatriz Ferreira**<sup>1</sup>; **Marcelo Vieira-Filho**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-900, Lavras/MG;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-900, Lavras/MG

## RESUMO

As variáveis meteorológicas são fundamentais para o entendimento das mudanças climáticas, que causam a ocorrência eventos extremos, com isso a previsão desses eventos permite compreender melhor os seus efeitos adversos. Segundo o IPCC a ação antrópica já causa mudanças climáticas, mapeando as regiões do planeta e mostrando quais tipos de mudanças e impactos pode haver nas regiões, sendo a região de Minas Gerais, local do estudo, inserida no sudeste brasileiro SES (sudeste da América do Sul), sendo afetado pelas altas precipitações e calor extremo. Foram utilizadas as variáveis meteorológicas mensais de precipitação, temperatura máxima e mínima obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), representando o século XXI, especificamente nos anos de 2000 a 2023, de 33 estações convencionais presentes no Estado de Minas Gerais. Calcularam-se as anomalias mensais climatológicas a partir dos valores das normais de 1961 a 1990. No que diz respeito aos dados analisados, sobre as anomalias de temperatura máxima, destaca-se Caratinga, Araçuaí e Conceição do Mato Dentro apresentaram os maiores valores 8.4°C, 7.6°C e 7.6°C, respectivamente. Em relação às anomalias de Temperatura mínima, as estações de Conceição do Mato Dentro, Caratinga e Barbacena apresentam os maiores valores de anomalias negativas -8.7°C, -6.7°C e -4.6°C, respectivamente. O maior valor de anomalia positiva de precipitação foi de 660,6mm em janeiro de 2020 em Belo Horizonte. Entre as etapas futuras do estudo pretende-se regionalizar as anomalias a partir das mesorregiões de MG, e calcular os índices hidrológicos para todas as estações avaliadas, como o índice de aridez, que é utilizado para medir o grau de seca/desertificação de um local, tal como o índice de severidade de seca de Palmer (PDSI), que mostra o início de uma seca, quando a precipitação de uma região diminui consideravelmente em relação à série climatológica.

**PALAVRAS-CHAVE:** meteorologia; IPCC; mudanças climáticas;

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a todo apoio prestado.

## **Os elementos meteorológicos como fator de risco nas enfermidades respiratórias: estudo de caso para a cidade de Juiz de Fora-MG**

**Cássia de Castro Martins Ferreira<sup>1</sup>; Letícia de Castro Martins Ferreira<sup>1</sup>; Luísa de Castro Batista<sup>2</sup>; Fabio de Oliveira Sanches<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal de Juiz de Fora. Campus UFJF - Juiz de Fora - MG;<sup>2</sup>Bolsista. Universidade Federal de Juiz de Fora. Campus da UFJF - Juiz de Fora-MG

### **RESUMO**

A construção, reconstrução e dinâmica das cidades desencadeou no desenvolvimento de espaços intraurbanos muito plurais e de extremas diferenças, no qual, principalmente em cidades de países em desenvolvimento, acentuaram-se as disparidades sociais e ambientais, as diferenças nos modos de vida, a degradação das condições de existência de parte significativa da população, criando um meio para o desenvolvimento de patologias que possuem entre os fatores de risco a vulnerabilidade social e ambiental, dentre elas, destacamos as doenças respiratórias. Visando relacionar como aspectos ambientais influenciam na saúde humana, este trabalho objetivou analisar a relação entre elementos meteorológicos (temperaturas máxima, mínima e média, umidade do ar e período seco e chuvoso) com as internações no SUS por doenças respiratórias, no período entre 2008 e 2023 na cidade de Juiz de Fora-MG. O presente estudo trata-se de um estudo ecológico, os dados que configuraram o estudo consistiram nos elementos meteorológicos (temperatura mínima, máxima e média, precipitação, umidade relativa do ar) e os dados de internações por doenças respiratórias no período de 2008 a 2023. Estas informações foram correlacionadas estatisticamente, utilizando o Coeficiente de correlação de Pearson (R) e do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>). Os resultados evidenciaram relação R inversa para a precipitação. Quando analisada a temperatura do ar estas apresentaram uma forte relação R, nos meses mais frios. Desta forma, evidencia-se que existe uma correlação entre a dinâmica dos tipos de tempo, a sazonalidade climática e o índice de internações por doenças respiratórias. Conclui-se que outras variáveis além das ambientais influenciam nas doenças respiratórias, mas, principalmente em um contexto de mudanças climáticas os elementos meteorológicos, associados a eventos extremos de frio ou calor, devem ser cada mais considerados na gestão da saúde pública.

**PALAVRAS-CHAVE:** doenças respiratórias; temperatura do ar; estudo ecológico;;

### **AGRADECIMENTOS**

*Ao CNPQ pelo financiamento da pesquisa.*

# **Impacto das Mudanças Climáticas no Escoamento, Umidade do Solo e Recarga, para o Sistema Aquífero Urucuia, Estado da Bahia, Brasil**

**Barbara Hanna Fernandes Pereira<sup>1</sup>; Claudine Dereczynski<sup>2</sup>; Gerson Cardoso da Silva Junior<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Meteorologia, Ilha do Fundão, Av. Athos da Silveira Ramos 274, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Meteorologia, Ilha do Fundão, Av. Athos da Silveira Ramos 274, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Meteorologia, Ilha do Fundão, Av. Athos da Silveira Ramos 274, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

## **RESUMO**

Este estudo tem como objetivo avaliar o impacto das mudanças climáticas em vários componentes hidrológicos, incluindo umidade do solo, escoamento superficial do solo, recarga e lençol freático, dentro do Sistema Aquífero Urucuia situado na região oeste do Estado da Bahia (SAU-BA), Nordeste do Brasil. Para conduzir esta investigação, empregamos quatro Modelos Climáticos Globais (GCMs) do Coupled Model Intercomparison Project Fase 6 (CMIP6), em quatro cenários futuros distintos (2041-2060) (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, e SSP5-8.5). Nossa análise utiliza os modelos hidrológicos Visual-Balan 2.0 e MODFLOW para, respectivamente, avaliação de recarga e fluxo de água subterrânea. Os resultados indicam que para o escoamento superficial, o EC-EARTH3 apresenta grande diferença entre os cenários, com o SSP1-2.6 apresentando seca, o CMCC-ESM2, apresentando solo mais úmido no SSP5-8,5, e o SSP3-7,0 mais seco. TaiESM1 apresenta solo mais úmido em todos os cenários, com superestimação principalmente no SSP5-8.5. Para a umidade superficial do solo, EC-EARTH3 e CMCC-ESM2 são secos em todos os cenários, enquanto MIROC6 e TaiESM1 apresentam áreas com umidade em quase todos os cenários. A análise realizada utilizando o Visual-Balan 2.0 indica uma tendência geral de redução de recarga em todos os modelos, com reduções variando de -5% a -25% em uma parcela significativa do SAU-BA. Notavelmente, MIROC6 e TaiESM1 apresentam extensas áreas com reduções superiores a -25% em três cenários: SSP1-2.6, SSP2-4.5 e SSP5-8.5. Os resultados do MODFLOW indicam variações nos níveis freáticos com queda acentuada, de até 10 m, nas partes norte e oeste da área, e estabilização ou mesmo ligeiro aumento na porção sudeste da área estudada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudanças Climáticas; Modelos CMIP6; Recarga;;

# DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO MUNICÍPIO DE BELO JARDIM, PERNAMBUCO, BRASIL

**Juliana Chagas Rodrigues<sup>1</sup>; Sebastião Mariano Junior<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Belo Jardim (UFRPE/UABJ). Rodovia PE-166, Km 03, Euno Andrade da Silva. Trevo da PE-166 com a Rua Cel. Antônio Marinho. CEP: 55156-580. Belo Jardim/PE; <sup>2</sup>Estudante do curso de Bacharelado em Engenharia Hídrica. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Belo Jardim (UFRPE/UABJ). Rodovia PE-166, Km 03, Euno Andrade da Silva. Trevo da PE-166 com a Rua Cel. Antônio Marinho. CEP: 55156-580. Belo Jardim/PE

## RESUMO

Os objetivos deste estudo foram avaliar a variabilidade anual e mensal, e quantificar o número de dias secos e chuvosos de precipitação para o município de Belo Jardim, Pernambuco. Para a realização da pesquisa foram utilizados 30 anos de dados (1994-2023) de precipitação pluvial do referido município; estes foram coletados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). As variáveis analisadas foram: variabilidade anual e mensal, e quantidade de dias secos e chuvosos em escala anual e mensal de precipitação. A variabilidade anual da precipitação pluvial no período estudado evidenciou grande oscilação e a média foi de 615,83 mm, com desvio padrão de 243,62 mm. Observou-se a ocorrência de duas estações na região, a estação chuvosa (fevereiro a julho) e a estação seca (agosto a janeiro). Essa distribuição irregular das chuvas afeta diretamente no abastecimento de água da região, na agricultura, na economia local tornando um desafio para a gestão do recurso hídrico na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Precipitação pluvial; Recursos hídricos; Dias chuvosos; Dias secos;

## INTRODUÇÃO

O município de Belo Jardim, localizado no estado de Pernambuco, caracteriza-se por ter um regime pluviométrico que reflete o clima da região semiárida do Nordeste brasileiro. As chuvas na região apresentam distribuição espaço-temporal bastante irregular, influenciada por diversos sistemas meteorológicos, como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices ciclônicos de altos níveis (VCANs), Frentes frias, Distúrbios ondulatórios de leste, e Linhas de Instabilidade (Ferreira; Cavalcanti, 2022). Além disso, ocasionalmente, fenômenos oceano-atmosféricos, como El Niño Oscilação Sul (ENOS), que podem alterar significativamente os padrões de precipitação.

As chuvas na região concentram-se entre os meses de fevereiro e julho, período que corresponde à estação chuvosa do Agreste Pernambucano (Silva et al., 2013). No entanto, a quantidade de precipitação anual é variável, com médias que podem oscilar entre 1.000 mm e 1.200 mm, dependendo das condições climáticas predominantes em cada ano (INMET, 2022). Essa variabilidade pluviométrica tem implicações diretas na agricultura, que é a principal atividade econômica de Belo Jardim, além de influenciar a disponibilidade de recursos hídricos na região, que são essenciais para o abastecimento humano e a manutenção da atividade pecuária.

A compreensão da distribuição das chuvas em Belo Jardim é crucial para o planejamento de atividades agrícolas e a gestão dos recursos hídricos. Estudos indicam que a irregularidade na distribuição das chuvas é um dos principais desafios enfrentados pelos agricultores locais, que frequentemente precisam adaptar suas práticas de cultivo às condições impostas pelo clima semiárido (Almeida et al., 2020). Desta forma, fundamental o desenvolvimento de estratégias que permitam uma melhor gestão das águas pluviais, como a construção de cisternas e a adoção de técnicas de irrigação eficiente, a fim de mitigar os impactos das secas e garantir a sustentabilidade das atividades econômicas na região.

Diante do exposto, verifica-se a importância do conhecimento da distribuição da precipitação pluvial, como suporte ao planejamento para uso dos recursos hídricos da região.

## **OBJETIVOS**

Este estudo teve como objetivos avaliar a variabilidade anual e mensal, e quantificar o número de dias secos e chuvosos de precipitação para o município de Belo Jardim, Pernambuco.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados de precipitação pluvial foram disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), referentes ao posto Belo Jardim - código 20, localizada no município de Belo Jardim, estado de Pernambuco, Brasil. O período estudado foi de 30 anos (1994 a 2023). Para o preenchimento de falhas na série de dados foi utilizado o banco de dados meteorológicos da base NASAPOWER (Stackhouse et al., 2018). Para isso, foi realizado o download dos dados de precipitação pluvial do referido município, selecionado os dados dos dias que tiveram falhas e inseridos no conjunto de dados oriundos da APAC.

A distribuição da precipitação pluvial anual contabilizou a somatória total dos valores referentes a este elemento climático para cada ano. Para a análise das médias aritméticas mensais, as precipitações pluviais de cada mês durante os 30 anos de estudo foram integralizadas, a fim de se obter um ano médio, de janeiro a dezembro. Já o desvio-padrão foi calculado para definir a dispersão dos dados em relação à média.

Para análise de ocorrência de dias secos e chuvosos, foram considerados como dias secos aqueles em que a precipitação pluvial foi igual ou inferior a 5 mm e dias chuvosos quando a precipitação foi igual ou superior a 5,1 mm (Carvalho et al., 2013). Esta análise foi apresentada em escala anual e mensal.

A análise estatística foi realizada por meio da estatística descritiva por meio do uso de médias aritméticas, desvio padrão, valores máximos e mínimos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

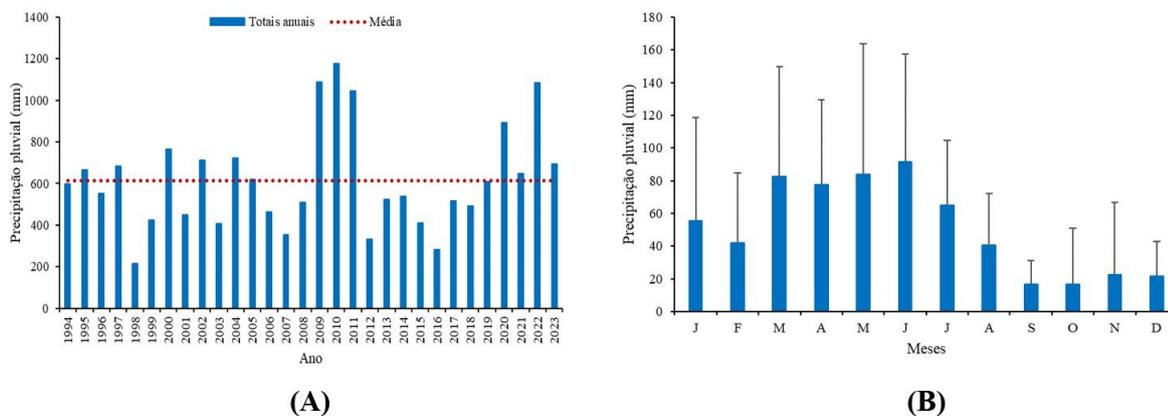
A variabilidade anual da precipitação pluvial no período estudado evidenciou grande oscilação, apresentando valores máximo de 1.177,20 mm no ano de 2010, mínimo de 214,19 mm no ano de 1998 e médio de 615,83 mm, com desvio padrão de 243,62 mm. Os valores obtidos foram similares aqueles encontrados nas Normais Climatológicas 1991-2020 para a região, que podem oscilar entre 1.000 mm e 1.200 mm (INMET, 2022). Também foram semelhantes aos resultados obtidos por Silva et al. (2013), no Agreste Pernambucano, que apresentaram o intervalo de 69,8 mm e 1.208,4 mm.

A Figura 1A apresenta a distribuição da precipitação pluvial anual em Belo Jardim-PE. Na análise da distribuição das chuvas na região verificou-se que 13% dos anos (quatro anos), apresentaram média maior que 1.000 mm, sendo 2022 o último ano em que este fato ocorreu. Outras ocorrências como esta foram observadas nos anos de 2009, 2010 e 2011. Em 53% dos anos, a precipitação pluvial esteve entre 500 e 1.000 mm (16 anos) e 33% (dez anos) com média abaixo de 500 mm. Além disso, evidenciou-se que nos últimos 15 anos estudados aumentou-se a frequência de ocorrência de maiores volumes de precipitações pluviais, sugerindo-se a intensificação de eventos extremos na região.

A Figura 1B mostra as médias mensais e desvio padrão da precipitação em Belo Jardim-PE. Nesta análise, observou-se a ocorrência de duas estações na região, a estação chuvosa (fevereiro a julho) e estação seca (agosto a janeiro). Corroborando com Silva et al. (2013), que encontraram resultados semelhantes para o município de Pesqueira, em Pernambuco. Os mesmos autores, afirmaram que o

período chuvoso na região está intrinsecamente relacionado à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sistema sinótico que passa a atuar no Nordeste Brasileiro (NEB), especialmente, a partir do mês de fevereiro/março.

Figura 1. Distribuição da precipitação pluvial anual no município de Belo Jardim, Pernambuco. (A) Distribuição anual (A linha vermelha indica o valor médio da precipitação no período analisado); (B) Médias mensais e desvio padrão da precipitação

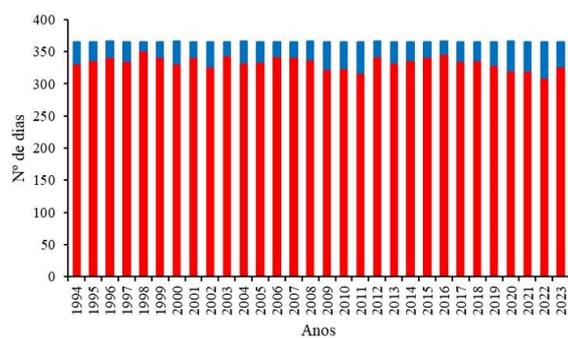


Os meses com menor pluviosidade foram setembro, outubro, novembro e dezembro, que apresentaram, em média, 19,38 mm (Figura 1B). O mês mais crítico para o regime hídrico foi setembro, 16,54 mm, e que também apresentou menor desvio padrão, 14,36 mm quando comparado com os demais meses com menor pluviosidade que apresentaram desvios padrão de 34,14; 44,10 e 20,92 mm, para outubro, novembro e dezembro, respectivamente. Isso indica que as chuvas para o mês de setembro são mais uniformes do que nos demais meses.

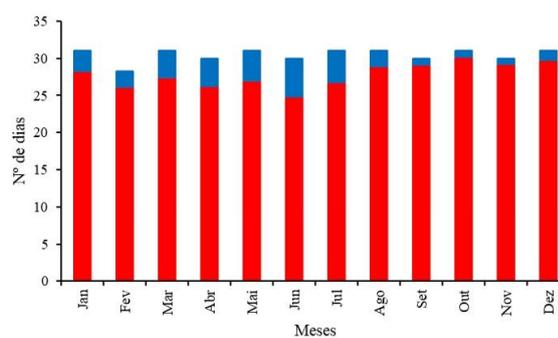
Os meses com maior precipitação pluvial foram março, abril, maio e junho com média acima de 77 mm mês<sup>-1</sup>. Nestes meses foram observados maiores desvios padrão, estes variaram entre 52,10 e 79,61 mm. Climatologicamente, as chuvas que ocorrem nos meses de junho (91,56 mm) e julho (65,07 mm) estão relacionadas ao sistema meteorológico, Distúrbios Ondulatórios de Leste (Rodrigues et al., 2017).

A Figura 2A apresenta a ocorrência média anual de dias secos e chuvosos, em Belo Jardim-PE. A média de dias chuvosos por ano foi de 32 dias, sendo 1998 foi o ano que registrou menor período chuvoso com 14 dias, enquanto o maior número de dias chuvosos, 56 dias, foi observado em 2022. A Figura 2B mostra média mensal de dias secos e chuvosos; no período de maio a julho, registrou-se o maior número de dias chuvosos. Observou-se que os meses de setembro a novembro são os mais críticos, pois praticamente não há ocorrência de chuvas.

Figura 2. Ocorrência média de dias secos (parte da barra em vermelho) e chuvosos (parte da barra em azul) no município de Belo Jardim, Pernambuco. (A) Média anual; e (B) média mensal.



(A)



(B)

## CONCLUSÃO

A distribuição da precipitação pluvial na região apresentou grande oscilação na variabilidade temporal anual e o valor médio encontrado para a região foi de 616 mm, variando entre 214 e 1.177 mm. A região apresenta duas estações definidas, uma estação chuvosa de fevereiro a julho e outra estação seca de agosto a janeiro. A média de dias chuvosos por ano foi de 32 dias, variando entre 14 a 56 dias.

A distribuição irregular da precipitação pluvial pode afetar diretamente o abastecimento de água da região, a agricultura e a economia local tornando-se um desafio para a gestão de recursos hídricos na região.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. S., LIMA, A. F., & COSTA, P. T. Gestão hídrica e desafios agrícolas no semiárido: o caso de Belo Jardim. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2020.

CARVALHO, A. A. et al. Ocorrência de períodos secos na região de Rio Largo, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p.173-180, 2013.

FERREIRA, N. J.; CAVALCANTI, I. F. A. **Sistemas meteorológicos atuantes no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília: INMET, 2022.

RODRIGUES, L. O. et al. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1995-2009, 2017.

SILVA, A. P. N. et al. Chuva mensal provável para o Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.2, p.287-296, 2013.

STACKHOUSE, P. W. et al. **POWER release 8 (with GIS applications) methodology (data parameters, sources, & validation) documentation date may 1, 2018 (all previous versions are obsolete) (data version 8.0.1)**. NASA. 2018. Disponível em: <[https://power.larc.nasa.gov/documents/POWER\\_Data\\_v8\\_methodology.pdf](https://power.larc.nasa.gov/documents/POWER_Data_v8_methodology.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2024.

## **Análise do Índice de Desconforto Térmico em Belém-PA**

**Matheus Pantoja Aguiar**<sup>1</sup>; **Lusiene Silva de Jesus**<sup>1</sup>; **Rina Batista Anika**<sup>1</sup>; **Eva Nicole Silveira dos Santos**<sup>1</sup>; **João Batista Miranda Ribeiro**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Correa, 01, Belém-PA;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal Do Pará. Rua Augusto Correa, 01, Belém-PA

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo apresentar a dinâmica do Índice de Desconforto Térmico - IDT - em um período climatológico de 30 anos com início em 1992, e término em 2021, no município de Belém, capital do Estado do Pará, para fins de determinar em qual nível de conforto a muito desconfortável esta região se encontra. Foram adquiridos dados de Temperatura máxima (T) e umidade relativa (UR), para a formulação do IDT, e também dados de Precipitação, sendo levantado um acumulativo total de 101.037,50 mm de água durante todo decorrer da série climatológica, sendo 3.367,91 mm por ano em média, e de temperatura mínima, ambos para fins de comparação. Dessa forma, os resultados mostram que o Índice de Desconforto Térmico na cidade de Belém, exibiu consideráveis variações no decorrer de todas as décadas, mantendo valores menores nos primeiros meses. Equiparando-o com a temporada mais chuvosa (janeiro a março variando entre 3700 mm a 4500 mm), com valores de 29°C a 30°C na primeira década e entre 30°C a 30,5°C nas duas últimas, elevando-se no decorrer do ano, alcançando cerca de 31,5°C. Tais resultados mostram uma considerável turbulência nas taxas de desconforto térmico sendo o primeiro período com menores variáveis, contudo, mantendo-se na mesma faixa de muito desconfortável ao longo de toda a série.

**PALAVRAS-CHAVE:** Calor; Desconforto; Temperatura; Climatologia;

## Variações no Giro Subtropical do Atlântico Sul Durante a Terminação V e o EIM 11

**Viviane Querollaine Pires Turman**<sup>1</sup>; **Tatiana de Lourdes Campese**<sup>1</sup>; **Breno de Souza Marques**<sup>1</sup>; **Laura Kraft**<sup>2</sup>; **Bruna Borba Dias**<sup>4</sup>; **Cristiano Mazur Chiessi**<sup>5</sup>; **Gelvam Hartmann**<sup>3</sup>; **Rodrigo Azevedo Nascimento**<sup>6</sup>; **Igor Martins Venancio**<sup>7</sup>; **Ana Luiza Spadano Albuquerque**<sup>8</sup>; **João Marcelo Ballalai**<sup>7</sup>; **Anderson Gomes de Almeida**<sup>9</sup>; **Marília de Carvalho Campos**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluna (o) de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP;<sup>2</sup>Aluna de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP;<sup>3</sup>Docente. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP;<sup>4</sup>Pesquisadora de Pós-Doutorado. Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP;<sup>5</sup>Docente. Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP;<sup>6</sup>Docente. Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná. Pontal do Paraná, PR;<sup>7</sup>Pesquisador. Programa de Pós-graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ;<sup>8</sup>Docente. Departamento de Geologia e Geofísica, Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ;<sup>9</sup>Pesquisador. Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello, CENPES/PETROBRÁS. Rio de Janeiro, RJ

### RESUMO

O Giro Subtropical do Atlântico Sul (GSAS) é um elemento chave na distribuição de energia no sistema climático. O ramo norte do GSAS é composto pela Corrente Sul Equatorial, que sofre bifurcação no oeste do Atlântico tropical dando origem à Corrente do Brasil (CB) e à Corrente Norte do Brasil (CNB). Ao passo que a CB flui para sul, recirculando calor e salinidade no giro, a CNB flui para noroeste, transportando calor e salinidade rumo ao Atlântico Norte, compondo o ramo superior da célula de revolvimento meridional do Atlântico (AMOC). Estudos recentes mostram um deslocamento para sul do GSAS que, possivelmente, está relacionado ao enfraquecimento da AMOC em resposta ao aquecimento global. No entanto, a falta de dados de monitoramento de longo prazo limita a compreensão das tendências em tais mudanças. Registros paleoceanográficos do oeste do Atlântico tropical permitem investigar migrações do GSAS em intervalos mais longos de tempo, já que a região é influenciada pelo limite norte do GSAS. A terminação glacial que ocorreu há cerca de 400 mil anos, também chamada de Terminação V, culminou num interglacial (i.e., Estágio Isotópico Marinho (EIM) 11), durante o qual a Terra registrou temperatura média global 2°C mais quente do que o pré-industrial. Assim, a Terminação V e o EIM11 são períodos ideais para investigar mudanças no GSAS sob condições climáticas de aquecimento global. Este estudo visa reconstituir variações na posição do limite norte do GSAS durante a Terminação V e o EIM11, por meio de análises da composição dos isótopos estáveis de oxigênio e de abundância relativa de foraminíferos planctônicos obtidos a partir de um testemunho sedimentar marinho coletado no oeste do Atlântico tropical (ca. 11°S). Este estudo contribuirá para um melhor entendimento do comportamento do GSAS sob condições de contorno de aquecimento global, fornecendo insights valiosos para o contexto atual de mudanças climáticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Foraminífero; Interglacial EIM11; Mudanças paleoclimáticas; Oeste do Atlântico Sul; Giro Subtropical do Atlântico Sul

## MUDANÇAS NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NO OESTE DO ATLÂNTICO TROPICAL DURANTE A TERMINAÇÃO V E O EIM11

**TATIANA DE LOURDES CAMPESE**<sup>1</sup>; **VIVIANE QUEROLLAINÉ PIRES TURMAN**<sup>1</sup>; **BRENO DE SOUZA MARQUES**<sup>1</sup>; **LAURA KRAFT**<sup>2</sup>; **BRUNA BORBA DIAS**<sup>3</sup>; **CRISTIANO MAZUR CHIESSI**<sup>4</sup>; **GELVAM HARTMANN**<sup>5</sup>; **RODRIGO AZEVEDO NASCIMENTO**<sup>6</sup>; **IGOR MARTINS VENÂNCIO**<sup>7</sup>; **ANA LUIZA SPADANO ALBUQUERQUE**<sup>8</sup>; **JOÃO MARCELO BALLALAI**<sup>7</sup>; **ANDERSON GOMES DE ALMEIDA**<sup>9</sup>; **MARÍLIA DE CARVALHO CAMPOS**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Aluna (o) de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.;<sup>2</sup>Aluna de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.;<sup>3</sup>Pesquisadora de pós-doutorado. Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.;<sup>4</sup>Docente. Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.;<sup>5</sup>Docente. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.;<sup>6</sup>Professor. Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná. Pontal do Paraná, PR.;<sup>7</sup>Pesquisador. Programa de Pós-graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ.;<sup>8</sup>Docente. Departamento de Geologia e Geofísica, Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ.;<sup>9</sup>Pesquisador. Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello. CENPES/PETROBRAS

### RESUMO

A célula de revolvimento meridional do Atlântico (do inglês, AMOC) desempenha papel fundamental no transporte de calor inter-hemisférico e, recentemente, foi incluída entre os elementos do sistema climático que estão próximos de atingir um limiar crítico. Um enfraquecimento drástico ou colapso da AMOC implicaria em marcante impacto no clima global, uma vez que resulta na redução do transporte de calor superficial rumo às altas latitudes do Atlântico Norte e seu consequente acúmulo no Atlântico Sul. A transição glacial-interglacial que ocorreu ao redor de 400 mil anos atrás, também chamada de Terminação V, é um período de interesse para investigar a redução/colapso da AMOC sob um clima em aquecimento, que culminou no interglacial do Estágio Isotópico Marinho 11 (EIM11), no qual a Terra registrou temperatura média global 2°C mais quente do que o pré-industrial. Com o intuito de investigar mudanças na intensidade da AMOC durante este período, este estudo foca na reconstituição da temperatura da superfície e subsuperfície do mar no oeste do Atlântico tropical. A reconstituição das temperaturas está sendo feita a partir da razão Mg/Ca de duas espécies de foraminíferos planctônicos (i.e., *Globigerinoides ruber* e *Globorotalia truncatulinoides*), obtidas a partir de um testemunho sedimentar marinho coletado no talude continental do oeste do Atlântico tropical (ca. 11°S). Este trabalho apresentará resultados preliminares com potencial de avançar no entendimento do funcionamento da AMOC sob condições de aquecimento global, fornecendo *insights* para o contexto atual de mudanças climáticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Foraminífero; Interglacial EIM11; Mudanças paleoclimáticas; Oeste do Atlântico Sul; Temperatura da superfície do mar

## Estudo do Índice de Desconforto Térmico na Cidade de João Pessoa-PB

**Eva Nicole Silveira Dos Santos<sup>1</sup>; Matheus Pantoja Aguiar <sup>2</sup> <sup>1</sup>; Ana Beatriz Da Silva Almeida<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>; kayky Pantoja De Souza <sup>1</sup>; João Batista Miranda Ribeiro <sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Discente . Universidade Federal do Pará . ufpa campus Guamá**

### RESUMO

João Pessoa é a capital da Paraíba que fica localizado no nordeste do Brasil. Seu tipo climático é tropical úmido que faz com que a cidade seja verde e florida, A cidade tem a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que é um dos mais importantes sistemas meteorológicos nos trópicos, ela é responsável pelo o estímulo do regime de precipitação no nordeste do país, atuando na transferência de calor e umidade dos oceanos. João Pessoa é caracterizado por altas temperaturas durante o ano com a temperatura máxima chegando cerca de 30°C e a temperatura mínima chegando a 26°C, possuindo uma precipitação bem distribuída com um total anual médio acumulado de 1.900,2 mm nos últimos 30 anos. Sua estação chuvosa vai de março a agosto e a estação seca de outubro a dezembro. Este trabalho tem como o objetivo analisar o índice de desconforto térmico (IDT), que é utilizado para determinar se a região é confortável, parcialmente confortável, pouco desconfortável, ou muito desconfortável. Para esta análise foram coletados dados mensais de temperatura máxima e de umidade relativa do ar de 30 anos (1994 a 2023), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Com relação a base de dados pode ser notado que IDT variou entre 28 e 29,5 nos quatro primeiros meses do ano. A partir de março, com o início da estação chuvosa, esse valor começou a diminuir, especialmente nas duas primeiras décadas no mês de abril. No entanto, na terceira década no mês abril, houve um pequeno aumento, mas diminuindo no mês de maio com as décadas anteriores, tendo novamente um aumento a partir de setembro ao final do ano. Porém, o índice de desconforto térmico se manteve em desconfortável e muito desconfortável durante os meses dos anos. Com tudo durante às 3 décadas na qual foram realizado o estudo do IDT, à última década apresentou um aumento significativo no desconforto térmico comparado com as duas décadas anteriores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Temperatura; Desconforto térmico; Estação; Umidade;

## **Análise e estudo climatológico para a cidade de Natal - Rio Grande do Norte**

**Rina Batista Aniká<sup>1</sup>; Matheus Cristiano Cordeiro Moreira<sup>2</sup>; Matheus Pantoja Aguiar<sup>3</sup>; Maria Eduarda Nobre dos Santos<sup>4</sup>; Breno Cesar de Oliveira Imbiriba<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. 66075-110. Belém-Pará-Brasil;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. 66075-110. Belém-Pará-Brasil;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. 66075-110. Belém-Pará-Brasil;<sup>4</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. 66075-110. Belém-Pará-Brasil;<sup>5</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. 66075-110. Belém-Pará-Brasil

### **RESUMO**

O Clima, definido como as médias das variáveis meteorológicas ao longo de pelo menos 30 anos, é fator determinante para a caracterização do ambiente físico e biológico assim como na saúde de animais e plantas. Por isso, estudos climáticos são essenciais para entender o presente e futuro do meio ambiente. Já é notório que as atividades humanas, como emissão de gases de efeito estufa, queima de combustíveis fósseis, desmatamento e outras, acarretam claras modificações no sistema climático como mudança nos padrões climáticos globais e de mesoescala, aumento da temperatura do ar e oceanos, redução das geleiras, aumento dos níveis do mar e mudança nos padrões de precipitação. O presente trabalho analisa a série temporal de 30 anos, com início em 1989 e fim em 2019, observando a climatologia da cidade de Natal (RN), avaliando dados mensais das variáveis: vento, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação. Com classificação do tipo Aw, Natal apresenta uma temperatura média de 25,9°C e pluviosidade média anual de 1.225mm. Para as análises utilizou-se o modelo Box e Jenkins com os dados coletados da estação automática A304, do Instituto Nacional de Meteorologia. A análise realizada mostrou um aumento na temperatura média compensada de 0,1°C, sendo a máxima observada ao longo dos 30 anos de 29,5°C e a mínima de 23,2°C, com o trimestre mais quente ocorrendo em jan/fev/mar e o trimestre com menores temperaturas em jun/jul/ago. Sobre a precipitação, quadrimestre mais chuvoso foi o de abr/mai/jun/jul e o mais seco ocorrendo em nov/dez/jan/fev, com precipitação anual média de 1.646,9, onde também observou-se um aumento de precipitação após 1995.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima; Temperatura; Precipitação;;

## **Análise de Ondeletas do Episódio de Chuva Extrema no Rio Grande do Sul Entre Abril e Maio de 2024**

**Luiz Felipe Gozzo<sup>1</sup>; Luis Fernando Sormani<sup>2</sup>; Pedro Lucas Oliveira Pinto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa - Bauru/SP - CEP 17033-360; <sup>2</sup>Discente. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa - Bauru/SP - CEP 17033-360

### **RESUMO**

Entre o final de abril e o começo de maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul (RS) teve a maior catástrofe climática de sua história, com uma sequência de dias de chuva volumosa e persistente. O objetivo deste trabalho é descrever como fenômenos atmosféricos de diferentes escalas espaciais e temporais podem ter contribuído para produzir o evento extremo observado. A análise sinótica, de mais alta frequência, mostrou que o período foi marcado por uma frente fria sobre o RS, que permaneceu semi-estacionária por muitos dias devido à intensificação do jato subtropical de altos níveis, mantendo o movimento ascendente na região. Na escala dos fenômenos de baixa frequência, estava se encerrando um evento positivo de El Niño Oscilação Sul (ENOS), condição que intensifica o jato de baixos níveis da América do Sul. Porém, a análise de ondeletas da série temporal de precipitação da cidade de Santa Maria (RS), de 2021 a 2024, mostrou que outros fenômenos também contribuíram para a ocorrência da chuva extrema. Destacaram-se três oscilações, com períodos de aproximadamente 32, 190 e 1000 dias. A primeira delas corresponde à escala intrassazonal, com a Oscilação de Madden-Julian entre as fases 3 e 4 no período. A terceira oscilação corresponde ao Dipolo do Índico. A média mensal de anomalia de linhas de corrente e atividade de fluxo de onda em 200 hPa indicaram a existência de um trem de ondas de Rossby propagando-se desde o setor oeste do Oceano Índico até a América do Sul, confirmando a influência do Dipolo. Portanto, este episódio extremo no RS foi resultado da interferência construtiva de várias oscilações em diferentes escalas de tempo: frente fria, oscilação de Madden-Julian, oscilação semi-anual, Dipolo do Índico e ENSO. Este trabalho terá continuidade com a análise mais detalhada do papel da oscilação semi-anual e da verificação da possível influência de fenômenos de frequência ainda mais baixa (como as oscilações oceânicas multidecadais) no episódio de chuva extrema.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise de ondeletas; precipitação; evento extremo; Rio Grande do Sul;

# Caracterização espacial do conforto térmico humano em período noturno no município de Itajubá/MG utilizando o THI

**Rafael Rodrigues Ferreira** <sup>1</sup>; **Aline Pascoalino** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Geografia. Universidade Estadual de Campinas. Cidade Universitária 'Zeferino Vaz';<sup>2</sup>Docente. Universidade Estadual de Campinas. Cidade Universitária 'Zeferino Vaz

## RESUMO

As diferentes paisagens que compõem uma cidade definem interações específicas com a camada-limite urbana, promovendo variações na temperatura do ar ao longo do ambiente citadino. Por conseguinte, a despeito da influência de um sistema meteorológico comum, sensações térmicas distintas podem coexistir em um mesmo espaço urbano. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi caracterizar espacialmente o conforto térmico humano no município de Itajubá/MG. Para tanto, realizaram-se transectos móveis que, no horário das 21 horas, mensuraram dados de temperatura e umidade relativa do ar em 32 e 48 pontos dispostos pelo município durante 23 a 26/07/2022 e 26 a 29/12/2023, respectivamente. Na sequência, calculou-se o Índice de Temperatura e Umidade (THI) derivado da equação de Thom (1959) para mensurar a sensação térmica em cada ponto, a partir das quais se obteve a frequência das classes do índice conforme as seis tipologias de características de superfície na cidade e se produziu cartas de isolinhas de conforto térmico. No inverno, as condições anticiclônicas intensificaram as diferenças térmicas entre as áreas urbana e rural. A tipologia 1 associada aos bairros rurais obteve 75% dos registros como "leve desconforto ao frio", ao passo que o "desconforto ao frio" se restringiu a 25%. Nos bairros periurbanos, o leve desconforto englobou 90% dos registros e, entre os dias 24, 25 e 26, a área central alcançou o "limite inferior da zona de conforto". No verão, a instabilidade atmosférica tendeu a homogeneizar a sensação térmica pela cidade. O "limite inferior da zona de conforto" predominou na tipologia 1 (85%), enquanto que o "centro da zona de conforto" foi verificado entre 50% a 70% dos registros nas tipologias da área urbana, com exceção dos bairros a oeste onde se atingiu o "limite superior da zona de conforto". Com isso, mapeou-se a dinâmica heterogênea da sensação térmica ao longo de Itajubá, de modo a identificar áreas potencialmente suscetíveis ao desconforto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensação térmica; Desconforto térmico; Ilhas de calor; Clima urbano; Itajubá

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da pesquisa no âmbito do processo 2023/06816-4, ao Centro de Previsão e Estudos de Tempo e Clima de Minas Gerais (CEPreMG) pelo acesso à estação meteorológica para a calibragem dos termo-higrômetros e à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) por disponibilizar um local adequado para o posicionamento do ponto fixo de mensuração para o controle das coletas itinerantes.

# RELAÇÃO ENTRE AS ANOMALIAS DE TEMPERATURA EM SUPERFÍCIE NAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL E ANOMALIAS DE TEMPERATURA NA ESTRATOSFERA DO HEMISFÉRIO SUL

**Pietra Santos de Sá Lisboa<sup>1</sup>; Luiz Felipe Gozzo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Discente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 2085 - Nucleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP - Brasil;<sup>2</sup>Docente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 2085 - Nucleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP - Brasil

## RESUMO

As regiões Sul e Sudeste do Brasil são as mais impactadas pela atuação de frentes frias. Como a formação e o deslocamento destes sistemas podem ser influenciados por fenômenos que ocorrem entre a troposfera e a estratosfera, como o Modo Anular Sul e os vórtices polares troposférico e estratosférico, a análise das variações de temperatura na estratosfera pode ser relevante para a previsão de variáveis climáticas sobre tais áreas. O presente trabalho estuda uma relação entre as anomalias de temperatura da estratosfera no Hemisfério Sul e da superfície, no Sul e Sudeste do Brasil. A partir de dados mensais de temperatura a 2m da superfície e em 30 hPa entre os anos de 1981 e 2023, da reanálise ERA5, foi calculada a climatologia média mensal sobre as áreas das regiões Sul (33.5°S-25.4°S e 58.0°W -48.0°W) e Sudeste (25.2°S-14.0°S e 53.2°W-39.2°W), separadamente, e calculadas suas anomalias mensais padronizadas, em relação ao período climatológico 1981-2023. Foi calculada a anomalia de temperatura em 30 hPa como média na área sobre todo o Hemisfério Sul, em relação à climatologia do mesmo período. A partir das séries temporais das anomalias para os dois níveis da atmosfera, foi calculada a correlação linear de Pearson entre as duas séries para cada região. Para a região Sul, foi obtido o coeficiente de correlação de -0,11, já para o Sudeste, o coeficiente foi de -0,31. Os valores negativos indicam que anomalias quentes na estratosfera causam temperaturas mais baixas que a média em superfície nas regiões estudadas. Esse resultado é fisicamente condizente com o enfraquecimento do vórtice polar e deslocamento de sistemas frontais frios para latitudes mais baixas durante períodos de aquecimento estratosférico. A maior magnitude do coeficiente de correlação para o Sudeste indica que as variações estratosféricas são uma força mais importante para o deslocamento e intensidade das frentes frias nesta região do que no Sul, onde esta influência é secundária.

**PALAVRAS-CHAVE:** vórtice polar estratosférico; modo anular sul; correlação;;

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) a este trabalho, pelo processo nº 2023/15693-3.

## **IMPACTOS NA AGRICULTURA BRASILEIRA CAUSADOS POR EL NIÑO E LA NIÑA**

**Gabriel Santos Costa**<sup>1</sup>; **Denise Bartok de Almeida**<sup>1</sup>; **Renan Onassis da Silva Lopes**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Técnico. FATEC JUNDIAÍ DEPUTADO ARY FOSSEN. Av. União dos Ferroviários, 1760 - Centro, Jundiaí - SP, 13201-160

### **RESUMO**

O evento El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala caracterizado por anomalias no padrão de temperatura da superfície do Oceano Pacífico Tropical, que ocasiona drásticas alterações climáticas impactando a agricultura. Foi utilizada a metodologia analítica de pesquisa com o propósito de estabelecer uma revisão bibliográfica baseada em dados coletados em artigos, sites da internet, livros e dados de estações meteorológicas. O objetivo é a compreensão do fenômeno em escala global, buscando retratar sua formação, características gerais, permitindo sua compreensão dentro do território brasileiro e seus impactos gerados na agricultura do país, além disso, citar de forma bem sucinta o La Niña e sua participação, com o intuito de compreender as causas e influências do ENOS na agricultura. Destacando os impactos negativos através da perda de milhões de toneladas de soja e outras culturas das principais safras brasileiras conforme a National Geographic Brasil, indicando a ligação existente entre o ENOS, a fragilização desses cultivos e a economia brasileira, reconhecendo que grande parte do PIB nacional que prove da exportação dessas culturas. Por meio dos resultados obtidos percebe-se que o Brasil não possui uma infraestrutura adequadamente preparada para as implicações proporcionadas pelo fenômeno.

**PALAVRAS-CHAVE:** ENOS; Agricultura; Alterações Climáticas;;

# AQUECIMENTO DAS ÁGUAS OCEÂNICAS: EFEITOS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E NAS OCORRÊNCIAS DE CHUVAS

**Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão**<sup>3</sup>; **Gertrudes Macario de Oliveira**<sup>2</sup>; **Emerson Damasceno de Oliveira**<sup>1</sup>; **Manoel Gregório Caetano de Lima Pinto**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servidor. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Avenida Antônio Carlos Magalhães, Nº 510, Santo Antônio Juazeiro BA Brasil ;<sup>2</sup>Docente. Universidade do Estado da Bahia. Av. Edgar Chastinet Guimarães S/N, Juazeiro, BA, 48905-680 - 6,0 km;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Endereço: Av. Antônio C. Magalhães, 510, Country Club, Juazeiro - BA, CEP: 48902-300

## RESUMO

O presente trabalho objetiva demonstrar que as fortes chuvas que ocorreram recentemente, também já ocorreram muitas vezes no passado, resultam do aquecimento das águas oceânicas mais acentuado do que em condição de normalidade. O aquecimento das águas oceânicas pode ocorrer por duas situações: maior incidência de radiação solar a superfície da Terra, em função do aumento de atividade solar, bem como por erupções vulcânicas que ocorrem no fundo dos oceanos. Uma vez aquecidas, essas águas são levadas para várias partes nos oceanos pelas correntes marítimas, proporcionando acentuada evaporação em muitas áreas e conseqüentemente disponibiliza bastante vapor na atmosfera, aumentando a umidade do ar. Para completar o processo de preparação das chuvas a circulação atmosférica, que são os fenômenos responsáveis pelas variações e as mudanças climáticas que o nosso planeta vem vivenciando há milhões de anos. Para a realização deste trabalho, tomou-se como base as observações meteorológicas e oceanográficas existentes. Portanto, o fenômeno responsável pelas ocorrências de chuvas fortes, não é o aumento da concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera. Estes gases nas concentrações atuais, não são capazes de aquecer as águas oceânicas, a ponto de desencadear um processo acentuado de evaporação das águas nos oceânicos. Portanto, as variações/mudanças climáticas ocorrem. Estes são os verdadeiros responsáveis pela evaporação que proporciona a transferência de vapor d'água e aumenta a umidade do ar na atmosfera, a matéria prima das fábricas de chuvas, que são as nuvens.

**PALAVRAS-CHAVE:** temperatura; evaporação; correntes marítimas; circulação atmosférica;

## INTRODUÇÃO

Não dúvida de que nós seres humanos estamos deliberadamente agredindo nosso planeta e isso ocorre de várias formas: derrubando e queimando a vegetação nativa, poluindo e lançando gases nocivos na atmosfera, degradando e salinizando os solos, contaminando as águas etc. No entanto, em relação as questões associadas a meteorologia, ao tempo e ao clima, principalmente no tocante as manifestadas climáticas como fortes tempestades, associadas a altos índices pluviométricos, como os que têm sido registrados no Brasil e em diversas outras partes mundo, desde o ano passado (2023), não resultaram das maléficas ações antrópicas. Pois, para que tais processos climáticos ocorram é necessária uma quantidade imensurável de energia, que o dióxido de carbono e o metano com as concentrações atuais, não têm como gerar. Portanto, tais manifestações climáticas não podem ser atribuídas a concentração de gases na atmosfera. Eles não são capazes de gerar energia suficiente para aquecer de forma acentuada as águas oceânicas e conseqüentemente impulsionar o processo acentuado de evaporação em larga escala, o fenômeno responsável por lançar na atmosfera imensas quantidades de vapor d'água, proporcionando aumento expressivo da umidade do ar, o combustível necessário para a formação de nuvens!

Quando o processo evaporativo é forte, ocorre formação acentuada de nuvens bem desenvolvidas e carregas, como o gênero de nuvem "cumulonimbus", as maiores fábricas de chuvas que existem. São essas as nuvens responsáveis por ocorrências de chuvas torrenciais fortes e expressivas e duradouras tempestades. Isso ocorre sempre que as águas oceânicas estão mais aquecidas do que o normal,

culminando com a formação mais expressiva de nuvens. Por outro lado, quando as águas oceânicas ficam mais frias do que o normal, a evaporação é significativamente menor, pouco vapor d'água é lançado na atmosfera, logo a formação de nuvens carregadas torna-se bastante reduzida, as chuvas são escassas, conseqüentemente baixos índices de chuva e secas são registradas em muitas regiões da Terra. Um exemplo dessa situação, ocorreu na década de 1951 a 1960. Devido ao resfriamento das águas superficiais no oceano Atlântico Sul, entre a costa do Nordeste e a África a região durante este período, pouca evaporação ocorreu nesta região, houve pouca formação de nuvens de chuva. Em função disso, a região semiárida do Nordeste experimentou o maior período de estiagem em todo o século passado. Essa ocorrência longa de anos de estiagem e de poucas chuvas trouxe muito sofrimento para a população, dizimou os rebanhos e arrasou a economia do Nordeste!

É importante esclarecer que o efeito estufa não é algo ruim, pelo contrário, ele é essencial para o clima da Terra. Se o efeito estufa não existisse nosso planeta seria bastante frio, sua temperatura média seria cerca de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Certamente, não estaríamos aqui e nem haveria na Terra a explosão extraordinária de seres vivos que conhecemos. No contexto do efeito estufa, não é  $\text{CO}_2$  o constituinte atmosférico mais importante é o vapor d'água, ele sozinho é responsável por aumentar a temperatura média da Terra em cerca de  $21^{\circ}\text{C}$  do total de  $33^{\circ}\text{C}$  do efeito estufa. Um exemplo bem prático da ação do efeito estufa em decorrência do aumento da concentração do vapor d'água na atmosfera, pode ser percebido antes das ocorrências de chuvas. Isso é mais perceptível, principalmente durante as estações mais quentes: primavera e verão. Ou seja, devido ao aumento da umidade do ar na atmosfera, durante o processo de preparação das condições do tempo, que precede as ocorrências de chuvas antes da formação de nuvens, geralmente ocorre uma sensação mais acentuada de calor e gera desconforto térmico. Com base nesta experiência, algumas pessoas mais idosas fazem até previsão de tempo, afirmando o tempo está abafado, vai chover! Em tais condições de umidade do ar elevada nós suamos mais do que nos dias em que a umidade do ar é baixa. Isso ocorre porque nós transpiramos, mas devido a umidade do ar está elevada, o suor acumulado na nossa pele, ao contrário do que ocorre nos dias secos, dias de umidade do ar baixa, demora muito mais tempo para evaporar, então o nosso corpo não perde calor. Cada grama de água que evapora do nosso corpo, ou de uma superfície líquida ou úmida leva cerca de 580 calorias. Portanto, se o suor não evapora, esse calor fica armazenado no nosso corpo, então sente-se uma sensação de calor bem maior! Esse fenômeno também pode ser observado em locais mais úmidos como nas regiões amazônicas e litorâneas. Quem já esteve na região amazônica ou lá for, poderá comprovar isso.

Gostaria de chamar a atenção sobre o fato de que nem tudo que aparece na mídia, que frequentemente é chamado de mudança climática e, é atribuído a ações antrópicas é de fato mudança climática! Mudanças climáticas resultam de alterações estruturais ambientais definitivas. Já manifestações ou variações climáticas como as que estão ocorrendo agora ou as que ocorreram em anos recentes, também já ocorreram muitas vezes em épocas passadas, quando ainda não se falava em ações antrópicas!

Diante do exposto, posso afirmar com propriedade e segurança, que o fator natural fundamental, decisivo e preponderante que proporciona as ocorrências de chuvas acentuadas, não são as ações antrópicas! O fenômeno natural causador do aquecimento das águas oceânicas, ocorre através de dois processos naturais: maior incidência de radiação solar à superfície terrestre, quando o Sol aumenta de atividade e emite mais radiação em direção a Terra e/ou as erupções vulcânicas que ocorrem no fundo dos oceanos. É importante lembrar que os oceanos têm um papel preponderante para o clima do nosso planeta, eles ocupam cerca de 71% da superfície do Planeta!

Portanto, sempre que uma quantidade maior de energia solar atinge a superfície da Terra, ocorre maior aquecimento das águas oceânicas! Aliás, o Sol não é tão bem-comportado como se imagina, ele tem vários ciclos, logo, ora aumenta ora diminui de atividade. Devido a isso, em determinados períodos, ele emite mais radiação. Logo, se a Terra estiver na direção deste fluxo solar, uma maior quantidade de radiação solar chega na Terra, e ao incidir sobre os oceanos faz com que as águas

superficiais se aqueçam bem mais do que numa situação de normalidade. Diante do exposto, o este trabalho objetiva demonstrar que as ocorrências de chuvas fortes que ocorreram recentemente, no Rio Grandes do Sul e em outras regiões do Brasil e do mundo, também já ocorreram muitas vezes no passado.

## **OBJETIVOS**

O presente trabalho objetiva demonstrar que as ocorrências de chuvas fortes que ocorreram recentemente, no Rio Grandes do Sul e em outras regiões do Brasil e do mundo, também já ocorreram muitas vezes no passado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho tomou como base observações meteorológicas e oceanográficas para demonstrar que o aquecimento das águas oceânicas, associado as correntes marítimas e a circulação atmosférica são os fenômenos responsáveis pelas variações e as mudanças climáticas que o nosso planeta vem vivenciando há milhões de anos.

As correntes marítimas ao se deslocarem pelos oceanos levam para várias regiões do planeta águas quentes e frias, proporcionando alterações climáticas por várias regiões. As correntes Brasil e Equatorial Sul quando trazem águas aquecidas para a costa do Nordeste, proporcionam forte evaporação das águas no Atlântico Sul, aumentando a umidade do ar. Com isso, acentuada formação de nuvens ocorre sobre o Atlântico Sul e parte dessas nuvens é transportada pela Zona de Convergência Inter tropical, (ZCIT) para o Semiárido nordestino culminando com boas chuvas. No entanto, quando as águas no Atlântico Sul estão frias, as chuvas no semiárido nordestino são escassas! A situação é a mesma quando essas águas são aquecidas pelos vulcões no fundo dos oceanos, elas são levadas pelas correntes marinhas e espalhadas por muitos locais nos oceanos, então maior evaporação vai ocorrer nestes locais. No contexto das correntes marítimas a "Circulação Termohalina" tem um papel essencial no clima da Terra, ela faz um trajeto de cerca de 100.000 km em cerca de 1000 anos.

Outro fator importante para o clima da Terra é a circulação geral da atmosfera, responsável pelo deslocamento das massas de ar úmido resultantes da maior evaporação citada. A umidade do ar mais elevada proporciona maior formação e desenvolvimento de nuvens carregadas, potencialmente capazes de gerar chuvas fortes e tempestades, como o gênero de nuvem cumulonimbus, que pode atingir espessura vertical entre a base ao topo de até 8 km.

Na Figura 1, pode ser observado algumas áreas na superfície do Sol denominadas de manchas solares, as quais emitem maior quantidade de radiação. Já a Figura 2 mostra em gráfico a variação da emissão de radiação solar (variação da constante solar), enquanto na Figura 3 é mostrado o número de manchas solares registrado nos últimos 400 anos.

Por outro lado, também na própria Terra existe outra fonte muito importante de energia, que muito pouco se ouve falar sobre eles, são os vulcões que existem dentro dos oceanos e que também gera aquecimento das águas oceânicas! É importante ainda ressaltar que, quando estes dois fenômenos ocorrem simultaneamente, as ocorrências de chuvas são ainda mais acentuadas em muitas regiões da Terra.

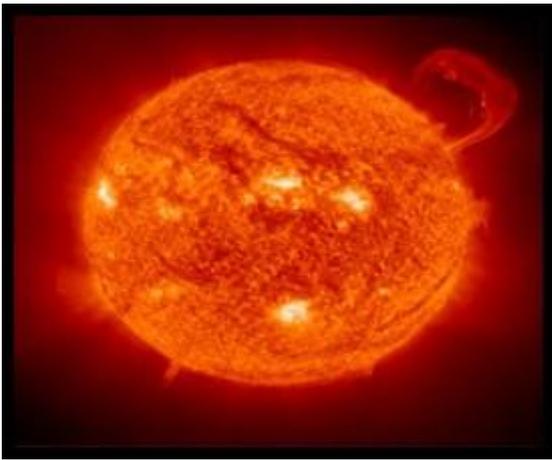


Figura 1 - Manchas solares.

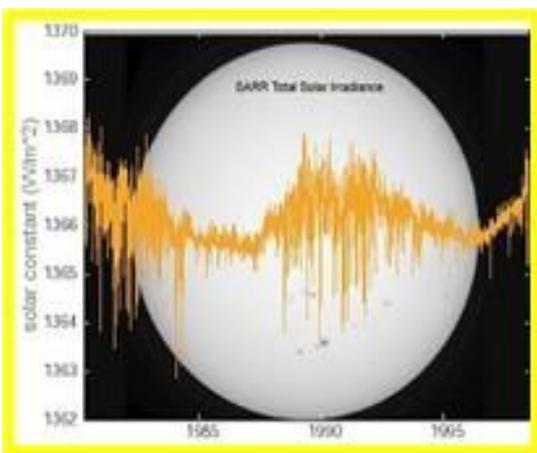


Figura 2 -Variação da constante solar.

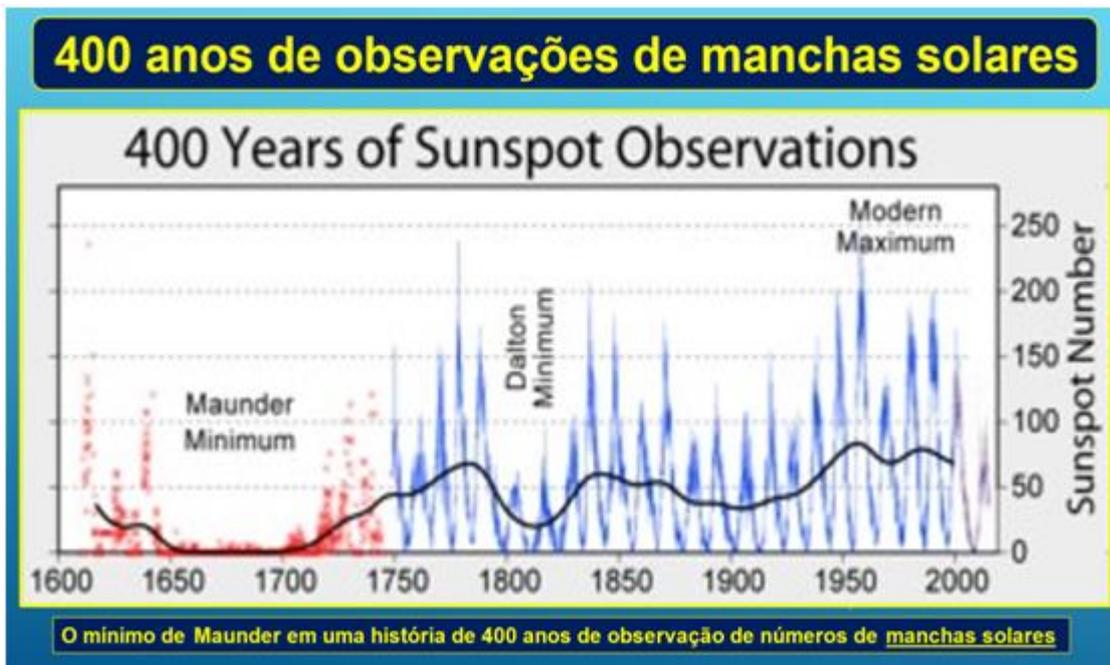


Figura 3. Variação do número de manchas solares nos últimos 400 anos.

O Anel de Fogo no Oceano Pacífico, conforme pode ser observado na figura 4 é uma área de grande instabilidade geológica, que abrange o Oeste das Américas, Leste da Ásia e Leste da Oceania. Esse anel tem o formato de uma ferradura e uma extensão de 40 mil km, é basicamente constituído por cordilheiras/cadeias de montanhas, fossas oceânicas e arcos de ilhas vulcânicas. Essa figura também mostra a área de abrangência do Anel de Fogo no Oceano.



Figura 4. O Anel de Fogo no Oceano Pacífico.

Como já foi mencionado anteriormente, o aquecimento das águas oceânicas, também pode ser gerado por vulcões no fundo dos oceanos, quando entram em erupções, os quais representam cerca de 80% dos vulcões ativos existentes na Terra. A ação de vulcões no Pacífico, altera a temperatura e gera inclusive a formação dos eventos El Niño, ao aquecer as águas mais profundas, as quais sobem para a superfície. Nas Figuras 5 e 6, são mostrados alguns dos vulcões em atividade no oceano Pacífico.



Figura 5. Vulcões em atividade no oceano Pacífico.

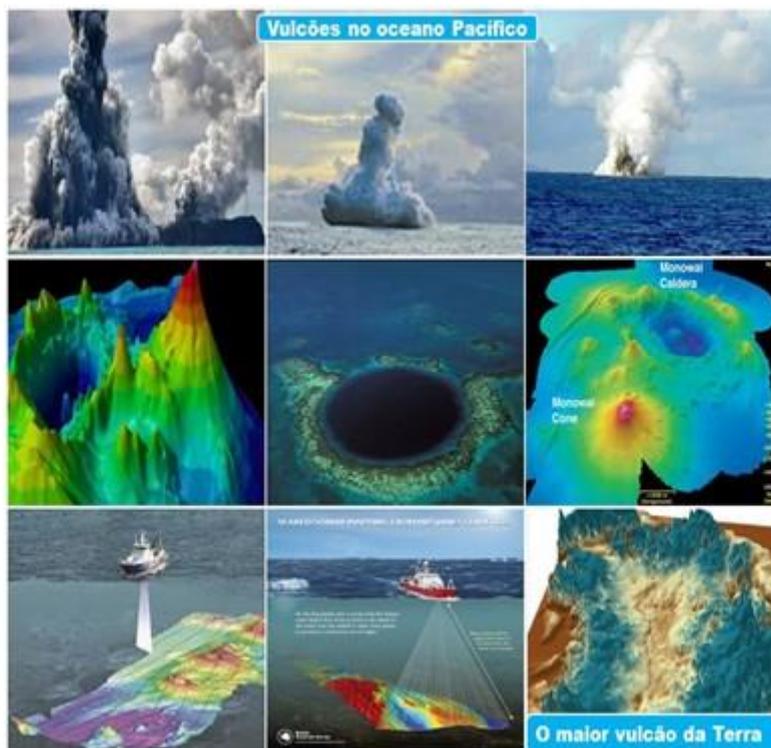


Figura 6. Vulcões em atividade no oceano Pacífico

Uma vez aquecidas, seja pela incidência da radiação solar ou pelos vulcões ativos no fundo dos oceanos, as águas oceânicas são espalhadas pelas correntes marinhas pelos oceanos e mares. A principal e mais famosa corrente marinha é a "Circulação Termohalina" uma corrente marítima muito abrangente e essencial para o clima da Terra. Ela percorre cerca de 100.000 km e demora 1000 anos para completar sua trajetória. As correntes marinhas ao se deslocarem nos oceanos levam águas quentes e frias, para várias regiões da Terra. Portanto, essas correntes exercem um papel muito importante, proporcionando alterações climáticas por várias regiões do globo. As correntes do Brasil e Equatorial Sul aquecidas são essenciais para proporcionar ocorrências de boas chuvas no Nordeste. Portanto, nos anos que as águas superficiais no oceano Atlântico Sul estão mais aquecidas, mais chuvas ocorrem no semiárido nordestino. Por outro lado, quando a situação é oposta, as águas superficiais no oceano Atlântico Sul estão mais frias do que o normal, as chuvas no semiárido nordestino são escassas! Uma vez aquecidas pelos vulcões, essas águas quentes tornam-se mais leves, sobem para a superfície e daí são levadas pelas correntes marinhas e espalhadas para as mais distintas regiões dos oceanos, fazendo com que haja maior evaporação em extensas áreas. Esse processo evaporativo, gera aumento da umidade do ar na atmosfera, proporcionando uma formação mais acentuada e um maior desenvolvimento de nuvens mais carregadas, potencialmente capazes de gerar chuvas fortes e grandes tempestades! Na Figura 6 pode ser observado as trajetórias da circulação Termohalina e na Figura 8 a distribuição das correntes marinhas por todos os oceanos. (ROHMSTORD, S., 2002).

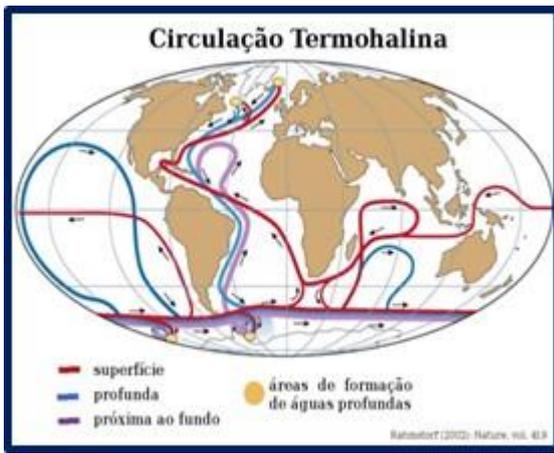


Figura 7. Circulação Termohalina. Figura 8. Correntes marinhas.

Outro fenômeno muito importante para o clima da Terra é a circulação atmosférica, que transporta as massas de ar úmido reinantes resultantes da evaporação nos oceanos. Essas massas de ar úmido ao serem conduzidas pelas correntes aéreas (ventos) para diferentes regiões sobre os oceanos e os continentes, proporcionando uma formação muito mais acentuada de nuvens carregas, dentre as quais destacam-se os cumulonimbus, gênero de nuvem que têm um desenvolvimento vertical muito forte, chegando a atingir em algumas situações, altura entre a base e o topo de até 8 km. Na Figura 9 é mostrado a movimentação do ar atmosférico do equador para os polos e vice-versa e os ventos próximo da superfície terrestre.

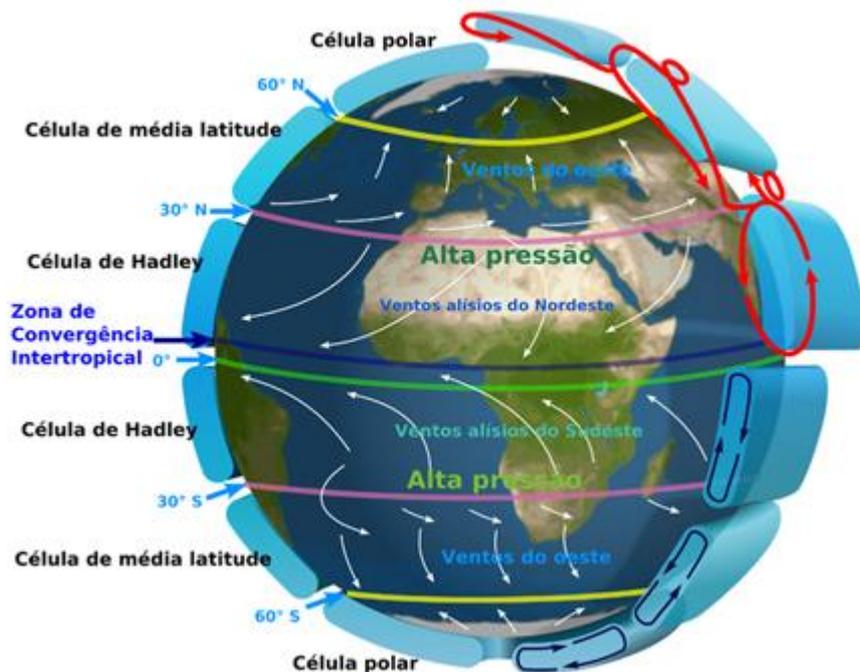


Figura 9. A circulação geral da atmosfera.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que as ocorrências de chuvas fortes registradas desde o ano passado no Rio Grande do Sul e em outras partes do Brasil e do mundo, não é algo inédito ou incomum, já ocorreram no Rio Grande do Sul em 1924 e 1941, e em muitos locais do Nordeste nos anos de 1924, 1947, 1964, 1974, 1984, 1985 e 2004. Inclusive, em 1924, chuvas fortes atingiram vários estados do Nordeste e Maceió foi bastante afetada. Em relação ao Nordeste, essa situação ocorrida em 1924 se repetiu 80 anos depois em 2004, quando chuvas muito fortes causaram grande destruição na região e pela primeira vez no Brasil foi registrado um Furação, o Catarina, atingindo Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No ano de 1924, as chuvas fortes atingiram duramente vários estados do Nordeste e a cidade de Maceió foi bastante afetada.

Exemplos algumas mudanças climáticas importantes que veem ocorrendo há milhões de anos após a divisão do supercontinente Pangeia em dois grandes continentes Gondwana e Laurásia:

1. O famoso deserto do Saara, já foi no passado uma área exuberante, hoje é o maior deserto da Terra;
2. Entre 900 e 1200 AC, no Oriente Médio houve uma seca muito longa que durou cerca de 300 anos (Documentário National Geografic);
3. Segundo a Bíblia, durante o dilúvio que ocorreu a cerca de 7.500 anos atrás, como consequência do degelo das calotas polares do último período glacial (há cerca de 12 mil anos). Fisicamente, para causar o derretimento do gelo nos oceanos e gerar tanta chuva por quarenta dias e quarenta noites, como relata o livro sagrado. Deus fez primeiro com que os oceanos se aquecessem bastante, gerassem grande evaporação, colocassem muito vapor d'água na atmosfera, o que provocou um gigantesco aumento da umidade do ar, para formar e abastecer continuamente nuvens muito carregadas, e assim produzir chuvas torrenciais durante quarenta dias e quarenta noites;
4. Há cerca de 1000 anos, no século 10, devido a um aquecimento ocorrido no hemisfério Norte (período-quente-medieval), muitas pessoas se mudaram para regiões mais próximas do círculo polar ártico. Então, durante alguns anos, em função das temperaturas mais elevadas e adequadas, foi

possível cultivar uva na Groelândia, o que não ocorre hoje, devido as temperaturas serem baixas e inadequadas ao cultivo de uva;

5. Há 245 milhões de anos a terra teve um aquecimento bastante expressivo de 10 °C (Documentário National Geographic);

6. Há cerca de 17.000 anos, o nível médio do mar era cerca de 100 metros mais baixo do que é hoje. Isso ocorreu exatamente devido as mudanças climáticas naturais, ou seja, sem nenhuma influência do homem; e

7. O maior exemplo das variações/mudanças climáticas que veem ocorrendo a bastante tempo na Terra é a situação experimentada pelo *lago Chade*, conforme se alternaram os períodos úmidos e secos ao longo dos últimos 50 mil anos. Ou seja, esse tradicional lago na Africa, nos últimos 50.000 anos, se expandiu e se retraiu várias vezes. Porém, a partir de 4.000 AC até hoje, na medida em que as áreas desérticas se ampliaram, a redução das águas do referido lago passou a ser mais rápida. Portanto, o lago Chade na África já foi vinte vezes maior do que é hoje!

## CONCLUSÃO

Diante de tudo que foi exposto, fica bem claro que as variações ou manifestações climáticas que estão acontecendo na atualidade e as que aconteceram algumas vezes ao longo de nossas curtas vidas, também já aconteceram muitas vezes no passado. Aliás, esses fenômenos sempre ocorrem quando as águas oceânicas estão aquecidas acima do normal, seja por maior incidência de radiação solar e/ou aumento de atividade vulcânica no fundo dos oceanos. Portanto, antes de se chegar a qualquer conclusão sobre uma mudança climática e atribuí-la a ações antrópicas é preciso considerar, além do que aqui foi explicado, que a Terra já existe há cerca de 4,6 bilhões de anos e que ao longo desse tempo, experimentou muitas mudanças, alterações e variações climáticas.

Diante de tudo que foi exposto, fica bem claro que as variações ou manifestações climáticas que estão acontecendo na atualidade e as que aconteceram algumas vezes ao longo de nossas curtas vidas, também já aconteceram muitas vezes no passado. Aliás, esses fenômenos sempre ocorrem quando as águas oceânicas estão aquecidas acima do normal, seja por maior incidência de radiação solar e/ou aumento de atividade vulcânica no fundo dos oceanos. Portanto, antes de se chegar a qualquer conclusão sobre uma mudança climática e atribuí-la a ações antrópicas é preciso considerar, além do que aqui foi explicado, que a Terra já existe há cerca de 4,6 bilhões de anos e que ao longo desse tempo, experimentou muitas mudanças, alterações e variações climáticas.

## REFERÊNCIAS

MAROTZKE J., 2000. Abrupt climate change and thermohaline circulation: Mechanisms and predictability. *Proceedings National Academy of Sciences* 97 (4): 1347-1350.

ROHMSTORD, S., 2002. Ocean circulation and climate during the past 120,00 years. *Nature*, vol. 419, 209 - 214.

Circulação geral da atmosfera e furacões, tornados e tufões (aula completa) | Ricardo Marcílio.  
<https://youtu.be/po-0ScmG7XU>

[https://cloudatlas.wmo.int/docs/Excerpt%20from%20wmo 49-1\\_final\\_2019\\_en.pdf](https://cloudatlas.wmo.int/docs/Excerpt%20from%20wmo%2049-1_final_2019_en.pdf)

**Scientists Visualize the Sun's Mysteries Using 400 Years of Solar Observations.** News By Doris Elin Urrutia (space.com-astronomy) published December 12, 2018

<https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/1370-1369-sarr-total-solar-irradiance-1368-1367-tsi-w-m2-1366-1366-1364-1363-1362-1980-198-q84797637>

<https://www.enchantedlearning.com/>

<https://www.tempo.com/noticias/ciencia/historico-climatico-o-que-foi-o-periodo-quente-medieval.html>

<https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2023/07/a-terra-acaba-de-bater-um-recorde-de-calor-e-nao-sera-o-ultimo>

<https://bing.com/search?q=aquecimento+na+europa+1000+anos+atr%c3%a1s>

<https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2023/07/a-terra-acaba-de-bater-um-recorde-de-calor-e-nao-sera-o-ultimo>

# O AQUECIMENTO E O DESCONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE URBANO, NÃO RESULTAM DO AQUECIMENTO GLOBAL

**Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão<sup>1</sup>; Gertrudes Macario de Oliveira<sup>2</sup>; Emerson Damasceno de Oliveira<sup>1</sup>; Manoel Gregório Caetano de Lima Pinto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Endereço: Av. Antônio C. Magalhães, 510, Country Club, Juazeiro - BA, CEP: 48902-300; <sup>2</sup>Docente. Universidade do Estado da Bahia. Endereço: Av. Antônio C. Magalhães, 510, Country Club, Juazeiro - BA, CEP: 48902-300

## RESUMO

O presente trabalho objetiva demonstrar que o calor e o desconforto térmico reinantes em ambientes urbanos, não resultam de aquecimento global e sim das alterações que ocorrem nas estruturas físicas das cidades, na medida que elas se expandem. Deste modo, visando proporcionar um melhor entendimento sobre o que de fato ocorre no clima de ambientes urbanos, tentaremos explicar esta situação de uma forma mais detalhada e precisa. Em primeiro lugar gostaríamos de dizer que, muitas pessoas, provavelmente devido à grande frequência de divulgação na mídia, são induzidas a achar que o calor e o desconforto térmico em ambientes urbanos resultam do aquecimento global. Mas, na realidade isso não procede, o aquecimento observado em ambientes urbanos, gerador de desconforto térmico, não está associado ao aquecimento global. Ele resulta dos efeitos gerados nos vários microclimas existentes nos ambientes urbanos, na medida que as cidades crescem. Ou seja, está associado diretamente as alterações processadas em suas estruturas físicas: pavimentação asfáltica, pavimentação com paralelepípedo, espelhamento e pintura dos prédios com cores escuras, bloqueio do vento, ruas estreitas, ausência de arborização e de áreas gramadas etc. O clima na área urbana central de uma cidade é bem diferente do clima de sua periferia e, principalmente daquele reinante em sua zona rural. Diante do exposto, serão mostrados aqui, resultados de vários estudos que comprovam, que o ambiente urbano, desde o início da formação da cidade promove alterações no clima, e que principalmente quando a expansão urbana ocorre de forma não planejada e desordenada, isso acarreta mudanças ambientais consideráveis, que alteram de forma mais significativa as condições climáticas, aumentando fortemente as temperaturas da superfície e do ar, gerando assim, "Ilhas de Calor" que tornam o ambiente urbano mais quente e mais seco, conseqüentemente mais severo e desconfortável para os seus habitantes (LEITÃO et al., 2011).

**PALAVRAS-CHAVE:** área urbana; microclima; ilha de calor; desconforto térmico;

## INTRODUÇÃO

O aquecimento e desconforto térmico reinante nas cidades resulta das alterações que ao longo do tempo vão sendo feitas os espaços físicos de suas próprias áreas urbanas, as quais modificam o comportamento das variáveis meteorológicas: albedo, balanço de radiação, balanço de energia, temperatura da superfície, temperatura e umidade relativa do ar, vento, chuva etc. Em função disso, as cidades na medida que crescem, naturalmente passam a ter em suas áreas urbanas diferentes microclimas, os quais são diferentes daqueles de sua própria periferia e principalmente do clima de sua área rural, menos quente, mais úmido e mais arejado. Por outro lado, como nas áreas urbanas as estruturas edificadas e as pavimentações absorvem maiores quantidades de radiação solar, há um maior armazenamento calor. Deste modo, ao contrário do ambiente natural, o ambiente urbano demora muito mais tempo para dissipar o calor armazenado. Com isso, além de ser mais quente durante o período diurno, também faz com que as noites sejam mais quentes na cidade do que no seu entorno periférico e principalmente na zona rural.

Alguns estudos mostram que em ruas pavimentadas com asfalto de cor preta mais acentuada, nos instantes de maior incidência de radiação solar do dia, que geralmente ocorre entre 12 e 14 horas, apresentam principalmente durante a primavera e o verão temperaturas a superfície bastante elevadas, as quais podem alcançar cerca de 70 °C. Logo, uma parte do calor é absorvido e armazenado a

superfície e outra emitida para atmosfera, aquecendo o ar adjacente, gerando desconforto térmico. Essa situação associada ao processo rápido e desordenado e falta de planejamento do crescimento das áreas urbanas, como: ruas estreitas, ruas asfaltadas, ausência de árvores e de áreas gramadas e bloqueio do vento etc., contribuem para agravar o problema do aquecimento urbano. Diante do exposto, o presente trabalho objetiva demonstrar que o calor e o desconforto térmico reinantes em ambientes urbanos, não resultam de aquecimento global e sim das alterações que ocorrem nas estruturas físicas das cidades, na medida que elas se expandem.

Para (LOMBARDO, 1985), o processo de ocupação traz profundas consequências para o ambiente urbano, "Uma metrópole sem planejamento adequado do uso do solo, com ausência de parâmetros adequados de verticalização e ocupação, sobretudo onde ela cresce a uma velocidade rápida e com poucos recursos técnicos, pode colocar em risco a qualidade de vida dos seus habitantes". Afirma (MAITELLI, 1994), que as consequências do efeito urbano sobre o clima são de difícil avaliação. O ideal seria a realização de medidas das características climáticas locais antes da urbanização, para que as alterações climáticas atuais pudessem ser comparadas e explicadas.

Segundo afirmam Bias, Baptista e Lombardo (2003), apesar de Brasília e o Distrito Federal terem sido planejadas, apresentam-se como um quadro resumo da realidade de países em desenvolvimento e o inchaço da mancha urbana como uma das características marcantes. Ou seja, o processo de crescimento desordenado das áreas urbanas no Distrito Federal tem provocado um fenômeno peculiar: as ilhas de calor. Este processo caracteriza-se pelo incremento da temperatura nos centros urbanos em relação às áreas de seu entorno. Isso ocorre devido os materiais empregados na construção civil armazenarem mais calor, as áreas serem mais adensadas e menos arborizadas. Portanto, tendem a apresentar temperaturas mais elevadas, mesmo durante a noite. Estes autores também chama a atenção para o fato de que um dos problemas do Distrito Federal, é a periferação, tendo em vista que, diariamente chega ao Distrito Federal um grande contingente de pessoas atrás dos benefícios da política de assentamentos adotada pelo GDF, o que tem ocasionado o surgimento de diversas cidades nos últimos anos.

Segundo Bezerra (2009), a utilização não planejada do ambiente urbano contribui para uma maior absorção de calor pela superfície e para bloquear a circulação do ar. Como consequência, na medida em que as cidades crescem impactam negativamente no microclima, fazendo com que o ar sobre elas se torne mais quente do que nas áreas circunvizinhas, ou seja, gera aumento de temperatura e origina as ilhas de calor. Conforme Amorim (2005), a modificação dos elementos do clima possui grande repercussão no cotidiano das cidades, em virtude de afetar diretamente seus habitantes, gerando o desconforto térmico e concentração de poluentes. Em pesquisa para avaliar a intensidade de ilha de calor em Birigui/SP, essa autora constatou que no período noturno, houve pico positivo de temperatura na área mais densamente construída da cidade. Lima, Menezes e Brito (2010) observaram que devido ao aumento da temperatura noturna houve diminuição na amplitude térmica anual no interior dos quatro estados do Nordeste Setentrional (Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco). Essa tendência foi corroborada por Bezerra (2009), que também detectou ocorrências de ilhas de calor urbano em Petrolina/PE e Juazeiro/BA, durante o período noturno.

Portanto, diante do que foi falado, parece muito claro que a ocupação do solo por construções de concreto, pavimentação com asfalto e concreto ou utilização da pedra granítica associada à ausência ou redução de áreas verdes (árvores e gramados), são algumas das principais causas das mudanças climáticas observadas em 'urbanos. Assim como ocorre em muitas cidades do Brasil, também nas cidades do semiárido nordestino, onde naturalmente as condições climáticas já são adversas, com elevada incidência de radiação solar e altas temperaturas, as vias públicas das áreas urbanas são geralmente estreitas, não há arborização e em sua grande maioria são pavimentadas com revestimento asfáltico ou paralelepípedo, as condições relativas ao desconforto térmico tornam-se mais grave. Por outro lado, constata-se que de modo geral as pavimentações, edificações e demais estruturas do ambiente urbano na maioria das cidades, parece não terem seguido nenhum planejamento em relação

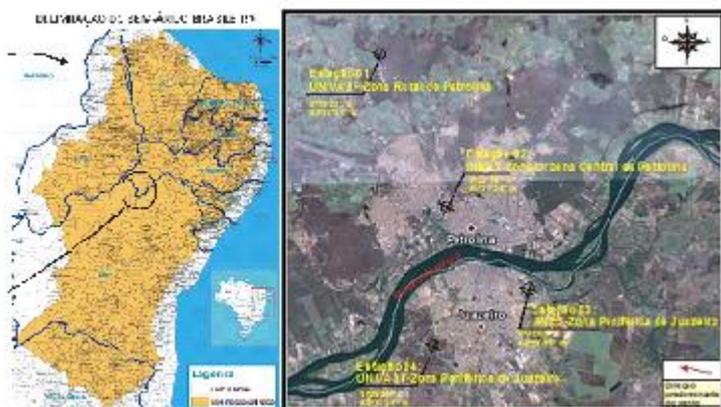
ao bloqueio dos ventos, utilização de materiais adequados, que pudessem reduzir o aquecimento e gerar condições climáticas satisfatórias, visando amenizar o desconforto térmico à população. Por conseguinte, as estruturas urbanas implantadas ou em implantação continuam impactando negativamente no microclima das cidades, especialmente naquelas que crescem sem planejamento e de forma desordenada.

## OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva demonstrar que o calor e o desconforto térmico reinantes em ambientes urbanos, não resultam de aquecimento global e sim das alterações que ocorrem nas estruturas físicas das cidades, na medida que elas se expandem. Ou seja, resultam das alterações que ao longo do tempo vão sendo feitas nos espaços físicos de suas próprias áreas urbanas, as quais modificam o comportamento das variáveis meteorológicas: albedo, balanço de radiação, balanço de energia, temperatura da superfície, temperatura e umidade relativa do ar, vento, chuva etc.

## MATERIAL E MÉTODOS

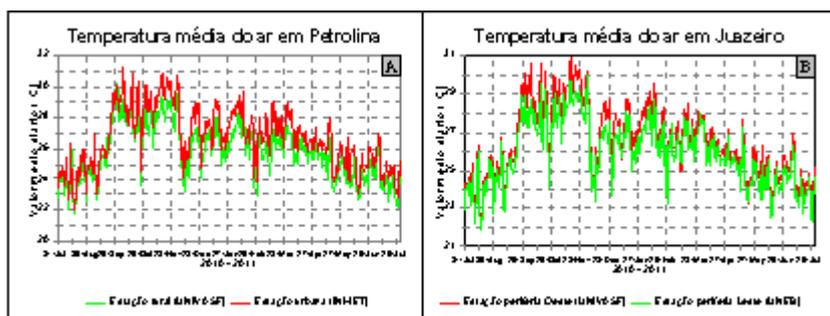
Este trabalho tomou como base alguns estudos sobre clima urbano realizados no Brasil e em especial as cidades de Petrolina em Pernambuco e Juazeiro na Bahia, as quais estão localizadas no Vale do São Francisco, uma das regiões do semiárido nordestino que mais se destaca no processo de crescimento socioeconômico, devido à fruticultura irrigada. Portanto, a ocupação do solo por construções de concreto, a pavimentação com concreto asfáltico, concreto de cimento ou utilização da pedra granítica, associados à redução de áreas verdes no espaço urbano são algumas das principais mudanças. Deste modo, assim como em muitas outras localidades do Brasil, as vias públicas da área urbana dessas cidades são geralmente estreitas, sem arborização e em sua grande maioria pavimentadas utilizando-se revestimento asfáltico ou paralelepípedo. As edificações e demais estruturas construídas no ambiente urbano não tiveram em seu planejamento preocupação com a circulação dos ventos ou com a utilização de materiais construtivos adequados ao clima da região, naturalmente já adverso devido a elevada incidência de radiação, altas temperaturas e índices de umidade do ar baixos. Por conseguinte, as estruturas urbanas implantadas impactam negativamente no microclima dessas cidades, gerando desconforto térmico principalmente durante a primavera e o verão. A Figura 01 mostra a localização geográfica da área da pesquisada e a distribuição das estações estudadas nas cidades de Juazeiro/BA e Petrolina/PE.



**Figura 01.** Localização da área estudada. Adaptado da cartilha "Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro", Ministério da Integração Nacional - 2005.

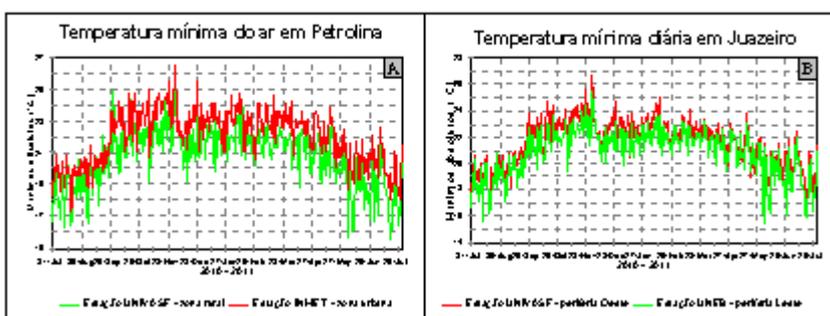
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se as curvas da Figura 02-A, verifica-se que na maioria dos dias do período estudado, a temperatura média diária do ar em Petrolina foi maior na área urbana do que na área rural. Em média para todo período analisado, a temperatura na área urbana foi  $0,9^{\circ}\text{C}$  mais elevada do que na área rural. No entanto, em relação às estações do ano, observou-se que no inverno houve a menor diferença ( $0,6^{\circ}\text{C}$ ), enquanto na primavera ( $1,1^{\circ}\text{C}$ ) foi registrada a maior; no verão e no outono a diferença foi um pouco menor ( $0,9^{\circ}\text{C}$ ). Na Figura 02-B vê-se que na periferia Oeste de Juazeiro (estação da UNIVASF), onde o vento predomina da área urbana, também na maioria dos dias a temperatura média diária foi maior ( $0,6^{\circ}\text{C}$ ) do que na periferia Leste de Juazeiro (estação da UNEB), onde a direção do vento predomina da zona rural. Isso ocorre devido o vento da área rural ser menos aquecido do que o vento que passa sobre a área urbana, o qual se torna mais aquecido.



**Figura 02.** Evolução da temperatura média diária no período de 01/08/2010 a 31/07/2011: (A) zona rural e zona urbana de Petrolina; (B) periferia Leste e periferia Oeste de Juazeiro.

A Figura 03-A mostra que a temperatura mínima diária em Petrolina, também foi maior na área urbana do que na área rural. A diferença média para todo o período analisado foi mais acentuada  $1,2^{\circ}\text{C}$ , porém no outono e no inverno foi um pouco maior  $1,3^{\circ}\text{C}$ . Já na Figura 03-B percebe-se que na maioria dos dias do período estudado, na periferia Oeste da cidade de Juazeiro (estação da UNIVASF), cuja direção predominante do vento vem da área urbana, a temperatura mínima diária foi maior ( $0,7^{\circ}\text{C}$ ) do que na periferia Leste (estação da UNEB), onde a direção predominante do vento vem da zona rural.



**Figura 03.** Evolução da temperatura mínima diária entre 01/08/2010 e 31/07/2011: (A) zona rural e zona urbana de Petrolina; (B) periferia Leste e periferia Oeste de Juazeiro.

A Figura 04-A mostra que a temperatura máxima diária em Petrolina, em comparação com a temperatura média e a temperatura mínima, apresentou para todo o período analisado uma diferença média de apenas  $0,4^{\circ}\text{C}$  entre a área urbana e área rural. A maior diferença foi registrada na primavera ( $0,5^{\circ}\text{C}$ ) e menor no inverno ( $0,2^{\circ}\text{C}$ ). Por outro lado, analisando a Figura 04-B, constata-se que a temperatura máxima diária na periferia Oeste de Juazeiro (estação da UNIVASF), cuja direção predominante do vento vem da área urbana, na maioria dos dias do período estudado não apresentou

diferença em comparação com a periferia Leste (estação da UNEB), onde o vento predomina da zona rural, em média a diferença foi (0,0°C).

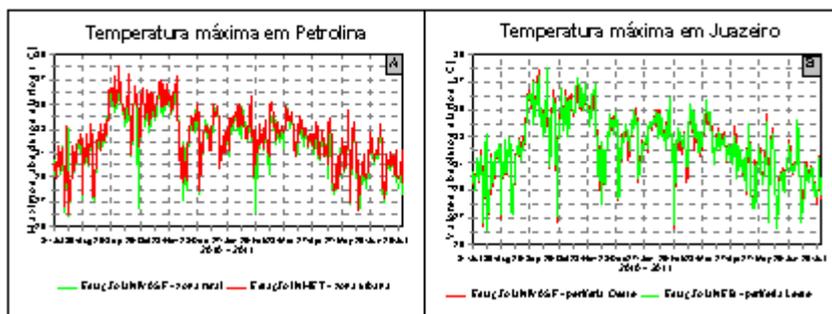


Figura 04. Evolução da temperatura máxima diária entre 01/08/2010 e 31/07/2011: (A) zona rural e zona urbana de Petrolina; (B) periferia Leste e periferia Oeste de Juazeiro.

Podemos ainda relatar que BAPTISTA (2002), usando imagens do satélite LANDSAT TM5, para o período de 1984 e 2001, no Distrito Federal, constatou que neste período houve um aumento médio de 3° C na temperatura do ar. Este mesmo autor, ao estudar os efeitos causados na área da maior invasão ocorrida no Distrito Federal, a da Estrutural, chamou a atenção para a constatação de que em relação a 1984, quando a referida área ainda não era habitada, a temperatura variou de 18 °C para 28 °C. Por outro lado, LEITÃO et al., (2011), ao compararem as condições térmicas observadas em ruas asfaltadas sem arborização e em ruas arborizadas em cidades do semiárido nordestino, observaram diferenças significativas nas temperaturas da superfície e do ar.

## CONCLUSÃO

Diante dos resultados mostrados, fica muito claro que a ocupação do solo por construções de concreto, pavimentação asfáltica, concreto de cimento ou utilização de pedra granítica, associada à ausência ou redução de áreas verdes (árvores e gramados) no espaço urbano, são algumas das principais causas das mudanças climáticas observadas nos ambientes urbanos. Desde modo, assim como ocorre em muitas cidades do Brasil, também nas cidades do semiárido nordestino, onde as condições climáticas naturalmente já são adversas, devido a elevada incidência de radiação solar, altas temperaturas e índices de umidade do ar baixos, as vias públicas das áreas urbanas são geralmente estreitas, não há arborização e em sua grande maioria são pavimentadas com revestimento asfáltico ou paralelepípedo, a situação em relação ao desconforto térmico torna-se mais grave. Deste modo, conclui-se que o aquecimento e o desconforto térmico nos ambientes urbanos, não resultam do aquecimento global e sim da combinação de todos esses fatores aqui mencionados.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. Revista Brasileira de Climatologia, Presidente Prudente, v. 1, n. 1. p. 121-130, 2005.
- BAPTISTA, G. M. M. Estudo Multitemporal do fenômeno Ilhas de Calor no Distrito Federal. Revista Meio Ambiente, n. 2, p. 3-17, 2002.
- BEZERRA, P. T. C. A influência da urbanização no clima das cidades de Petrolina/PE e Juazeiro/BA. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais)- Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2009.

BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M.; LOMBARDO, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1741-1748.

LEITÃO, M.M.V.B.R.; BEZERRA, P.T.C.; OLIVEIRA, G.M.de; MENEZES, H.E.A.; PINTO, M.G.C.L. Expansão urbana e aumento da temperatura do ar nas cidades de Petrolina/PE e Juazeiro/BA. IV Simpósio Internacional de Climatologia. João Pessoa/PB. Anais... João Pessoa/PB, 2011.

LIMA, R. A. F. A.; MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. Diagnóstico de tendência de mudanças na temperatura do ar no nordeste setentrional. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 117-124, 2010.

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucite, 1985. 244 p.

MAITELLI, G. T. Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT. 1994, 284 f. Tese (Doutorado em Geografia)- Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

## **Vento Aracati no Ceará e no Sertão da Paraíba: real e imaginário**

**José Ivaldo Barbosa de Brito <sup>1</sup>; Mileny da Silva Fonseca <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal de Campina Grande. Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900; <sup>2</sup>Bolsista. Universidade Federal de Campina Grande. Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900

### **RESUMO**

No Ceará, ao longo do Rio Jaguaribe e seus principais afluentes, e no Sertão da Paraíba, nos meses mais secos do ano, no final da tarde e início da noite tem-se a chegada de uma brisa um pouco mais intensa, denominada pelos moradores locais de vento Aracati. No presente trabalho é realizado um estudo, como dados horários observados em estações automáticas, para quantificar a penetração continente adentro do vento Aracati, no Ceará, e verificar se no Sertão da Paraíba realmente ocorre um vento tipo Aracati. Para tanto foram utilizados dados de seis estações do Ceará e duas da Paraíba, no período de primeiro de janeiro de 2014 a 31 de dezembro de 2023. Foram realizadas médias horárias mensais e anual da velocidade do vento, e percentuais de frequência horárias mensais e anual da direção do vento. Constatou-se, que no Ceará, ao longo da calha do rio Jaguaribe, o vento Aracati pode atingir até 350 km, a partir da foz. Observou-se que no Sertão da Paraíba, o aumento do vento, no início da noite, não apresenta um escoamento proveniente do mar através da calha do rio Piranhas-Açu, mas uma intensificação dos ventos de leste-sudeste, ou seja, o vento noturno mais intenso naquela região cruza a Serra do Teixeira, que se encontra na parte ocidental do Planalto da Borborema. Ressalta-se, que esta intensificação do vento de leste-sudeste atinge até a região centro-sul do Ceará. Também verificou-se que no médio Jaguaribe o pico das médias da intensidade do vento ocorre por volta das 18 horas local, em Patos, na Paraíba, em torno das 21 horas e Iguatu, no centro-sul do Ceará, as 23h00. Conclui-se que o vento Aracati atinge no máximo 350 km ao longo da calha do rio Jaguaribe e dos seus principais afluentes, a partir da foz, e que o vento mais intenso no início da noite no Sertão da Paraíba não é do tipo Aracati.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rio Jaguaribe; Rio Piranhas-Açu; brisa; Iguatu-CE; Patos-PB

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo fornecimento dos dados de vento horários das estações automáticas do Ceará e Paraíba.

Ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

## **Correlação das Altas Temperaturas com o Número de Internações por Doenças Respiratórias na Cidade de Belém**

**Lanna Agatha Freire Pinheiro** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### **RESUMO**

O aumento das temperaturas globais é um tema amplamente estudado, especialmente devido à sua influência sobre padrões climáticos e à intensificação das ondas de calor. Neste trabalho, o foco está nas consequências das altas temperaturas sobre a saúde respiratória, especificamente em relação às doenças respiratórias conforme classificadas no capítulo 10 da CID-10, como asma e bronquite. Belém, com seu clima equatorial, apresenta temperaturas altas e relativamente constantes ao longo do ano, com variações sazonais que podem afetar a saúde respiratória. O objetivo deste trabalho é correlacionar essas altas temperaturas com o número de internações por doenças respiratórias na cidade de Belém, analisando como as alterações na temperatura podem impactar a saúde. Para a análise, serão utilizados dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e do Datasus. O estudo abrange os anos de 2004 a 2024 devido à ausência de dados anteriores do Datasus. A análise visa identificar a correlação entre as temperaturas e as internações. O estudo revelou uma correlação significativa entre as altas temperaturas e o aumento das internações por doenças respiratórias em Belém. Os dados mostram que, apesar da constância das temperaturas em um clima equatorial, períodos de calor elevado estão associados a mais casos de doenças respiratórias. Isso indica que o estresse térmico e a qualidade do ar comprometida podem afetar a saúde, tornando essencial a realização do estudo para maiores informações sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde respiratória da população na área abrangida pelo estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** CID-10; Temperaturas Altas; Saúde Respiratória; Aumento das Temperaturas; Correlação

### **AGRADECIMENTOS**

queria agradecer ao meu Prof. Dr. Glauber Cirino Guimarães Cirino da Silva por todos os ensinamentos sobre as pesquisas.

## **Previsão da data de início do período chuvoso nas regiões hidrográficas do Ceará a partir de observações e previsões subsazonais**

**Iago Alvarenga e Silva**<sup>1,2</sup>; **Francisco das Chagas Vasconcelos Júnior**<sup>1</sup>; **Denis Harley Feijó Cardoso**<sup>1</sup>; **Gabriela Pinheiro Feitosa**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Av. Rui Barbosa, 1246 - Fortaleza-CE, Brasil.;<sup>2</sup>Aluno. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia. Av. Horácio Macedo, 2030 - Rio de Janeiro-RJ, Brasil

### **RESUMO**

A detecção da data de início do período chuvoso é essencial para o planejamento agrícola e a tomada de decisões no setor de recursos hídricos, especialmente em regiões semiáridas, que sofrem com uma forte variabilidade interanual de precipitação e uma alta vulnerabilidade climática. Contudo, prever essa data com alguns dias de antecedência representa um desafio significativamente maior do que apenas identificá-la após sua ocorrência. Dada a crescente relevância das previsões subsazonais, que fornecem informações meteorológicas detalhadas em uma escala de tempo intermediária, variando de sete a quarenta e cinco dias, o presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho dos modelos CFSv2, GEFSv12, ESRL e BAM1.2, presentes no SubX, na estimativa da data aproximada do início do período chuvoso nas regiões hidrográficas do Ceará. O método utilizado combina a precipitação observada com a prevista pelos modelos. Em cada inicialização dos modelos, os dados observados até a respectiva data foram combinados com as simulações dos modelos até o final do horizonte de previsão. Após essa combinação, foram construídas pântadas (médias de 5 dias) de precipitação. O início do período chuvoso foi definido como um ponto mínimo da curva de anomalia das pântadas que fosse seguido de mais duas pântadas com precipitação crescente. Com base nas observações históricas, as regiões mais litorâneas do estado do Ceará apresentaram início mais tardios do período chuvoso quando comparadas com as regiões mais ao sul, devido ao impacto da Zona de Convergência Intertropical. Nas previsões, os modelos tiveram dificuldade em diferenciar as precipitações do período de pré-estação chuvosa e as do início da estação chuvosa entre novembro e janeiro. Apesar disso, o método aplicado se mostrou eficaz de janeiro a abril, o que indica que, com os devidos aprimoramentos, as previsões sazonais podem ser uma ferramenta útil para o planejamento agrícola e para a gestão dos recursos hídricos no Ceará.

**PALAVRAS-CHAVE:** previsão subsazonal; período chuvoso; semiárido brasileiro;

### **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através do projeto CNPq: 409666/2021-1.

## **Cenários Futuros de Pneumonia para Aracaju-SE via Projeções Climáticas do CMIP5 e CMIP6**

**Arthur Santiago Gomes Marinho**<sup>1</sup>; **Fabício Daniel dos Santos Silva**<sup>2</sup>; **Mario Henrique Guilherme dos Santos Vanderlei**<sup>1</sup>; **Rafaela Lisboa Costa**<sup>2</sup>; **Glauber Lopes Mariano**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Universidade Federal de Alagoas Campus A.C Simões, Instituto de ciências atmosféricas. Av. Lourival Melo Mota, S/n - Tabuleiro do Martins, Maceió - AL;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas Campus A.C Simões, Instituto de ciências atmosféricas. Av. Lourival Melo Mota, S/n - Tabuleiro do Martins, Maceió - AL

### **RESUMO**

A pesquisa examina a relação entre variáveis climáticas e a incidência de pneumonia no Nordeste do Brasil, considerando variáveis como temperatura, precipitação, radiação solar, umidade relativa, velocidade do vento e evapotranspiração. Utilizando modelos de Regressão Linear Múltipla, os resultados indicam uma correlação moderada entre essas variáveis e os casos de pneumonia, destacando a temperatura como um fator significativo. Os dados foram complementados com projeções futuras de cinco modelos climáticos (CMIP5 e CMIP6), que incluem os cenários RCP 4.5 e 8.5 e SSPs 2-4.5 e 5-8.5. A análise sugere que o aumento projetado das temperaturas pode estar associado a uma diminuição nos casos de pneumonia. A análise de Aracaju revela que a relação entre as variáveis meteorológicas e a pneumonia é positiva, com coeficientes de inclinação próximos a 1,00, indicando uma associação proporcional entre o aumento das variáveis e os casos de pneumonia. Coeficientes de interceptação negativos sugerem uma incidência mínima de pneumonia, mesmo com condições meteorológicas menos extremas. A correlação entre as variáveis climáticas e os casos de pneumonia foi moderada ( $r$  variando entre 0,69 e 0,77 e  $R^2$  entre 0,48 e 0,59). As variações entre cenários climáticos podem influenciar as tendências de pneumonia, e os resultados têm implicações para políticas de saúde pública, fornecendo informações sobre o impacto potencial das mudanças climáticas na saúde respiratória. No entanto, é crucial lembrar que a correlação encontrada não prova uma relação de causa e efeito direta. Outros fatores também podem influenciar os casos de pneumonia, e as projeções futuras baseadas em modelos climáticos podem não se concretizar conforme previsto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pneumonia; Doenças Respiratórias; Mudanças Climática;;

### **AGRADECIMENTOS**

Este projeto não teria sido possível sem o apoio e a orientação inestimáveis dos professores Glauber Lopes Mariano, Fabício Daniel dos Santos Silva e Rafaela Lisboa Costa. A dedicação desses docentes à formação acadêmica e ao desenvolvimento intelectual de seus alunos é verdadeiramente inspiradora. Agradeço profundamente pelas discussões enriquecedoras, pelo constante encorajamento e pelas orientações detalhadas que guiaram cada etapa deste trabalho. Suas contribuições foram essenciais para a concretização deste projeto, e seu impacto no meu crescimento acadêmico será sempre lembrado com gratidão.

## **Relação entre variáveis meteorológicas e casos de Asma em Campina Grande-PB**

**Arthur Santiago Gomes Marinho** <sup>1</sup>; **Ana Jessica Silva e Souza** <sup>1</sup>; **Mário Henrique Guilherme dos Santos Vanderlei** <sup>1</sup>; **Fabício Daniel dos Santos Silva** <sup>2</sup>; **Rafaela Lisboa Costa** <sup>2</sup>; **Glauber Lopes Mariano** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Universidade Federal de Alagoas Campus A.C Simões, Instituto de ciências atmosféricas. Av. Lourival Melo Mota, S/n - Tabuleiro do Martins, Maceió - AL;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas Campus A.C Simões, Instituto de ciências atmosféricas. Av. Lourival Melo Mota, S/n - Tabuleiro do Martins, Maceió - AL

### **RESUMO**

A pesquisa investiga a conexão entre variáveis climáticas e a incidência de asma no município de Campina Grande-PB, analisando a relação entre temperatura, precipitação, radiação solar, umidade relativa, velocidade do vento e evapotranspiração com casos notificados do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), em nível mensal, no período de investigação se estende de janeiro de 1998 a dezembro de 2020. A pesquisa foi iniciada com a identificação das correlações mais robustas entre os preditores (variáveis meteorológicas) e preditandos (casos de asma), utilizando uma correlação crítica de 0,30, que significa o limite mínimo de significância baseado no tamanho das séries temporais levando-se em conta o teste t-student. Uma vez confirmadas as correlações, equações baseadas em regressão linear múltipla (RLM) foram formuladas para descrever as relações entre as variáveis. Essa etapa seguiu seis passos, que envolveram a determinação das variáveis, a criação de gráficos de dispersão, a elaboração e execução das equações, e por fim, a interpretação dos resultados. Os valores de correlação "r" e do coeficiente de determinação "R2" indicam o grau de associação entre as variáveis meteorológicas e os casos de asma. Quanto mais próximo de 1 for o valor de "r" e "R2", mais forte é essa ligação. Os valores observados desses parâmetros estatísticos para Campina Grande, por exemplo, variaram mensalmente (haja visto ser construído uma RLM para cada mês do ano) entre 0,76 e 0,84 para "r" e entre 0,58 e 0,71 para "R2". Tais valores indicam uma correlação moderadamente forte entre as variáveis, sugerindo que as condições meteorológicas têm influência nos casos de asma. Para Campina Grande, as variáveis que mais se destacaram nos 22 anos de análise foram a temperaturas máxima, temperatura mínima e velocidade do vento. Esse resultado indica que a temperatura é uma variável particularmente relevante para desencadeamento de casos de asma. As equações de RLM demonstraram quais variáveis meteorológicas exercem maior influência na asma. Essas equações para cada mês do ano, por sua vez, deverão ser úteis para avaliar futuramente a ocorrência dessa doença, incorporando projeções de variáveis climáticas em diferentes cenários.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima; Temperatura; Velocidade do vento; Asma;

### **AGRADECIMENTOS**

Este projeto não teria sido possível sem o apoio e a orientação inestimáveis dos professores Glauber Lopes Mariano, Fabício Daniel dos Santos Silva e Rafaela Lisboa Costa. A dedicação desses docentes à formação acadêmica e ao desenvolvimento intelectual de seus alunos é verdadeiramente inspiradora. Agradeço profundamente pelas discussões enriquecedoras, pelo constante encorajamento e pelas orientações detalhadas que guiaram cada etapa deste trabalho. Suas contribuições foram essenciais para a concretização deste projeto, e seu impacto no meu crescimento acadêmico será sempre lembrado com gratidão.

# **AValiação DAS PREVISões CLIMÁTICAS DECADAIS PARA O NORDESTE BRASILEIRO**

**Gabriela Pinheiro Feitosa<sup>1</sup>; Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins<sup>2</sup>; Francisco das Chagas Vasconcelos Junior<sup>2</sup>; Iago Alvarenga e Silva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudante de doutorado. Universidade Federal do Ceará. Depto. de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici - Bloco 713, Fortaleza - CE, 60400-900; <sup>2</sup>Pesquisador. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Av. Rui Barbosa, 1246 - Aldeota, Fortaleza - CE, 60115-221

## **RESUMO**

O sistema terrestre está em processo de um clima em mudança no qual a vulnerabilidade da sociedade e dos ecossistemas naturais à variabilidade climática tem aumentado significativamente. Isso afeta a segurança alimentar, a disponibilidade de água, a disseminação de pragas e doenças, e agrava eventos extremos como ondas de calor, secas, enchentes, ciclones e incêndios florestais. Também impacta setores como energia, transporte, migração e provoca conflitos em várias regiões do mundo. Até muito recentemente, as únicas fontes de informações climáticas futuras disponíveis eram as previsões sazonais e as projeções climáticas havendo uma lacuna na escala temporal de 1 a 10 anos. Existindo uma necessidade crescente de previsões hábeis do clima com até uma década de antecedência para apoiar decisões operacionais, estratégias de adaptação e mitigação de riscos frente a um clima em mudança. As previsões climáticas decadais, recentemente introduzidas, buscam preencher essa lacuna existente entre essas duas escalas de tempo (ou seja, de um ano a uma década), oferecendo estimativas para mudanças climáticas nos próximos 1 a 10 anos, em um campo emergente na ciência climática. Neste estudo, avaliamos o desempenho das previsões decadais dos modelos individuais do CMIP6-DCPP para médias de 10 anos no Nordeste brasileiro, durante o período de hindcast de 1960 a 2013. Utilizamos o coeficiente de correlação de anomalias (ACC) e a pontuação de habilidade de probabilidade classificada (RPSS) para avaliar a habilidade dos modelos de previsão. Como resultado principal, os modelos mostram maior habilidade para previsão da temperatura do que de precipitação. Nossos resultados sugerem que o clima decadal é mais previsível do que se supunha podendo ajudar a sociedade a se preparar e se adaptar à variabilidade e ao clima em mudança que estamos vivenciando.

**PALAVRAS-CHAVE:** Previsão decadal; DCPP; Semiárido Brasileiro; Mudanças climáticas;

## Relação entre eventos extremos de precipitação mensal em bacias do Sistema Interligado Nacional (SIN) e índices climáticos

**Lucas Fanderuff Gaissler**<sup>6</sup>; **Alice Marlene Grimm**<sup>4</sup>; **João Paulo Jankowski Saboia**<sup>5</sup>; **Henrique Schinaider da Silva**<sup>6</sup>; **Bernardo Lipski**<sup>5</sup>; **Ugo Maranhão Leal**<sup>5</sup>; **Isabella Ecard Barros**<sup>2</sup>; **Lucas Borges Picarelli**<sup>3</sup>; **Thainá Rodrigues Fernandes**<sup>2</sup>; **Victor Campos Vieira da Rosa**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Superintendente de Portfólio e Preços. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>2</sup>Analista de Portfólio e Preços. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>3</sup>Especialista de Preços e Estudos de Mercado. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>4</sup>Professor. Universidade Federal do Paraná. Av. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Curitiba-PR;<sup>5</sup>Pesquisador. Lactec. Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, Curitiba-PR;<sup>6</sup>Bolsista. Lactec. Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, Curitiba-PR

### RESUMO

Este trabalho apresenta resultados de uma das etapas do P&D ANEEL PD-07427-0222/2022, intitulado "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas", executado pelo Lactec e financiado pela Norte Energia, e investiga possíveis relações entre os extremos de precipitação e índices climáticos. Séries de precipitação acumulada mensal para 115 bacias de usinas que compõem o SIN foram preparadas a partir de dados de estações da ANA e INMET. A partir destas séries, foram caracterizados extremos de precipitação para acumulados de 1, 3, 6 e 12 meses aplicando o índice SPI (Standardized Precipitation Index) utilizando as melhores distribuições ajustadas a cada bacia, de acordo com a metodologia proposta no projeto, baseada em Stagge et al. (2015) e Pieper et al. (2020). Para estudar a relação dos extremos com índices climáticos, foram selecionados 11 índices, representando fenômenos ENOS (NINO12, NINO3, NINO34, NINO4 e ESPI), outras oscilações climáticas no Pacífico (PDO e IPO) e oscilações no Atlântico (AMO, SAM, TNA e TSA). Foram calculados coeficientes de correlação de Pearson (entre as séries de precipitação e índices) e níveis de significância correspondentes foram obtidos a partir do método de Monte Carlo. Considerando as séries de extremos das bacias, o IPO foi o que teve um maior percentual de correlações significativas, entre os índices do Pacífico. Considerando os do Atlântico, os maiores percentuais foram para o AMO e, em todos os índices baseados em dados deste oceano, a média das correlações foi negativa. Apesar da predominância de alguns índices, cada bacia tem suas particularidades e pode ser afetada por diferentes oscilações climáticas, não restritas apenas a IPO e AMO. Espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir para outras análises importantes do setor elétrico, como por exemplo a geração de séries sintéticas de vazão para estudos de geração futura de energia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eventos extremos; Precipitação; Índices climáticos;;

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a ANEEL e a Norte Energia pelo financiamento para a realização do presente trabalho, no âmbito do projeto de P&D ANEEL PD-07427-0222-2022 intitulado "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas".

# CLIMATOLOGIA E CONFORTO TÉRMICO EM BELÉM-PA: TENDÊNCIAS E IMPACTOS AO LONGO DE 50 ANOS

**NATALIA ARAUJO DE PAIVA** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>DISCENTE. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. R. AUGUSTO CORRÊA, 01 - GUAMÁ, BELÉM - PA, 66075-110

## **RESUMO**

Belém, situada na região Norte do Brasil, é uma cidade que apresenta um clima equatorial, com características marcantes como alta temperatura e umidade relativa do ar elevada durante todo o ano. Este estudo visa realizar uma análise climatológica aprofundada de Belém ao longo de 50 anos, utilizando dados históricos de temperatura e precipitação para identificar tendências e variações significativas no clima da cidade. A pesquisa examina a evolução das condições climáticas em diferentes décadas, abordando como as variações sazonais e interanuais influenciam o padrão climático da região. Além da análise climatológica, o trabalho integra uma avaliação do conforto térmico, que é crucial para entender como as condições climáticas impactam a qualidade de vida dos residentes. O conforto térmico é avaliado considerando a interação entre temperatura e umidade, e como essas variáveis afetam a percepção térmica dos habitantes ao longo do tempo. Utilizando dados meteorológicos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a pesquisa emprega métodos estatísticos para analisar as mudanças nas condições climáticas e suas implicações para o bem-estar térmico da população. O estudo busca fornecer uma visão abrangente sobre a relação entre as condições climáticas de Belém e o conforto térmico, oferecendo insights sobre como as mudanças nas variáveis climáticas podem afetar a sensação térmica dos habitantes. Os resultados têm o potencial de informar estratégias de planejamento urbano e políticas de adaptação, visando melhorar as condições de vida na cidade, especialmente em face das possíveis mudanças climáticas futuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Belém; Conforto Térmico; Análise Climática; Climatologia;

# ANÁLISE COMPORTAMENTAL DA VARIABILIDADE DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS EM DIFERENTES MUNICÍPIOS NA REGIÃO DA AMAZÔNIA LEGAL.

**Euller Felipe Lobo Wanzeller<sup>1</sup>; Rosa Das Graças Lobato Da Rocha<sup>1</sup>; Paulo Vitor Reis Rodrigues<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

O estudo propõe analisar a variabilidade das normais climatológicas de três capitais brasileiras: Manaus, Rio Branco e São Luís, com foco nos padrões de precipitação e amplitude térmica. Utilizando dados das normais climatológicas de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, extraídos do portal do INMET, foi possível identificar tendências e variações climáticas nessas cidades, que integram a Amazônia Legal. A análise revela que em Manaus e Rio Branco as precipitações se concentram principalmente no primeiro semestre, com uma redução significativa no segundo semestre, caracterizado pela estação seca. Já em São Luís, observa-se uma maior variabilidade climática devido à sua localização em uma região de transição entre o semiárido nordestino, a Amazônia e o Oceano Atlântico. Em relação à amplitude térmica, as maiores variações em Manaus e Rio Branco ocorrem durante os meses de seca, entre junho e setembro, enquanto em São Luís, o período de maior amplitude térmica coincide com a estação seca, entre junho e novembro. O estudo destaca a necessidade de monitoramento contínuo das condições climáticas e o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos das mudanças climáticas, com foco na sustentabilidade e resiliência das cidades frente a esses desafios ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** normais climatológicas; variabilidade climática; amplitude térmica;;

## INTRODUÇÃO

Segundo o IPCC (2007), está prevista uma maior frequência de ondas de calor em áreas urbanas, com maior intensidade e duração. Ademais, prevê-se a deterioração da qualidade do ar, com o aumento de áreas de risco, em especial nas cidades tropicais, podendo ser mais sujeitas às chuvas intensas, provocando escorregamentos de encostas e alagamentos.

Dada a necessidade de compreender as mudanças climáticas e seus impactos sobre eventos que afetam grandes cidades, ressalta-se a importância dos estudos de tendências em séries temporais. Nesse contexto, a análise de séries temporais aplicadas a dados climatológicos visa entender a influência direta do clima sobre as atividades humanas. Esses entendimentos geram material científico que podem auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas voltadas para mitigar os efeitos e impactos das mudanças ocorridas ao longo do tempo.

## OBJETIVOS

Esse artigo tem como objetivo compreender e analisar a variabilidade das normais climatológicas em três capitais brasileiras, Rio Branco, São Luís e Manaus, possibilitando a identificação dos padrões característicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

As Normais correspondem às médias das variáveis atmosféricas registradas em períodos iguais ou superiores a 30 anos. Pode ser obtida, analisadas e observados dados de diferentes partes do globo, foi definida as Normais Climatológicas pela Organização Meteorológica Mundial, por meio da Regulamentação Técnica n.100 (WMO, 1983).

Foram utilizados dados das normais climatológicas de precipitação e temperatura retiradas do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes aos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 das cidades de Manaus, Rio Branco e São Luís. Em seguida, foram aplicados métodos de divisão em séries anuais/ semestral, bem como calculadas as amplitudes térmicas correspondentes.

## Área De Estudo

A Amazônia Legal abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, parte do Maranhão e cinco municípios de Goiás. Possui uma superfície aproximada de 5.015.067,749 km<sup>2</sup>, correspondente a cerca de 58,9% do território brasileiro (IBGE, 2019).

Manaus (Figura 1 - A) é um município brasileiro, capital do estado do Amazonas. Destaca-se como o principal centro financeiro, corporativo e comercial da Região Norte do Brasil. Com uma população estimada em 2.255.903 habitantes, é a cidade mais populosa do Amazonas, da Região Norte e da Amazônia Brasileira. (IBGE, 2019).

Rio Branco (Figura 1 - B) é um município brasileiro, capital do estado do Acre, está situado às margens do Rio Acre. A cidade possui uma população estimada de 419.452 habitantes, posicionando-a como a sétima mais populosa da Região Norte do Brasil. Com uma área territorial de 8.834,942 km<sup>2</sup>, é o quinto município em extensão territorial no estado do Acre (IBGE, 2019).

São Luís (Figura 1 - C) é um município brasileiro, capital do estado do Maranhão. Com uma população estimada em 1.108.975 habitantes, é a cidade mais populosa do Maranhão e a quarta da Região Nordeste. Seu território abrange 831,7 km<sup>2</sup>. São Luís é a sede da Região de Planejamento da Ilha do Maranhão, que inclui quatro municípios localizados na ilha de Upaon-Açu, e da Região Metropolitana de São Luís, composta por 13 municípios e com uma população total de 1.633.117 habitantes (IBGE, 2019).

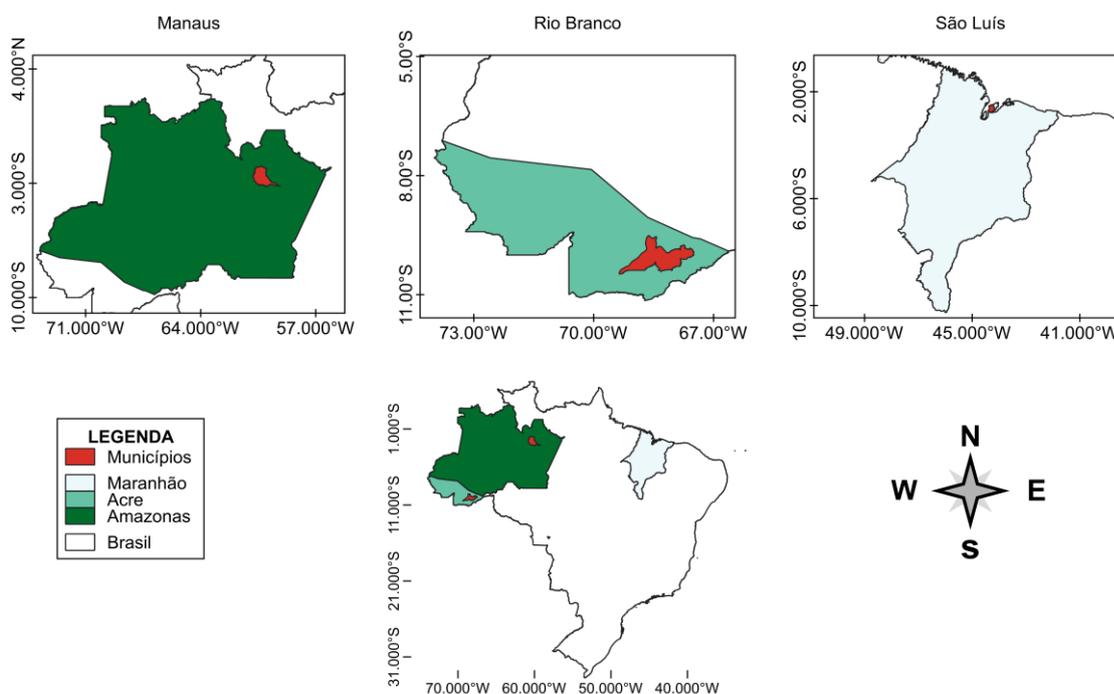


Figura 1. Mapas dos municípios presentes no estudo em sua localização adentro dos seus respectivos estados. A) Manaus, B) Rio branco e C) São Luís. Fonte: autoria própria, dados IBGE (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Comportamento climatológico anual

De acordo com Marengo (2014), a variabilidade da distribuição de chuva na Amazônia sofre a influência dos principais sistemas atmosféricos que atuam na superfície da região, a saber: a Massa de Ar Equatorial Continental (MEC), a Zona de Convergência Intertropical e o Sistema de Alta Pressão do Atlântico Sul (Anticiclone) e sua descontinuidade frontal.

O período de chuvas intensas na região de Manaus ocorre entre novembro e maio, com reduções significativas partindo de junho, esse período de estiagem mais pronunciada se dá até outubro. Os meses de maio e outubro são caracterizados como períodos de transição entre um regime e outro. A distribuição das chuvas concentra-se principalmente em fevereiro, março, abril.

Segundo Duarte (2005), a Amazônia é influenciada por diversos fenômenos climáticos, e o estado do Acre está localizado em uma área da região onde há uma considerável variabilidade interanual da precipitação pluviométrica.

A estação chuvosa em Rio Branco tem início no mês de novembro e se estende até maio, período em que se registra o maior volume pluviométrico, comportamento semelhante a cidade de Manaus. A partir especificamente em junho, ocorre uma redução significativa das chuvas, caracterizando a estação seca. O período de transição para a estação chuvosa acontece em outubro, enquanto o período de transição para a estação seca ocorre em maio.

O estado do Maranhão encontra-se em uma região de transição climática, ou seja, algumas áreas estão localizadas próximas ao Semiárido Nordeste (quente e seco), à Amazônia (quente e úmida), ao Oceano Atlântico e ao Planalto Central Brasileiro. Em São Luís, portanto, há uma significativa variabilidade de elementos climáticos como precipitação, umidade e temperatura. As estações do ano não são bem definidas, podendo-se distinguir apenas um período seco e outro chuvoso. A formação da estação chuvosa depende principalmente de condições ideais de temperatura do Oceano Atlântico tropical, que interfere na permanência da Zona de Convergência Intertropical.

Ressalta-se também que, a nível estadual, há coincidências nos períodos chuvoso (fevereiro a abril) e seco (setembro a novembro). As condições das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na porção equatorial do Pacífico também exercem grande influência sobre o clima de São Luís. Esses sistemas climáticos têm forte influência no clima local, sendo perceptível que o maior índice de chuvas ocorre no primeiro semestre, com uma drástica redução no segundo semestre, caracterizado como o período mais seco.

### Climatologia baseada nas normais climatológicas

O Gráfico 1 (a, b, c) apresenta uma comparação das normais climatológicas para os três períodos analisados, correspondentes às cidades mencionadas. Os dados de Manaus (Gráfico 1 - a) indicam que, durante os três períodos, a maior precipitação no primeiro semestre ocorreu na normal climatológica de 1961-1990. Observa-se também uma diminuição na precipitação, com uma queda de 1,2% ao comparar o primeiro semestre da normal de 1961-1990 com o primeiro semestre da normal de 1991-2020. Em contrapartida, há um aumento de 1,2% na precipitação do segundo semestre, ao comparar a primeira normal climatológica de 1961-1990 com a última de 1991-2020. Este aumento nas chuvas do segundo semestre é uma consequência da redução observada no primeiro semestre.

Em Rio Branco (Gráfico 1 - b), verifica-se um aumento na precipitação do primeiro semestre ao longo dos três períodos analisados. O maior índice de precipitação foi registrado na última normal climatológica (1991-2020). Comparando o primeiro semestre da normal de 1961-1990 com o

primeiro semestre da normal de 1991-2020, observa-se um aumento de 3,1%, o que é considerável. Como resultado, houve uma diminuição na precipitação anual no segundo semestre, refletindo o aumento das chuvas no primeiro semestre.

Em São Luís (Gráfico 1 - c), é evidente uma elevação na precipitação ao longo dos três períodos analisados. A normal climatológica de 1961-1990 apresentou o menor índice de precipitação, com cerca de 87,8%. Em 1981-2010, houve um aumento de 1% em relação à normal anterior. O período de 1991-2020 registrou a maior elevação, com 90,4%, representando o maior índice de precipitação entre as normais climatológicas comparadas. No total, houve um incremento de 2,6% na precipitação do primeiro semestre ao longo dos períodos analisados, o que resultou em uma diminuição na precipitação do segundo semestre.

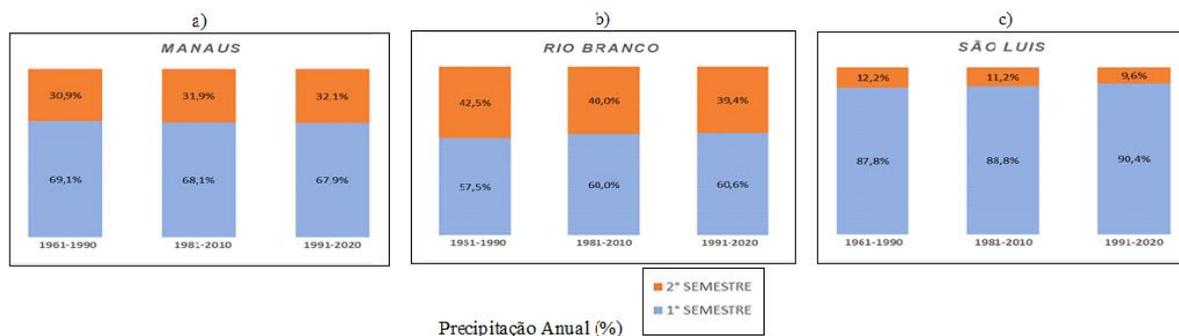


Gráfico 1. Distribuição de precipitação em porcentagem, conforme as médias dos períodos das normais climatológicas das cidades de Manaus (a), Rio Branco (b) e São Luís (c). Fonte: autoria própria, dados INMET.

### Amplitude térmica

Em Manaus (gráfico 2 - a), observa-se que a maior amplitude térmica ocorreu nos meses de agosto, setembro e outubro, sendo o mês de setembro o período de maior amplitude na normal climatológica de 1981-2010. As menores amplitudes térmicas ocorreram entre os meses de janeiro a maio, com destaque para fevereiro e maio, que apresentaram as menores amplitudes na normal climatológica de 1961-1990.

Pode-se afirmar que, em relação à amplitude térmica de Manaus, as temperaturas permanecem mais baixas no primeiro semestre devido à estação chuvosa, que se estende de janeiro até junho. No segundo semestre, a partir de julho, ocorre um trimestre marcado por um período de seca, o que justifica a alta amplitude térmica. Essa variação acentuada persiste até novembro, quando, a partir de dezembro, inicia-se o período de chuvas que se prolonga até o final do segundo trimestre do ano seguinte.

Em Rio Branco (gráfico 2 - b), a maior amplitude térmica concentra-se nos meses de junho, julho e agosto, sendo este último o mês de maior amplitude anual. A menor amplitude, por sua vez, ocorre em janeiro. Na normal climatológica de 1961-1990, agosto apresenta a maior amplitude, enquanto a menor é observada na normal climatológica de 1991-2020. Com base nesses dados, é possível afirmar que a maior amplitude térmica em Rio Branco se dá entre os meses de junho a setembro, período caracterizado por estiagem e pela transição para a estação mais chuvosa.

Em São Luís (gráfico 2 - c), as maiores amplitudes térmicas ocorreram entre junho e agosto, com destaque para o mês de agosto, que apresentou a maior amplitude na normal climatológica de 1991-2020. As menores amplitudes foram registradas entre janeiro e abril, com a menor amplitude ocorrendo em fevereiro, conforme a normal climatológica de 1961-1990. A análise dos gráficos demonstra um aumento da temperatura entre os meses de junho e novembro, período em que a região

é marcada pela Estação Seca, o que resulta em uma menor variação na amplitude térmica durante essa estação.

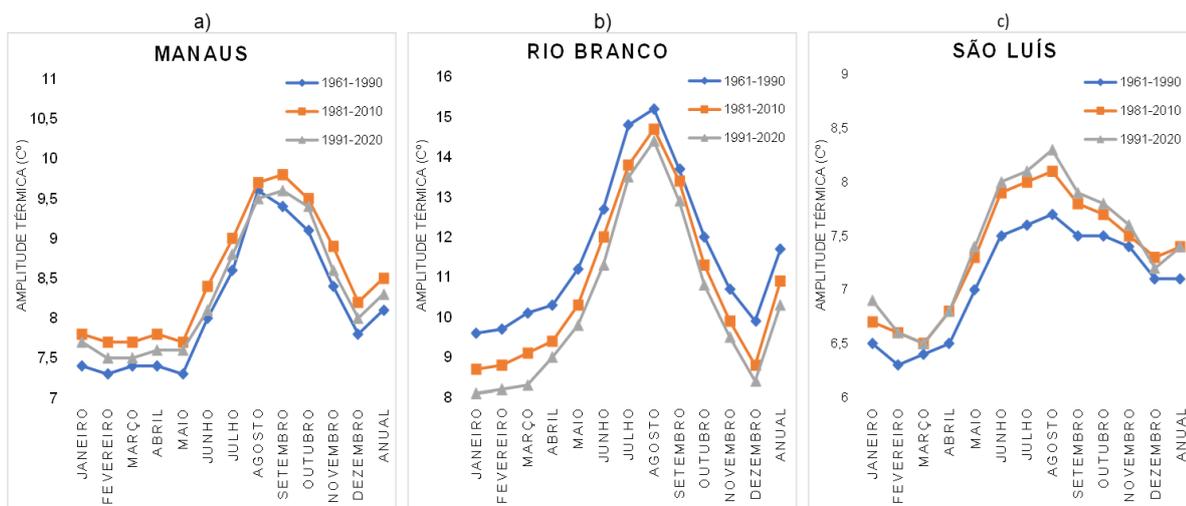


Gráfico 2. Comportamento médio da amplitude térmica, conforme as médias dos períodos das normais climatológicas das cidades de Manaus (a), Rio Branco (b) e São Luís (c). Fonte: autoria própria, dados INMET.

## CONCLUSÃO

A análise das normais climatológicas das cidades de Manaus, Rio Branco e São Luís revela padrões significativos de variabilidade climática que refletem particularidades regionais. A maioria das precipitações em Manaus e Rio Branco ocorre no primeiro semestre, seguida por uma diminuição gradual no segundo semestre, coincidindo com período de estiagem. Em São Luís, a transição climática da região se manifesta em uma distribuição mais drástica das chuvas com maior concentração no primeiro semestre, acima dos 87%.

As variações observadas nas amplitudes térmicas nas três capitais confirmam a complexidade dos padrões climáticos na Amazônia Legal e regiões adjacentes. Em Manaus e Rio Branco, a amplitude térmica é mais acentuada durante os meses de seca, enquanto em São Luís, essa amplitude evidencia padrões semelhantes, em ambas as capitais acentuasse uma maior amplitude entre junho a novembro. Em suma, a compreensão detalhada dos padrões climatológicos reforça a importância do monitoramento contínuo das condições climáticas e do aprofundamento das pesquisas sobre as consequências das mudanças climáticas nas regiões tropicais.

## REFERÊNCIAS

DUARTE, A. F. Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(1), 37-42.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. *Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. *Censo Demográfico 2019*. Disponível: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 25 de ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. *Normais climatológicas*. Disponível: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 25 ago. 2024.

MARENGO, A. José, NOBRE, A. Carlos. Clima da Amazônia, 2014, Disponível em:  
<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>. Acesso em 24 ago. 2024.

WMO. Guide to meteorological instruments and methods of observation. Geneva,  
World Meteorological Organization, , 1983. 230 p., (n. 8, 5th edition).

# ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO AMBIENTAL EM PRAÇA PÚBLICA DURANTE EVENTO DE FRIAGEM NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ AMAZONAS

**Lauriane Souza Alves**<sup>1</sup>; **Carlos Alexandre Santos Querino**<sup>2</sup>; **Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino**<sup>3</sup>; **Antônio Francisco Nunes Braga**<sup>4</sup>; **Beatriz de Souza Gomes**<sup>5</sup>; **Zeilane Silva Brito**<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente. Rua 29 de Agosto, bairro: Centro;<sup>2</sup>Docente. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente. Rua 29 de Agosto, bairro: Centro;<sup>3</sup>Docente. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente. 29 de agosto, centro;<sup>4</sup>Bolsista. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM. 29 de agosto, centro;<sup>5</sup>Bolsista. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM. 29 de agosto, centro;<sup>6</sup>Bolsista. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM. 29 de agosto, centro

## RESUMO

Os índices de conforto térmico indicam a satisfação de cada indivíduo em um determinado ambiente seja por conta de frio ou calor. O objetivo deste trabalho foi avaliar os índices de conforto térmico em uma praça em evento de friagem no Município de Humaitá-AM. A pesquisa foi desenvolvida na praça da matriz no município de Humaitá-AM em dois eventos de friagens durante meses distintos, no período seco. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados pelo Termohigrômetro (Hobo®, modelo U23-001) a cada 1 hora durante 24 horas nos dias durante a semana de friagem. Em seguida foram feitos os cálculos para estimar os índices de conforto térmico. Os resultados mostraram que nos dias que antecederam a friagem ambos os eventos analisados o índice de conforto térmico mostrou um grau de desconforto insuportável na maior parte do dia. Já nos dias de friagem o índice de conforto térmico passou a ser confortável o dia todo. Em relação ao índice de desconforto térmico, em ambos os eventos, nos primeiros dias houve uma variação, mas todos apresentaram um efeito de estresse devido ao calor. Já nos dias de friagem o índice de desconforto térmico apresentou um efeito confortável na maior parte do dia havendo apenas um efeito de desconfortável devido ao calor na parte da tarde. Assim a praça da matriz mostrou ser o local apropriado para frequentar em evento de friagem, já em dias normais o recomendado é somente final da tarde e início da manhã.

**PALAVRAS-CHAVE:** Temperatura do ar; Umidade Relativa do ar; Espaço Público;;

## INTRODUÇÃO

A friagem é um fenômeno climático caracterizado pela invasão de massas de ar frio que podem provocar mudanças significativas nas regiões, como queda de temperatura, aumento da pressão e alteração na umidade e no vento, sendo em regiões mais quentes, como a região amazônica, ocorrendo especialmente durante o inverno nos meses de junho, julho e agosto (VIANA; HERDIES, 2018).

No sul do Amazonas, estudos mostram que as quedas de temperaturas são mais frisadas, como a cidade de Rio Branco, no Acre, as temperaturas mínimas chegam a registrar aproximadamente 16,5°C durante esses eventos, enquanto que Manaus, na região central, as mínimas chegam em torno de aproximadamente 22,7°C (ANTONUCCI et al., 2023). Essas alterações nas variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar incidente, precipitação e vento influencia diretamente no nível de conforto térmico humano e ambiente (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018b).

O conforto térmico mostra a sensação do bem-estar ou a satisfação que uma pessoa sente em relação ao determinado ambiente térmico (SMITH; HENRÍQUEZ, 2019). O conforto térmico pode ser entendido como a percepção individual da sensação térmica e o alcance de um estado de equilíbrio térmico (GOBO; GALVANI, 2015).

Quando o ambiente não apresenta conforto térmico para população, logo haverá a presença de desconforto térmico no local (SOUZA; NERY, 2012). Segundo Ikefuti e Amorim (2018), situações

de desconforto térmico podem causar estresse térmico devido ao frio ou ao calor excessivo, e assim afetam a saúde e o bem-estar humano. Ainda segundo os mesmos autores, as reações fisiológicas ao estresse térmico incluem mudanças no metabolismo, dilatação e contração dos vasos sanguíneos, aumento e diminuição do pulso cardíaco, suor entre outros.

## OBJETIVOS

? Avaliar os índices de conforto térmico em um espaço público aberto durante evento de friagem no Município de Humaitá-AM

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida na praça Benjamin Constant (Praça da Matriz), localizada em frente a orla da cidade, no município de Humaitá, no sul do estado do Amazonas, com coordenadas de (7° 30' 22" Sul; 63° 1' 38" Oeste) (Figura 1). O município tem uma população estimada de aproximadamente 57.195 habitantes e uma densidade populacional de 1,34 hab. por Km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). De acordo com a classificação de Thornthwaite & Mather (1955), o clima da região é caracterizado como megatérmico úmido, apresentando uma moderada carência hídrica durante o inverno (MARTINS et al., 2023). A região é caracterizada por dois períodos sazonais bem distintos, sendo, chuvoso que ocorre de outubro a março, e o seco que vai de junho a agosto, já maio é considerado mês de transição do chuvoso para o seco, e setembro mês de transição do seco para o chuvoso (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018a)

**Figura 1.** Localização da área da Praça da Matriz no município de Humaitá-AM.



**Fonte:** Autora (2024)

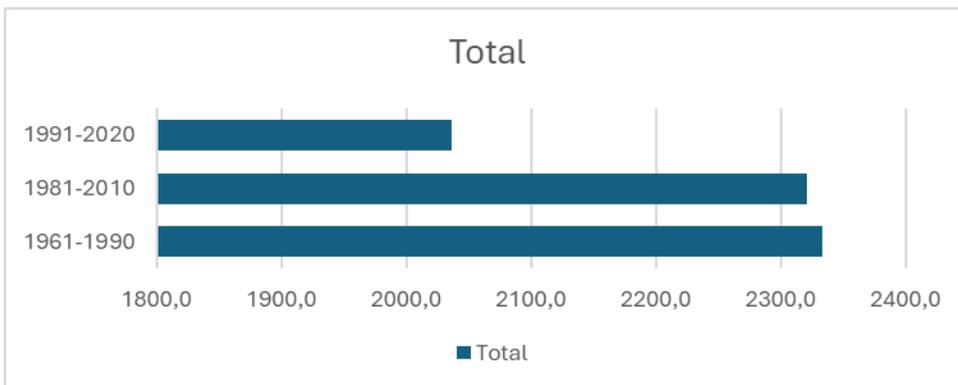
### Coleta de Dados

Os dados de temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR) foram coletados , durante sete dias no mês de julho (9-15) e agosto (6-12) com o auxílio de um sensor Termo higrômetro (Hobo®, modelo U23-001) instalado na praça da matriz para estimar o índice de conforto e desconforto térmico.

### Estimativas do ICH e IDH

Após as coletas foram feitos os cálculos da pressão de saturação (es) segundo TETENS (1973) (Equação 1) e pressão de vapor (ea) (Equação.2), posteriormente calculou-se o índice de conforto térmico (ICH) (Equação 3), e o índice de desconforto térmico (IDH) (Equação 4) de acordo com o método proposto por Thom (1959).

Equação 1:



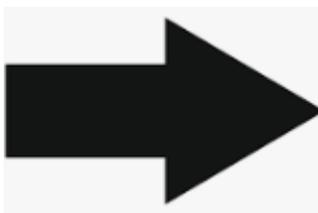
Eq. (1)

Equação 2:



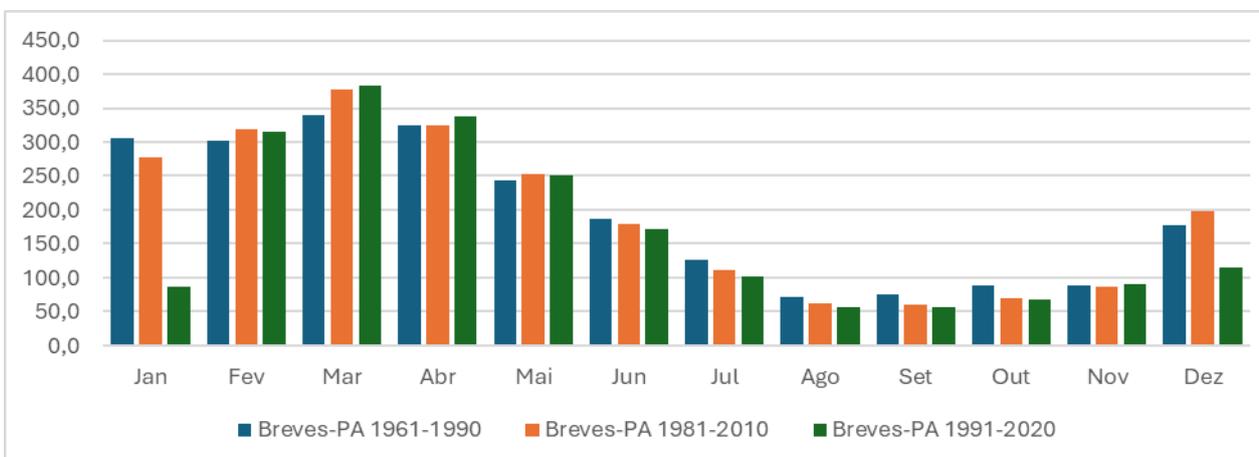
Eq. (2)

Equação 3:



Eq. (3)

Equação 4:



Eq. (4)

Em seguida, foram gerados os gráficos por meio da programação python. De posse dos valores estimados de ICH e IDH, baseado nos índices propostos por Thom (1959) (Tabela 1) determinou-se o nível de conforto de uma pessoa e Ono e Kawamura (1991) (Tabela 2) determinou-se o nível de desconforto térmico.

Tabela 1 - A faixa de intervalos para determinação do nível de conforto de uma pessoa, será baseado no ICH proposto por Thom (1959).

Graus de Umidade	Graus de Conforto
20 - 29	Confortável
30 - 39	Grau de Conforto Variando
40 - 45	Desconforto suportável
> 46	Desconforto insuportável

Fonte: Santos & Melo (2010).

Tabela 2 - Faixa de intervalos para análise do Índice de Desconforto Térmico Humano (IDH) e seus respectivos efeitos nos seres humanos (ONO e KAWAMURA, 1991).

Intervalo do IDH	Efeito
IDH > 80	Estresse devido ao calor
75 < IDH < 80	Desconfortável devido ao calor
60 < IDH < 75	Confortável
55 < IDH < 60	Desconfortável devido ao frio
IDH < 55	Estresse devido ao frio

Fonte: Santos & Melo (2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Índice de conforto e desconforto térmico na praça da matriz

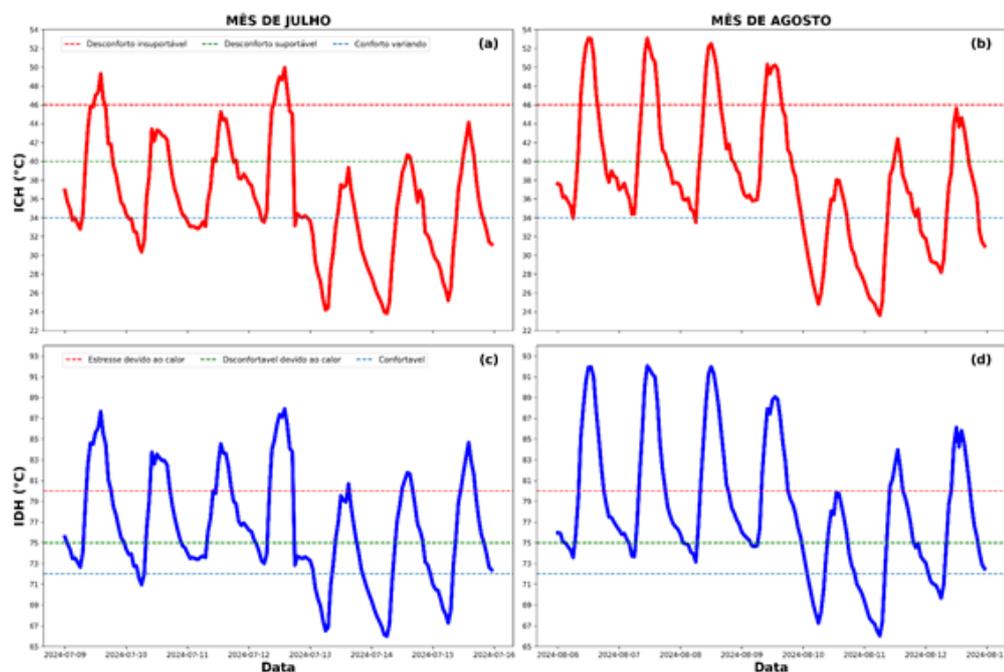
Os resultados mostram que dentre os dias analisados no mês de julho, os maiores valores de índice de conforto térmico (ICH) apresentados foram nos dias 09 e 12/07, sendo aproximadamente 49°C (14h), qual o ambiente indica um grau desconforto insuportável. Já os menores valores apresentados foram nos dias 13 e 14/07, sendo aproximadamente 24°C (6h e 7h), de grau confortável (Figura 2a). Em relação ao índice de desconforto térmico (IDH), os valores máximos apresentados foram nos dias 09 e 12/07, sendo aproximadamente de 87°C (12h e 14h), o qual apresenta um efeito de estresse devido ao calor, e os valores mínimos apresentados foram nos dias 13 e 14/07, 65°C (6h e 7h), efeito confortável (Figura 2c).

No mês de agosto os dias que apresentou os valores máximos de ICH foram entre 06 a 08/08, sendo de aproximadamente 53°C (12h e 13h), o qual apresentou um ambiente de grau de desconforto insuportável. Já os valores mínimos apresentados foram nos dias 10 e 11/08, sendo aproximadamente 24°C (6h e 7h), qual apresenta efeito confortável (Figura 2b). Em relação ao IDH os valores máximos apresentados foram nos dias entre 06 a 08/08, sendo de aproximadamente 91°C (12h e 13h), qual apresenta um efeito de estresse devido ao calor. Já os valores mínimos apresentados foram nos dias 10 e 11/08, sendo de aproximadamente 66°C (5h e 6h), qual apresenta efeito confortável (Figura 2d).

Os meses de julho e agosto é considerando um período seco, mesmo assim foi possível observa que dentre eles ocorreu um evento de friagem no município de Humaitá apresentado em dois dias. Segundo Antonucci et al (2023), a relação ao efeito do evento de friagem sobre a temperatura, foi

observada uma redução nos picos máximos diários durante dois dias no mês de julho. Segundo os mesmos autores, mostram que com queda de temperatura é possível observar a linha de frente fria avançando sobre a região norte no estado de Rondônia, Acre e parte do sul do Amazonas, e isso mostra que a friagem afetou diversos locais, provocando uma grande diminuição na temperatura média do ar. Assim com essas frentes frias afetando o sul do Amazonas o município de Humaitá foi um dos atingidos.

**Figura 2.** Índices de Conforto Térmico (°C) na praça da matriz no município de Humaitá



**Fonte:** (Autora, 2024)

## CONCLUSÃO

Portanto, a praça da matriz, nos meses analisados, mostrou-se uma variação no ICH, qual um desconforto insuportável somente nos dias 09 a 12/07, e 06 a 08/08, já os dias 13 e 14/07 e, 10 e 11/08, durante os eventos de friagem, apresentaram grau confortável e conforto variando o dia todo. Em relação ao IDH, os meses analisados mostrou uma variação nos dias 09 a 12/07, e 06 a 08/08, mas todos apresentaram um desconforto insuportável. Já nos dias de friagem apresentou confortável e desconforto devido ao calor em ambos meses. Assim, os dias com os dias de friagem a população passou a ter mais conforto ao ar livre e aproveita os espaços públicos para lazer.

## AGRADECIMENTOS

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior, pela concessão de Bolsa de mestrado da primeira autora

GPIBA - Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera Atmosfera na Amazônia

UFAM/IEAA - Universidade Federal do Amazonas/ Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente

## REFERÊNCIAS

ANTONUCCI, B.; CAMATTA BARBINO, G.; REIS DE ANDRADE, N. L.; DRESCH WEBLER, A. Efeito de um evento de friagem no cenário de mudança no uso e cobertura da terra no Sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 33, p. 149-168, 2023. ISSN: 2237-8642. DOI: 10.55761/abclima.v33i19.16675. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16675>.

GOBO, J. P. A.; GALVANI, E. O conforto térmico humano na primavera-verão em Santa Maria - RS / The human thermal comfort in the spring-summer in Santa Maria - RS. **Caderno de Geografia**, [S. l.], v. 26, n. 45, p. 268, 2015. ISSN: 2318-2962. DOI: 10.5752/P.2318-2962.2016v26n45p268. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/P.2318-2962.2016v26n45p268>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **População no último censo**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/humaita/panorama>. Acesso em: 5 jul. 2022.

IKEFUTI, P. V.; AMORIM, M. C. de C. T. O conforto e o desconforto térmico em bairros com diferentes padrões de construções em Presidente Prudente/SP. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], p. 15, 2018. ISSN: 2236-4994. DOI: 10.5902/2236499427542. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/27542>.

MARTINS, P. A. da S.; QUERINO, C. A. dos S.; QUERINO, J. K. A. da S.; MOURA, M. A. L.; NUNES, D. D.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Updating of the Köppen and Thornthwaite and Mather (1955) climate classification system for the Southern Amazonas. **REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**, [S. l.], v. 43 (2023), n. 2236-2878, p. 13, 2023.

ONO, H. S. P.; KAWAMURA T. Sensible Climates in Monsoon Asia. *International Journal of Biometeorology*, Vol. 35, nº XX, pp. 39-47, 1991.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; GOIS, D. A.; PINHEIRO, E. N.; BARBOSA, J. de O.; QUERINO, C. A. S. TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA DO AR E ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (IDT) NO MUNICÍPIO DE BOCA DO ACRE-AMAZONAS. **Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, [S. l.], v. XX, p. 75-86, 2018 a.

PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. da S.; DOS SANTOS, L. O. F.; MOURA, A. R. de M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. VARIABILIDADE HORÁRIA E INTENSIDADE SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ-AM. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 22, 2018 b. ISSN: 2237-8642. DOI: 10.5380/abclima.v22i0.58089. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58089>.

SANTOS, W. R. T.; MELO, M. L. D. de. Índices de Conforto e Desconforto Térmico Humano segundo os Cenários Climáticos Do IPCC. **SILO.TIPS**, [S. l.], p. 5, 2010.

SMITH, P.; HENRÍQUEZ, C. Perception of thermal comfort in outdoor public spaces in the medium-sized city of Chillán, Chile, during a warm summer. **Urban Climate**, [S. l.], v. 30, p. 100525, 2019. ISSN: 22120955. DOI: 10.1016/j.uclim.2019.100525. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212095518301962>.

SOUZA, D. M. de; NERY, J. T. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia (Londrina)**, [S. l.], v. 21, p. 65-83, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2012v21n2p65>.

THOM, E.C. The discomfort index. *Weatherwise*. 12,57-61, 1959.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. 6, n.1.

VIANA, L. P.; HERDIES, D. L. Estudo de Caso de um Evento Extremo de Incursão de Ar Frio em Julho de 2013 sobre a Bacia Amazônica Brasileira. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 27-39, 2018. ISSN: 1982-4351. DOI: 10.1590/0102-7786331014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862018000100027&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862018000100027&tlng=pt).

# Impactos da La Niña no Regime Chuvoso da Amazônia Oriental

**Leonam Lucas Monteiro Pastana**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar os efeitos de eventos La Niña sobre o regime de precipitação mensal no estado do Pará. Para tal, foram utilizados dados de sensoriamento remoto e reanálise correspondentes aos anos de 2008-2009, 2010-2011 e 2020-2021. Os resultados obtidos indicam que a influência de um fenômeno global, como o La Niña, resulta em anomalias positivas na precipitação nas mesorregiões do Baixo Amazonas, Metropolitana de Belém, Marajó e Nordeste Paraense, estipulando entre 50mm a 100 mm. No entanto, também se observa que as anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Atlântico, tanto na fase positiva quanto na negativa do dipolo do Atlântico, afetam significativamente o clima, especialmente durante o período chuvoso, analisado do mês de fevereiro a abril. Assim, o padrão de chuvas na região é condicionado tanto pelas anomalias negativas de TSM no Oceano Pacífico quanto pelas anomalias no Oceano Atlântico.

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação; TSM; sensoriamento remoto;

## INTRODUÇÃO

O termo "El Niño" originalmente se referia a uma fraca corrente de água quente localizada no equador, que se deslocava para o sul ao longo da costa do Peru durante o período natalino. Posteriormente, observou-se que esse aquecimento ocorria a cada poucos anos, impactando significativamente a ecologia local e regional. O componente atmosférico associado ao El Niño é denominado Oscilação Sul, caracterizando uma interação entre a atmosfera e o oceano. Contudo, o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) possui duas fases distintas: a fase quente, conhecida como El Niño, e a fase fria, conhecida como La Niña, que ocorrem na bacia do Oceano Pacífico (Trenberth, 1997).

Na fase de La Niña, o deslocamento da célula de Walker para o leste sobre o norte da América do Sul resulta em um aumento da convecção de nuvens, devido à intensificação do ramo ascendente da célula nessa região (Marengo & Oliveira, 1998). Esse fenômeno ocasiona chuvas abundantes na região amazônica (Marengo & Espinoza, 2016; Fearsinde, 2021).

A precipitação na região amazônica é influenciada por variações associadas ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (Pedreira Junior et al., 2020). Além disso, a temperatura da superfície do mar no Atlântico também exerce influência significativa sobre a precipitação, afetando os padrões de seca e umidade na região (Aragão, 1998).

## OBJETIVOS

Investigar os impactos dos eventos La Niña na distribuição espacial da precipitação durante o regime chuvoso da Amazônia Oriental, com foco específico no estado do Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa abarca toda a extensão do estado do Pará, situado na região da Amazônia oriental, com uma área territorial de 1.245.870,704 km<sup>2</sup> e composto por 144 municípios.

A base de dados mensais contempla os anos de 1991 a 2022, para reanálise utilizando o *European Centre Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), em sua quinta geração (ERA5) com resolução espacial de 0.25°, utilizando as variáveis de temperatura da superfície do mar (TSM) e precipitação

(PRP), também os produtos de precipitação por sensoriamento remoto provenientes do CHIRPS-2.0, CRU e GPCC.

A seleção dos eventos de La Niña foi realizada com base no critério estabelecido por Trenberth (1997). Para isso, os dados de temperatura da superfície do mar (TSM) foram obtidos para a área Niño 3.4, e as médias móveis de 5 meses foram calculadas e organizadas em planilhas Excel. Em seguida, foram determinadas as médias climatológicas mensais, a fim de calcular as anomalias (TSM do mês - climatologia do mês correspondente). A partir dessas anomalias, foram gerados gráficos para os trimestres (novembro, dezembro e janeiro) e (fevereiro, março e abril), além das anomalias de precipitação nas quatro bases de dados referentes ao regime chuvoso (janeiro, fevereiro, março, abril e maio).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os anos de ocorrência de La Niña selecionados dentro da série temporal analisada. Para este estudo, serão analisados especificamente os anos de 2008/2009, 2010/2011 e 2020/2021, a fim de investigar os efeitos de aquecimento e resfriamento da temperatura da superfície do mar, tanto no Oceano Pacífico quanto no Oceano Atlântico, sobre a precipitação no estado do Pará e averiguar padrões climáticos.

	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr
1999/2000	-1,1	-1,3	-14,0	-1,5	-1,6	-1,4	-1,1	-0,8
2000/2001	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,5	-0,4	-0,2
2001/2002	0,0	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
2002/2003	1,2	1,3	1,4	1,3	1,1	0,8	0,4	0
2003/2004	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0
2004/2005	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
2005/2006	0,0	-0,2	-0,3	-0,4	-0,6	-0,6	-0,5	-0,2
2006/2007	0,6	0,9	1,0	0,9	0,6	0,4	0,1	-0,1
2007/2008	-1,1	-1,3	-1,5	-1,6	-1,6	-1,4	-1,3	-1
2008/2009	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,4	-0,1
2009/2010	0,9	1,1	1,3	1,4	1,4	1,2	0,8	0,3
2010/2011	-1,5	-1,5	-1,6	-1,5	-14,0	-1,2	-1,0	-0,6
2011/2012	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3
2012/2013	0,5	0,4	0,2	0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1
2013/2014	-0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,1
2014/2015	0,4	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7
2015/2016	2,2	2,4	2,6	2,6	2,3	2,0	1,5	1

2016/2017	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	0,0	0,2	0,3
2017/2018	-0,2	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,5	-0,3
2018/2019	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
2019/2020	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,1
2020/2021	-0,9	-1,0	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4
2021/2022	-0,5	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9

Tabela 1 - anomalias mensais de TSM Niño3.4 de setembro do ano0 até abril do ano+1. Anos com valores acima de  $-0.4^{\circ}\text{C}$  por seis meses consecutivos são considerados eventos La Niña.

A Figura 1(a) mostra um resfriamento mais intenso na extensão do Pacífico, direcionado para a região ocidental, enquanto a Figura 1(b) apresenta um resfriamento mais acentuado na região oriental do Pacífico. No Atlântico, observa-se um padrão associado à fase negativa do Dipolo do Atlântico Tropical, o que favorece o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) mais ao sul, onde o Atlântico Sul está mais aquecido. Esse fenômeno impacta a precipitação, conforme ilustrado na Figura 2 em todas as bases de dados por satélite, evidenciando uma anomalia positiva de precipitação, especialmente nas mesorregiões Metropolitana de Belém, Marajó e Nordeste Paraense.

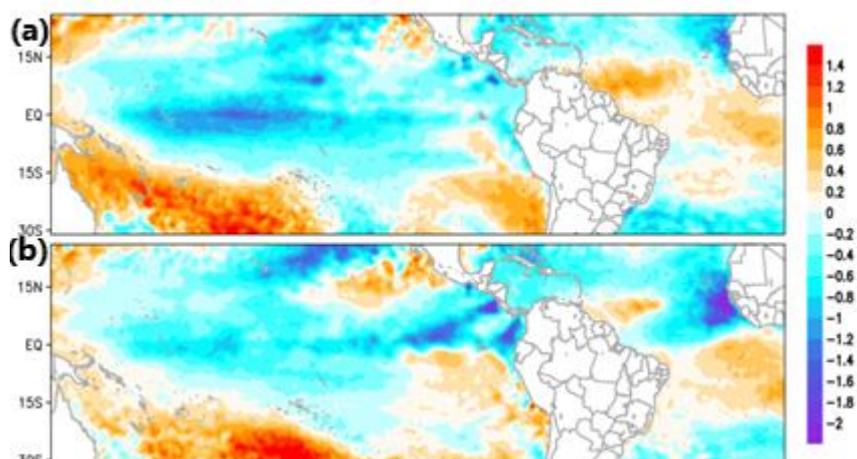


Figura 1 - Anomalia da temperatura da superfície do mar durante o evento de La Niña 2008-2009: a) Nov, Dez, Jan; b) Fev, Mar, Abr.

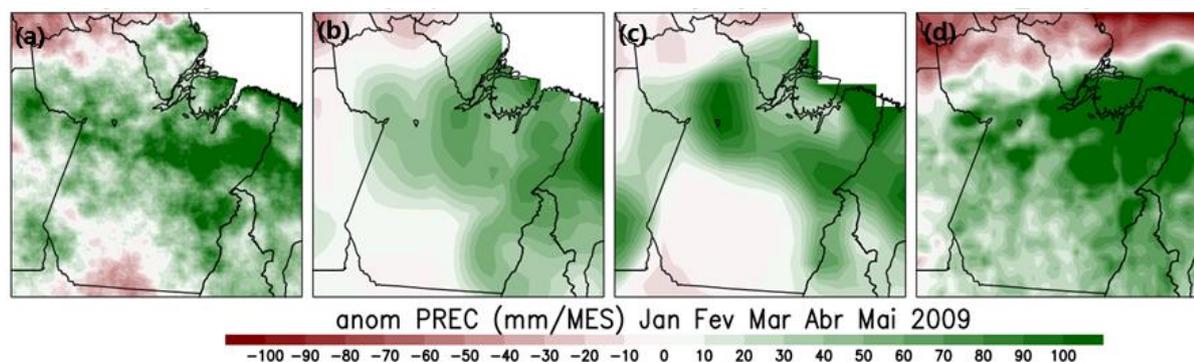


Figura 2 - Anomalia de precipitação mensal durante o evento de La Niña em quatro bases de dados de sensoriamento remoto e reanálise (ano 2009): a) CHIRPS; b) CRU; c) GPCC; d) ERA5

A Figura 3(a) mostra que o resfriamento (anomalia negativa) se estende por toda a extensão do Oceano Pacífico, caracterizando o evento La Niña como moderado durante sua fase madura nesse

ano (Kayano et al., 2016). A Figura 3(b) indica que o resfriamento foi mais concentrado nas regiões central e ocidental do Pacífico, enquanto no Oceano Atlântico observou-se um aquecimento, especialmente em todo o setor norte. Esse aquecimento refletiu-se na anomalia de precipitação positiva, conforme ilustrado na Figura 4, com uma interferência mais evidente na região do Baixo Amazonas, especialmente nas bases de dados (a) CHIRPS, (b) GPCC e (d) ERA5.

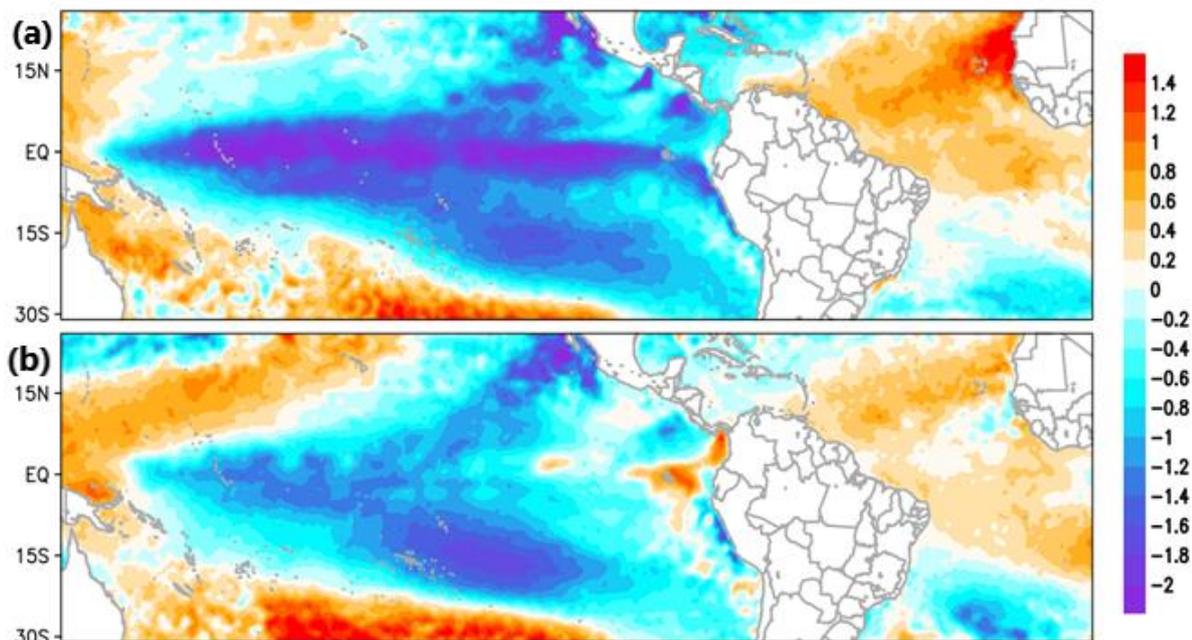


Figura 3 - Anomalia da temperatura da superfície do mar durante o evento de La Niña 2010-2011: a) Nov, Dez, Jan; b) Fev, Mar, Abr.

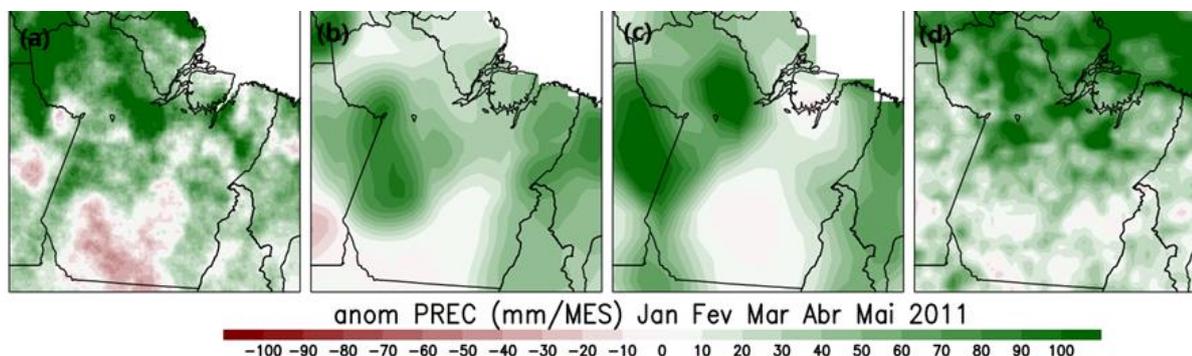


Figura 4 - Anomalia de precipitação mensal durante o evento de La Niña em quatro bases de dados de sensoriamento remoto e reanálise (ano 2011): a) CHIRPS; b) CRU; c) GPCC; d) ERA5.

A Figura 5(a) revela que o resfriamento na bacia do Pacífico apresenta uma anomalia negativa mais intensa nas regiões central e ocidental. Em contraste, a Figura 5(b) indica que o resfriamento no Pacífico está próximo da neutralidade. Na bacia do Atlântico, observa-se um dipolo do Atlântico em sua fase positiva, o que tende a deslocar o principal modulador de chuvas, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mais ao norte nessa época do ano. Além disso, a pressão atmosférica mais baixa no Atlântico Norte pode afetar a circulação atmosférica, reduzindo a umidade transportada para a região amazônica e, conseqüentemente, diminuindo as precipitações. Esse comportamento é evidenciado na Figura 6, que mostra anomalias negativas de precipitação em várias regiões do estado nas quatro bases de dados analisadas.

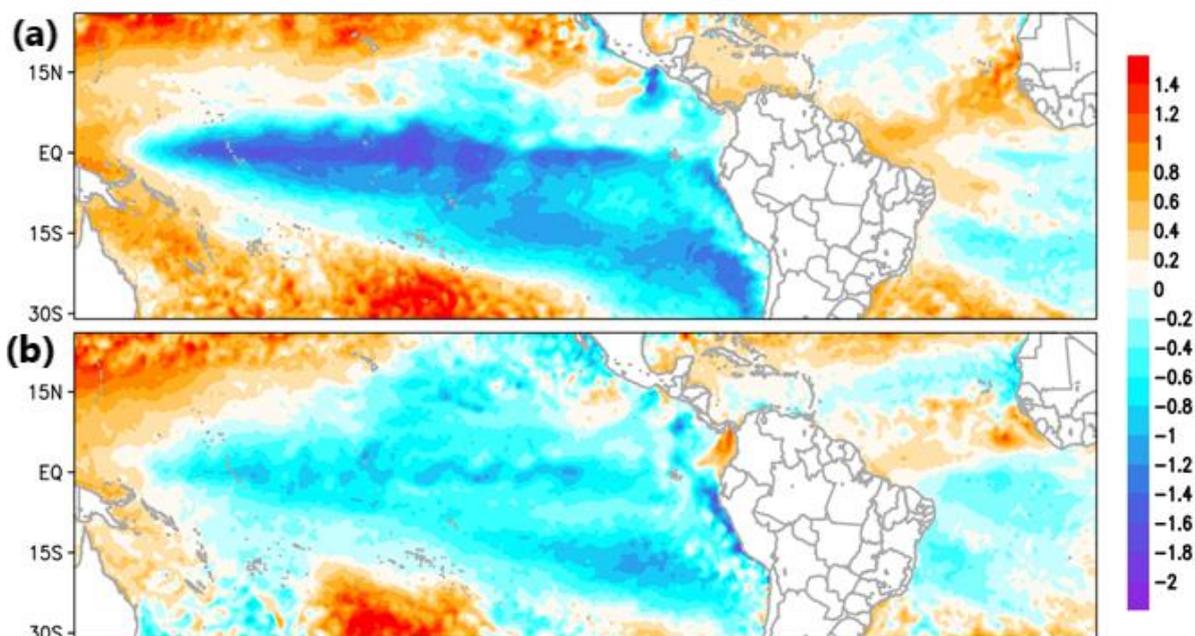


Figura 5 - Anomalia da temperatura da superfície do mar durante o evento de La Niña 2020-2021: a) Nov, Dez, Jan; b) Fev, Mar, Abr.

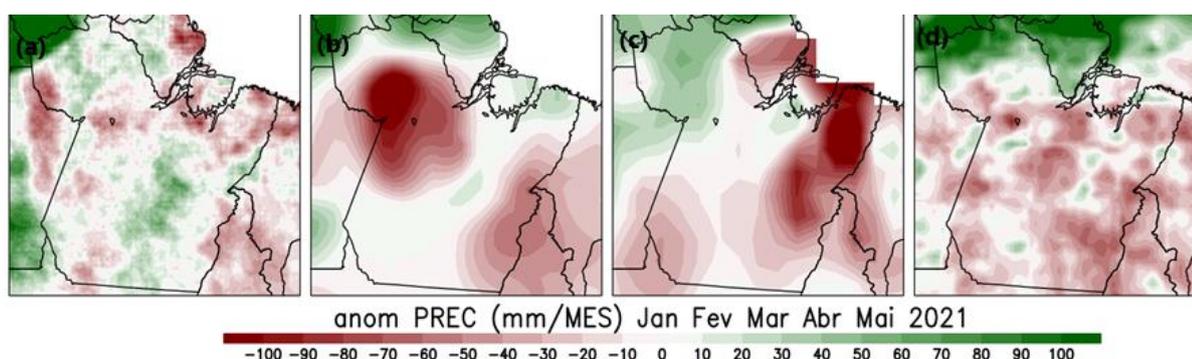


Figura 6 - Anomalia de precipitação mensal durante o evento de La Niña em quatro bases de dados de sensoriamento remoto e reanálise (ano 2021): a) CHIRPS; b) CRU; c) GPCC; d) ERA5.

## CONCLUSÃO

A análise revelou que, durante um evento de La Niña no Pacífico, observou-se um dipolo do Atlântico em suas fases negativa e positiva nos anos de 2009 e 2021, respectivamente. Esse impacto é visível nas anomalias de precipitação no estado do Pará. Portanto, a configuração espacial das anomalias positivas de chuva na Amazônia Oriental depende tanto da configuração da La Niña (anomalias negativas de TSM) no Pacífico quanto da configuração das anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico tropical.

## REFERÊNCIAS

ARAGÃO, José Oribe Rocha de. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, v. 27, n. 3, p. 839-844, 1998.

FEARNSIDE, Philip Martin. As lições dos eventos climáticos extremos de 2021 no Brasil: 1-A enchente na Amazônia. 2021. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/as-licoes-doseventos-climaticos-extremos-de-2021-no-brasil-1-a-enchente-na-amazonia/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

KAYANO, Mary T. et al. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Revista Climanalise**, v. 7, 2016.

MARENGO, José A.; OLIVEIRA, G.S. Impactos do fenômeno La-Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La-Niña 1998/1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília,DF. Anais[...]. Brasília,DF: INPE, 1998. Disponível em:  
[http://mtcm16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.30.08.07/doc/Marengo\\_Impactos%20do%20fenomeno.pdf](http://mtcm16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.30.08.07/doc/Marengo_Impactos%20do%20fenomeno.pdf). Acesso em: 23 ago. 2024.

MARENGO, José Antonio; ESPINOZA, Jhan Carlo. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 3, 2016.

PEDREIRA JUNIOR, Altemar Lopes et al. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña na sazonalidade da frequência relativa das chuvas na mesorregião Sul do Amazonas. **RBRH**, v. 25, pág. e24, 2020.

# **Google Earth Engine e Monitoramento de Uso do Solo: Potencialidades do suporte à decisão em SIG para riscos de respostas hidrológicas de chuvas na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**

**Willy César Veiga Souza <sup>1</sup>; Rafael Malheiro Ferreira <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Aluno. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Av. Brenand s/ n, Imboassica - Macaé/RJ;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Av. Aluizio da Silva Gomes, 50 - Granja dos Cavaleiros, Macaé - RJ, 27930-560

## **RESUMO**

As recentes e notórias ocorrências de inundação observadas no estado do Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024 desencadearam ampla discussão sobre risco climático, ultrapassando a esfera da comunidade científica. A crescente frequência de eventos extremos, associada a chuvas intensas, intensifica a preocupação com os riscos em áreas afetadas. O conceito de resposta hidrológica a chuvas busca sistematizar padrões identificados após eventos, ajudando na previsibilidade dos impactos, em conjunto com outras informações sobre as bacias hidrográficas. Analisando especificamente a variável de infiltração, destaca-se a importância de um diagnóstico preciso das áreas da bacia hidrográfica, considerando a cobertura e uso do solo, que são determinantes para a infiltração. Dada a necessidade de aprimorar modelos e informações sobre respostas hidrológicas, este trabalho pretende explorar os potenciais usos do sensoriamento remoto como ferramenta de gestão de bacias hidrográficas, especialmente no suporte à decisão para mitigação de riscos de eventos extremos. Com a dinâmica de usos e coberturas do solo, a aplicação de técnicas de big data através de sistemas de processamento de imagens remotas e análise de acervo histórico de imagens é essencial. O GEE oferece uma plataforma robusta para processar grandes volumes de dados geoespaciais e aplicar algoritmos de classificação para identificar diferentes tipos de cobertura do solo com base em suas assinaturas espectrais. A proposta investiga como essas classificações podem se correlacionar com respostas hidrológicas críticas, fornecendo uma base sólida para avaliar os riscos associados a precipitações intensas. Os resultados preliminares indicam que a interface entre GEE e QGIS possibilita a gestão e classificação de riscos, considerando eventos extremos e oferecendo uma ferramenta open source com grande potencial para a gestão de riscos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resposta hidrológica; Riscos climáticos; Eventos extremos; Environmental Impacts; Mudanças Climáticas

# PROVÁVEL INFLUÊNCIA DAS VÁRIÁVEIS METEOROLÓGICAS, NA INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM CRIANÇAS EM BELÉM-PA

**Gleiciane Gomes de Assunção<sup>1</sup>; Jessica Nayara Siqueira da Silva<sup>1</sup>; Luis Carlos Martins Monteiro Junior<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente . Universidade Federal do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

Este artigo objetiva analisar a relação entre as internações por doenças do aparelho respiratório relacionados com fatores meteorológicos no município de Belém/PA a partir do cruzamento de dados climáticos com os casos de internações relacionados a doenças respiratórias por residência, tendo como base os registros do DATASUS e o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) pertencentes ao INMET. Belém por apresentar climatologicamente um período chuvoso e menos chuvoso, os resultados dos dados demonstrou que durante os meses menos chuvoso, caracterizados pela baixa umidade e escassez de precipitações, ocorreu um menor registro no número de internações, com destaque, para os meses de julho e agosto, quando são registrados os menores índices de umidade do ar enquanto no período mais chuvoso ocorreu o maior número de casos de internações destacando-se no meses de março, abril e maio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Variáveis Meteorológicas; Internações Hospitalares; Doenças Respiratórias;;

## INTRODUÇÃO

Perante as evidências das mudanças climáticas globais, faz-se iminente compreender de que forma essas alterações, podem afetar na saúde humana. Estudos que relacionam as variações climáticas e ocorrências de doenças respiratórias tem sido objeto de crescente interesse científico nos últimos anos.

Ampliando a percepção de agravos à saúde para além da poluição atmosférica, a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS/2008) declara que o clima, dentre outros fatores, pode suscitar a manifestação de determinadas doenças através de seus atributos (temperatura, umidade do ar, precipitação pluviométrica, pressão atmosférica, ventos, dentre outros), que interferem no bem-estar da população.(SALES et al., 2019).

Convém ressaltar que o organismo infantil possui algumas particularidades que devem ser consideradas. A relação entre superfície corporal e peso é 2,5 vezes maior nos neonatos do que nos adultos, o que leva a uma maior área de perda de calor por unidade de peso. Tal fato, associado a uma maior velocidade de crescimento, gera taxas de metabolismo em repouso e de consumos de oxigênio por quilo de peso mais elevadas nas crianças do que nos adultos. Em condições de repouso e equilíbrio térmico, um lactente consome 7 ml.kg-1.min-1 de oxigênio, contra 3,5 ml.kg-1.min-1 nos adultos, nas mesmas condições. O volume de ar que passa pelos pulmões de um lactente é, assim, duas vezes maior que o de um adulto em repouso, por unidade de peso corporal. Isso faz com que qualquer agente químico ou variação nas condições atmosféricas atinja duas vezes mais as vias respiratórias de uma criança entre uma semana e doze meses de idade, se comparadas as de um adulto no mesmo período de tempo.(AZEVEDO et al., 2015)

## OBJETIVOS

Esse estudo teve como objetivo analisar a influência das variáveis meteorológicas nas internações por doenças respiratórias em crianças no município de Belém-PA.

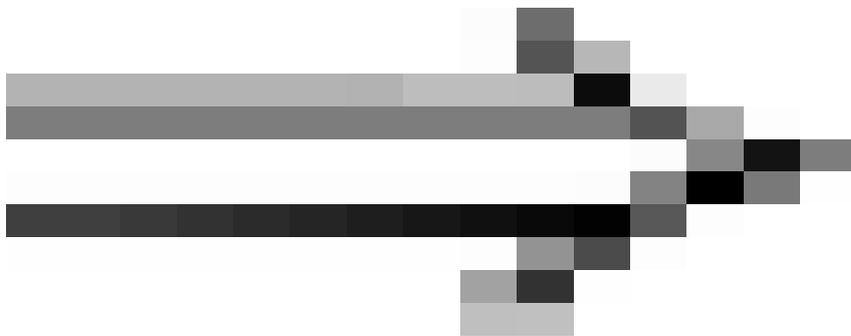
## MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo A área de estudo abrange o estado do Pará (norte do Brasil) e especificamente a sua capital Belém. O Pará é o segundo maior estado do Brasil em extensão territorial com 1.245.870,704 km<sup>2</sup>, dividido em 144 municípios. Segundo o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), a cidade de Belém, banhada pelo rio Guamá e pela Baía do Guajará é considerada a capital mais chuvosa do Brasil, com índice pluviométrico anual de 2921,9 mm/ano, possui uma área de 1.059,466 km<sup>2</sup>, é o município mais populoso do Pará e o segundo da região Norte com uma população de 1 303 403 habitante (IBGE, 2023), uma altitude de 12 metros acima do nível médio do mar, trinta e nove ilhas em seu território, situadas no oceano Atlântico e limita-se com os municípios de Ananindeua, Marituba, Santa Barbara do Pará e Barcarena, além da baía do Marajó.

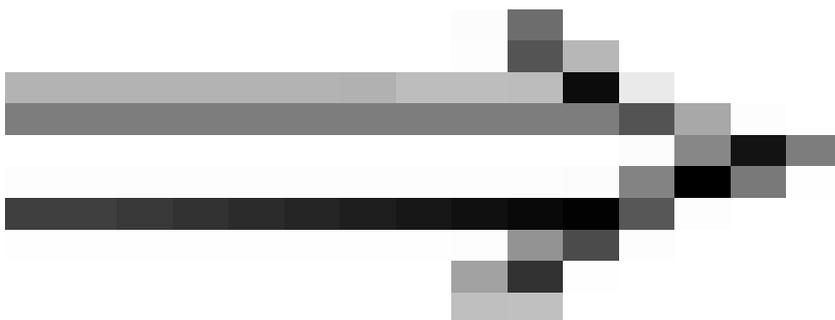
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 2 - O gráfico da variação da precipitação, umidade relativa e entre os caos interações por doenças respiratórias (CIDR) médias mensais de 2013 a 2022.

a)



b)



Analisando-se as relações das variáveis meteorológicas com as internações por doenças respiratórias, nas figuras 2a e 2b e ocorreu um menor registro no número de internações, com destaque, para os meses de julho e agosto, quando são registrados os menores índices de umidade do ar enquanto no período mais chuvoso ocorreu o maior números de casos de internações destacando-se no meses de março, abril e maio.

## CONCLUSÃO

Esses resultados confirmam que condições climáticas, especialmente a umidade e a precipitação, afetam a saúde respiratória infantil, sugerindo que ambientes mais úmidos e chuvosos podem intensificar a vulnerabilidade das vias respiratórias das crianças. A integração desses dados na gestão de saúde pública é crucial para prever surtos e alocar recursos de forma mais eficaz.

Este estudo contribui para o entendimento das interações entre clima e saúde respiratória, destacando a importância de adaptar políticas públicas para proteger a saúde das crianças frente às mudanças climáticas

## REFERÊNCIAS

DE ALMEIDA, Elton Kleiton Albuquerque; DE STEINKE, Ercília Torres. Casos de internação hospitalar por doenças do aparelho respiratório e sua relação com variáveis meteorológicas no Distrito Federal, entre 2003 e 2012. *Geografia*, v. 41, n. 1, p. 147-165, 2016.

SALES, Denise Marques et al. Clima e doenças respiratórias: inter-relações no município de Belo Horizonte (MG). 2019.

AZEVEDO, Julliana Vitorio Vieira de et al. Influência do clima na incidência de infecção respiratória aguda em crianças nos municípios de campina grande e monteiro, paraíba, brasil. *Revista brasileira de meteorologia*, v. 30, p. 467-477, 2015.

ANDRADE FILHO, V.; ARTAXO, P.; HACON, S.; CARMO, C.; CIRINO, G., Aerossóis de queimadas e doenças respiratórias em crianças, Manaus, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, p. 239-247, 2013.

CARMO, C.N.; ALVES, M.B.; HACON, S. Impact of biomass burning and weather conditions on children's health in a city of Western Amazon region. *Air Quality, Atmosphere & Health*, v. 6, n. 2, p. 517-525, 2013.

IGNOTTI, E.; HACON, S.; SILVA, A.M.C.; JUNGER, W.L.; CASTRO, H. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção dos municípios segundo indicadores de saúde. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 10, n. 4, p. 453-64, 2007.

OLIVEIRA, N.; VESSONI, A.T.; QUINET, A.; FORTUNATO, R.S.; KAJITANI, G.S.; PEIXOTO, M.S.; HACON, S.S.; ARTAXO, P.; SALDIVA, P.; MENCK, C.F.M.; BATISTUZZO, M.S.R. Biomass burning in the Amazon region causes DNA damage and cell death in human lung cells. *Scientific Reports*, v. 7, p. 10937, 2017.

SMITH, L.T.; ARAGÃO, L.E.O.C.; SABEL, C.E.; NAKAYA, T. Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. *Scientific Reports*, v. 4, p. 1-7, 2014.

**Michelen de Souza Monteiro <sup>1</sup>; Thaís Cristina Ferreira Belo <sup>2</sup>; Elorrany Vitória Santos de Jesus <sup>3</sup>; Layanna Adny Fernandes de Oliveira <sup>4</sup>; João Paulo Pamplona Mendes <sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Discente . Universidade Federal do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>2</sup>Discente . Universidade Federal do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>3</sup>Discente. Universidade Federal do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>4</sup>Discente. Universidade Federal do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>5</sup>Discente . Universidade Federal do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

Este trabalho foi elaborado para o município de Tracuateua-PA, para analisar as causas e consequências da ação pluvial dentre os anos de 1961-2020. Para tal propósito utilizamos dados de precipitação das séries climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, além da análise dos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024 (dados parciais). De maneira evidente, tivemos uma tendência de redução no regime de precipitação no município, cujo valor foi de 167 mm de redução desde a série de 1961-1990 até a última série de 1991-2020. O fenômeno La Niña foi mais intensa na estação chuvosa de 2023 e o fenômeno El Niño foi mais intenso na estação seca do referido ano. O total anual, o forte efeito de La Niña em 2022 contribuiu com um total anual de 2.628,3 mm, porém no ano de 2023, o efeito do El Niño acabou por reduzir as chuvas com total anual de 2.202,4 mm, uma diferença de 425,9 mm.

**PALAVRAS-CHAVE:** Precipitação; Séries Climatológicas; La Niña; El Niño;

## INTRODUÇÃO

O município de Tracuateua pertence à mesorregião do Nordeste do Pará, denominada Zona do Salgado e possui como característica econômica principal a agricultura familiar e se destaca na produção de feijão caupi. Pela proximidade à zona costeira do município de Bragança-PA, tem como um dos principais condicionantes das precipitações os sistemas de brisa marítima e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Boletins climatológicos registram anomalias na precipitação no Brasil em 2022-2023 (primeiros três meses do ano) com a atuação de forte La Niña e em 2023 (após a estação chuvosa), quando houve o desenvolvimento do evento denominado Super El Niño, que é singular e sua ocorrência altera o fluxo de águas pluviais na Amazônia Legal e provocaram uma seca severa nesse ano atípico de 2023 (INMET, 2023).

As análises das variáveis do ciclo hidrológico é importante para gerir os recursos hídricos e a agricultura, onde existem atividades que necessitam de um calendário regular de precipitação para manter a produtividade. O seguinte trabalho visa identificar através de análises de dados de precipitação, a ocorrência de mudanças ou variações climáticas no município de Tracuateua com base em séries históricas e realizar a comparação dessas variações para o ano de 2023 (ano anômalo) associados aos eventos de El Niño e La Niña, que somados são capazes de alterar os padrões de condições normais de águas pluviais para cada período registrado.

## OBJETIVOS

O objetivo desse estudo, é alertar os moradores de Tracuateua e órgãos públicos para os efeitos das anomalias e variabilidades climáticas, por meio das análises das séries climatológicas, que mostram os níveis de precipitação obtidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com ênfase para as variações climáticas como ocorrência de chuvas intensas ou secas que ocorrem em Tracuateua dos anos de 1961 até 2020, eventos estes que são regidos por fenômenos climáticos extremos como La Niña e El Niño, sistemas sinóticos, Zona de Convergência Intertropical e sistemas de escala regional.

## MATERIAL E MÉTODOS

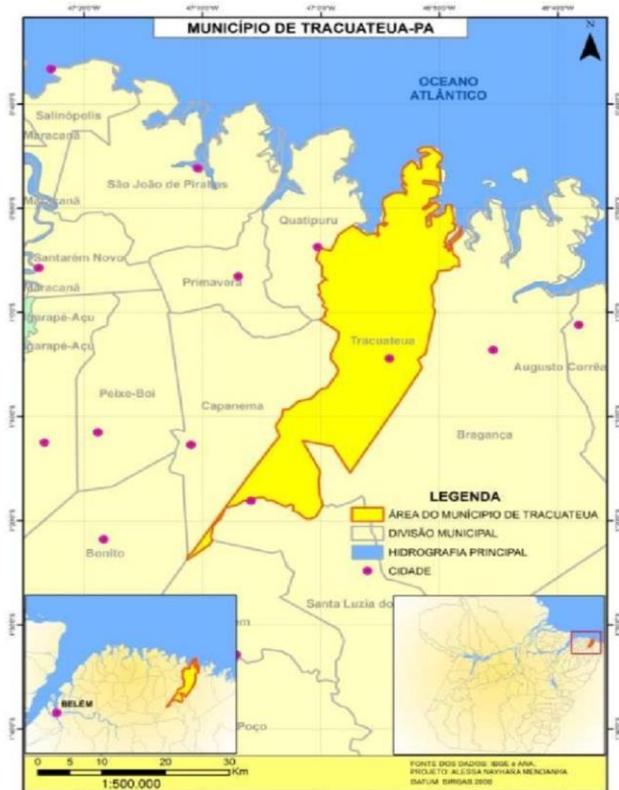
O município de Tracuateua-PA localiza-se a uma latitude 01°04'34" S e a uma longitude 46°54'11" W (Figura 1), estando a uma altitude de 20 metros e a distância da capital, Belém, é de 205,9 km. Sua população estimada em 2022 é de 28.595 habitantes e sua área territorial é de 868.025 km<sup>2</sup> o que o coloca na posição 112 de 144 entre os municípios do estado e 1593 de 5570 entre todos os municípios (IBGE, 2023). Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), desde 1980 a menor temperatura registrada em Tracuateua foi de 16,6 °C em 23 de julho de 2007, e a maior atingiu 36,6 °C em 27 de outubro de 2010. O maior acumulado de precipitação em 24 horas foi de 207,2 milímetros (mm) em 5 de maio de 2008. Outros

grandes acumulados iguais ou superiores a 150 mm foram 173,2 mm em 20 de maio de 1985, 172,2 mm em 7 de fevereiro de 1983, 167,3 mm em 4 de fevereiro de 2018 e 154,3 mm em 25 de abril de 1986.

A pesquisa explicativa e de metodologia quantitativa visa a análise de níveis de precipitação registrados em banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para o município de Tracuateua e assim analisar os dados pluviométricos que interferem no ciclo hidrológico e verificar os efeitos de eventos climatológicos específicos de ocorrência atemporal que alteraram os níveis pluviométricos na região de estudo.

A base de dados do INMET, constitui-se das séries climatológicas nos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, além dos dados de precipitação acumulada nos anos de 2021, 2022 (anos de forte La Niña), 2023, ano de ocorrência do Super El Niño, e 2024 (até o mês de julho, período de neutralidade na temperatura do oceano Pacífico).

**FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TRACUATEUA-PA**



A Tabela 1 apresenta os valores totais de precipitação acumulada para cada série climatológica para o município de Tracuateua-PA na estação chuvosa e a Tabela 2, apresenta os valores para a estação seca.

**TABELA 1- SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TRACUATEUA-PA (INMET)- PERÍODO CHUVOSO**

SÉRIES	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO
1961-1990	255,2	398,1	512,9	440,1	350,8	237,7	168,4
1981-2010	281,5	384,9	480,5	423,3	352,7	209,5	185,9
1991-2020	271,2	385,3	449,5	490,6	341,8	209,2	191,9
2021	144,4	292,4	364,2	420,6	360,3	277,3	274,3
2022	305,5	92,7	549,1	556,7	422,5	187,3	249,5

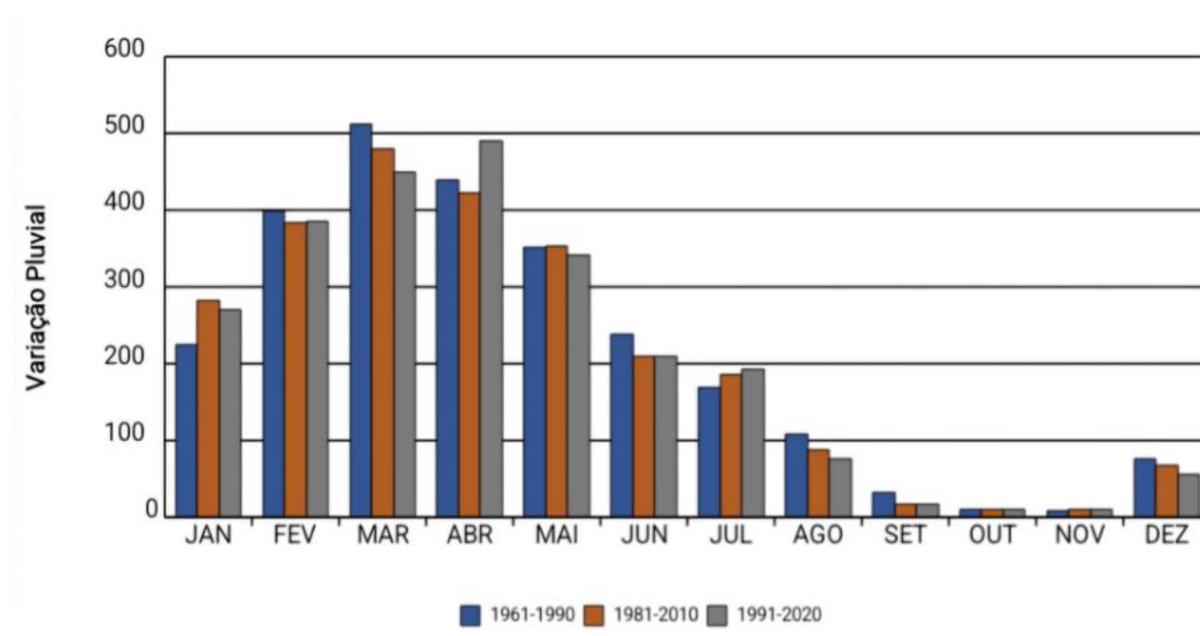
2023	193,5	316,7	428,5	476,9	257,0	337,0	137,8
2024	197,6	233,7	746,8	367,2	273,4	174,1	61,8

**TABELA 2- SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TRACUATEUA-PA (INMET) - PERÍODO SECO**

SÉRIES	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1961-1990.	107,7	32,5	9,5	8,8	75,5
1981-2010	87,5	16,5	10,7	10,2	67,0
1991-2020	76,2	16,7	10,3	12,4	56,1
2021	120,8	40,8	60,6	14,4	67,5
2022	60,4	23,8	6,2	83,5	91,1
2023	25,8	10	0,0	2,6	26,6
2024	--	--	--	--	--

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a variação da precipitação com base nas séries climatológicas do INMET. Foram feitas análises separadas das estações chuvosas dentre os anos 1961-1990, 1981-2010, 1991-2020, baseando-se nos meses de janeiro a julho e por seguinte, foram feitas as análises das estações secas dentre os anos de 1961-1990, 1981-2010, 1991-2020, baseando-se nos meses de agosto a dezembro.



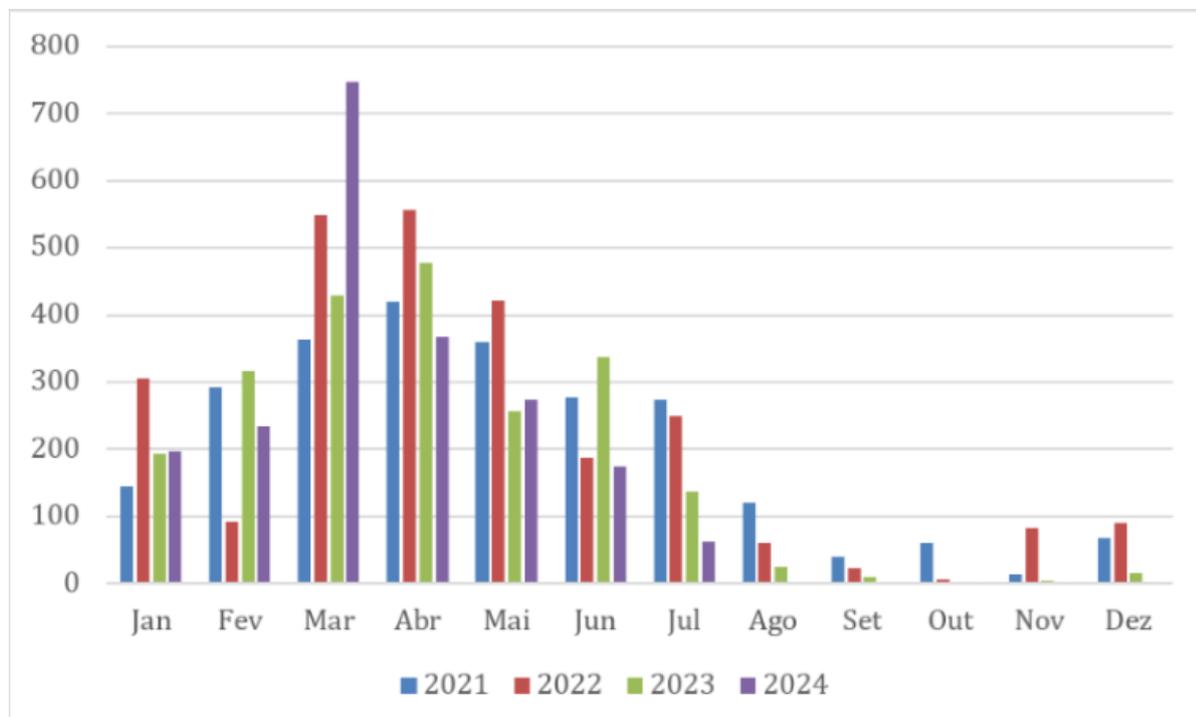
**FIGURA 2: APRESENTA A VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM TRACUATEUA-PA PARA AS SÉRIES CLIMATOLÓGICAS**

Observamos que foi caracterizada uma estação chuvosa de janeiro a julho e uma estação seca de agosto a dezembro. Na série de 1961 a 1990 a estação chuvosa totalizou 2.363,2 mm, equivalente a 83,3% do total acumulado e a estação seca, 218 mm, o que corresponde a 15,4% do total acumulado cujo o valor total é de 2.597,2 mm anuais.

Na série de 1981 a 2010 a estação chuvosa totalizou 2.318,3 mm, equivalente a 92,3% do total acumulado e a estação seca, 191,9 mm, o que corresponde a 7,7% do total acumulado cujo o valor total é de 2.510,2 mm anuais.

Na série de 1991 a 2020 a estação chuvosa totalizou 2.339,5 mm, equivalente a 96,2% do total acumulado e a estação seca, 171,7 mm, o que corresponde a 3,8% do total acumulado cujo o valor total é de 2.430,2 mm anuais. Fato interessante é a evidência de diminuição no regime da precipitação acumulada anual no município, que teve uma redução de 87 mm da série de 1981-2010 com relação à série de 1961-1990 e uma redução de 80 mm da série de 1991-2020 com relação à série de 1981-2010. Já a redução entre a série de 1991-2020 em relação à série de 1961-1990 foi de 167 mm.

A Figura 3 apresenta os totais acumulados mensais para os anos de 2021, 2022, 2023 e 2024.



**FIGURA 3: APRESENTA A VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM TRACUATEUA-PA PARA OS ANOS DE 2021, 2022, 2023 E 2024.**

Numa comparação entre fenômenos climáticos extremos, na análise do comportamento do Forte La Niña que ocorreu desde 2021-2022-2023 e influenciou no regime de chuvas na Amazônia até abril de 2023 e o Super El Niño que ocorreu a partir de junho de 2023 e atingiu até meados de fevereiro de 2024, ficou claro que fenômeno La Niña teve influência sobre a média climatológica dos quatro anos analisados. Já o Super El Niño influenciou de forma representativa de agosto até dezembro de 2023 a ponto de não ter ocorrido nenhum registro de chuva no mês de outubro. Importante compreender que a intensidade do fenômeno La Niña foi mais intensa na estação chuvosa de 2023 e o fenômeno El Niño foi mais intenso na estação seca do referido ano. Como efeito de compensação hidrológica, no total anual, o forte efeito de La Niña em 2022 contribuiu com um total anual de 2.628,3 mm, porém no ano de 2023, o efeito do El Niño acaba minimizando o total de água armazenada no balanço hídrico anual, pois o total anual foi de 2.202,4 mm, uma diferença de 425,9 mm, evidenciando o efeito considerável dos dois fenômenos, haja vista que em 2021, o total acumulado de precipitação foi de 2.437,6 mm (ano de La Niña). O ano de 2023 foi surpreendente, mostrando que o município de Tracuateua enfrentou uma estação seca bem atípica, com um período de estiagem severa na estação seca, sob efeito do Super El Niño no ano de 2023. Para a produção agrícola esse efeito é muito importante, pois interfere no calendário agrícola e obriga mais investimento em sistemas de irrigação.

## CONCLUSÃO

A análise climatológica realizada no município de Tracuateua-PA expõe a grande variação da precipitação pluvial no período chuvoso (janeiro-julho) e no período seco (junho-dezembro) e a intensificação dos mesmos durante a temporada de La Niña (2021 e 2022) e o forte El Niño (2023). Os dados revelaram que, durante os anos de La Niña, houve um aumento considerável nas chuvas nos meses iniciais do ano, contribuindo para uma maior disponibilidade hídrica no solo e favorecendo a agricultura local. Em contraste, o fenômeno El Niño de 2023 resultou em uma acentuada redução das precipitações no mesmo período, exacerbando a aridez e impactando negativamente as práticas agrícolas.

Esses resultados evidenciam a importância da monitorização climática para o planejamento agrícola e a gestão dos recursos hídricos na região. A variabilidade climática associada aos fenômenos de La Niña e El Niño deve ser considerada nas estratégias de adaptação às mudanças climáticas, uma vez que suas consequências diretas afetam não apenas a produção agrícola, mas também a segurança alimentar da população local. Recomenda-se que

futuros estudos explorem as interações entre esses fenômenos climáticos e outros fatores ambientais para uma compreensão mais abrangente dos impactos na biodiversidade e na economia regional.

Há uma tendência de redução no regime de precipitação no município de Tracuateua, cuja redução de 167 mm desde a série de 1961-1990 até a última série de 1991-2020, tem relevância científica. O fenômeno La Niña foi mais intenso na estação chuvosa de 2023 e o fenômeno El Niño foi mais intenso na estação seca do referido ano. O total anual, o forte efeito de La Niña em 2022 contribuiu com um total anual superior que em 2023, o efeito do El Niño acabou por reduzir as chuvas com total anual de 2.202,4 mm. Essa diferença também possui relevância científica estatística, pois significa uma diferença de 425,9 mm.

## REFERÊNCIAS

SANEAMENTO NO BRASIL , Informações Contextualizadas Sobre. TRACUATEUA-PA: Caracterização social, territorial e econômica. Infosanbas, 2021. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/tracuateua-pa/>. Acesso em: 12 ago. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA , Ibge . Cidades e Estados: TRACUATEUA-PA. IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/tracuateua.html>. Acesso em: 23 ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA , Inmet. Ministério da Agricultura e pecuária: Normais Climatológicas do Brasil. INMET, 2016. Disponível em: <portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 20 ago. 2024.

INMET , Bdmep. Séries Climatológicas: Precipitação Pluvial. INMET, 2021. Disponível em: <bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 09 ago. 2024.

ROSA, A. G.; PEREIRA, F. S.; COSTA, A. N. M.; PINHEIRO, C. P. S. Estudo climatológico dos eventos extremos de precipitação no município de Tracuateua, PA (Brasil). Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.1, p.192-201, 2021. DOI:<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0016>

# MUDANÇAS DE TEMPERATURA E A EPIDEMIOLOGIA DA DENGUE EM BELÉM DO PARÁ ENTRE 2014 E 2022

EMILENE MONTEIRO FURTADO SERRA <sup>1</sup>; EVERALDO BARREIROS DE SOUZA <sup>2</sup>; LUIS CARLOS MARTINS MONTEIRO JUNIOR <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Rua Augusto Corrêa, 01. Campus Universitário do Guamá. Belém, Pará, Brasil ? CEP 66.075.110;<sup>2</sup>DOCENTE. PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Rua Augusto Corrêa, 01. Campus Universitário do Guamá. Belém, Pará, Brasil ? CEP 66.075.110;<sup>3</sup>DISCENTE. FACULDADE DE METEOROLOGIA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, Setor Básico, Instituto de Geociências - Bairro Guamá - CEP 66075-110 - Belém - Pará - Brasil

## RESUMO

A dengue é uma arbovirose infecciosa que possui quatro sorotipos, pertencentes ao gênero *Flavivirus* e à família *Flaviviridae*. Qualquer alteração sistemática nas condições climáticas, pode influenciar diretamente na proliferação do mosquito e conseqüentemente, na propagação da dengue. Este estudo tem como objetivo analisar os casos positivos de dengue no município de Belém, levando em consideração os aspectos do perfil epidemiológico e sua relação com as temperaturas máxima e mínima. As análises foram realizadas para Belém, utilizando dados coletados entre 2014 e 2022. As informações epidemiológicas foram obtidas do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). A análise dos dados foi realizada com base nas informações anuais e semanais disponíveis na plataforma TABNET, acessível pelo portal do Ministério da Saúde, que faz parte do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Os dados diários de temperatura foram obtidos pela estação meteorológica convencional de Belém, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia. As temperaturas máximas (TMax) e mínimas (TMin) foram mediadas para as 52 semanas epidemiológicas de cada ano entre 2014 e 2022. Posteriormente, esses dados foram correlacionados com os dados semanais de dengue, considerando a análise epidemiológica de percentuais de sexo, raça, idade e escolaridade no município de Belém. A raça parda e o sexo masculino apresentaram um percentual maior, representando 60% dos casos. Os anos com maior número de registros foram 2015, com 1.476 casos, 2016 com 742 casos, e 2021 com 623 casos. Nos demais anos, a incidência de dengue foi geralmente baixa, com um leve aumento nas semanas 46 a 49 de dezembro nos anos de 2014 e 2022, assim como na semana 52 do mesmo mês. Observou-se que os casos de dengue tendem a aumentar conforme a temperatura diminui, sendo notável o impacto mais acentuado da temperatura máxima, que reflete o calor registrado durante a tarde pela estação meteorológica.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Aedes aegypti*; Climatologia; Arboviroses;;

## INTRODUÇÃO

A dengue é uma arbovirose provocada pela infecção de um dos quatro sorotipos do vírus da dengue, tipos 1, 2, 3 e 4, pertencentes ao gênero *Flavivirus* e à família *Flaviviridae* (Harapan *et al.*, 2020). O ciclo de transmissão da dengue é dinâmico e está relacionado a diversos fatores e condicionantes ecológicos, ambientais, socioeconômicos e climáticos, cujas interações ao longo do tempo e em diferentes locais contribuem para a complexidade do problema (Morin *et al.* (2013). A dengue é transmitida pela picada da fêmea do mosquito *Aedes aegypti*, seguindo o ciclo de transmissão entre humano/mosquito/ser humano. Os sintomas de febre aguda costumam surgir entre 3 e 15 dias após a infecção, com variação de 5 a 6 dias (Ministério da Saúde, 2005).

De acordo com Mandú *et al.* (2019) destacam que a temperatura do ar é uma das variáveis atmosféricas mais relevantes que influenciam a saúde humana. Esses pesquisadores constataram que há uma elevada incidência de doenças transmitidas por vetores, diretamente influenciadas pelas

condições climáticas. Esse fator, combinado com o intenso regime de chuvas, faz com que locais com acúmulo de água (criadouros de vetores) sejam as áreas de maior risco de exposição a doença. Quando se trata de saúde pública, especialmente ao considerar as principais doenças transmitidas por vetores, observa-se que a dengue é uma das mais vulneráveis às variações climáticas. Qualquer tipo de alteração sistemática seja ela regular ou irregular, com variações bruscas ou não nas condições climáticas pode influenciar diretamente na dinâmica de proliferação do mosquito *Aedes aegypti* e, por extensão, na disseminação do vírus da dengue (Leite, 2023).

## **OBJETIVOS**

O objetivo geral deste estudo é mapear os casos positivos de dengue no município de Belém, destacando alguns aspectos principais do perfil epidemiológico, mais críticos na incidência da doença por ano. Contemplando os seguintes objetivos específicos:

- Verificar o ano mais crítico para a análise dos aspectos do perfil epidemiológico; e a relações com Temperatura máxima e mínima;
- Analisar as relações da incidência de dengue, considerando a escala temporal das semanas epidemiológicas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As análises foram realizadas para o município de Belém, a capital do estado do Pará. De acordo com os dados do Censo de 2022, Belém abrange uma área de 1.059,466 km<sup>2</sup> e tem uma população de 1.303.389 pessoas, resultando em uma densidade populacional de aproximadamente 1.230 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2022).

Os dados são referentes ao período de 2014 a 2022, perfazendo um total de 09 anos com as seguintes informações. Foram coletadas as informações epidemiológicas sobre os casos confirmados de dengue do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Adicionalmente, foram acessados os dados anuais e semanais dos anos em questão através da plataforma TABNET, disponível no portal do Ministério da Saúde, que é parte do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) dos anos de 2014 a 2022. Os dados diários de temperatura foram obtidos pela estação meteorológica convencional de Belém, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) portal online do Banco de Dados Meteorológicos do INMET: <https://bdmep.inmet.gov.br>.

Os dados meteorológicos diários de máxima (TMax) e mínima (TMin) em Belém foram mediados para as 52 semanas epidemiológicas em cada ano de 2014 a 2022. Em seguida, tais dados foram correlacionados com os dados semanais de dengue.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Segundo a análise dos dados, total de casos da dengue de 2014 a 2022, foi de 4,632 e os anos com o maior número de incidência foi 2015, com 1.476 registros, 2016 com 742 casos, e 2021 com 623 casos.

No município de Belém, se obteve com maiores procedências em relação ao sexo, 60% do sexo feminino, em relação a raça, os dados mostram 60% são pardas, na faixa etária 20 a 39 teve 37% e o ensino médio completo 24% (Tabela 1).

Tabela 1- Perfil epidemiológico com as proporções percentuais de sexo, raça, idade e escolaridade do município de Belém.

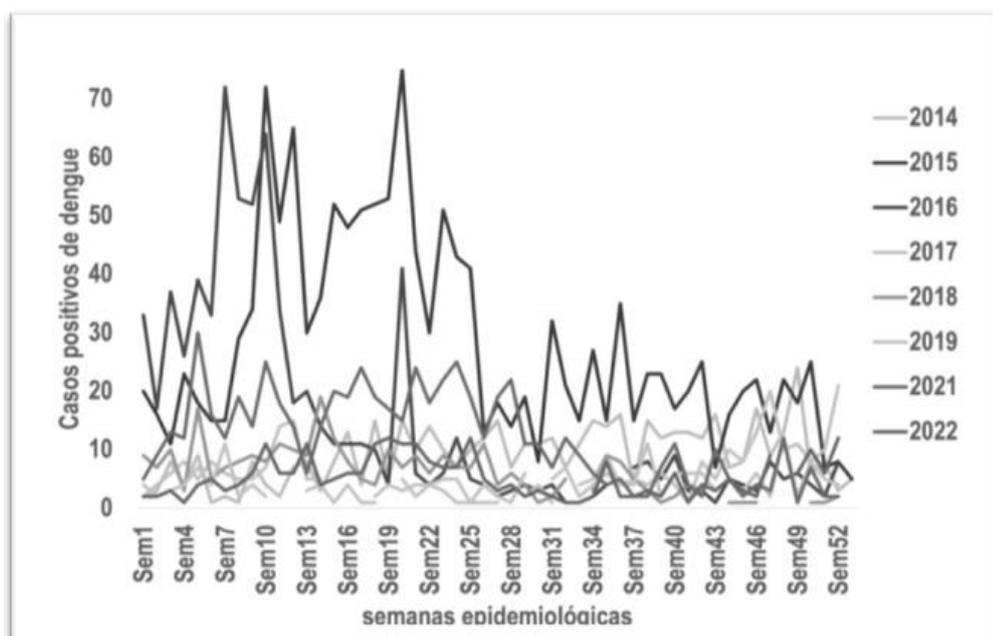
Perfil Epidemiológico

Sexo	Porcentagem	Raça	Porcentagem	Idade	Porcentagem	Escolaridade	Porcentagem
Feminino	60%	Parda	60%	<1	2%	ES c	11%
Masculino	40%	Indígena	0%	01 a 04	3%	ES i	5%
		Branca	20%	05 a 09	5%	EM c	24%
		Preta	5%	10 a 14	8%	EM i	10%
		Amarela	1%	15 a 19	9%	Ef c	4%
		I/B	14%	20 a 39	37%	EF2 i	8%
				40 a 59	27%	EF1 i	4%
				60 a 64%	4%	EF1 c	3%
				65 a 69	2%	ANALF	0%
				70 a 79	2%	I/B	24%
				>80	1%	NSA	7%

Fonte: Dados do SINAN/DATASUS processados e plotados pelo autor.

É possível ver que, em 2015, houve um aumento nos casos nas semanas 7, 10 e 19, que correspondem aos meses de fevereiro, março e maio. Em 2016, foram observados picos de casos nas semanas 7 a 10, durante os meses de fevereiro e maio. Nos demais anos, a incidência de dengue foi geralmente baixa, embora tenha havido um leve aumento nas semanas 46 a 49, em dezembro, (figura 1).

Figura 1. Casos de dengue registrados em Belém nas 52 semanas epidemiológicas dos anos de 2014 a 2022.



Fonte: Dados do SINAN/DATASUS processados e plotados pelo autor.

Os casos de dengue tendem a aumentar à medida que a temperatura diminui. Um ponto interessante é o impacto mais pronunciado da temperatura máxima, registrada pela estação meteorológica, Isso se alinha com o período em que o mosquito vetor atinge seu pico de atividade ao picar humano, a temperatura mínima não exerce influência significativa na incidência da dengue, apresentando correlações pouco relevantes, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Correlações entre os dados nas semanas epidemiológicas de 2015 e 2016 para os casos de dengue TMax e TMin considerando os lags 0 (simultâneo), lag-1, lag-2 e lag-3.

	TMax	TMin
Correl Lag0	-0,47	-0,03
Correl Lag-1	-0,46	-0,04
Correl Lag-2	-0,42	-0,02
Correl Lag-3	-0,40	-0,01

Fonte: Do autor.

## CONCLUSÃO

Em Belém, a epidemiologia da dengue mostra uma forte conexão com as variações do clima. Observa-se que a doença tem uma alta incidência principalmente durante o período de chuvas, que coincide com os picos de temperatura baixa. Logo, a variação da temperatura mínima, influencia diretamente nos casos de dengue por propiciar maior proliferação do *Aedes aegypti* por aumentar a possibilidade habitas (focos de água parada).

## REFERÊNCIAS

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. «Censo Demográfico 2022». População por Idade e Sexo - Resultados do Universo. Link: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/universo-populacao-por-idade-e-sexo>.

HARAPAN, H. *et al.* Dengue: a minireview. *Víruses*, v. 12, n. 8, e 829, 2020. <https://doi.org/10.3390/v12080829>

LEITE, Eduardo Soares et al. Análise temporal da relação entre dengue e variáveis climáticas na cidade de Uberlândia-MG. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 3. **Boletim Epidemiológico**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/>.

MANDÚ, T. B.; GOMES, A. C. D. S.; SANTOS, M. S.dos; ALFAIA, V. M.de. Efeito de condições meteorológicas em doenças respiratórias em capitais de diferentes dimensões no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 1, p. 86-100, 25 jun. 2019.

MORIN, C.W.; COMRIE, A.C.; ERNST, K. Climate and dengue transmission: evidence and implications. **Environ Health Perspect.**, v.121, n.11-12, p.1264-1272, Nov-Dec. 2013. doi: 10.1289/ehp.1306556. Epub 2013 Sep 20. PMID: 24058050; PMCID: PMC3855512.

# INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA INCIDÊNCIA DA DENGUE NO ESTADO DO PARÁ ENTRE 2014 E 2022

EMILENE MONTEIRO FURTADO SERRA <sup>1</sup>; EVERALDO BARREIROS DE SOUZA <sup>2</sup>; LUIS CARLOS MARTINS MONTEIRO JUNIOR <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestranda. PPGCA - UFPA. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66073-040;<sup>2</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - UFPA. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66073-040;<sup>3</sup>DISCENTE. FACULDADE DE METEOROLOGIA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, Setor Básico, Instituto de Geociências - Bairro Guamá - CEP 66075-110 - Belém - Pará - Brasil

## RESUMO

A dengue é uma arbovirose infecciosa provocada por um dos quatro sorotipos do vírus da dengue (DENV-1 a DENV-4), pertencente ao gênero *Flavivírus*, da família *Flaviridae*. Juntamente com a Zika e Chikungunya, são doenças transmitidas por mosquitos vetores das espécies *Aedes aegypti* e representam grandes desafios para a saúde pública. As variações climáticas podem favorecer o aumento de casos da dengue e por este motivo, a dengue é considerada uma doença sensível ao clima. O presente estudo possui como objetivo avaliar a influência do clima no aumento de casos de dengue estado do Pará entre os anos de 2014 e 2022, além de indicar os municípios com o grau de incidência mais crítica da doença. Para isso, foram adquiridos os dados epidemiológicos sobre os casos positivos de pessoas acometidas pela dengue, com informações do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) por meio do *software* TABWIN e pelo portal do Ministério da Saúde, através da plataforma TABNET do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) com disponibilidade de informações anuais e nas semanas epidemiológicas dos anos estudados. Os dados diários de precipitação (mm), foram obtidas pela estação meteorológica convencional de Belém, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o mesmo período. O mapeamento permitiu verificar que no estado do Pará, a incidência da dengue é maior nas porções central, sudoeste, sudeste e na capital, sendo que se destacam os quatro municípios mais críticos: Parauapebas, Belém, Conceição do Araguaia e Xinguara. Particularmente em Belém, considerado o segundo município mais crítico na incidência da doença no estado, a epidemiologia da dengue apresenta relações diretas com a sazonalidade climática. Inversamente, a incidência da dengue é significativamente reduzida no regime seco ou menos chuvoso, quando se verificam as temperaturas máximas elevadas e pluviometria e a umidade relativa reduzidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arboviroses; Clima; Saúde Pública;;

# ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BREVES-PA

**Tainá Aragão Brittes**<sup>1</sup>; **italo reis pereira**<sup>1</sup>; **maykol jorge santos silva**<sup>1</sup>; **joão felipe de almeida silva**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

Este trabalho foi elaborado para o município de Breves - PA, para analisar a frequência de precipitação dentre os anos de 1961-2020, para tal objetivo utilizamos dados de precipitação das séries climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, dados parciais. Desse modo, foi constatada uma tendência à redução nos níveis de precipitação no município, cujo valor total foi de 2.333,1 mm na série de 1961-1990 comparada com as demais séries de 1981-2010 (2.321,0 mm) e 1991-2020 (2.036,1 mm). Esses dados mostram que ocorre variação climática com a ocorrência de redução das chuvas ao longo das séries em 90 anos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Breves-PA; clima; índices pluviométricos;;

## INTRODUÇÃO

O município de Breves é um município brasileiro no estado do Pará e foi fundado pelos irmãos portugueses Manoel Breves e Ângelo Breves, e historicamente no ano de 1738 passou a ser chamado de "engenho de breves", em 1851 surgiu a categoria de vila e em 2 de novembro de 1982 foi elevada à categoria de cidade, sendo uma cidade da qual não é planejada e sua área verde foi diminuída com o crescimento populacional e conseqüentemente com a construção de bairros. (SANTOS; COSTA, 2022).

O município encontra-se ao sudoeste do arquipélago do Marajó, porção norte do estado do Pará-Brasil, com extensão territorial de 9.550,474 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Está situado à margem esquerda do Rio Parauaú, distante a 160 km de Belém, e seu principal meio de acesso é via transporte fluvial e por via aérea. (SILVA et al ,2017).

O clima do município é equatorial úmido, com altos índices de pluviosidade e não apresenta estação seca, possui temperatura média em torno 27,0 °C, mínima superior de 18,0 °C e a máxima de 36,0 °C, com precipitação pluviométrica média anual de 2.900 mm e a mensal de aproximadamente de 60 mm. (NEVES, 2014).

O objetivo deste trabalho é analisar a variação temporal de precipitação por meio de análises das séries climatológicas, que mostram os níveis de precipitação obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com ênfase para as variações históricas que possam apresentar alguma tendência de alteração climática.

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar a variação temporal de precipitação por meio de análises das séries climatológicas, que mostram os níveis de precipitação obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com ênfase para as variações históricas que possam apresentar alguma tendência de alteração climática.

## MATERIAL E MÉTODOS

O município de Breves-PA, localiza-se a uma latitude de 00°59'12'' S e a uma longitude de 49°56'24'' W (Figura 1), a população estimada em 2024 é de 115.051 habitantes e a densidade demográfica é estimada em 11,18 habitantes por metro quadrado o que coloca na posição

14 e 70 de 144 em comparação a outros municípios do estado e 291 e 4191 de 5570 em comparação a outros municípios do país (IBGE , 2024). Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a menor temperatura registrada no município foi de 15,0 °C em 13 de dezembro de 1973 e 5 de janeiro de 1976 e a maior temperatura foi de 38,0 °C em 13 de novembro de 1975. O maior acúmulo de precipitação em 24 horas foi de 127,8 milímetros (mm) em 5 de abril de 1974, sendo outros grandes acúmulos iguais ou superior a 100 mm foram de 111,6 mm em 17 de janeiro de 1979, 106,6 mm em 10 de janeiro de 1980 e 101 mm 3 de abril de 2007 e em março de 1988 foi o mês de maior precipitação com 614,9 mm. (INMET,2023).

Esta pesquisa de caráter explicativo e metodologia quantitativa tende a analisar níveis de precipitação registrados no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o município de Breves e então assim analisar a frequência de chuvas via dados pluviométricos e verificar os efeitos de eventos climáticos que alteram os níveis pluviométricos na região de estudo.

A base de dados do INMET, constitui-se das séries climatológicas nos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020.



FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BREVES -PA.

A Tabela 1 apresenta os valores de precipitação para cada série climatológica para o município de Breves-PA na estação chuvosa e a Tabela 2, apresenta dados para a estação menos chuvosa.

**TABELA 1 - SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BREVES - PA (INMET) - ESTAÇÃO CHUVOSA.**

Series	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho
1961-1990	306,4	302,2	339,7	325,2	3243,1	187,6	125,6
1981-2010	278,3	318,5	377,5	323,6	253,0	179,5	111,3
1991-2020	86,1	314,6	383,2	338,6	251,0	172,4	102,7

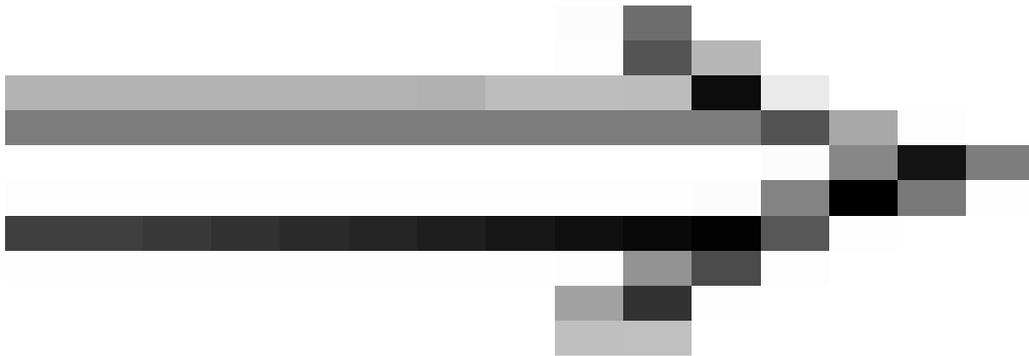
**TABELA 2 - SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BREVES - PA (INMET) - ESTAÇÃO MENOS CHUVOSA.**

Series	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1961-1990	71,3	76,2	89,5	88,1	178,2
1981-2010	63,1	60,2	69,4	87,7	198,9

1991-2020	57,1	57,4	68,1	90,6	114,3
-----------	------	------	------	------	-------

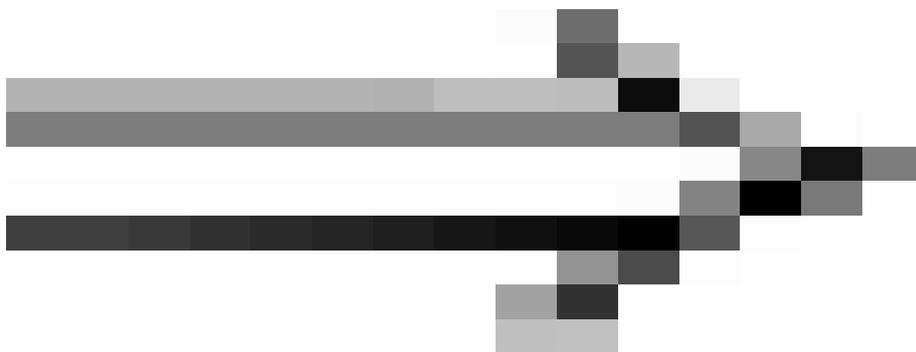
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, observa-se a variação da precipitação com base nas séries climatológicas do INMET. Foram feitas pesquisas separadas das estações chuvosas dentre os períodos 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, embasando-se nos meses de janeiro a julho e posteriormente foram feitas as análises das estações menos chuvosas dentre os períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, baseando-se nos meses de agosto a dezembro.



**FIGURA 2: APRESENTA A VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM BREVES, DE ACORDO COM AS SÉRIES CLIMATOLÓGICAS.**

Observamos que se caracteriza uma estação chuvosa de janeiro a julho, apesar de dezembro já haver um pequeno aumento nos níveis de precipitação. Na série de 1961-1990 o período chuvoso totalizou 1.829,8 mm em comparação com a série de 1981-2010, havendo uma redução na precipitação em 12,1 mm, o que não aparenta ser significativa, porém, na comparação entre a série de 1991-2020 e 1981-2010, essa redução ampliou significativamente para 284,9 mm no total anual. Entre 1961 a 2020, houve uma redução significativa de 297,0 mm na precipitação anual acumulada. Isso induz a dizer que há forte tendência de alteração climática no regime de precipitação para o município de Breves.



**FIGURA 3: APRESENTA VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO TOTAL DE PRECIPITAÇÃO PARA AS SÉRIES**

Na estação menos chuvosa, foi notado a redução significativa de chuvas nos períodos de agosto a dezembro. Na série de 1961 a 1990 os níveis de precipitação totalizaram 503,3 mm em comparação com a série de 1981-2010, em que se obteve um total de 479,3 mm e na série de 1991-2020 o total

acumulado na estação menos chuvosa foi de 387,5. Comparando com a estação chuvosa, que na série de 1961-1990 nos meses de janeiro a julho teve um total de 1.829,8 mm e 1981-2010 obteve 1.841,7 mm e 1991-2020, um total de 1.648,6 mm, fica evidente as variações de chuvas e os períodos em que ocorre maior precipitação e menor precipitação.

## CONCLUSÃO

Concluímos que a análise climatológica realizada no município de Breves-PA apresenta uma variação de precipitação com ocorrência de chuvas mais frequentes nos períodos de janeiro -julho (estação chuvosa), com ocorrência menor de precipitação, de agosto a dezembro. Os dados nos mostram que ao longo de 90 anos de dados e na análise das médias móveis do INMET, os níveis de precipitação diminuíram no município, cujo valor total foi de 2.333,1 mm na série de 1961-1990 comparada com as demais séries de 1981-2010 (2.321,0 mm) e 1991-2020 (2.036,1 mm). Esses dados mostram que ocorre variação climática com a ocorrência de redução das chuvas ao longo das séries em 90 anos.

Esses resultados encontrados demonstram a importância da pesquisa e monitoramento climático para o planejamento urbano, agrícola, gestão de recursos e navegação na região. As variações climáticas que podem ocorrer devem ser consideradas, uma vez que suas consequências afetam não apenas a população como os demais setores de produção, gestão e navegação.

Nos dados apresentados neste trabalho, na série de 1981-2010, houve uma redução na precipitação em 12,1 mm, o que não aparenta ser significativa, porém, na comparação entre a série de 1991-2020 e 1981-2010, essa redução ampliou significativamente para 284,9 mm no total anual. Entre 1961 a 2020, houve uma redução significativa de 297,0 mm na precipitação anual acumulada. Isso induz a dizer que há forte tendência de alteração climática no regime de precipitação para o município de Breves.

Portanto, sugere-se que futuras pesquisas sejam realizadas para esmiuçar essas variações climáticas e precipitações para um entendimento mais amplo da biodiversidade e impactos climáticos.

## REFERÊNCIAS

NEVES, Jéssica da Costa et al. Estudo comparativo entre a precipitação estimada por satélite (TRMM) e medida por pluviômetro no período de 2000 a 2010 para as cidades de Belém e Breves-PA. 2014.

MICHILES, Eda Marissa dos Santos. Variações Climáticas na Amazônia. **XVIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA**, 2009.

DOS SANTOS, Laurilene Pantoja; COSTA, Eliane Miranda. Narrativas sobre a urbanização na Amazônia Marajoara: as transformações da paisagem a partir das memórias de moradores de Breves-PA. **Cadernos de Estudos Urbanos**, p. 78.

DA SILVA, Fabricio Nilo Lima et al. Cenário atual da atividade aquícola familiar em comunidades no município de Breves, ilha do Marajó, Pará, Brasil. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **INMET**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 02 setembro 2024.

CIDADES IBGE BREVES. **IBGE**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/breves/panorama> . Acesso em: 02 setembro 2024.

BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS. **INMET**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>  
. Acesso em: 02 setembro 2024.

# ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS NO MUNICÍPIO DE CAMETÁ

**Naira Pinheiro do Espírito Santo<sup>1</sup>; Graziella Siqueira de Oliveira<sup>2</sup>; Átila Luiz Silva Modesto<sup>3</sup>; Adria Yasmim Souza do Nascimento<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>2</sup>discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>3</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>4</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

O estudo analisou a climatologia de Cametá, Pará, focando no comportamento da precipitação nos períodos de 1961-1990, 1981-2010, 1991-2020 e nos anos de 2021 a 2024. Observou-se que as mudanças climáticas, além dos fenômenos El Niño e La Niña, têm afetado tanto o ambiente quanto a população local, agravando os impactos das variações climáticas. O estudo destaca a necessidade urgente de políticas de mitigação e adaptação, como infraestrutura resiliente, práticas agrícolas sustentáveis, sistemas de alerta precoce e maior conscientização da comunidade para enfrentar os desafios impostos pelas condições meteorológicas extremas.

**PALAVRAS-CHAVE:** eventos; atmosféricos; la; niña; el

## INTRODUÇÃO

Cametá encontra-se numa região de fronteira conhecida como Baixo Tocantins que fica entre a Amazônia Central e Amazônia Oriental. O Baixo Tocantins integra a Bacia do Tocantins, que é a segunda mais importante do país. A Bacia do Tocantins-Araguaia constitui um dos eixos de planejamento do governo federal, com enfoque em transporte e geração de energia, o que prenuncia outros impactos sociais e ambientais para as populações locais. Já que a tempos sofre com a erosão por toda a sua encosta e vem sendo cada vez mais prejudicada pela alta variação da precipitação, colocando muitas vidas em risco.

Durante um estudo sobre Cametá notou-se que em média 7 casarões da cidade foram destruídos desde 1920 devido ao recuo da margem do rio Tocantins, esse recuo tem avançado para vias públicas e outras estruturas locais. Somando a isso, as situações de enchentes nos bairros centrais e periféricos ameaçaram a qualidade de vida dos moradores que durante o desastre perderam diversos de seus pertences e ficaram dependentes de doações para se manter. As secas de lagos Igarapés, no interior do município, também vem piorando a vida daqueles que utilizam esses canais para se locomover pela região e adquirir comida.

Diante desses ocorridos fez-se necessário uma pesquisa mais concisa, para que o assunto seja melhor trabalhado e que ações propícias possam ser realizadas após o estudo deste material. Visto que, a cerca de 90 anos a precipitação em Cametá apresenta grande variabilidade tornando os alagamentos mais agravantes nos últimos 2 anos, atingindo o dobro de ruas dos anos anteriores, e as secas no interior, que ainda nem são notadas pelos Órgãos responsáveis.

## OBJETIVOS

O seguinte trabalho visa identificar através de análises de dados de precipitação, a ocorrência de mudanças ou variações climáticas no município de Cametá com base em séries históricas e realizar a comparação dessas variações para o ano de 2023 (ano anômalo) associados aos eventos de El Niño e La Niña, que somados são capazes de alterar os padrões de condições normais de águas pluviais para

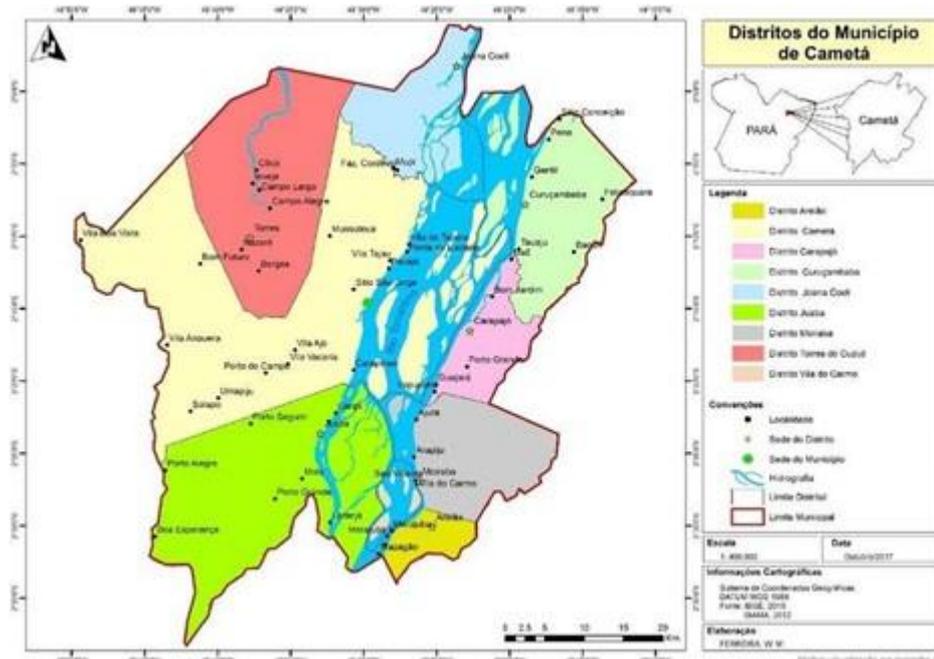
cada período registrado. Desse modo será possível identificar, com antecedência, novos riscos para as regiões amazônicas e destacar a urgência nas mudanças estruturais dessas localidades.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Cametá, no nordeste do Pará, localizado na margem esquerda do rio Tocantins (Figura 1). O município está a uma latitude 02°14'40" sul, longitude 49°29'45" oeste e a uma altitude de 10 metros. A região de Cametá abrange uma área territorial de cerca 3.081,367 km<sup>2</sup> (dados de 2022), segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e uma área urbanizada de 15,18 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019).

*Figura 1: Localização do município de Cametá e seus distritos administrativos.*



É possível verificar na figura 1 os diferentes distritos localizados na região cametaense, que costa em média cerca de 134.184 habitantes (IBGE, 2022). Além disso, o rio Tocantins é o principal canal que percorre o município com uma extensão total de aproximadamente 2.400 km (ANA, 2009).

A cidade de Cametá recebe em média cerca de 2.500 a 3.000 milímetros de chuva por ano. Esse valor é típico de regiões equatoriais e é vital para a manutenção das florestas tropicais da região. Além disso, geologia do local é caracterizada por sedimentos Pós-Barreiras arenosos por toda a costa, e ainda, encontra-se áreas inundadas como florestas de várzeas nas inúmeras ilhas e nos mangues. Nesse contexto, se entende as atividades erosivas na orla de Cametá, visto que \*o solo é menos denso e se encontra na parte côncava do rio Tocantins, sendo nesta margem o local que o rio possui maior velocidade e capacidade de remoção do material lateral e do fundo (CPRM, 2013).

### 2.2 - Coleta e preparação dos dados utilizados

Inicialmente, foi realizado uma análise das atividades climáticas e os principais impactos causados na microrregião Cametá nos últimos 90 anos. Nesse contexto, utilizou-se dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para a compreensão das variações climáticas e eventos atmosféricos atípicos. Ademais, com propósito de entender a área de estudo e suas principais estatísticas usou-se informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Em seguida, por meio do acervo encontrado no Museu Histórico de Cametá, foi possível analisar documentos e interpretar imagens para um melhor entendimento da erosão que ocorre na orla da região, suas fases críticas e algumas tentativas de contenção externa durante os anos.

Neste trabalho também foram utilizados dados bibliográficos para embasar os desastres ambientais sofridos pelas mudanças climáticas em Cametá, assim podendo haver uma análise das problemáticas enfrentadas no município. E para obter boa parte desta pesquisa se utilizou muitos trabalhos do acervo da Universidade Federal do Pará (UFPA).

A pesquisa explicativa e de metodologia quantitativa visa a análise de níveis de precipitação registrados em banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para o município de Cametá e assim analisar os dados pluviométricos que interferem no ciclo hidrológico e verificar os efeitos de eventos climatológicos específicos de ocorrência atemporal que alteraram os níveis pluviométricos na região de estudo.

A base de dados do INMET, constitui-se das séries climatológicas nos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, além dos dados de precipitação acumulada nos anos de 2021, 2022 (anos de forte La Niña), 2023, ano de ocorrência do Super El Niño.

e 2024 (até o mês de julho, período de neutralidade na temperatura do oceano Pacífico).

A Tabela 1 apresenta os valores totais de precipitação acumulada para cada série climatológica para o município de Cametá-PA na estação chuvosa e a Tabela 2, apresenta os valores para a estação seca.

**TABELA 1- SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMETÁ-PA (INMET)- PERÍODO CHUVOSO**

Séries	dezembro	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho
1961-1990	160,7	290,5	353,2	382,4	421,7	298,7	216,4
1981-2010	165,7	303,3	370,5	422,2	382,3	331,4	187,9
1991-2020	184,5	326,4	378,1	434,7	396,9	333,5	174,4
2021	184,7	497,9	272,5	431,2	266,9	352,1	240
2022	344,9	278,3	471,7	601,8	288,1	344,7	167,1
2023	160,9	393,6	359,2	663,2	268,8	313,8	196,2
2024		197,3	493,9	340,4	429,9	234,5	98,0

**TABELA 2- SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMETÁ -PA (INMET) - PERÍODO SECO**

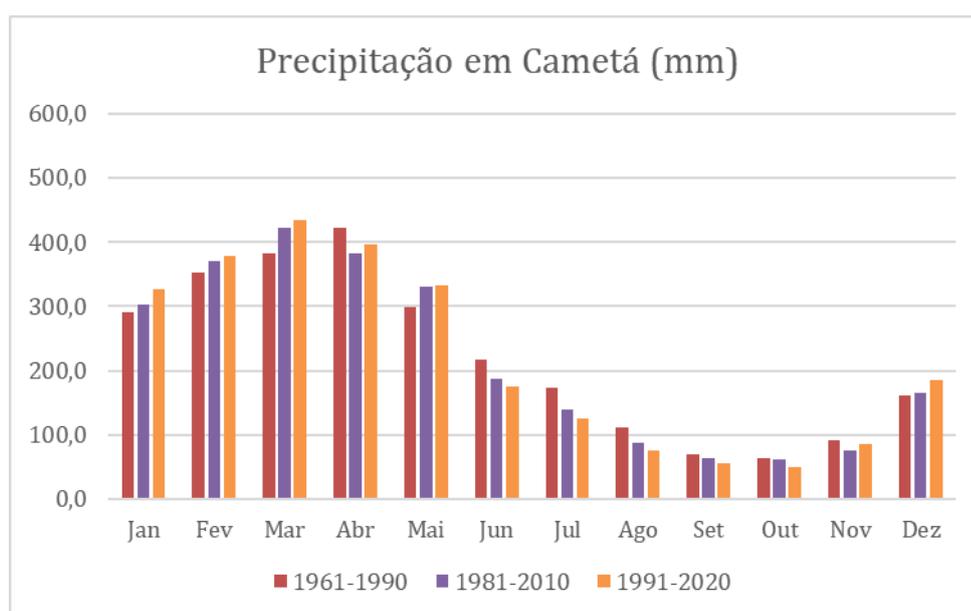
Séries	julho	agosto	setembro	outubro	novembro
1961-1990	172,8	111,3	69,4	64,1	92,3
1981-2010	139,2	88,2	63,4	61,2	76,2
1991-2020	125,1	75,1	55,4	49,6	85,3
2021	204,2	191,3	169,5	145,2	248,3
2022	75,8	32,5	47,8	28,3	82,5
2023	24,7	53,2	24,8	54,7	49,3
2024	25,5	-	-	-	-

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a variação da precipitação com base nas séries climatológicas do INMET. Foram feitas análises separadas das estações chuvosas dentre os anos 1961-1990, 1981-2010, 1991-2020, na verificação dos dados obtidos entre os anos de 1961 até 2020, com um intervalo de 30 anos, foi observado que, ao decorrer dos períodos a variação da precipitação aumentou no município de Cametá, em determinadas épocas do ano, vem se intensificar progressivamente.

A diferença de precipitação entre o mês mais seco e mais chuvoso é de 422,0 mm, sendo março o mês mais chuvoso e outubro o menos chuvoso. Nos anos de 2021 à julho de 2024, também observa-se a mudança na ocorrência de chuvas, temos como exemplo a atividade anormal no período de seca em 2021, onde se teve uma grande influência da la niña.

**FIGURA 2: APRESENTA A VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM CAMETÁ-PA PARA AS SÉRIES CLIMATOLÓGICAS.**



Observa-se que na série de 1961 a 1990 a estação chuvosa totalizou 2.123,6 mm, equivalente a 81,0 % do total acumulado e a estação seca, 509,9 mm, o que corresponde a 19,0 % do total acumulado cujo o valor total é de 2.633,5 mm anuais. Enquanto, na série de 1981 a 2010 a estação chuvosa totalizou 2.163,3 mm, equivalente a 83,0 % do total acumulado e a estação seca, 428,2 mm, o que corresponde a 17,0% totalizando 2.591,5 mm anuais. E no período de 1991 a 2020 a estação chuvosa totalizou 2.228,5 mm, equivalente a 85,0 % do total acumulado e a estação seca, 390,5 mm, o que corresponde a 15,0 % do total acumulado cujo o valor total é de 2.619,0 mm anuais.

Nota-se durante os períodos estudados que, nos meses de novembro a junho o aumento mensal se tornou progressivo e contínuo entre os anos, em contra partida, entre julho a outubro ocorreu uma diminuição evidenciando a variação da precipitação ao longo dos anos. Esse padrão sugere uma tendência, que pode se perdura nos próximos anos.

## Discussão

O aumento da variabilidade da precipitação observado em Cametá pode ser atribuído a uma combinação de fatores globais e locais. Em uma comparação entre fenômenos climáticos extremos pode-se destacar, a forte La Niña que ocorreu desde 2022 e influenciou no regime de chuvas na Amazônia até abril de 2023 e o Super El Niño que ocorreu a partir de junho de 2023 e atingiu até meados de fevereiro de 2024, ficou claro que fenômeno La Niña teve influência sobre a média climatológica dos quatro anos analisados, Já o Super El Niño influenciou de forma representativa de agosto até novembro de 2023, porém equivaleu ao ano de 2022 a ponto de não ter representação mais destacada.

### **FIGURA 3: APRESENTA A VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM CAMETÁ-PA, PARA OS ANOS DE 2021, 2022, 2023 E 2024.**

⇒

Na figura 3 é possível ver como o efeito de compensação hidrológica, no total anual, o forte efeito de La Niña em 2021 contribuiu com um total anual de 3.203,8 mm, porém no ano de 2022, houve redução para 2.963,5 e o ano de 2023, sob o efeito do El Niño acaba minimizando o total de água armazenada no balanço hídrico anual, pois o total anual foi de 2.562,3 mm, uma diferença de menos 240,3 mm (entre os anos de 2022 e 2021), menos 401,2 mm (entre os anos de 2023 e 2022) e menos 641,5 mm (entre os anos de 2023 e 2021), evidenciando o efeito considerável dos dois fenômenos, haja vista que em 2021, o total acumulado de precipitação foi de 3.203,8 mm (ano de La Niña). O ano de 2022 (La Niña) totalizou 2.963,5 mm e foi surpreendente o ano de 2023, com um total de 2.562,3 mm, mostrando que o município de Cametá enfrentou uma estação seca não muito atípica, com um período de estiagem moderada na estação seca, sob efeito do Super El Niño. Essas variações de precipitação podem interferir na biodiversidade, agricultura e vida cotidiana em Cametá.

### **TABELA 3. Distribuição de percentual de precipitação nas estações seca e chuvosa.**

Média percentual da precipitação em Cametá		
anos	Seca	Chuvosa
2021	29,92%	78,08%
2022	9,01%	90,99%
2023	8,06%	91,94%

Na tabela acima, a representação do período chuvoso e seco demonstra alta variação de precipitação nos últimos anos, por conta da chegada da La Niña em 2021 e sua permanência até 2023 tendo seu percentual na colocação dos efeitos nos períodos de menos precipitação entre estes três anos, adicionando o El Niño que se iniciou em 2023, agravando o desequilíbrio climático no município.

Desta forma, os efeitos negativos que atingem os moradores de Cametá são diversos, principalmente em regiões com aspecto rural, sendo prejudicial para indivíduos que se encontram em situações vulneráveis, desfavorecendo a qualidade de vida da população local.

## **CONCLUSÃO**

O estudo climatológico realizado no município de Cametá revelou uma série de padrões climáticos que estão intrinsecamente ligados aos desastres ambientais na região. Observou-se que as variações sazonais, juntamente com eventos extremos como chuvas intensas e períodos prolongados de seca, têm impactos significativos na comunidade local, afetando a infraestrutura, a economia e a qualidade de vida dos moradores.

A análise dos dados históricos de precipitação indicou um aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, o que corrobora com as tendências globais de mudanças climáticas. Em Cametá, isso se manifesta na forma de enchentes, erosão costeira e períodos de seca, que não apenas causam danos materiais, mas também ameaçam a segurança e a saúde pública.

Em suma, o estudo enfatiza a importância de uma abordagem integrada que combine ciência climática, planejamento urbano e participação comunitária para enfrentar os desafios impostos pelos desastres ambientais em Cametá. Com uma análise adequada dos estudos feitos no local e esforços colaborativos, é possível minimizar os danos e construir uma sociedade mais preparada para enfrentar essas adversidades.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento especial ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que sempre contribui para melhorias dos estudos meteorológicos.

## **REFERÊNCIAS**

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). (2024). Série histórica de dados meteorológicos.

Disponível

em: [https://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera\\_serie\\_txt.php?&mRelEstacao=82263&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/05/1970&mRelDtFim=31/12/2018&mAtributos=,1](https://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt.php?&mRelEstacao=82263&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/05/1970&mRelDtFim=31/12/2018&mAtributos=,1). Acesso: 10 ago.2024.

SILVA, Yan. Clima Cametá. Disponível em: <https://www.clima.today/BR/PA/Cameta/>. Acesso em: 10 ago.2024.

Andrade, V. M. S.; Cordeiro, I. M. C. C.; Schwartz, G.; Vasconcelos, L. G. T. R.; Oliveira, F. A. (2024). Livro Nordeste II: Considerações sobre Clima e Aspectos Edafoclimáticos da Mesorregião Nordeste Paraense. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1073630/1/LivroNordeste2.pdf>. Acesso em: 12 ago.2024.

Meteored Tempo.com. Cametá. Disponível em: <https://www.tempo.com/cameta-1488434.htm>. Acesso em: 12 ago. 2024.

IBGE. Base de dados dos Municípios 2010-2014

Disponível em: [https://ibge.gov.br/Pib\\_Municipios/2014/base/base\\_de\\_dados\\_2010\\_2014.xls](https://ibge.gov.br/Pib_Municipios/2014/base/base_de_dados_2010_2014.xls).  
Acesso em: 10 ago.2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL(INPE)- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC.

Disponível em:<https://www.cptec.inpe.br/pa/cameta>.

## **Impactos do El Niño no Regime Chuvoso da Amazônia Oriental**

**Jessica Nayara Siqueira da Silva <sup>1</sup>; Gleiciane Gomes de Assunção <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### **RESUMO**

O evento El Niño, ocasiona várias modificações globais ,incluindo alterações climáticas, principalmente no regime de chuvas da Amazônia Oriental ,esses impactos podem ter efeitos de longo prazo em várias áreas como na biodiversidade, nos recursos naturais e na vida das pessoas que são dependentes da Amazônia. De modo geral ,os acumulados de chuva ficam próximos ou abaixo da média na região Norte no período de atuação do sistema ,além disso houve aumento das temperaturas em relações as fases neutras ou fase de La Niña. De acordo com nota técnica do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e Organização Meteorológica Mundial(WMO), o ano de 2023 mostrou um dos 5 El Niño de maior intensidade já registrado. Logo levar em consideração a importância de analisar as consequências para a região Norte ,mostrar as mudanças no regime chuvoso da Amazônia Oriental com ênfase no estado do Pará.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia; Chuva; El niño;;

## **Análise dos Storm Tracks no Hemisfério Sul em cenários de mudanças climáticas**

**Jeferson Prietsch Machado**<sup>1</sup>; **Renato Ramos da Silva**<sup>2</sup>; **Jaci Maria Bilhalva Saraiva**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal do Rio Grande. Avenida Itália Km 8 - Campus Carreiros;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Trindade

### **RESUMO**

As condições de tempo e clima ao redor de todo o globo são fortemente influenciadas pela atuação de sistemas de escala sinótica tais como os ciclones extratropicais. Sob esse ponto de vista, torna-se importante a realização de estudos relativos ao seu processo de ciclogênese, abrangendo desde os principais mecanismos responsáveis pela sua formação como a instabilidade baroclínica, até a climatologia associada às regiões preferenciais de formação denominadas de storm tracks. Além disso, torna-se bastante relevante a resposta desta atividade baroclínica em cenários de mudanças climáticas. É importante destacar que as regiões preferenciais de formação e atuação dos ciclones extratropicais ocorrem na região do Atlântico Sudoeste. Este setor do Atlântico envolve uma das regiões oceânicas mais energéticas do planeta, a Confluência Brasil-Malvinas (CBM). Mudanças na temperatura do ar e da TSM podem alterar o posicionamento da separação da CBM e, conseqüentemente alterar a região preferencial de atuação dos ciclones extratropicais. Diante do exposto, foi realizado um estudo climatológico dos storm tracks para o Hemisfério Sul e analisou o comportamento sazonal desta atividade baroclínica em cenários de aquecimento global, a partir de modelos que integram o CMIP6. As análises dos storm tracks foram realizadas a partir do cálculo de energia cinética. A determinação da atividade baroclínica seguiu os Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) para os modelos pertencentes ao CMIP6.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciclones Extratropicais; Climatologia; IPCC;

### **INTRODUÇÃO**

Os ciclones extratropicais são responsáveis por transportar calor e umidade em direção aos polos (Peixoto e Oort, 1992), representando um importante mecanismo no balanço de energia e vapor d'água na atmosfera. Assim, os ciclones extratropicais atuam no sentido de minimizar o gradiente de temperatura entre o equador e a região polar a partir do fluxo de calor que se propaga em direção ao polo (Yin, 2005).

As regiões preferenciais de formação dos ciclones extratropicais, conhecidas como storm tracks (ST) (Blackmon et al., 1977), contribuem diretamente nas condições de tempo e clima, pois causam mudanças na temperatura do ar, ventos e grandes volumes de precipitação. Os ST também desempenham um papel fundamental na circulação geral da atmosfera através de sua forte influência nas trocas de calor vertical e horizontal, vapor de água e momento (Lau, 1988; Justino, 2004). De acordo com Blackmon et al. (1977), os ST são regiões que apresentam máxima variância de altura geopotencial na média e alta troposfera, decorrentes de distúrbios de período de aproximadamente uma semana (Hoskins e Valdes, 1990; Justino et al., 2005). Já Berbery e Vera (1996) mencionam que a Instabilidade Baroclínica (IB) é importante para geração dos storm tracks. Este tipo de instabilidade ocorre em latitudes médias, nas chamadas zonas baroclínicas, onde localizam-se os máximos gradientes horizontais de temperatura em larga escala e, conseqüentemente, onde observam-se os jatos na alta troposfera. Para Holton (2004), a IB constitui-se na principal fonte de energia para os distúrbios de escala sinótica em latitudes médias, sendo o mecanismo responsável no desenvolvimento de sistemas de escala sinótica nessas regiões.

O estudo dos ST no Hemisfério Sul (HS) em comparação com o Hemisfério Norte (HN) apresenta alguns facilitadores, conforme apontado por Berbery e Vera (1996) e Trenberth (1991), devido à ausência de um contraste superficial zonal mais pronunciado em virtude da distribuição de terra-oceano, tornando mais clara a relação entre o escoamento médio e os distúrbios sobre os ST.

Para o HN há estudos relacionando, por exemplo, a IB e os ST com o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), principalmente para a região do Pacífico Norte (Leung e Zhou, 2016) e de Eichler e Higgins (2006), sendo que este último inclui a climatologia e a frequência e intensidade sazonal da atividade ciclônica e a relação com o ENOS. Eichler e Higgins (2006) destacam, a partir de dados de reanálise, que há um aumento na atividade dos ST bem como um deslocamento das tempestades em direção ao equador durante a fase positiva do ENOS.

Já para o HS há poucos trabalhos que avaliam a IB e os ST. Rao et al. (2003) e Carmo e Souza (2009) analisaram, respectivamente, a relação da Oscilação Antártica e o papel da temperatura da superfície do mar (TSM) com os ST. De acordo com Carmo e Souza (2009), durante eventos de La Niña, há um deslocamento para sul dos ST em relação à sua posição climatológica, principalmente no Índico e no Pacífico Oeste. Outros estudos avaliam os ST no HS do ponto de vista Lagrangeano, por exemplo, Reboita et al. (2015) determinaram a climatologia de ciclones extratropicais no HS utilizando um algoritmo de identificação e rastreamento de ciclones. Além disso, os autores avaliaram a relação do ENOS com os ciclones. Foi mostrado que o ENOS não afeta o número de sistemas, mas a posição preferencial dos ciclones extratropicais.

Com relação a estudos que avaliam a IB e os ST no HS em cenários de mudanças climáticas, destaca-se Machado et al. (2012) e Machado et al. (2016). De acordo com os autores, condições mais quentes no HS, favoreceriam a uma redução do gradiente térmico entre os polos e a região equatorial com uma consequente redução da atividade baroclínica. Entretanto, os modelos acoplados utilizados eram de baixa resolução. Recentemente, Freitas et al. (2018) utilizaram o Modelo ECHAM5-MPI-OM para avaliar a trajetória e intensidade dos ciclones extratropicais em cenários de aquecimento global no HS. De acordo com os autores, as trajetórias de ST podem ser afetadas por modificações na distribuição espacial, movendo-se para Sul em direção ao polo. Os resultados também indicaram que variações na cobertura de gelo marinho e temperatura da superfície do mar são fundamentais na distribuição da atividade ciclônica em condições climáticas futuras. De acordo com Reboita et al. (2018), ao utilizar uma abordagem Lagrangeana com dados do Regional Climate Model (RegCM4), em um cenário de mudança climáticas (RCP8.5), ocorrerá uma diminuição na frequência anual dos ciclones extratropicais na região do Atlântico Sudoeste.

Dessa forma, objetivando o constante avanço no entendimento acerca das condições que influenciam o comportamento do tempo e do clima, fica evidente a relevância da realização de estudos climatológicos sob condições atuais futuras que envolvem o comportamento dos ST e dos mecanismos envolvidos na formação de ciclones extratropicais. Além disso, fica evidente que há poucos estudos que avaliam a IB e os ST no HS, tanto relacionado à climatologia como em cenários de aquecimento global. Nota-se que o estudo proposto é diferente de Reboita et al. (2015) e Reboita et al. (2018) no sentido de usar uma análise Euleriana, enquanto os citados utilizaram análise Lagrangeana, e não enfocaram a instabilidade baroclínica.

Diante do exposto, nota-se a existência de trabalhos que abordam a atividade baroclínica em ambos os Hemisférios, principalmente no HN. Entretanto, surge o questionamento deste projeto avaliar os ST no Hemisfério Sul. Logo, avaliar o comportamento dos ST na atualidade e em cenários de mudanças climáticas é de extrema importância. Mudanças na temperatura do ar e da TSM podem alterar o posicionamento da separação da CBM e, conseqüentemente alterar a região preferencial de atuação dos ciclones extratropicais.

## **OBJETIVOS**

O objetivo geral deste projeto será de realizar um estudo climatológico dos Storm Tracks para o Hemisfério Sul e analisar o comportamento desta atividade baroclínica em cenários de aquecimento global, a partir de modelos pertencentes ao CMIP6.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ERA5 é o mais recente projeto de reanálise, 5<sup>o</sup> geração do ECMWF e tem resolução de aproximadamente 30 km, com 137 níveis atmosféricos desde a superfície (10 m) até 80 km, atingindo 0,01hPa. Além dos dados de temperatura potencial que são dados 3D, ele usa também dados em 2D, como radiação no topo da atmosfera, e precipitação, interpolados na toda a coluna atmosférica. Atualmente estão disponíveis dados de saídas horárias a partir de 1979 até os dias atuais em <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=overview>.

Dados de simulações de modelos que integram o CMIP6 para cenários de mudanças climáticas foram utilizados para o cálculo da atividade baroclínica no Hemisfério Sul. Esses modelos foram selecionados na primeira etapa do projeto, a partir de uma revisão bibliográfica e da condição de disponibilidade de dados diários de vento (componente zonal e meridional) em 500 hPa (Tabela 1). As projeções para os modelos do CMIP6 consideram os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5. Desta forma, a Instabilidade Baroclínica (IB) e os Storm Tracks (ST) foram determinados para um cenário intermediário e um cenário com emissões de gases do efeito estufa muito alta.

Tabela 1- Modelos climáticos que pertencem ao CMIP6 com dados diários disponíveis

GCM	Institute and country of origin	Horizontal resolution (lon. X lat.)
ACCESS-CM2	Australian Community Climate and Earth System Simulator, Australia	1.9° x 1.3°
CESM2	Community Earth System Model, USA	1.3° x 0.9°
CMCC-ESM2	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Italy	1.3° x 0.9°
GFDL-ESM4	NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA	1.3° x 1.0°
HadGEM3-GC31-LL	UK Met Office Hadley Centre, UK	1.9° x 1.2°
IITM-ESM	Center for Climate Change Research, Indian Institute of Tropical Meteorology Pune, India	1.9° x 1.9°
INM-CM5-0	Institute of Numerical Mathematics of the Russian Academy of Sciences, Russia	2.0° x 1.5°
IPSL-CM6A-LR	Institut Pierre Simon Laplace, France	2.5° x 1.3°
KACE-1-0-G	National Institute of Meteorological Sciences (NIMS) and Korea Meteorological Administration (KMA), Korea	1.9° x 1.3°
MPI-ESM1-2-LR	Max Planck Institute for Meteorology, Germany	1.9° x 1.9°
MRI-ESM2	Meteorological Research Institute, Japan	1.1° x 1.1°
NorESM2-MM	Norwegian Climate Center, Norway	1.3° x 0.9°
UKESM1-0-LL	UK Earth System Modelling project, UK	1.9° x 1.3°

As análises dos ST serão a partir do cálculo de energia cinética ( $m^2s^{-2}$ ) para o nível de 500 hPa, a partir dos quais estima-se sua localização e intensidade.

$$\text{Energia cinética} = 0.5(u^2+v^2)$$

As variáveis  $u'$ ,  $v'$  representam, respectivamente, as componentes zonal e meridional do vento em 500 hPa. Ressalta-se o fato de que para a realização desses cálculos, todos os dados envolvidos serão previamente submetidos a um processo de filtragem, de modo que os resultados obtidos sejam indicativos de sistemas meteorológicos com duração menor que sete dias. Comumente, realiza-se a filtragem de uma série temporal com o intuito de remover determinadas frequências mantendo ou acentuando outras. Esse procedimento permite que as frequências de interesse, sejam isoladas daquelas que não o são. Assim a depender das frequências à qual o processo de filtragem objetiva remover, o filtro será denominado de "filtro passa-alta" (quando remove as baixas frequências), "filtro passa-baixa" (quando remove as altas frequências) ou "filtro passa-banda" (quando são retiradas tanto altas quanto baixas frequências, permanecendo inalteradas apenas aquelas de interesse). Para a realização do processo de filtragem, entretanto, faz-se necessário que as diferentes frequências que compõem uma data série temporal estejam evidenciadas, motivo pelo qual utilizou-se como ferramenta o processo de análise de ondaletas (em inglês, Wavelet).

Logo, será possível determinar o impacto do aumento do CO<sub>2</sub> na atividade baroclínica do Hemisfério Sul em diferentes condições, ou seja, um cenário intermediário (SSP2-4.5) e o outro com emissão de CO<sub>2</sub> muito alta (SSP5-8.5) e o último com o dobro de CO<sub>2</sub> de forma contínua. Para testar a significância estatística das anomalias será realizado o Test-t de Student ao nível de confiança de 95% (Wilks, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, apresenta-se resultados referentes a climatologia da energia cinética para a reanálise ERA5 (Figura 1). Ressalta-se os maiores valores de energia cinética para a reanálise ERA5, entre 45°S e 60°S de latitude, com máximos durante o outono e o inverno no Hemisfério Sul, período em que os ventos de oeste em médios e altos níveis estão mais intensificados e há maior atividade dos ciclones extratropicais.

Destaca-se que os valores encontrados para a energia cinética na reanálise ERA5 são bem superiores aos valores encontrados em estudos anteriores, realizados com modelos de menor resolução (Machado et al., 2012; Machado et al., 2016; Dos Santos et al., 2023). Logo, fica evidente que a maior resolução horizontal associada ao ERA5 (31 km) representará melhor os eventos de escala sinótica que foram filtrados no cálculo da energia cinética. Entretanto, os modelos que compõem o CMIP6 possuem menor resolução horizontal e vertical (entre 100 e 200 km de resolução horizontal), se assemelhando a reanálises do NCEP/NCAR. Neste contexto, a Figura 2 mostra a energia cinética média (ENSEMBLE) considerando o cálculo sazonal de todos os modelos do CMIP6 utilizados neste estudo (Tabela 1). Logo, é possível observar que a simulação para o clima presente (Historical) apresenta o mesmo padrão sazonal da reanálise ERA5, com os valores mais intensos entre 45°S e 60°S. Entretanto, os valores são subestimados em relação ao ERA5.

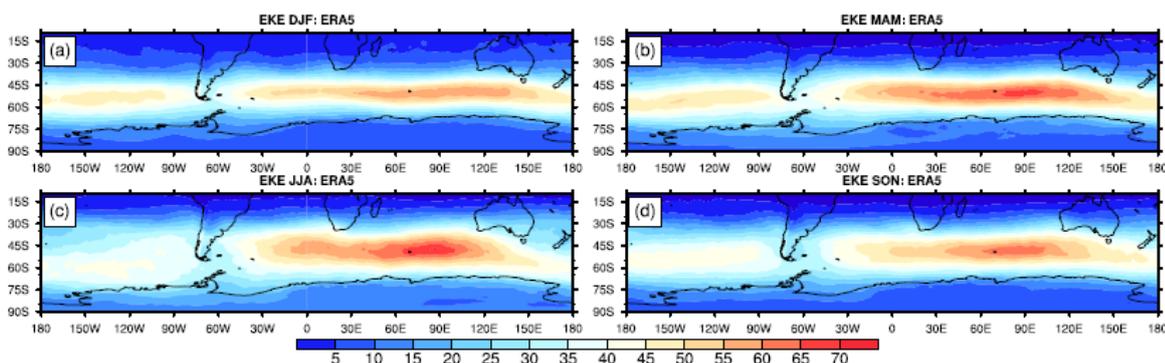


Figura 1: Energia cinética ( $m^2/s^2$ ) calculada a partir dos dados de reanálise ERA5, sendo (A) - DJF, (B) - MAM, (C) - JJA e (D) - SON.

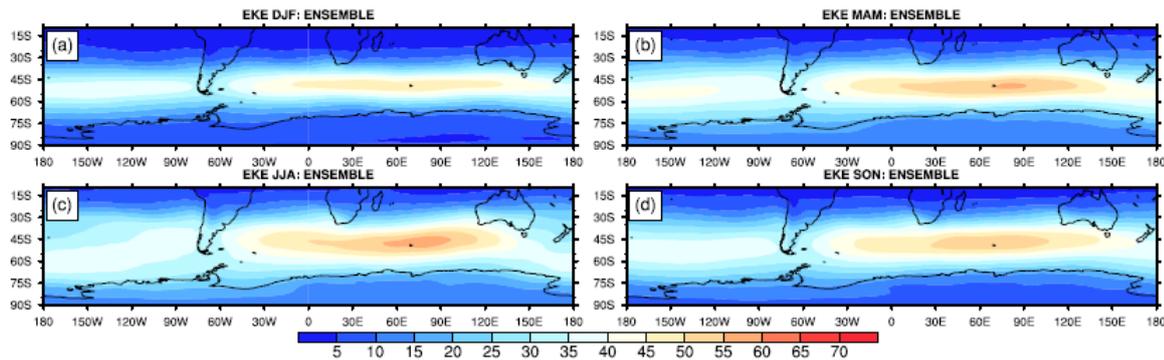


Figura 2: Energia cinética ( $m^2/s^2$ ) calculada a partir da média dos modelos do CMIP6 (ENSEMBLE), sendo (A) - DJF, (B) - MAM, (C) - JJA e (D) - SON.

Logo após, foram realizados os cálculos da energia cinética em 500 hPa para todos os modelos do CMIP6 mostrados na Tabela 1, considerando os cenários intermediário (SSP2-4.5) e extremo (SSP5-8.5). As diferenças entre os cenários e as simulações Historical são mostradas para DJF (Figura 3) e JJA (Figura 4) para o cenário SSP2-4.5. Ressalta-se que, de um modo geral, os modelos indicam um deslocamento dos storm tracks para latitudes mais altas do Hemisfério Sul, tanto para DJF como para JJA. Em uma condição de aquecimento indicado nas projeções futuras, há uma redução no gradiente de temperatura polo-equador, fazendo com que os ventos de oeste se desloquem mais para sul no Hemisfério Sul.

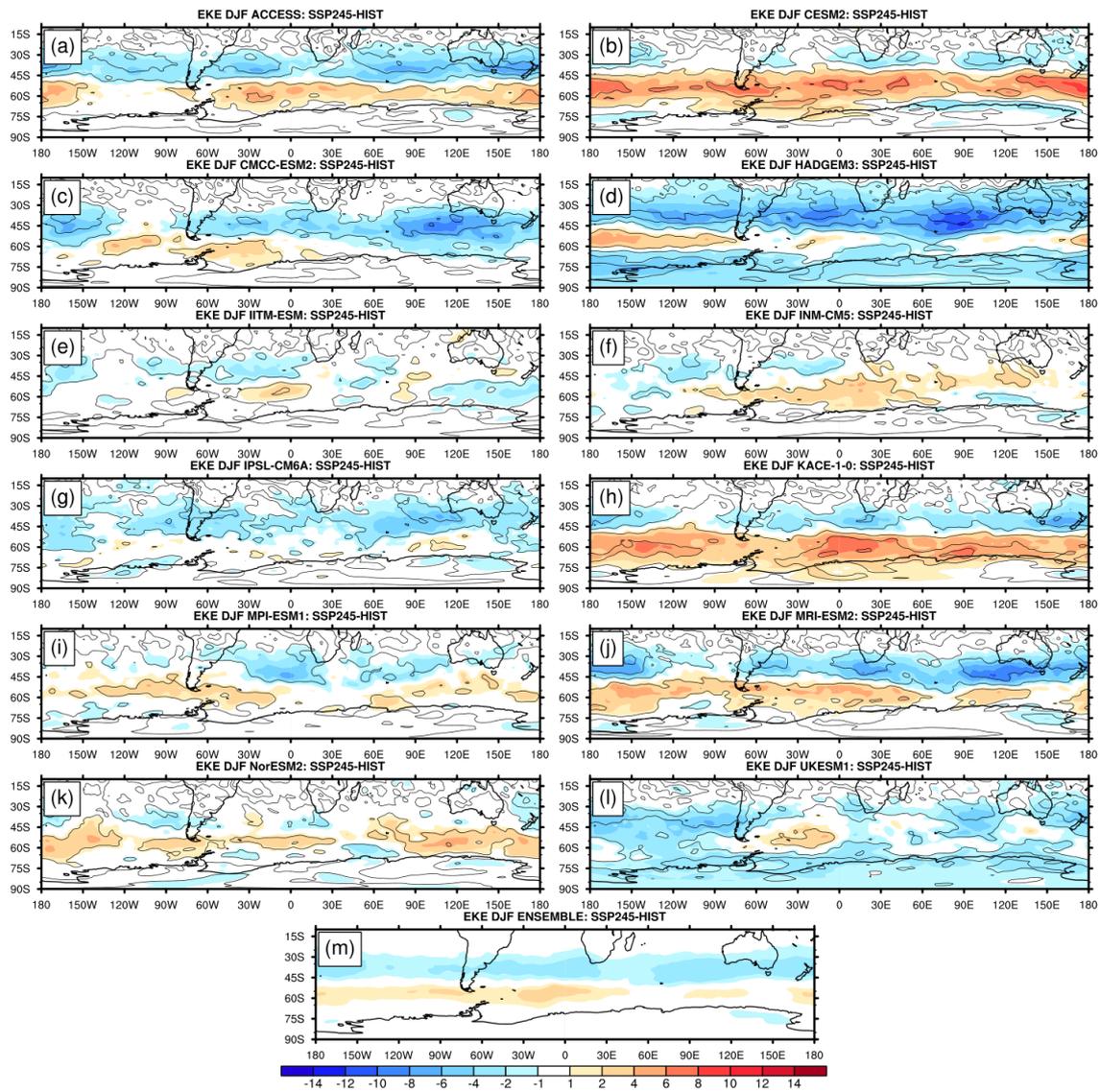


Figura 3: Diferença de Energia cinética ( $m^2/s^2$ ) entre as simulações do CMIP6 (Historical- SSP2-4.5) para DJF. Os contornos representam a significância estatística de 95% associada ao teste-t.

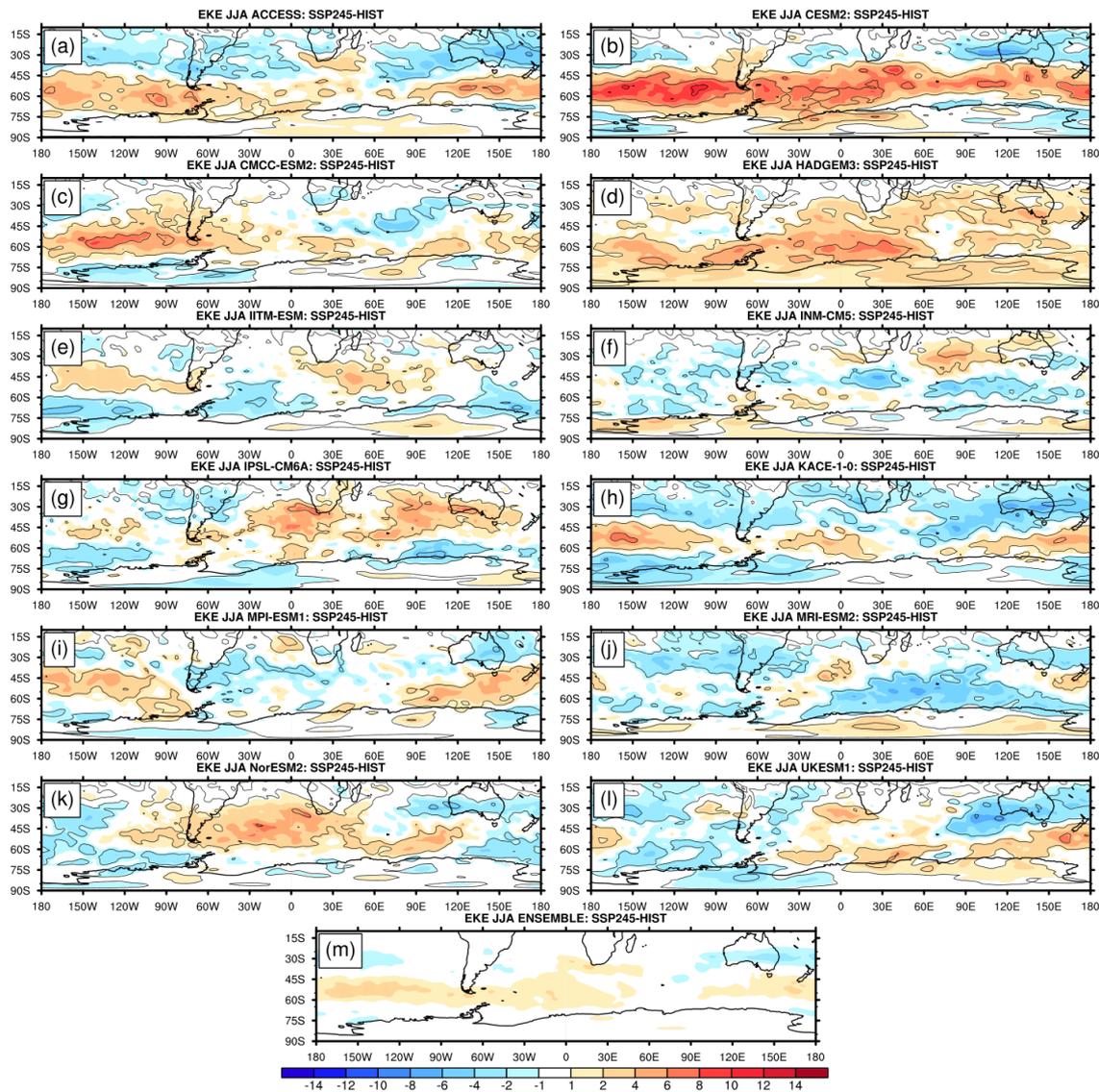


Figura 4: Diferença de Energia cinética ( $m^2/s^2$ ) entre as simulações do CMIP6 (Historical- SSP2-4.5) para JJA. Os contornos representam a significância estatística de 95% associada ao teste-t.

A seguir, é mostrada a diferença da energia cinética para DJF (Figura 5) e JJA (Figura 6), considerando o cenário SSP5-8.5. Neste cenário mais extremo de emissão de  $CO_2$ , foi considerado o modelo GFDL-ESM4, o qual não fez parte do cenário intermediário. No cenário SSP5-8.5, fica evidente a intensificação da energia cinética (anomalias positivas) em aproximadamente  $60^\circ S$  em DJF e JJA, com diferentes magnitudes entre os modelos do IPCC. Entretanto, pelo ENSEMBLE (figuras 5n e 6n) nota-se que os valores são maiores quando comparados com o cenário SSP2-4.5.

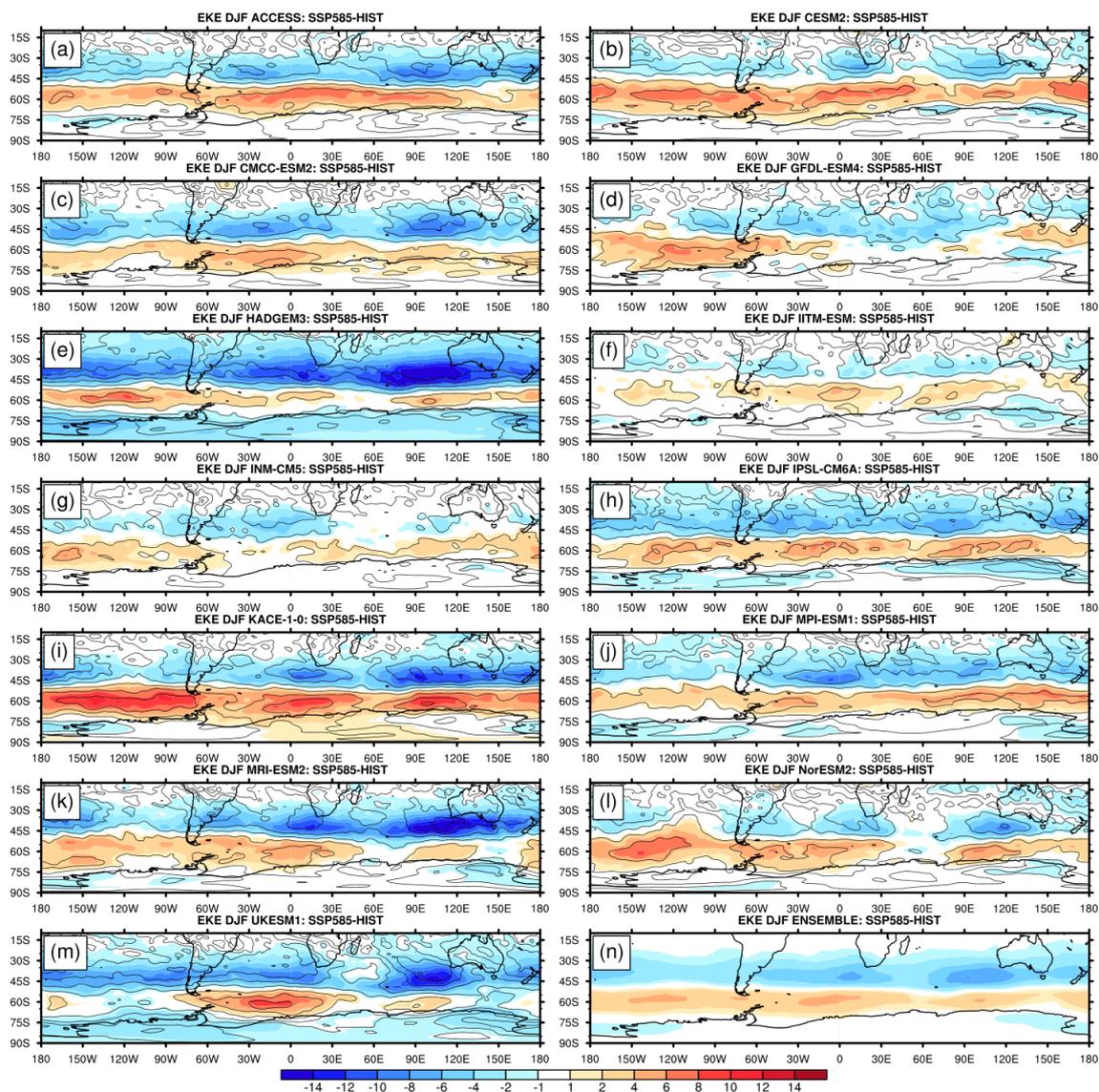


Figura 5: Diferença de Energia cinética ( $m^2/s^2$ ) entre as simulações do CMIP6 (Historical- SSP5-8.5) para DJF. Os contornos representam a significância estatística de 95% associada ao teste-t.

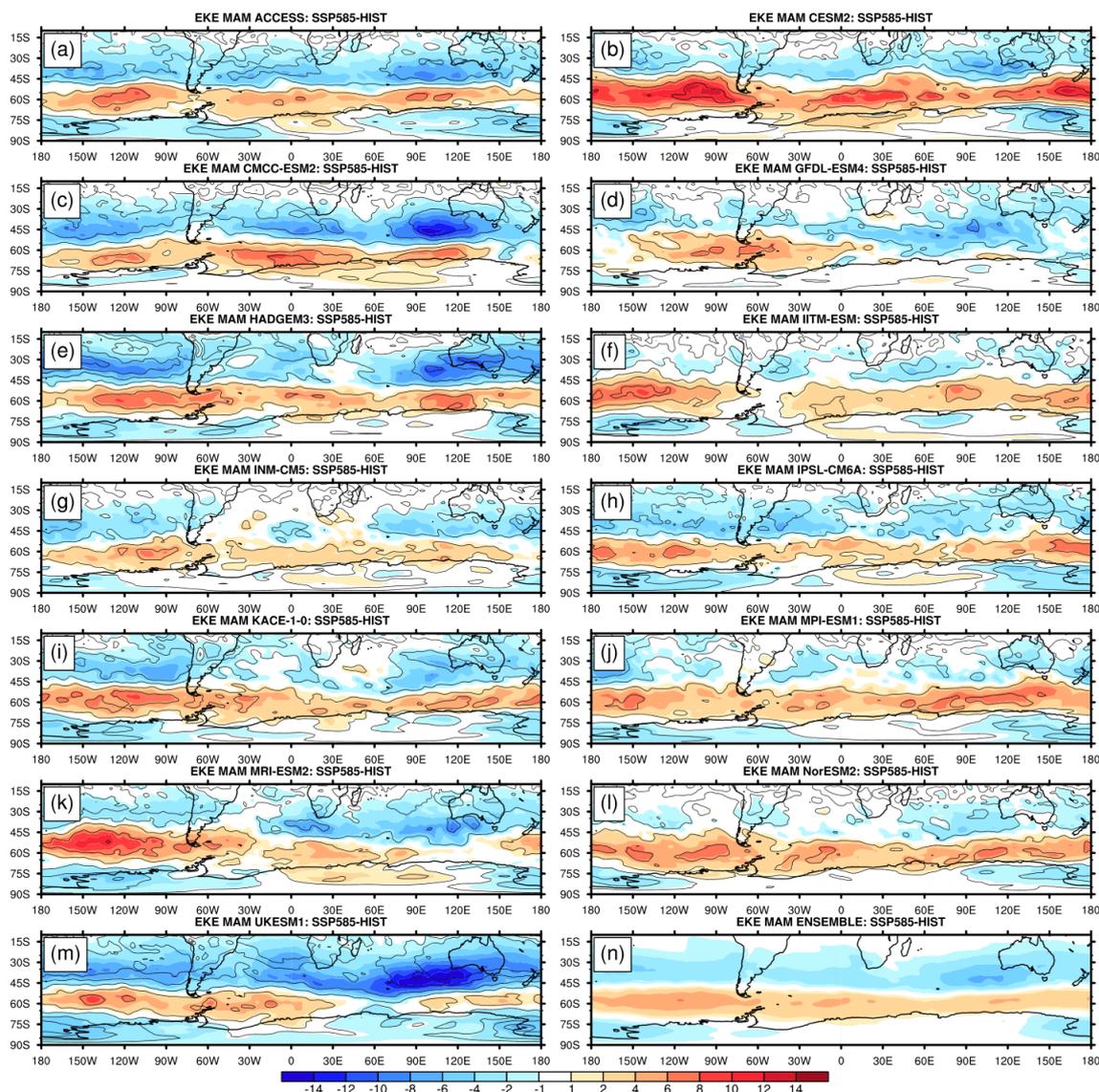


Figura 6: Diferença de Energia cinética ( $m^2/s^2$ ) entre as simulações do CMIP6 (Historical- SSP5-8.5) para MAM. Os contornos representam a significância estatística de 95% associada ao teste-t.

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados, foi possível mostrar que os modelos climáticos do IPCC conseguem reproduzir a atividade baroclínica do Hemisfério Sul, quando comparados com a reanálise de alta resolução ERA5. Em função da menor resolução dos modelos do IPCC, os storm tracks são simulados de forma mais fraca na climatologia. Por outro lado, notou-se que em cenários de aquecimento global do IPCC, os storm tracks se deslocam mais para sul (latitudes mais altas do que em relação à climatologia) em função da redução do gradiente meridional de temperatura.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro através dos projetos 406769/2021-4 e 406763/2022-4.

## REFERÊNCIAS

- Berbery, E. H., & Vera, C. S. (1996). Characteristics of the southern hemisphere winter storm track with filtered and unfiltered data. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 53, 448-481.
- Blackmon, M. L., Wallace, J. M., Lau, N-C., & Mullen, S. L. (1977). An Observational Study of the Northern Hemisphere Wintertime Circulation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 34, 1040-1053.
- Carmo, A. M. C., & Souza, E. B. (2009). The role of sea surface temperature anomalies on the Storm Track behavior during southern hemisphere summer. *Journal of Coastal Research*, 1, 909-912.
- Dos Santos, J.D.; Machado, J.P.; Saraiva, J.M.B. The Response of Southwest Atlantic Storm Tracks to Climate Change in the Brazilian Earth System Model. *Atmosphere* **2023**, 14, 1055. <https://doi.org/10.3390/atmos14071055>
- Eichler, T., & Higgins, W. (2006). *Climatology and ENSO-related variability of North American extra-tropical cyclone activity*. *Journal of Climate*, 19, 2076-2093.
- Freitas, R. A. P., Lindemann, D., Justino, F. & Machado, J. (2018). Influence of Global Warming on The Trajectories and Intensities of Extratropical Cyclones in the Southern Hemisphere. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41, 297-304.
- Holton, J. R. (2004). *An introduction to dynamic meteorology*. Elsevier Academic Press, 540 pp.
- Hoskins, B. J., & Valdes, P. J. (1990). On the existence of storm-tracks. *Journal of the Atmospheric Science*, 47(15), 1854-1864.
- Justino, F., Timmermann, A., Merkel, U., & Souza, E. P. (2005). Synoptic reorganization of atmospheric flow during the last glacial maximum. *Journal of Climate*, 18(15), 2826-2846, 2005.
- Lau, N.C. Variability of the Observed Midlatitude Storm Tracks in Relation to Low-Frequency Changes in the Circulation Pattern. *J. Atmos. Sci.* **1988**, 45, 2718-2743.
- Leung, Y. T., & Zhou, W. (2016). Direct and indirect ENSO modulation of winter temperature over the Asian-Pacific-American region. *Scientific Reports*. <http://dx.doi.org/10.1038/srep36356>.
- Lindzen, R. S., & Farrel, B. (1980). A simple approximate result for maximum growth rate of baroclinic instabilities. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 37, 1648-1654.
- Machado, J. P., Justino, F., & Pezzi, L. P. (2012). Changes in the global heat transport and eddy-mean flow interaction associated with weaker thermohaline circulation. *International Journal of Climatology*, 32(15), 2255-2270.
- Machado, J. P., Justino, F., & Pezzi, L. P. (2016). Impacts of Wind Stress Changes on the Global Heat Transport, Baroclinic Instability, and the Thermohaline Circulation. *Advances in Meteorology*. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2089418>.
- Peixoto, J. P., & Oort, A.H. (1992). *Physics of Climate*. American Institute of Physics, New York.
- Rao, V. B., Carmo, A. M. C., & Franchito, S. H. (2003). Interannual Variations of storm tracks in the Southern Hemisphere and their connections with the Antarctic oscillation. *International Journal of Climatology*, 23, 1537-1545.

- Raup, C. F. M., Dias, P. L. S., Dias, M. A. F. S. (2004). Estudo de Caso de um Sistema Convectivo Ocorrido próximo à Costa Leste do Nordeste do Brasil. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza / CE. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.
- Reboita, M. S. (2008). Ciclones Extratropicais sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade. Thesis, University of São Paulo, Brazil.
- Reboita, M. S., da Rocha, R.P., Ambrizzi, T., & Gouveia, D. V. (2015). Trend and teleconnection patterns in the climatology of extratropical cyclones over the Southern Hemisphere *Climate Dynamics*, 45, 1929. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2447-3>
- Reboita, M. S., da Rocha, R.P., Souza, M, R., & Llopart, M. (2018). Extratropical cyclones over the southwestern South Atlantic Ocean: HadGEM2-ES and RegCM4 projections. *International Journal of Climatology*, 1-14. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.5468>.
- Trenberth, K. E. (1991). Storm tracks in the southern hemisphere. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 48, 2159-2178.
- Wilks, D. Statistical methods in the atmospheric sciences. Amsterdam;. Elsevier;, 2006.
- Yin, J. H. (2005). A consistent poleward shift of the storm tracks in simulations of 21st century climate. *Geophysical Research Letters*, 32(18), 1-4.

# **Análise dos impactos das mudanças nos Padrões de precipitação do município de Marabá-PA**

**Pedro Henrique Caetano Silva<sup>1</sup>; Pedro Henrique Moraes Conceição<sup>1</sup>; Lucas da Rocha Marum Jorge<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>DISCENTE. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## **RESUMO**

A diminuição das precipitações é uma questão de grande preocupação, incluindo o agravamento da escassez de água; maior problema em atividade agrícola; também, afetando os ecossistemas locais. Por tanto, este trabalho objetivou identificar as mudanças de padrão na precipitação no município de Marabá localizado no estado do Pará e seus efeitos, além de propor estratégias para mitigar seu desenvolvimento, contribuindo para a resiliência da região. Os dados de precipitação foram coletados da estação oficial do instituto nacional de meteorologia, além da utilização do Excel para a organização e produção dos gráficos. Conclui-se que, são observadas mudanças nos padrões de precipitações em Marabá-PA, entre 1960 e 2023. As precipitações e as séries climatológicas diminuem de maneira significativa sendo ocasionada pelo El Niño e La Niña, fenômenos nos anos de 2020 a 2023.

**PALAVRAS-CHAVE:** CLIMA; ESCASSEZ DE ÁGUA; CHUVAS;;

## **INTRODUÇÃO**

O município de Marabá é marcado por um clima tropical úmido, com estações chuvosas bem definidas, situado na confluência dos rios Tocantins e Itacaiúnas, no sudeste do Pará. Nos períodos chuvosos ocorre a elevação excessiva dos níveis dos rios, resultando nas inundações anuais que é característica comum da região (Almeida, 2011).

Em 1980 houve uma enchente em Marabá em que o nível do rio chegou a 17,42 m que foi causado pela influência da maré (Luciana Araujo, 2024). Nos últimos anos, observou-se uma diminuição nas precipitações, visto que a cidade se localiza entre dois importantes rios, qualquer alteração em algum componente do ciclo hidrológico acaba afetando diversos aspectos na vida local.

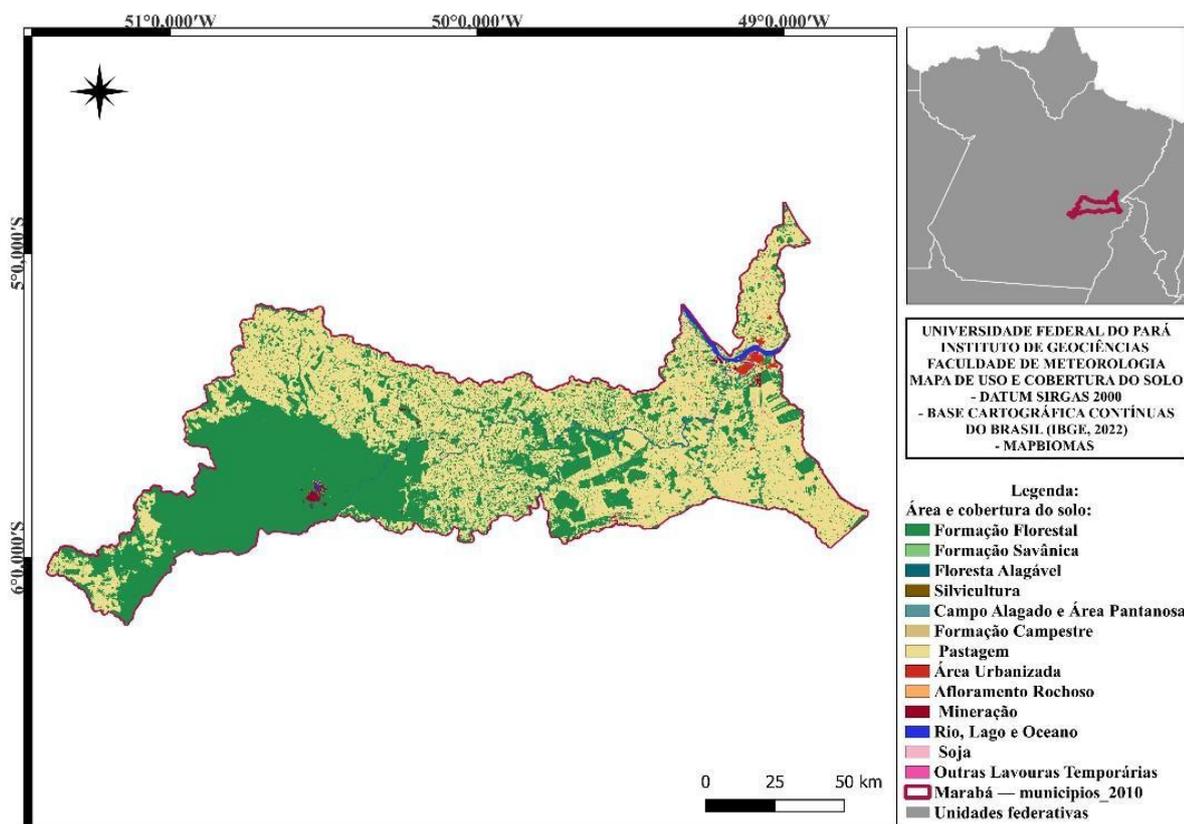
## **OBJETIVOS**

Este artigo tem como objetivo analisar os dados de precipitação e as causas da diminuição das chuvas e suas tendências ao longo dos próximos anos e os impactos associados, para que possam ser feitas as melhores estratégias para a tomada de medidas, a fim de amenizar os problemas relacionados aos desastres naturais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A área de estudo abrange todo o perímetro de Marabá, territorialmente mede em torno de 15 128,058 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). Situado na latitude 5° 22' 12" S e Longitude 049° 7' 1" W, a cidade está localizada na região sudeste do estado do Pará nas margens dos rios Tocantins e Itacaiúnas. A Figura 1 mostra a localização geográfica do município de Marabá.



**FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA**

A cidade de Marabá está situada em uma área de baixa altitude, na confluência dos rios Itacaiunas e Tocantins, e sofre com as enchentes anuais em decorrência da topografia e da influência direta de quatro rios: Itacaiunas, Tocantins, Tauarizinho e Sororó.

Além das bacias relativas a estes rios, o município está inserido nas bacias dos rios Aquiri, Tapirapé, Cinzento, Preto, Parauapebas e Vermelho. Destas, estão incluídas totalmente na área do município as bacias dos rios Tapirapé, Cinzento e Preto.

A cobertura vegetal de Marabá é bem diversificada, porém, ao analisar o mapa, uma das maiores áreas são de pastagens, principalmente os solos que foram desmatados para atividades agropecuárias que é uma das principais atividades econômicas do município.

A área urbana de Marabá é relativamente pequena em comparação com sua área total, possuindo 266.536 habitantes, mas tem crescido rapidamente devido ao aumento populacional e ao desenvolvimento econômico (IBGE, 2022)

A Tabela 1 apresenta os valores totais de precipitação acumulada para cada série climatológica referente ao município de Marabá-PA durante a estação chuvosa, enquanto a Tabela 2 mostra os valores correspondentes para a estação seca. Os dados foram obtidos diretamente do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponível para consulta pública.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1961-1990	253,3	405	421,1	313	97,6	38,5
1981-2010	256,3	299,5	377,2	258,5	119,9	28,5
1991-2020	273,4	295,7	342,9	233,5	125,8	24,8
2022	81,9	102,5	248,3	127,5	46,4	70,5
2023	231,2	166,8	515,4	169,6	52	8,6

**TABELA 1- SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA (INMET)- PERÍODO CHUVOSO**

Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
24	14,6	62,9	121,9	156,3	266	2174,2
15,9	11,4	47,2	94,3	151,1	239,4	1899,2
15,1	9,3	42,2	80,3	151,3	192,2	1786,5
35,3	2,6	14	71,4	152,1	191,5	1144
4,4	12,1	45	27,2	55,4	28,2	1315,9

**TABELA 2- SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA**

#### **COLETA DE DADOS**

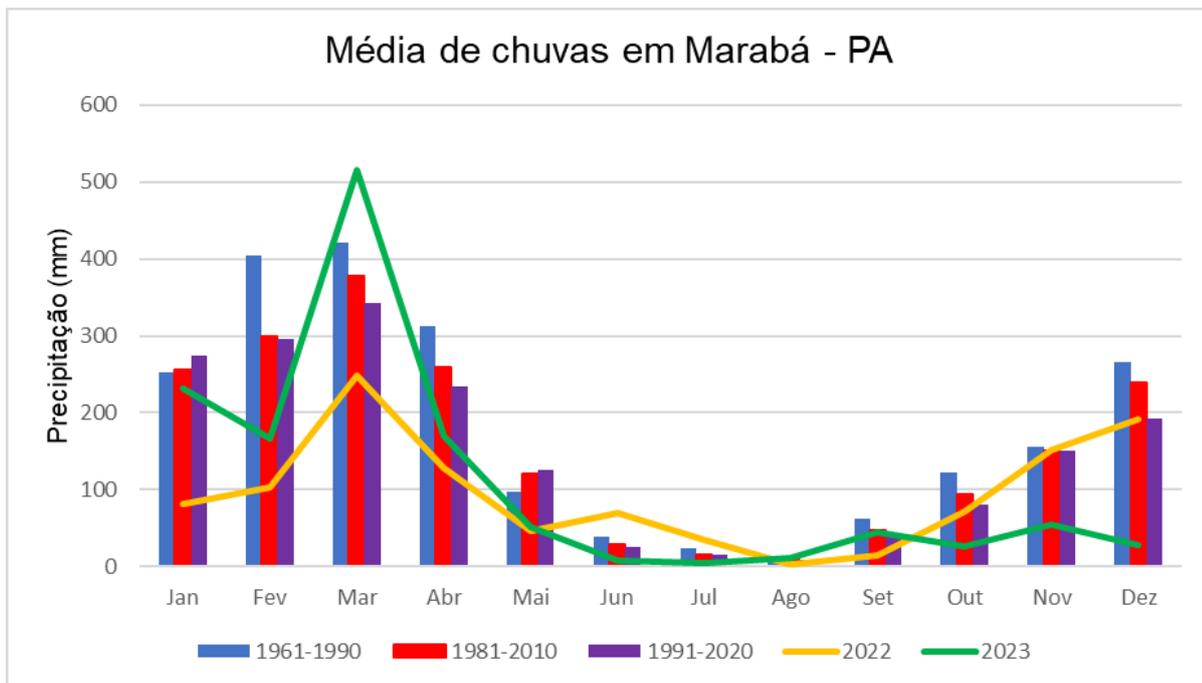
Os dados obtidos têm como objetivo analisar graficamente a tendência de aumento ou diminuição de precipitações pluviométricas na região de Marabá (PA). Foram utilizadas séries climatológicas dos anos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, também dados de 2022 e 2023, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a compreensão dos eventos que influenciaram nas precipitações durante todos esses anos, correlacionando com os períodos de enchente em Marabá.

Na organização dos dados e na criação dos gráficos, foi utilizado a ferramenta Excel para analisar a média de precipitações mensais e o acúmulo anual. Ademais, o software Qgis foi utilizado para desenvolver o mapa topográfico e o mapa de área e uso de cobertura do solo da região a fim de uma melhor interpretação das informações.

#### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Figura 2 mostra a variação sazonal da precipitação em Marabá, considerando as séries climatológicas de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, bem como os anos de 2022 (La Niña) e 2023 (La Niña até abril e El Niño a partir de abril).

#### **FIGURA 2: VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM MARABÁ PA PARA AS SÉRIES CLIMATOLÓGICAS.**



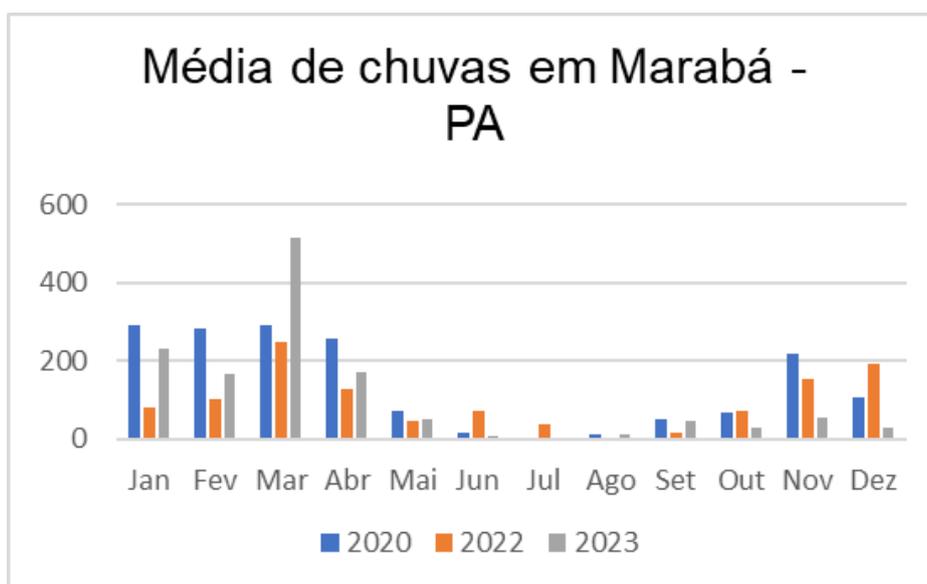
A Figura diz respeito à evolução ao longo do tempo do total da precipitação acumulada em Marabá, concentrando-se na estação chuvosa e estação seca. Como pode ser observado, a linha referente à precipitação acumulada aponta, de maneira geral, uma redução do total precipitado em Marabá ao longo do tempo, particularmente nas décadas mais recentes, com a mesma constância nas últimas décadas. No entanto, ao adentrar no detalhamento da estação chuvosa, é possível perceber que em cada primeira dezena da sequência decadal, o volume de chuva cresce ao passar dos anos, embora ainda diminua na absoluta maioria dos meses.

Na primeira série de 1961-1990, o total do acúmulo de chuvas foi de 2174,2 mm, a segunda série de 1981-2010 houve uma diferença de -275 mm de precipitação, com o acúmulo de 1899,2 mm. De 1991-2020, a diminuição foi de 17,8% em relação à primeira série, contendo 1786,5 mm de chuvas. Nos dados de precipitação do ano de 2022, observa-se que o total de chuvas acumuladas foi de 1144,0 mm, um valor inferior ao de 2023 que acumulou 1315,9 mm, logo, a diferença foi de 171,9 m.

FIGURA 3: DISTRIBUIÇÃO DO ACÚMULO DE CHUVAS NOS PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS DE CADA SÉRIE NA REGIÃO.

Acúmulo de chuvas periódicas (mm)		
Séries	Chuvoso	Seco
1961-1990	1814,7	359,5
1981-2010	1582	317,2
1991-2020	1489	448,8
2022	903,8	392,3
2023	1166,6	204,7

**FIGURA 4: APRESENTA A VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM MARABÁ-PA PARA OS ANOS DE 2020, 2022 e 2023.**



De acordo com o gráfico, percebe-se uma redução significativa nesses anos em particular. Dessa forma, é possível dizer que a ocorrência de chuvas nesses anos diminuíram e a frequência e amplitude dos períodos secos aumentaram.

As mudanças climáticas estão impactando Marabá, PA, de maneira significativa, afetando tanto o ambiente quanto a população. Os padrões de chuva mudaram, com secas mais prolongadas e chuvas intensas em curtos períodos, o que afeta a agricultura, especialmente as culturas de soja e milho. Os agricultores enfrentam desafios crescentes, precisando adotar práticas mais resilientes para manter a produção. A erosão do solo tem aumentado devido às chuvas intensas e à má gestão da terra, comprometendo a agricultura e os ecossistemas locais. Na saúde pública, doenças relacionadas ao calor e à má qualidade da água, como a dengue, têm se tornado mais comuns, demandando ações das autoridades de saúde. Os recursos hídricos estão sob pressão, com a diminuição da água potável e a poluição dos rios, afetando tanto o consumo humano quanto a pesca. Isso destaca a necessidade de uma gestão sustentável da água. O impacto socioeconômico também é grande, com aumento da migração interna devido à perda de empregos e às condições de vida difíceis, o que pressiona as

infraestruturas urbanas e exige políticas públicas eficazes. Em resumo, as mudanças climáticas estão trazendo desafios para Marabá em diversas áreas, exigindo respostas integradas e sustentáveis para enfrentar essa nova realidade.

## CONCLUSÃO

Em conclusão, os impactos das mudanças climáticas em Marabá, PA, são amplos e afetam diversos aspectos da vida local, desde o ambiente natural até a saúde pública e a economia. As temperaturas mais altas, a irregularidade das chuvas, a degradação do solo, e os desafios na gestão dos recursos hídricos mostram a urgência de ações coordenadas e sustentáveis. A comunidade local precisa de estratégias que promovam a resiliência e adaptação, garantindo que Marabá possa enfrentar as mudanças climáticas de maneira eficaz e preservar a qualidade de vida de seus habitantes. As políticas públicas desempenham um papel crucial nesse processo, assegurando que as necessidades da população sejam atendidas e que os impactos negativos sejam mitigados.

Dessa forma, as mudanças climáticas estão gerando impactos profundos e abrangentes em Marabá, PA, afetando tanto o ambiente quanto a vida da população local. O aumento das temperaturas, as alterações nos padrões de precipitação e a crescente degradação do solo estão prejudicando a agricultura e a saúde ambiental. Além disso, o estresse sobre os recursos hídricos e os desafios para a saúde pública reforçam a necessidade urgente de medidas eficazes.

Para enfrentar esses desafios, é crucial implementar estratégias de adaptação que promovam a resiliência das comunidades e dos ecossistemas locais. A gestão sustentável dos recursos naturais e a adoção de práticas agrícolas resilientes são essenciais para mitigar os impactos negativos. As políticas públicas desempenham um papel fundamental em coordenar essas ações e garantir a proteção e o bem-estar da população.

Somente com uma abordagem integrada e proativa será possível enfrentar as mudanças climáticas de maneira eficaz e assegurar um futuro sustentável para Marabá.

## REFERÊNCIAS

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, José Jonas. Os riscos naturais e a história: o caso das enchentes em Marabá (PA). **Tempos históricos**, v. 15, n. 2, p. 205-238, 2011.

Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: VerlagJustus Perthes. Wall-map 150cmx200cm.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **MARABÁ (PA) / Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/maraba.html>. Acessado em: 25.06.2024.

Vegetação de Marabá, Aprende Brasil. Disponível em: [https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Geografia\\_de\\_Marab%C3%A1#cite\\_ref-aprendebrasil.com.br\\_2-0](https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Geografia_de_Marab%C3%A1#cite_ref-aprendebrasil.com.br_2-0). Acessado em: 12.05.2024

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), Banco de Dados. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>

Correio o Portal de Carajás, Luciana Araujo. Disponível em: <https://correiodecarajas.com.br/maraba-tem-risco-potencial-de-desastre-climatico-aponta-governo-federal/>. Acessado em: 29.08.2024

Portal G1, Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2023/03/20/prefeitura-de-maraba-declara-situacao-de-emergencia-apos-regiao-sofrer-com-enchentes-no-para.ghtml>. Acessado em: 29.08.2024

## Correlação Entre Casos de Dengue e Precipitação em Humaitá-AM

**Beatriz de Souza Gomes** <sup>1</sup>; **Carlos Alexandre Santos Querino** <sup>2</sup>; **Juliane Kayser Albuquerque Da Silva Querino** <sup>3</sup>; **Antonio Francisco Nunes Braga** <sup>4</sup>; **Lauriane Souza Alves** <sup>5</sup>; **Zeilane Silva Brito** <sup>6</sup>

<sup>1</sup>Discente. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM. Centro, Humaitá - AM; <sup>2</sup>Docente. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM. Centro, Humaitá - AM; <sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente. Centro, Humaitá - AM; <sup>4</sup>Discente. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM. Centro, Humaitá - AM; <sup>5</sup>Discente. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM. Rua 29 de Agosto, 786, Centro, Humaitá - AM.; <sup>6</sup>Discente. Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA/UFAM. Centro, Humaitá - AM

### RESUMO

A dengue é uma das doenças tropicais de maior importância no mundo devido à sua alta ocorrência e capacidade de disseminação, principalmente em regiões com altos índices pluviométricos. O objetivo deste estudo foi relacionar os casos de dengue com a precipitação. O estudo foi conduzido em Humaitá-AM e os dados foram coletados entre os anos de 2020 a 2023. Os totais mensais dos casos de dengue foram acessados diretamente do Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Os totais mensais de precipitação foram baixados no site da European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Para analisar a melhor correlação, os dados de dengue foram defasados em até quatro meses em relação a precipitação. Em Humaitá-AM, a incidência de dengue foi mais crítica de janeiro a março, com picos notáveis em janeiro e fevereiro de 2023, e março de 2021. A melhor correlação foi observada para defasagem de quatro meses ( $r = -0,62$  e  $p = 0,00001$ ). A análise de correlação indicou que a dengue está inversamente relacionada à precipitação e com um intervalo de tempo de resposta.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Aedes Aegypti*; chuva; defasagem;;

### INTRODUÇÃO

A dengue é uma das doenças tropicais de maior importância do mundo devido à sua alta ocorrência e capacidade de disseminação (CARVALHO et al., 2017). A transmissão ocorre pela picada de mosquitos da espécie *Aedes*, como o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus*, que estão infectados por vírus do gênero Flavivírus da família Flaviviridae, sendo que esses vírus são agrupados em quatro sorotipos antigenicamente distintos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 (CORRÊA et al., 2016).

Nos últimos anos, o investimento em pesquisas voltadas para explicar o comportamento epidemiológico da dengue tem aumentado. Por se tratar de uma doença transmitida por vetores, a investigação das relações entre fatores ambientais, como a precipitação, e a disseminação da dengue tem sido intensificada com intuito de prevenir e controlar epidemias (SOUZA et al., 2007).

Estudos realizados no Brasil e em várias partes do mundo mostram que há uma relação entre os fatores climáticos e a propagação da dengue (HALES et al., 1999). Os modelos preditivos para a transmissão de dengue têm enfatizado a importância da temperatura, precipitação e umidade relativa do ar sobre a distribuição do *Aedes aegypti* e na ocorrência de surtos de dengue sendo a precipitação o elemento climático mais importante para esses modelos (KOOPMAN et al., 1991; HOOP & FOLEY, 2001). Assim, a compreensão de elementos climáticos, como a precipitação, podem influenciar na propagação da dengue, é fundamental para implementar medidas eficazes de prevenção e controle da doença.

### OBJETIVOS

## Objetivo Geral

Analisar relação entre a precipitação e o número de casos de dengue.

## Objetivos Específicos

Identificar os períodos do ano mais críticos em relação aos casos de dengue;

Correlacionar a precipitação com casos de dengue com uso de defasagem.

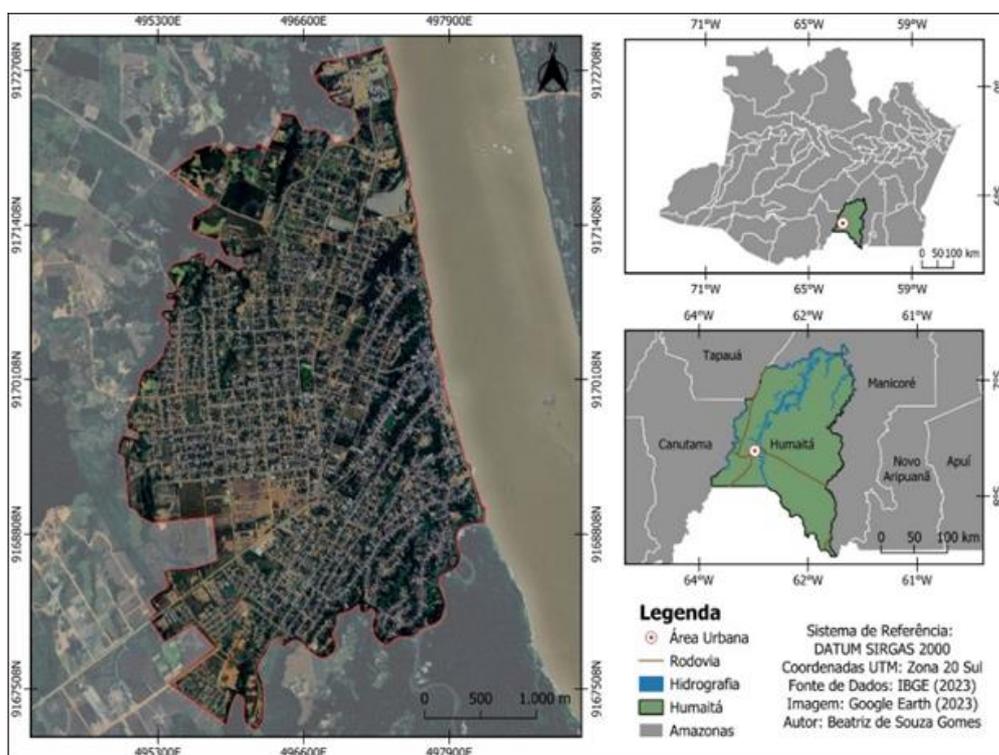
## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado para a cidade de Humaitá, localizada na mesorregião sul do estado do Amazonas, nas coordenadas 07° 30' 22" S e 63° 01' 15" W. Com uma população de aproximadamente 57.473 habitantes e uma densidade populacional de 1,74 habitantes por quilômetro quadrado, a cidade abrange área territorial de 33.111,129 km<sup>2</sup>, dos quais 12,80 km<sup>2</sup> são de área urbanizada (IBGE, 2019; IBGE, 2022) (Figura 1).

A região possui um clima caracterizado como tropical chuvoso (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018). Ainda segundo os mesmos autores Humaitá-AM possui dois períodos sazonais bem caracterizados: um período chuvoso, que ocorre entre os meses de outubro e março, e um período seco que vai de junho a agosto. Os demais meses são considerados como um período de transição. O total anual médio de precipitação, de acordo com a normal climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) 1961-1990, é de 2193,6 mm.

**Figura 1:** Localização do município de Humaitá, no estado do Amazonas, bem como delimitação da área urbana.



Autor: (GOMES, 2024)

## Coleta e Processamento de dados

Os dados de dengue foram coletados para o período de 2020 a 2023 no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) utilizado no Brasil para registros e monitoramento de doenças e agravos de notificação compulsória, através do site <https://portalsinan.saude.gov.br>.

Os dados de reanálise de precipitação foram coletados de forma gratuita no servidor da The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) através do projeto ERA5 Land. O ECMWF, através do ERA5 Land (5ª geração de dados de reanálise para tempo e clima global) combina modelagem de dados observados em todo o mundo e fornece um banco de dados consistentes trabalhados através das leis da física (HERSBACH et al., 2020).

Os dados de dengue e precipitação foram processados em totais mensais. Estes foram trabalhados utilizando a linguagem de programação Python, através das bibliotecas Numpy, Pandas, Xarray, Matplotlib e Scipy. Estas bibliotecas oferecem estruturas para manipular, tratar e espacializar dados das variáveis estudadas.

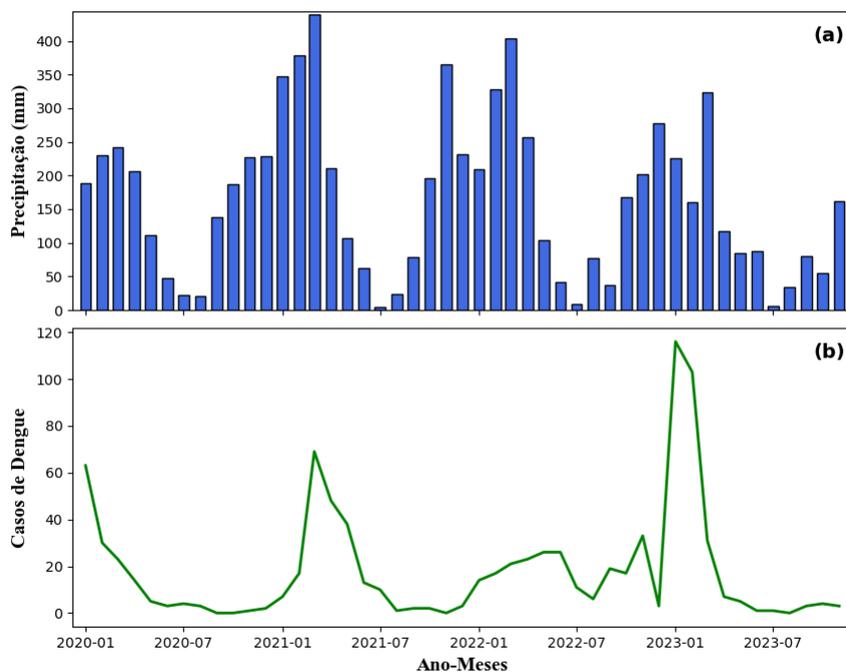
Foi utilizado a estatística descritiva básica para maior confiabilidade dos resultados obtidos bem como foi realizada a correlação entre os dados de dengue e precipitação. Para analisar a correlação entre a precipitação pluviométrica com os casos de dengue, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, que pode variar de -1 a 1. A classificação dos coeficientes de correlação foi estabelecida da seguinte forma: valores de 0,00 a 0,25 indicam uma correlação muito baixa; de 0,26 a 0,49 indicam uma correlação baixa; de 0,50 a 0,69 indicam uma correlação moderada; de 0,70 a 0,89 indicam uma correlação alta; e de 0,90 a 1,00 indicam uma correlação muito alta (GABRIEL, 2018).

No presente trabalho, foi utilizado o conceito de defasagem e esta foi de até 4 meses, uma vez que que o ciclo de vida do vetor da dengue (ovo, larva, pupa e adultos) dura de 8 a 10 dias, e que o mosquito sobrevive, em média, 30 dias (GABRIEL et al., 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em março de 2021, foi registrada a maior precipitação do período analisado, totalizando 439,4 mm. Os meses de menor precipitação foram julho de 2021 e julho de 2022, com apenas 4,4 mm e 9,2 mm, respectivamente (Figura 2a). Os dados epidemiológicos indicam que 2021 e 2023 foram anos de alta incidência de dengue. Em 2021, o mês de março se destacou como o período com o maior número de casos, registrando 69 ocorrências. Em 2023, os meses mais críticos foram janeiro e fevereiro, com 116 e 103 casos, respectivamente. Por outro lado, os meses com a menor incidência da doença ocorreram em agosto de 2022 e 2023, onde os casos foram reduzidos a 0, e em dezembro de 2020 e 2022, com apenas 1 a 3 casos registrados (Figura 2b).

**Figura 2:** Análise Temporal do total pluviométrico mensal (mm) (a) e Casos de Dengue (b) em Humaitá/AM.



Autor: (Gomes, 2024)

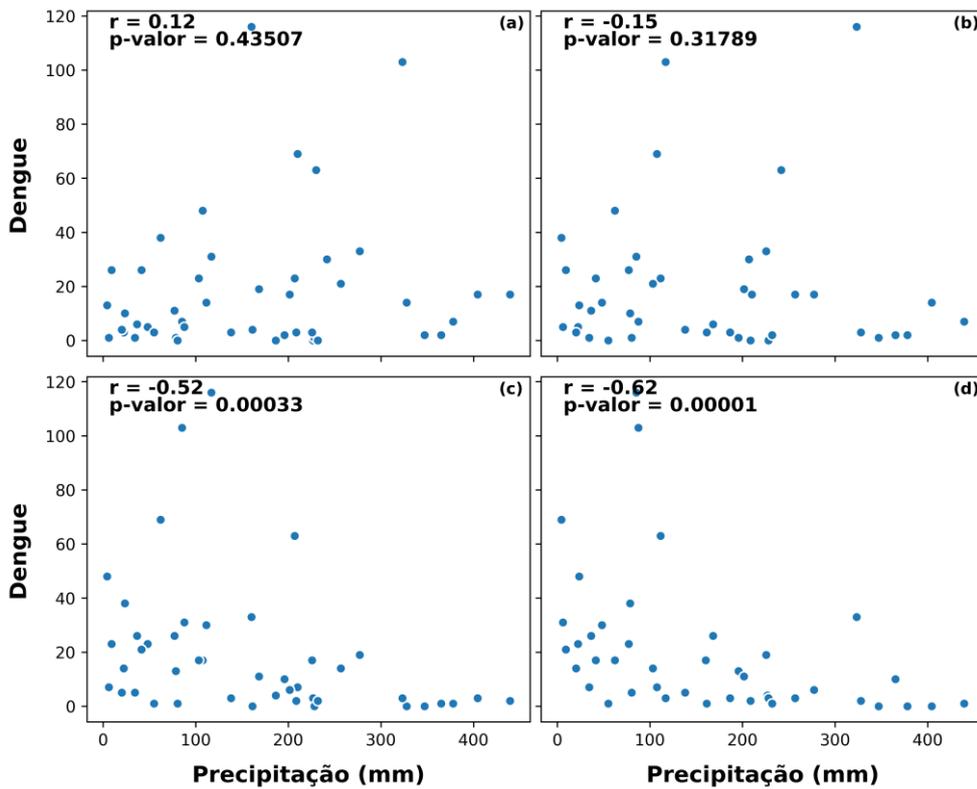
Esses padrões climáticos provavelmente foram influenciados por fenômenos sazonais e interanuais, como os sistemas de Monção da América do Sul, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Alta da Bolívia (AB) (DANTAS, 2000; REBOITA et al., 2010). Durante o inverno austral, ocorre o período seco na região de estudo, caracterizado por baixa umidade e altas temperaturas. Nesta época, a circulação da baixa troposfera transporta-se para o norte do cavado equatorial, resultando no movimento descendente da célula de Hadley sobre a Amazônia, inibindo a formação de nuvens e, como resultado, chuvas na região (GALVANI et al., 2004; REBOITA et al., 2010; MAGANO JUNIOR et al., 2010; PEDREIRA JUNIOR et al., 2018).

A menor incidência de dengue em 2020 e 2022, em comparação com 2021 e 2023, pode ser atribuída a variações na precipitação e à dinâmica sazonal da doença. Em 2020 e 2022, a precipitação foi irregular, com baixos índices em meses críticos, reduzindo os focos de água parada essenciais para a reprodução do mosquito *Aedes aegypti*. Essa distribuição desigual da chuva pode ter diminuído a proliferação do vetor. A dinâmica sazonal da dengue também pode ter influenciado a menor incidência.

Os aumentos significativos de casos de dengue em 2021 e 2023 podem estar associados a outros fatores, como a presença de reservatórios domésticos. Estes fornecem condições ideais para a manutenção das populações de *Aedes aegypti*. Esse mosquito é conhecido por sua capacidade de resistir a períodos de seca, o que permite sua sobrevivência e atividade mesmo durante meses menos favoráveis (FORATTINI & BRITO, 2003). Assim, a combinação desses fatores pode explicar as variações na incidência de dengue ao longo dos anos.

Os coeficientes de correlação de Spearman apresentaram valores de correlação de  $r = 0.12$  e  $p = 0.43507$  com um mês defasado (Figura 3a),  $r = -0.15$  e  $p = 0.31789$  com 2 meses defasados (Figura 3b),  $r = -0.52$  e  $p = 0.00033$  com três meses defasados (Figura 3c) e  $r = -0.62$  e  $p = 0.00001$  com 4 meses defasados (Figura 3d).

**Figura 3:** Correlação dos casos de dengue com a precipitação defasada em 1 mês (a), 2 meses (b), 3 meses (c) e 4 meses (d) em Humaitá/AM.



**Autor:** (Gomes, 2024)

Chuvas prolongadas favorecem a reprodução dos mosquitos, sendo essenciais para o ciclo aquático das larvas e pupas, criando condições propícias para surtos de dengue em países tropicais (BARBOSA, 2007). Segundo o mesmo autor o padrão de precipitação pode alterar seus impactos: chuvas intensas e frequentes podem transportar larvas para áreas distantes ou eliminar criadouros, enquanto chuvas menos intensas e irregulares podem favorecer a formação de novos criadouros, mantendo um ambiente propício para a dispersão e sobrevivência dos mosquitos.

A correlação entre as variáveis se mostrou significativa com um atraso de quatro meses, indicando uma maior influência da precipitação nos casos de dengue após esse período. Esses resultados estão relacionados com estudos anteriores, como os de Gabriel et al. (2018) e Silva et al. (2016), que identificaram uma correlação entre precipitação e número de casos de dengue com atraso de três meses.

## CONCLUSÃO

A sazonalidade da dengue em Humaitá-AM ficou evidente, mostrando uma relação com a precipitação. Os períodos mais críticos para casos de dengue ocorreram principalmente entre janeiro e março. Em 2023 os meses de janeiro e fevereiro apresentaram as maiores médias de casos, com picos notáveis. Em 2021, março também teve uma média alta. Ao correlacionar a precipitação com os casos de dengue, utilizando defasagens de até quatro meses, observou-se que a incidência da doença está inversamente relacionada a precipitação.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ pelo financiamento da bolsa PIB-E/0078/2023 do primeiro autor. Gratidão ao Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera Atmosfera na Amazônia - GPIBA, pelo apoio contínuo ao longo de todo o processo.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, R.F. Influência de Variáveis Meteorológicas na Ocorrência de Doenças Infecciosas em Diferentes Localidades de Alagoas. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, **Universidade Federal de Alagoas**, Maceió, 96 p.,2007.

CARVALHO, S.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; MEDRONHO, R. A. Análise da distribuição espacial de casos da dengue no município do Rio de Janeiro, 2011 e 2012. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, p. 79, 2017.

DE JESUS CORRÊA, J. A.; DA COSTA, A. C. L.; PEREIRA, I. C. N. Associação entre a precipitação pluviométrica e a incidência de dengue em sete municípios do estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 07, p. 2264-2276, 2016.

HALES S.; WEINSTEIN P.; SOUARES Y.; WOODWARD A. El Niño and the dynamics of vectorborne disease transmission. **Environ Health Perspect** 1999; 107:99-102.

HOOP, M.; FOLEY, J. A. Global scale relationship between Climate and Dengue fever vector *Aedes Aegypti*. **Climate Change**, v. 48, n. 2-3, p. 441-463, fev 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Area urbanizada no Censo 2019 Humaitá Amazonas**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/humaita/panorama>>. Acesso em: 30 agosto 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População no último Censo 2022 Humaitá Amazonas**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/humaita/panorama>>. Acesso em: 30 agosto 2024.

KOOPMAN, J. S; PREVOTS, D. R.; VACA, M.; DANTES, H.G.; ZARATE, M. L. A.; LONGINI, Jr.; SEPULVEDA, A. Determinants and predictors of Dengue infection in México. **Am Journal Epid**. EUA, v. 133, n. 36, p. 1168-1178, set. 1991.

RODRIGUES ROCHA, J. R., FÁTIMA MARIANO, Z. de, PAIVA AGUIAR, R. C. de, & LIMA, A. M. de. (2012). Estudo da relação entre precipitação e casos de dengue na cidade de Jataí, Goiás. **Revista Geonorte**, 3(9), 773-. Recuperado de [//periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2536](http://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2536)

ROSA-FREITAS M. G.; TSOURIS P; SIBAJEV A; WEIMANN E. T. S.; MARQUES A. U.; FERREIRA R. L; LUITGARDS-MOURA, J. F. Exploratory temporal and spatial distribution analysis of dengue notifications in Boa Vista, Roraima, Brazilian Amazon, 1999-2001.

GABRIEL, A. F. B., Abe, K. C., GUIMARÃES, M. D. P., & MIRAGLIA, S. G. E. K. Avaliação de impacto à saúde da incidência de dengue associada à pluviosidade no município de Ribeirão Preto, São Paulo. **Cadernos Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 446-452, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462x201800040119>.

GUBLER D. J.; REITER P; EBI K. L.; YAP W; NASCI R; PATZ J. A. Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector and rodentborne diseases. **Environ Health Perspect** 2001; 109 Suppl 2:223-33.

PEDREIRA JUNIOR, A. L. P., QUERINO, C. A. S., da Silva QUERINO, J. K. A., DOS SANTOS, L. O. F., DE MELLO MOURA, A. R., MACHADO, N. G., & BIURDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá-AM. **Revista brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

SILVA, F. D., SANTOS, A. M. D., CORRÊA, R. D. G. C. F., & CALDAS, A. D. J. M. Relação temporal entre pluviosidade, temperatura e ocorrência de casos de dengue em São Luís, Maranhão, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 641-646, 2016.

SOUZA, I. C. A.; VIANNA, R. P. T.; MORAES, R. M. Modelagem da incidência do dengue na Paraíba, Brasil, por modelos de defasagem distribuída. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 2623-2630, 2007.

## **ANÁLISE DAS CHUVAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS NAS ENCHENTES DE TUCURUÍ(PA)**

**Samara Ayumi Martins Kakizawa <sup>1</sup>; Nathally Suanne dos Santos Moura <sup>1</sup>; Juliana Conceição Duarte <sup>1</sup>; Anna Carolina Macedo Lobato <sup>1</sup>; Felipe Cauê Moraes <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal Do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### **RESUMO**

Este trabalho foi elaborado para o município de Tucuruí-PA, para analisar as chuvas e suas consequências dentre os anos de 1961-2020. Para tal propósito utilizamos dados de precipitação das séries climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, além da análise dos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024 (dados parciais). De maneira evidente, foi observada uma tendência de redução no regime de precipitação em Tucuruí ao longo das últimas décadas. Desde o período de 1961 a 1990 até a última série disponível de 1991 a 2024, a cidade experimentou uma diminuição geral de 182 mm na precipitação anual. Eventos climáticos significativos tiveram impactos notáveis na média anual de precipitação. Em 2019, o fenômeno El Niño particularmente intenso influenciou a estação seca, resultando em uma redução acentuada das chuvas. Em contraste, a estação chuvosa de 2021 foi marcada fortemente pelo fenômeno La Niña, que contribuiu para um aumento considerável na precipitação. Em termos de valores anuais, o efeito combinado desses eventos foi evidente. Enquanto a precipitação total anual em Tucuruí alcançou 2.745,2 mm em 2021 devido ao efeito de La Niña, o ano de 2022, impactado pelo El Niño, teve uma redução significativa com um total anual de 2.130,5 mm, resultando em uma diferença de 614,7 mm em relação ao ano anterior.

**PALAVRAS-CHAVE:** Variabilidade; Riscos geo-hidrológicos; Precipitação;;

# ANÁLISE DAS CHUVAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS NAS ENCHENTES DE TUCURUÍ(PA)

**Samara Ayumi Martins Kakizawa <sup>1</sup>; Nathally Suanne dos Santos Moura <sup>1</sup>; Juliana Conceição Duarte <sup>1</sup>; Anna Carolina Macedo Lobato <sup>1</sup>; Felipe Cauê Morais <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal Do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

Este trabalho foi elaborado para o município de Tucuruí-PA, para analisar as chuvas e suas consequências dentre os anos de 1961-2020. Para tal propósito utilizamos dados de precipitação das séries climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, além da análise dos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024 (dados parciais). De maneira evidente, foi observada uma tendência de redução no regime de precipitação em Tucuruí ao longo das últimas décadas. Desde o período de 1961 a 1990 até a última série disponível de 1991 a 2024, a cidade experimentou uma diminuição geral de 182 mm na precipitação anual. Eventos climáticos significativos tiveram impactos notáveis na média anual de precipitação. Em 2019, o fenômeno El Niño particularmente intenso influenciou a estação seca, resultando em uma redução acentuada das chuvas. Em contraste, a estação chuvosa de 2021 foi marcada fortemente pelo fenômeno La Niña, que contribuiu para um aumento considerável na precipitação. Em termos de valores anuais, o efeito combinado desses eventos foi evidente. Enquanto a precipitação total anual em Tucuruí alcançou 2.745,2 mm em 2021 devido ao efeito de La Niña, o ano de 2022, impactado pelo El Niño, teve uma redução significativa com um total anual de 2.130,5 mm, resultando em uma diferença de 614,7 mm em relação ao ano anterior.

**PALAVRAS-CHAVE:** Variabilidade; Riscos geo-hidrológicos; Precipitação;;

## INTRODUÇÃO

O município de Tucuruí, localizado no Sudeste do estado do Pará, é conhecido por sua posição estratégica às margens do rio Tocantins. Fundado em 1782, destaca-se pela presença da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, uma das maiores do Brasil, que exerce papel fundamental na geração de energia e no desenvolvimento econômico da região. Ademais, a cidade possui um extenso patrimônio natural, com florestas esplêndidas e uma biodiversidade única, além de uma cultura intensa que retrata a junção dos povos indígenas e coloniais.

Em Tucuruí, a precipitação é alta e constante durante a maior parte do ano. O nível pluviométrico anual da cidade é de 2.400 mm, sendo a maioria das chuvas concentradas entre os meses de dezembro e maio. As cotas variam de 30 a 300 metros. Utilizando a caracterização climática proposta por Mendonça e Danni- Oliveira (2007), Tucuruí possui clima tropical úmido-seco 4a - sendo quatro a cinco meses secos.

Essa chuva constante pode contribuir para a formação de inúmeros rios e córregos na região, além de contribuir para a fertilidade do solo para a agricultura local. Todavia, devido aos altos níveis de chuva, juntamente com a escassez de saneamento apropriado, a cidade fica vulnerável à ação de desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de terra.

## OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo sugerem uma estratégia de implicações para a gestão de riscos do município, analisar as chuvas e suas consequências nas enchentes de Tucuruí-PA, identificando os fatores que contribuem para o problema e propondo soluções que possam mitigar os efeitos das enchentes na cidade.

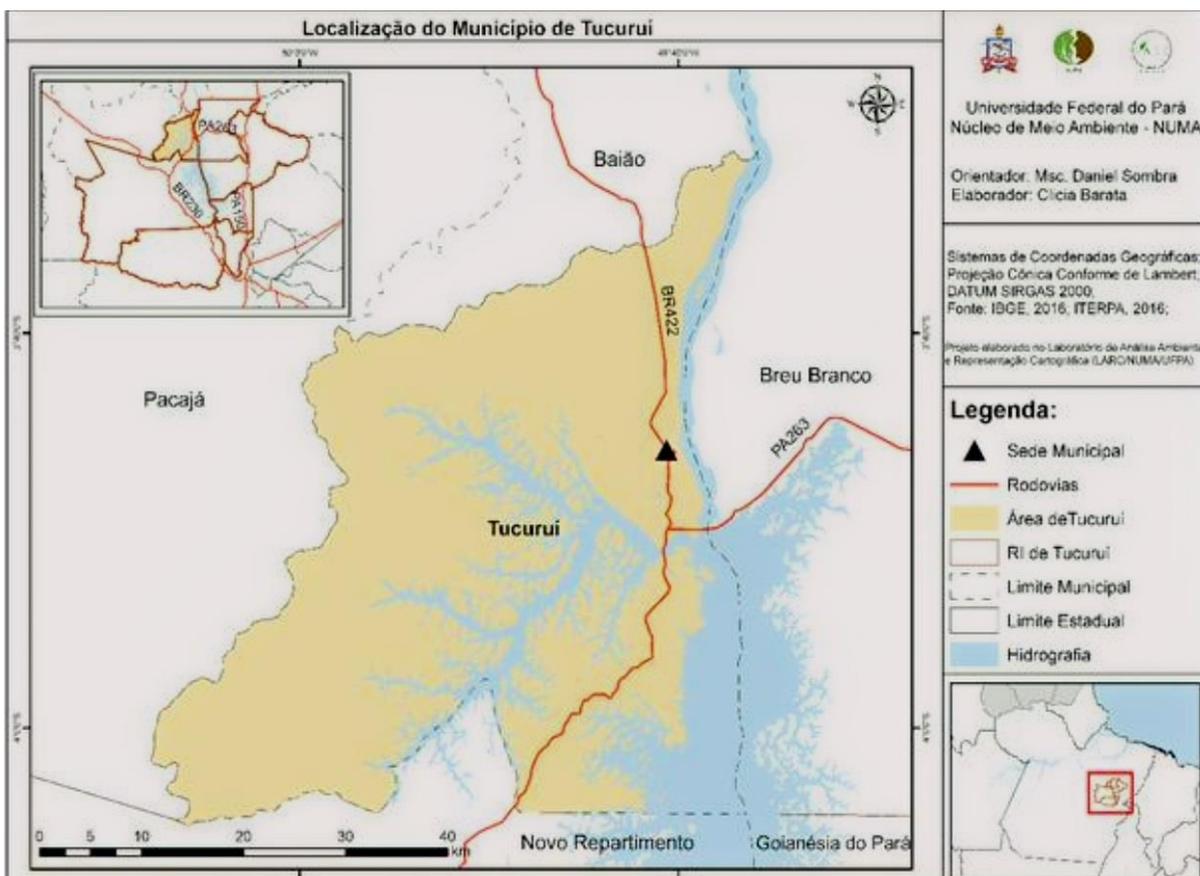
## MATERIAL E MÉTODOS

O município de Tucuruí pertence à mesorregião do Sudeste do Pará (Figura 1), Microrregião de Tucuruí, situado à margem esquerda, e é banhado pelo Rio Tocantins. Encontra-se nas coordenadas geográficas (aproximadamente) de 3°45'S de latitude e 49°39'W de longitude. Diante da localização geográfica, Tucuruí está situado a cerca de 400 quilômetros a sudeste da capital estadual, posicionado às margens do Rio Tocantins, em uma área caracterizada pela vasta floresta amazônica e uma paisagem predominantemente plana. O município está posicionado entre 03°40' a 05°00' de latitude sul e 49°10' a 50°00' de longitude oeste em relação ao meridiano de Greenwich.

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Tucuruí possui um clima tropical úmido com influências equatoriais. A temperatura média anual é cerca de 27°C, variando entre 22°C e 33°C. A precipitação anual ultrapassa 2.500 mm, concentrando-se principalmente de janeiro a julho, e a umidade relativa do ar é alta durante todo o ano.

A pesquisa quantitativa pretende analisar os níveis de precipitação registrados pelo INMET para Tucuruí, investigando como os dados pluviométricos afetam o ciclo hidrológico e os impactos de eventos climáticos específicos. O banco de dados do INMET inclui séries climatológicas dos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020, além de dados de precipitação de 2021, 2022, 2023 e 2024 (até julho).

FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ (PA)



As seguintes tabelas apresentam os valores totais de precipitação acumulada para cada série climatológica para o município de Tucuruí-PA, onde a Tabela 1, apresenta dados relacionados ao período chuvoso, e em seguida, a Tabela 2 nos mostrando o período mais seco do município.

TABELA 1 - SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA (INMET) - PERÍODO CHUVOSO

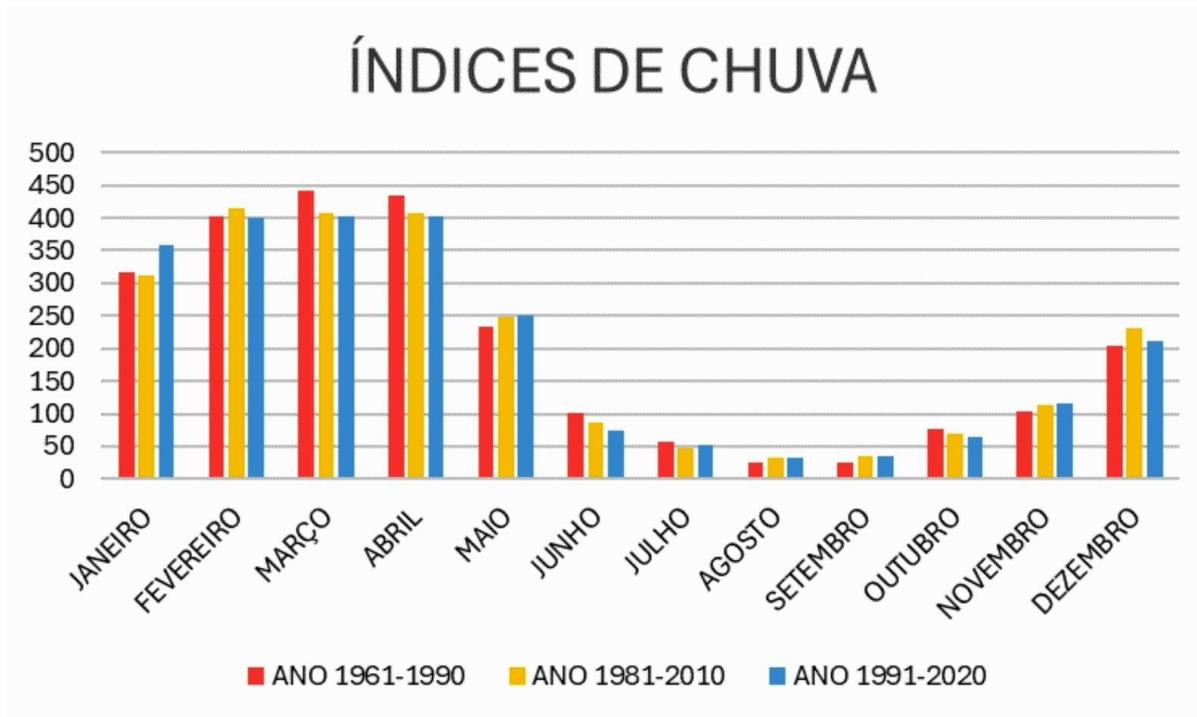
Séries	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior
1961-1990	204,5	317,6	402,1	443,0	433,9	234,1
1981-2010	230,5	311,5	413,8	407,9	407,9	249,1
1991-2020	211,5	358,4	399,4	403,3	403,3	251,7
2021	169,1	388,6	366,2	573,4	-	78,0
2022	209,3	492,2	290,5	476,1	401,5	137,9
2023	166,6	221,3	413,4	597,5	462,3	205,2
2024	-	116,8	478,4	455,4	335,7	107,8

TABELA 2 - SÉRIES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA (INMET) - PERÍODO SECO

Séries	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
1961-1990	101,1	56,2	24,8	25,9	77,7	102,8
1981-2010	86,9	47,3	31,5	34,8	68,5	113,3
1991-2020	75,4	51,8	33,4	35,9	64,8	115,0
2021	75,6	55,1	14,6	49,0	184,7	198,8
2022	130,2	8,7	-	19,6	28,8	239,2
2023	37,8	24,6	11,3	28,8	-	166,6
2024	38,7	16,4	-	-	-	-

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

FIGURA 2 - EXIBE A VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DE TUCURUÍ (PA) NAS SÉRIES CLIMATOLÓGICAS PELO INMET, SEPARADA ENTRE OS ANOS DE 1961-1990, 1981-2010 E 1990-2020



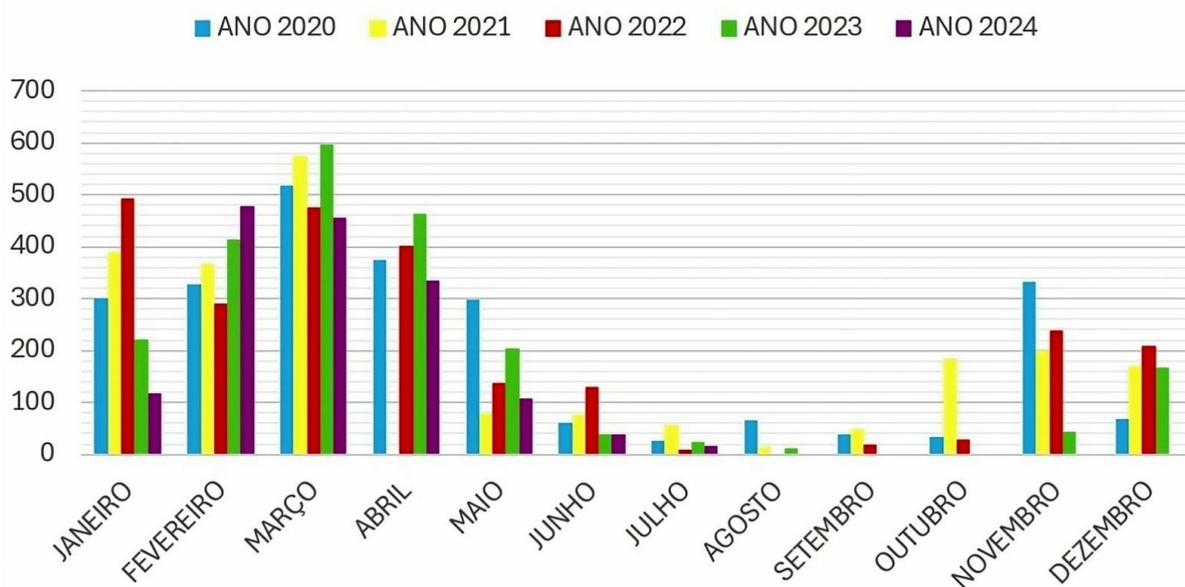
Em meio a análise, é possível visualizar a variação da precipitação pluviométrica no município de Tucuruí (PA) ao longo dos meses, comparando três períodos distintos: 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020. Observa-se que os meses de dezembro a maio apresentam os maiores índices de precipitação, com março destacando-se como o mês mais chuvoso em todos os períodos analisados. Durante este mês, a precipitação se mantém acima de 400 mm para todos os intervalos temporais.

Entre os meses de junho e novembro, verifica-se uma drástica redução nos índices de chuva, com agosto e setembro apresentando os valores mais baixos, que se aproximam de 0 mm em todos os períodos. A partir de outubro, os índices de precipitação começam a subir novamente, culminando em um aumento mais significativo em dezembro, quando os valores voltam a superar os 200 mm.

Um ponto crucial a ser destacado é a relativa constância das variações de precipitação entre os três períodos comparados. Apesar de pequenas oscilações nos valores ao longo dos meses, não há evidências de alterações climáticas extremas no que diz respeito à quantidade de chuvas.

FIGURA 3 - EXIBE A VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DE TUCURUÍ (PA) NO PERÍODO DE 2020 A 2024

# ÍNDICES DE CHUVA



Nessa perspectiva, ao fazer o levantamento de análises referentes aos intervalos de 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024, é notável algumas oscilações importantes na quantidade de precipitação ao longo dos meses. Nos meses de janeiro a abril, observa-se uma concentração significativa de chuvas, com março sendo o mês que apresenta os maiores índices, ultrapassando 500 mm em determinados anos, especialmente em 2022 e 2023.

De maio a dezembro, os índices de chuva permanecem baixos, com julho, agosto e setembro apresentando quase nenhuma precipitação, o que reflete o período de seca característico da região. Entretanto, um aspecto interessante é a pequena elevação de precipitação em junho de 2022 e outubro de 2021, sugerindo uma leve anomalia nesses anos.

A partir de novembro, há uma retomada gradativa da precipitação, com destaque para 2020, quando os índices ultrapassam 300 mm, contrastando com valores significativamente menores em 2021, 2022, 2023 e 2024. Dezembro, por sua vez, apresenta um aumento consistente na precipitação em todos os anos analisados, com os índices quase constantes em 200 mm.

## CONCLUSÃO

Em síntese, a análise das chuvas e suas consequências nas enchentes de Tucuruí revela a complexidade dos desafios enfrentados pela região. A combinação de fatores naturais e humanos contribui para a recorrência das enchentes, destacando a importância de uma abordagem integrada na gestão de recursos hídricos e planejamento urbano para mitigar seus efeitos e proteger as populações vulneráveis. Desse modo, os eventos de chuva extrema, especialmente durante o período chuvoso, desempenham um papel central na formação das enchentes, embora outros fatores, como a urbanização desordenada e a ausência de políticas eficazes de gestão de recursos hídricos, também contribuam para agravar a situação. Ao comparar com outras partes da Amazônia, é evidente que Tucuruí compartilha vulnerabilidades semelhantes em relação às enchentes, porém, a forte precipitação e a geografia local tornam os danos mais acentuados na região. A urbanização sem o devido planejamento em áreas próximas a corpos d'água, somada à falta de infraestrutura de drenagem, tem agravado os efeitos das enchentes, indicando a necessidade premente de intervenção.

A falta de saneamento básico em algumas áreas da cidade pode levar a problemas sanitários, como a presença de lixo acumulado em áreas públicas, falta de sistema de esgoto adequado e poluição do ar. Pode também levar à contaminação das águas de rios e córregos próximos a cidade, o que pode levar a doenças transmitidas pela água, como febre tifoide, cólera e diarreia. Foram registradas 138 mortes por doenças relacionadas ao saneamento inadequado (DRSAI) entre os anos de 1996 a 2020. Esse problema é agravado pela falta de conscientização da população sobre a importância da limpeza das ruas e da separação correta do lixo.

Para diminuir as enchentes, algumas medidas podem ser tomadas, como investir em obras para mitigar os efeitos das enchentes, tais como construção de açudes e reservatórios para armazenar a água excedente, além de investir em obras para melhorar o sistema de escoamento de águas pluviais pelas ruas e avenidas da cidade. Além disso, pode-se investir em programas de educação ambiental para conscientizar a população sobre os perigos de despejar lixo em áreas próximas aos rios e córregos.

## REFERÊNCIAS

SOUZA, A. .; OLIVEIRA, A. .; PINTO, P.; MELLO, A. .; ARAÚJO, J. . ANÁLISE DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ- PA. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, [S. l.], v. 17, n. 32, 2020. Disponível em:  
<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/15>. Acesso em: 29 ago. 2024.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

Tucuruí (PA). In: ENCICLOPÉDIA dos municípios brasileiros. Rio de Janeiro: IBGE, 1957. v. 14. p. 478-481. Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295\\_14.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295_14.pdf). Acesso em: ago. 2015.

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucurui/pesquisa/16/12705>

<https://tucurui.portaldacidade.com/noticias/regiao/tucurui-esta-na-lista-do-governo-federal-de-municipios-em-risco-de-desastres-5034>

[bdmep.inmet.gov.br](http://bdmep.inmet.gov.br)

## Efeito da temperatura e ondas de calor nos casos de dengue nos municípios de São Paulo/SP e Natal/RN

**Camila Lorenz**<sup>1</sup>; **Rita Yuri Ynoue**<sup>3</sup>; **Adriana Gioda**<sup>4</sup>; **Thiago Nogueira**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil. Av. Dr. Arnaldo, 715 - Cerqueira César, São Paulo - SP, 01246-904;<sup>2</sup>Docente. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil. Av. Dr. Arnaldo, 715 - Cerqueira César, São Paulo - SP, 01246-904;<sup>3</sup>Docente. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil. R. do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-090;<sup>4</sup>Docente. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro RJ - Brasil - CEP: 22451-900

### RESUMO

A incidência global de dengue aumentou significativamente na última década, especialmente na América Latina, com uma estimativa de 390 milhões de novas infecções por ano. A temperatura é um fator chave no ciclo de vida do mosquito *Aedes aegypti* e na replicação do vírus da dengue, o que sugere que as mudanças climáticas podem impactar a transmissão da doença. No entanto, os estudos mostram resultados divergentes: enquanto temperaturas elevadas podem prejudicar o desenvolvimento do mosquito, elas também podem favorecer a replicação do vírus e aumentar os casos de dengue. O objetivo foi examinar as relações entre temperatura, ondas de calor e os casos de dengue em dois municípios brasileiros: São Paulo/SP e Natal/RN. Realizamos análises de séries temporais ecológicas com dados de 2014 a 2023 (DATASUS). Investigamos o efeito de duas medidas de calor extremo: (i) ondas de calor e (ii) temperatura máxima (INMET). Usamos uma regressão binomial negativa para examinar as associações imediatas e defasadas de temperatura em casos de dengue, em uma escala de tempo semanal. São Paulo não mostrou relação direta e significativa dos casos de dengue com a temperatura máxima/ondas de calor; por outro lado, o município de Natal apresentou um efeito inibitório geral das ondas de calor no risco de dengue e uma relação parabólica entre temperatura máxima e casos de dengue. Um aumento de 1 °C na temperatura máxima de 33 °C foi associado a uma redução de 11% (Risco Relativo (RR) = 0,82) no risco cumulativo de infecções por dengue. A adoção de diferentes definições de ondas de calor não alterou substancialmente nossas estimativas. O calor extremo foi associado à diminuição da incidência de dengue no município de Natal, e não houve relação significativa em São Paulo. As descobertas deste estudo destacam a importância de entender a dinâmica local da temperatura na transmissão de dengue, para planejamento de ações e recursos em áreas específicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** mosquito; incidência; arbovirose; mudanças climáticas;

## **Emitância de calor para diferentes superfícies em São João de Pirabas-PA, Nordeste Paraense, em período de Super El Niño**

**João Batista Miranda Ribeiro <sup>1</sup>; João Athaydes Silva Junior <sup>2</sup>; Clarissa Santos Duarte <sup>3</sup>; Samira Maciel da Costa <sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil;<sup>2</sup>Docente. Universidade Feredal do Pará. Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil;<sup>3</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil;<sup>4</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil

### **RESUMO**

Este trabalho foi aplicado a um estudo de caso no município de São João de Pirabas, localizado na região nordeste do Estado do Pará, que representa condições climáticas típicas de região equatorial, onde os valores de radiação solar global são bastante elevadas. Esse estudo foi desenvolvido no mês de junho de 2023, no início da estação seca na região e em período pleno de atividade do Super El Niño. O objetivo central deste trabalho foi determinar a emitância radiante das seguintes superfícies: solo vegetado com 60% de cobertura vegetal; solo vegetado com 80% de cobertura vegetal; área de calçamento concretada; área com cobertura foliar à sombra de árvore. As superfícies ficam localizadas numa área central do município, em uma praça de grande circulação de pessoas e na orla fluvial do município, com satisfatória circulação de pessoas. O município de São João de Pirabas apresentou durante o período diurno condições desfavoráveis ao conforto térmico, com taxas de emitância de radiação térmica entre 410 e 625 W.m<sup>-2</sup>. Tal variação aponta para uma eficiência em transformação da radiação de ondas curtas em radiação de ondas longas, ou seja, grande absorção térmica. Pode-se supor também que os valores apresentados de emitância, considerando-se a baixa nebulosidade observada no período, favoreceu um aumento drástico da temperatura das superfícies desprovidas de vegetação. É importante destacar que na região equatorial, durante o período menos chuvoso e com a plena atividade do Super El Niño, que reduz as chuvas nessa região, o desconforto térmico foi intenso em função da elevada emitância térmica das superfícies. Diante desses valores de emitância e temperaturas de superfície, é importante que a população de São João de Pirabas esteja ciente dos desafios impostos pelo clima local e o poder público adote medidas como maior arborização em áreas de escassez de cobertura vegetal, para garantir seu bem-estar durante períodos de calor intenso. Vale ressaltar, que a poluição do ar em associação com a ocorrência de queimadas e poeiras, aumentam o potencial da atmosfera reter radiação térmica e impor a sensação de efeito estufa urbano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Superfícies; Emitância; Vegetação;;

# ANÁLISE DO UTCI EM HUMAITÁ/AM DURANTE UM EVENTO DE FRIAGEM

**Carlos Alexandre Santos Querino<sup>1</sup>; Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente..  
Rua 29 de Agosto, 786, Centro, Humaitá/AM. Cep. 69800-000

## RESUMO

Eventos de friagens são comuns no sul do Amazonas durante a estação de inverno e ocorrem devido ao avanço da massa de ar polar pelo continente. Em média, cinco a sete eventos, com diferentes intensidades, atingem a região norte do país todo ano. Antecedendo a chegada da massa polar, é comum observar elevação nas temperaturas, característica típica de aquecimento pré-frontal. Posteriormente, ao atingir a região, estes sistemas provocam, em geral, modificação na dinâmica atmosférica e altera elementos meteorológicos como velocidade e direção do vento, umidade relativa do ar, precipitação (pancadas de chuvas) além de quedas acentuadas da temperatura. Modificação dos elementos atmosféricos refletem na sensação térmica dos indivíduos. O principal índice utilizado para se analisar a sensação térmica é o *Universal Thermal Climate Index (UTCI)* recomendado pela Comissão Internacional do Clima (CCI) da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar o UTCI antes, durante e após um evento de friagem. Os dados horários de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, foram coletados pela estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (7,52 S; -63,07 O, 88m), instalada no município de Humaitá sul do Amazonas, entre os dias 08 e 14 de agosto de 2024. O UTCI foi estimado utilizando programação Python através da função *utci(tdb, tr, vv, rh)* da biblioteca *pythermalcomfort* desenvolvida por Tartarini & Schiavon (2022). A função recebe o *tdb* que é a temperatura do ar *Tar*, *tr* é a temperatura média radiante *TMR* estimada através da equação  $TMR = Tar + (TGN - Tar/1 + 0,1*vv)$  e que leva em consideração a *Tar*, a velocidade do vento *vv* e a Temperatura do Globo Negro *TGN*. A *TGN* foi estimada através da temperatura do ar *Tar* e da Umidade Relativa do Ar (*UR*);  $TGN = -7,371 + 1,261*Tar + 0,117 * UR - 0,00396 * (Tar * UR)$ . A classificação do nível de estresse, baseada no UTCI, seguiu a escala proposta pela CCI. Os resultados mostraram que os dois dias que antecederam a friagem as temperaturas máximas foram superiores a 35 °C (máxima de 36,3 °C dois dias antes do evento). Ainda no mesmo período verificou-se que o UTCI, durante o período diurno, variou pouco em relação a *Tar*, mas sempre foi, em média, 2°C mais elevados no período noturno. Durante o horário das máximas o UTCI foi classificado como estresse térmico forte. No período de atuação mais intensa da friagem (10 de agosto), a máxima foi de 28°C e a mínima de 19,5°C. Ao longo de todo o dia 10 de agosto, o UTCI médio foi de 21,7°C enquanto o máximo e o mínimo foram de 27,4°C e 14,1°C, respectivamente. Ressalta-se que para esta data, maior parte do dia, não registrou estresse térmico, exceto durante os horários de máxima temperatura, entre 15h e 16hs, que atingiu estresse moderado ( $26^{\circ}\text{C} < \text{UTCI} < 32^{\circ}\text{C}$ ). No dia 11 de agosto, a *Tar* e o UTCI mínimo foram de 16,2 °C e 17,9°C, respectivamente. Durante todo o período da manhã do dia 11 não foi registrado estresse térmico. A partir do período da tarde, a massa de ar polar se afasta, as temperaturas se elevam e o UTCI médio foi de 31°C, ou seja, condição de moderado estresse térmico. Nos dias subsequentes as temperaturas e os UTCI se elevam acima dos 33°C e 32°C, respectivamente. A partir daí, todos os dias apresentaram condição de estresse térmico forte ( $\text{UTCI} > 32^{\circ}\text{C}$ ) entre 11 e 17hs, mas continuaram não apresentando estresse térmico durante a noite. Por fim, observou-se que a atuação da friagem alterou a sensação térmica da cidade para a condição sem estresse térmico. No período que antecede o evento verificou-se um aumento da temperatura do ar e do UTCI para níveis de estresse térmico forte. Durante toda a semana de estudo, todas as noites não apresentaram estresse térmico.

## Referências

TARTARINI, F.; SCHIAVON, S. 2020. *pythermalcomfort*: A Python package for thermal comfort research. *SoftwareX* 12, 100578. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100578>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensação Térmica; Elementos Meteorológicos; Pythermalcomfort;;

## **Análise de desempenho medido e estimado de um sistema fotovoltaico localizado na região metropolitana de Maceió, Alagoas**

**Luan Santos de Oliveira Silva**<sup>1</sup>; **Rosiberto Salustiano da Silva Junior**<sup>3</sup>; **Luana do Nascimento Vasconcelos**<sup>2</sup>; **Ewerton de Souza Muniz**<sup>2</sup>; **Brisa Soriano de Andrade**<sup>2</sup>; **Ricardo Ferreira Carlos de Amorim**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando. Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões, UFAL;<sup>2</sup>Bolsista. Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões, UFAL;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões, UFAL

### **RESUMO**

O crescimento populacional e o avanço industrial, tecnológico e econômico das últimas décadas têm impulsionado a demanda global por eletricidade. Para avaliar de forma eficaz o potencial solar, é crucial ter a disposição dados de alta qualidade de radiação solar, que ajudam a representar o cenário ideal para garantir a viabilidade financeira. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi comparar a estimativa da produtividade de um sistema fotovoltaico conectado à rede de 2,4 kWp, abrangendo o período de outubro/2022 a setembro/2023, a partir dos dados derivados de satélites disponibilizados pelo projeto *NASA-POWER* e do sistema fotovoltaico localizado em Maceió/AL, Brasil, sendo dados realistas e confiáveis pois são provenientes de um sistema já existente e instalado. Nesta localidade, existe uma carência de informações na literatura sobre a viabilidade de sistemas fotovoltaicos. Os resultados da produtividade mensal permitem destacar a sensibilidade das estimativas em função das variações sazonais de intensidade da irradiação solar. Os indicadores estatísticos mostram bons resultados para o *NASA-POWER*, com forte correlação e baixos valores de REQM e viés, ou seja, maior é a precisão para estimava da produtividade fotovoltaica. Concomitante a isso, a ferramenta *NASA-POWER* mostrou-se mais eficiente a variabilidade intra-anual em comparação a produtividade da microssina, porém, houve subestimativa para todos os meses. Em termos médios diários, os resultados mostraram estimativas de 4,36 kWh/kWp e valores medidos de 4,75 kWh/kWp/dia. A alta produtividade na região é explicada pelas condições climáticas que favorecem à maior duração de horas de sol, superando valores em diversas localidades no mundo. Sugere-se para trabalhos de pesquisa futuros o estudo sobre os efeitos da sujidade, inclinação do terreno, taxa de desempenho e coeficiente de temperatura na performance dos painéis fotovoltaicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produtividade; desempenho fotovoltaico; eficiência;;

### **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado apoio da FAPEAL - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas e CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

## **COMPARAÇÃO DAS ATMOSFERAS DOS PLANETAS GASOSOS E DA TERRA: MÓDULO DE ASTROMETEOROLOGIA EM CURSO DE ASTRONOMIA DIGITAL**

**Kennia Karina da Silva Varine** <sup>1</sup>; **Mayana Vitoria Oliveira e Sousa** <sup>1</sup>; **Rodolfo Langhi** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Nucleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP, 17033-360;<sup>2</sup>Docente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Nucleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP, 17033-360

### **RESUMO**

O Observatório Didático de Astronomia "Lionel José Andriatto", vinculado à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", é um projeto de extensão que está desenvolvendo o "Curso de Astronomia" em formato remoto, utilizando uma plataforma digital, promovendo o aprendizado em diferentes níveis, com ênfase na interdisciplinaridade. Dessa forma, é possível alcançar um público mais amplo e diversificado, ampliando o acesso ao conhecimento científico. O curso oferece tanto módulos introdutórios quanto avançados, a fim de aprofundar o estudo da astronomia e áreas correlatas. No módulo sobre o "Sistema Solar" há um tópico específico voltado para a astrometeorologia, com foco nas "Atmosferas dos Planetas Gasosos". Logo, o enfoque deste trabalho é apresentar a proposta detalhada deste tópico e explorar os assuntos discutidos, tal como o comportamento das atmosferas dos planetas gasosos (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno) em função da quantidade de radiação solar que recebem, suas estruturas gasosas, a ausência de vapor de água, suas baixas densidades, que resultam em maiores velocidades de rotação e intensificação da força de Coriolis. Além disso, será abordada a distribuição de calor por meio da circulação geral e dos fluxos entre as camadas atmosféricas.

**PALAVRAS-CHAVE:** astrometeorologia; atmosferas planetárias; curso remoto;;

## **2. Hidrometeorologia**

## **Modelagem hidrometeorológica aplicada a médias bacias de clima tropical. Um estudo de caso com TOPMODEL para a bacia do rio Muriaé.**

**Raphaella Barros Pereira da Silva <sup>1</sup>; Hugo Abi Karam <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>estudante pós-graduação . Av. Athos da Silveira Ramos, 274, CEP 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.. Universidade Federal do Rio de Janeiro; <sup>2</sup>Docente . Av. Athos da Silveira Ramos, 274, CEP 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.. Universidade Federal do Rio de Janeiro

### **RESUMO**

A transformação da chuva em escoamento superficial ao longo de uma bacia hidrográfica é conhecida por ser um fenômeno hidrológico muito complexo, com dificuldades conceituais e modelísticas. A bacia hidrográfica do Rio Muriaé, situada entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, é uma importante unidade regional, com aproximadamente 300 km de extensão e uma área de drenagem de 8.126 km<sup>2</sup>. Como a quarta maior sub-bacia da bacia do Rio Paraíba do Sul, desempenha um papel crucial no abastecimento de água e no desenvolvimento dos estados vizinhos. Desde o início do monitoramento fluviométrico, na década de 1930, a bacia tem enfrentado frequentes eventos de inundação, com ocorrências significativas registradas em 2008, 2012 e 2018. Eventos de inundação são impulsionados por fatores como o crescimento populacional e as mudanças climáticas, que podem intensificar o risco de eventos extremos, aumentando a frequência, extensão e gravidade das inundações e expondo os sistemas hídricos a maiores riscos. Tendências de modelos climáticos para o século XXI apontam um aquecimento generalizado no Brasil e análises de dados de precipitação na bacia do Muriaé mostram tendências de aumento na precipitação total anual, nos dias extremamente úmidos e na precipitação máxima em cinco dias. Modelos hidrológicos são considerados ferramentas bastante úteis para prever eventos futuros potencialmente danosos à sociedade e também para auxiliar o processo de tomada de decisão e implementação de políticas públicas. O TOPMODEL é um modelo chuva-vazão semi-distribuído conceitual que utiliza poucos parâmetros concentrados e considera que regiões de mesma similaridade topográfica respondem de forma semelhante aos fluxos. Contribuições recentes na modelagem envolvem a disponibilidade de código-fonte, um exemplo é a versão codificada em R do TOPMODEL que tem sido amplamente utilizada. A variabilidade de eventos extremos, sua origem e possíveis mudanças, e a análise do desempenho de modelos chuva-vazão em condições variáveis constituem lacunas que serviram de motivação para este trabalho. Em particular, a resposta hidrológica associada a eventos extremos em grandes bacias hidrográficas para diferentes escalas não foi suficientemente examinada. Este trabalho propõe uma análise hidrometeorológica mensal da bacia do Muriaé a partir de simulações hidrológicas com o R-TOPMODEL, levando em consideração 30 anos de dados. O TopModel demonstrou uma excelente capacidade de simular a relação chuva-vazão em escala mensal para o período analisado. A etapa de calibração contou com 18 anos de dados proporcionando uma base sólida para o ajuste do modelo, que resultou em uma boa correspondência com as observações. Durante a análise de sensibilidade dos parâmetros, o parâmetro  $S_{max}$  foi identificado como o mais sensível. A eficiência do modelo foi avaliada a partir dos cálculos de eficiência Nash-Sutcliffe (NS), da correlação entre as hidrógrafas e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os melhores resultados apresentaram valores de NS acima de 0.8 (0,82 na etapa de calibração e 0,90 na verificação), indicando um bom ajuste do modelo às observações. A correlação entre as hidrógrafas referentes à vazão simulada e observada foi acima de 90% e os valores do coeficiente de determinação foram similares aos encontrados para eficiência de NS, em ambas as fases (calibração/verificação). Os resultados deste estudo corroboram com a literatura ao apontar o TopModel como uma alternativa viável para a análise e simulação do processo chuva-vazão em bacias tropicais. Adicionalmente, indicam a aplicabilidade do modelo em análises hidrológicas mensais (e/ou previsões) na região da bacia do rio Muriaé.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelagem hidrometeorológica; TOPMODEL; eventos extremos;;

## Impactos da Seca de 2023 na Amazônia Central

**Lady Layana Martins Custódio**<sup>1</sup>; **Debora Carolina Hymans**<sup>1</sup>; **Priscila Camelo ALves**<sup>1</sup>; **Paula dos Santos Silva**<sup>1</sup>; **André Zumak Azevedo Nascimento**<sup>1</sup>; **Bruna Mendel Naissinger**<sup>1</sup>; **Rodrigo Xavier**<sup>1</sup>; **Miriam Marmontel**<sup>2</sup>; **Ayan Santos Fleischmann**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mimirauá. Estrada do Bexiga, 2584, Fonte Boa - Tefé-Am; <sup>2</sup>Pesquisador Titular. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mimirauá. Estrada do Bexiga, 2584, Fonte Boa - Tefé-Am

### RESUMO

Este trabalho relata os impactos da seca de 2023 na região do Médio Rio Solimões, na Amazônia Central, com foco nas medições de temperatura das águas do Lago Tefé, dados meteorológicos e dados socioambientais durante essa seca. Em 2023, a região enfrentou a maior seca já registrada, causando superaquecimento dos maiores lagos e afetando a população e ecossistema. Comunidades ribeirinhas e indígenas passaram por isolamento devido ao baixo nível dos rios, comprometendo a navegação e abastecimento de suprimentos, elevando preços e gerando escassez de água potável, o que resultou inclusive em surtos de diarreia. O bem-estar ambiental foi severamente impactado, afetando a população com dores de cabeça, tonturas e problemas respiratórios causados pelo calor extremo e a má qualidade do ar, agravada pelas queimadas. Entre os impactos ambientais, destaca-se a morte de 209 botos da Amazônia, no lago Tefé, devido às altas temperaturas da água (hipertermia), um evento sem precedentes no mundo. Outros eventos preocupantes incluíram a alta temperatura do ar, baixa pluviosidade e umidade relativa do ar. As primeiras medições do monitoramento revelaram temperaturas da água de até 40,9 °C a profundidades de 0,5 a 2 m, muito acima do usual em águas interiores tropicais. Entre agosto e setembro de 2023, o volume de chuva foi de apenas 105,9 mm, em comparação aos 208,2 mm esperados. As temperaturas máximas do ar chegaram a 39,1 °C, com umidade relativa de 61% e radiação solar média de 19 MJ. m<sup>-2</sup>. d<sup>-1</sup>, com máximas de 25 MJ. m<sup>-2</sup>. d<sup>-1</sup>. Esses dados ressaltam os riscos das mudanças climáticas para habitats lacustres tropicais e levantam preocupações sobre os impactos potenciais nos ecossistemas equatoriais, destacando o perigo iminente do aumento contínuo da temperatura do ar para esses ambientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** temperatura das águas; mudanças climáticas; evento extremo;;

## Calibração de modelo chuva-vazão para projeções futuras com caracterização de eventos extremos de precipitação nas bacias do sistema interligado nacional (SIN)

Maria Clara Pontello <sup>6</sup>; Ricardo Carvalho de Almeida <sup>4</sup>; João Paulo Jankowski Saboia <sup>5</sup>; Henrique Schinaider da Silva <sup>6</sup>; Violet Ishak <sup>6</sup>; Rubem Luiz Daru <sup>5</sup>; Bernardo Lipski <sup>5</sup>; Ugo Maranhão Leal <sup>5</sup>; Isabella Ecard Barros <sup>2</sup>; Lucas Borges Picarelli <sup>3</sup>; Thainá Rodrigues Fernandes <sup>2</sup>; Victor Campos Vieira da Rosa <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Superintendente de Portfólio e Preços. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>2</sup>Analista de Portfolio e Preços. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>3</sup>Especialista de Preços e Estudos de Mercado. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>4</sup>Professor. Universidade Federal do Paraná. Av. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Curitiba-PR;<sup>5</sup>Pesquisador. Lactec. Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, Curitiba-PR;<sup>6</sup>Bolsista. Lactec. Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, Curitiba-PR

### RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de uma das etapas do P&D ANEEL PD-07427-0222/2022, intitulado "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas", executado pelo Lactec e financiado pela Norte Energia. A etapa aborda a calibração de modelo de chuva-vazão com foco em projeções futuras de extremos de precipitação em 115 bacias do SIN. As projeções são baseadas em dois cenários de mudanças climáticas do CMIP6: SSP2-4.5 e SSP 5-8.5. Foi aplicado o modelo GR2M a partir de séries mensais de precipitação, vazão e evapotranspiração potencial das bacias. Eventos extremos de precipitação foram caracterizados com aplicação do índice SPI (*Standardized Precipitation Index*) para acumulados de 1, 3, 6 e 12 meses. Da mesma forma, o índice SSI (*Standardized Streamflow Index*) foi aplicado à série de vazão. A calibração e validação do modelo foram realizadas com dados de 1960 a 2022, enquanto as projeções cobrem o período de 2015 a 2060. A modelagem foi implementada em linguagem *Python* utilizando o pacote *lumod*, com ajustes de pesos mensais para correções de atrasos na resposta entre precipitação e vazão em algumas bacias. Para avaliar o desempenho do modelo, foram utilizadas métricas como NSE, RMSE e correlação de Pearson. Embora a modelagem de várias bacias tenha apresentado bons resultados nas métricas consideradas, muitas delas não mostraram uma correspondência satisfatória entre os extremos futuros de chuva e vazão. Isto ocorre pelo fato de que algumas projeções futuras não conseguem reproduzir adequadamente a sazonalidade em algumas regiões. Em resposta a essa discrepância, a calibração do modelo foi ajustada manualmente para otimizar os parâmetros e os pesos das chuvas. Embora, em algumas bacias, isso tenha levado a uma redução nas métricas de desempenho nos dados observados, a nova calibração proporcionou uma melhor correspondência entre os extremos projetados de precipitação e vazão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eventos extremos de precipitação; Modelagem hidrológica; Sistema interligado Nacional;;

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a ANEEL e a Norte Energia pelo financiamento para a realização do presente trabalho, no âmbito do projeto de P&D ANEEL PD-07427-0222-2022 intitulado "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas".

## Comparação de dados de chuva dos bancos de dados Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD) e ERA5 no Acre na série temporal 2000-2022

**Santiago Maria Márquez Arévalo**<sup>1</sup>; Bruna Rodrigues de Sousa<sup>1</sup>; Ana Luísa Ribeiro de Faria<sup>1</sup>; Rafael Coll Delgado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Universidade Federal de Viçosa. Av. P H Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa - MG, 36570-900, Brasil;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Acre. Rodovia BR 364, Km 04 - Distrito Industrial, Rio Branco - AC, 69920-900, Brasil

### RESUMO

O Acre, estado inserido inteiramente no bioma Amazônico, destacou nos registros de desmatamento na Amazônia como o estado com menor perturbação em suas florestas. No entanto, a partir do início dos anos 2000, a expansão da fronteira agrícola intensificou seu impacto no estado, causando mudanças significativas no uso do solo. Nesse contexto, a pecuária também se destacou, estabelecendo-se como uma atividade econômica importante para a economia local. Durante esse período, o Acre tem enfrentado um aumento na frequência de eventos extremos de seca, causados por anomalias no regime de precipitação pluviométrica, afetando gravemente a população devido à crise de abastecimento hídrico. Há evidências que relacionam as mudanças no comportamento das chuvas na Amazônia com a ocorrência desses eventos extremos, que não só afetam áreas desmatadas ou alteradas pela intervenção humana, mas também resultam das mudanças climáticas e das alterações antrópicas no uso do solo. Períodos prolongados de estiagem na floresta afetam o metabolismo das árvores e sua capacidade de recuperação do estresse térmico e do fogo, mesmo durante a temporada chuvosa. Diante do aumento da probabilidade de eventos extremos de estiagem prolongada, avaliar o regime das chuvas e analisar os principais fatores que a alteram é fundamental para fornecer conhecimento climático e auxiliar na construção de políticas públicas para a proteção do ambiente e de seus habitantes. Portanto, este estudo comparou dados de precipitação pluviométrica dos bancos de dados do Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD) Xavier et al. (2022), com resolução de  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ , e do conjunto de dados ERA5, construído a partir de reanálises, com resolução espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , no período de 2000 a 2022 para o Acre, uma região estratégica para ampliar o conhecimento sobre a Amazônia Ocidental.

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação; Amazônia Ocidental; eventos extremos;;

### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal de Viçosa UFV, e à Universidade Federal do Acre, pelo suporte para a realização deste trabalho.

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES, pelo financiamento para realizar este trabalho.

# CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE INTENSIDADE DAS CHUVAS NATURAIS NO MUNICÍPIO DE SINOP -MT

Brenda Buose <sup>1</sup>; Adilson Pacheco de Souza <sup>2,3</sup>; Daniela Roberta Borella <sup>2,4</sup>; Marlus Sabino <sup>4</sup>; Frederico Terra de Almeida <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Humanas, Naturais e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, Brasil. Av. Alexandre Ferronato, 1200 - Res. Cidade Jardim, Sinop - MT, 78550-728;<sup>2</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Humanas, Naturais e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, Brasil. Av. Alexandre Ferronato, 1200 - Res. Cidade Jardim, Sinop - MT, 78550-728;<sup>3</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, UFMT, Cuiabá, MT, Brasil. Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 Bairro Boa Esperança - Cuiabá - MT CEP: 78060-900;<sup>4</sup>Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, UFMT, Cuiabá, MT, Brasil. Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 Bairro Boa Esperança - Cuiabá - MT CEP: 78060-900

## RESUMO

As variações nas intensidades das chuvas desempenham um papel importante na compreensão dos processos e projetos de conservação de água e solo, subsidiando a gestão e o planejamento urbano, agropecuário e ambiental; todavia, para muitas regiões brasileiras, ainda existe uma carência de estudos que mostrem o comportamento natural das chuvas. Além disso, os padrões de precipitação podem sofrer influências dos sistemas climáticos regionais (ZCIT, STC, STA, SPA, ZCAS e Sistema Equatorial) ou em mesoescala, e ainda, de interações com a cobertura e uso do solo, impactando diretamente na disponibilidade de recursos hídricos e na frequência de eventos extremos. Esse estudo caracteriza os padrões de intensidade das chuvas naturais na região de Sinop, localizada na Mesorregião Norte Mato-grossense. Foram avaliados dados instantâneos (5 minutos) de precipitações de três estações hidrometeorológicas instaladas nas bacias hidrográficas do Rio Nandico e Córrego Rosana, e, na estação experimental da Empaer, no período de 2021 a 2024. As chuvas foram classificadas com base na relação de intensidade e duração (hietogramas), sendo classificadas como avançadas, intermediárias, atrasadas e constantes, com base no pico de intensidade ao longo da duração da chuva, correspondente no início, meio ou fim (0-33%; 34-66%; 67-100%) da precipitação, respectivamente. Realizou-se análise de consistência dos eventos, sendo analisadas 407 chuvas, com duração mínima de 30 minutos e independentemente da lâmina precipitada. Os eventos foram separados considerando intervalos secos de até 10 minutos, formando novas precipitações quando esse limite era excedido. Foram gerados histogramas de frequências individuais por evento, sendo a identificação do padrão realizada de forma visual. Os resultados demonstram que as maiores intensidades de precipitação ocorreram no início dos eventos, com 67,14, 64,84 e 60,43% das chuvas sendo classificadas como padrão avançado. O total de chuvas com padrão constante nessa região é menor que 1%. No município de Sinop, as chuvas de padrão avançado e intermediárias prevalecem, e devem ser consideradas para análises urbanas, agropecuárias e ambientais. Portanto entender os padrões se faz importante para formular estratégias de mitigação dos eventos extremos e planejamento dos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** chuvas intensas; hietogramas; eventos extremos; conservação de água e solo;

# AVALIAÇÃO DE MÉTODO IDF EM REGIÕES OCEÂNICAS: UM ESTUDO DE CASO PARA BACIA DE CAMPOS

**Karine dos Santos Rodrigues**<sup>1</sup>; **Gilmara Duarte Lima Furtado**<sup>1</sup>; **Eric Oliveira Ribeiro**<sup>2</sup>; **Wellington Ceccopieri Belo**<sup>3</sup>; **Marcelo Andrioni**<sup>2</sup>; **Luis Manoel Paiva Nunes**<sup>4</sup>; **Ricardo de Camargo**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES / PETROBRAS). Av. Horácio Macedo, 950, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21941-915, Brasil.;<sup>2</sup>Profissional. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES / PETROBRAS). Av. Horácio Macedo, 950, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21941-915, Brasil.;<sup>3</sup>Analista. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES / PETROBRAS). Av. Horácio Macedo, 950, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21941-915, Brasil.;<sup>4</sup>Pós-doutorando. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG / USP). Rua do Matão, 1226, Butantã, São Paulo, SP 05508-090, Brasil.;<sup>5</sup>Docente. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG / USP). Rua do Matão, 1226, Butantã, São Paulo, SP 05508-090, Brasil.

## RESUMO

O estudo das máximas precipitações no oceano é fundamental para aprimorar o planejamento e a mitigação de impactos ambientais das atividades *offshore*. No âmbito de energia renovável, chuvas intensas podem causar corrosão nas pás dos aerogeradores, comprometendo a eficiência operacional dessas instalações. No entanto, a escassez de dados pluviométricos medidos em regiões oceânicas impede uma compreensão mais abrangente da precipitação e suas características. Como alternativa às medições diretas, estimativas baseadas em satélites têm se mostrado promissoras para monitorar chuvas em regiões com pouca ou nenhuma informação disponível. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar uma metodologia para o cálculo de valores extremos de precipitações em áreas oceânicas. Foi desenvolvida uma Interface gráfica em Python que automatiza o cálculo das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) através da metodologia de Cheng-Lug Chen (1983) com base nas distribuições probabilísticas de Gumbel, Weibull e Lognormal. Para validação dos ajustes das curvas IDF foram aplicados testes de aderência, incluindo *Chi-Square* e *Kolmogorov-Smirnov*, além de métricas estatísticas, como erro médio quadrático, viés e coeficiente de correlação. A metodologia foi testada para a região da Bacia de Campos, utilizando as estimativas de precipitação do *Multisensor Global Precipitation Measurement* (GPM) e do PPDIST (*Precipitation Probability Distribution*). Dados pluviométricos medidos na plataforma P-25 da Petrobras foram utilizados para calibração do GPM (GPMc). Considerando um período de retorno de 15 anos, a precipitação acumulada em 24 h foi de 191 mm com a curva IDF - Weibull e 179 mm com o PPDIST, apresentando erros de 5% e 10% respectivamente, em relação ao GPMc. Esses resultados subsidiam a análise da precisão do método IDF em regiões oceânicas e contribuem para o aprimoramento das estimativas das máximas precipitações para a bacia de Campos.

**PALAVRAS-CHAVE:** chuva; *offshore*; GPM;;

## AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) pelo financiamento do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento "Metodologias em meteoceanografia aplicadas à indústria de O&G e energias renováveis," uma colaboração entre o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP) e o Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES/PETROBRAS).

# ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA DA BACIA DO RIO TOCANTINS NO MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA

**Erica Caelany Veiga Barral**<sup>1,2</sup>; **Emylle Victoria Santos Correa**<sup>1,2</sup>; **Eduardo da Silva Margalho**<sup>2</sup>; **Edson José Paulino da Rocha**<sup>2</sup>; **Flávio Augusto Altieri dos Santos**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Correa, 01 - Guamá, Belém-PA;<sup>2</sup>Bolsista. Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CR-Belém. Av. Júlio César, 7060 - Val de cans, Belém - PA, 66617-420;<sup>3</sup>Servidor. Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CR-Belém. Av. Júlio César, 7060 - Val de cans, Belém - PA, 66617-420

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar e consistir dados fluviométricos e pluviométricos no período de 1981 a 2023 (identificando os períodos mais e menos chuvosos) de forma a verificar a influência de sistemas atmosféricos El Niño-Oscilação Sul (ENOS) em suas diferentes fases (El Niño/EN e La Niña/LN) atuantes da bacia hidrográfica do Tocantins na região da cidade de Marabá-PA. Para a realização do estudo, utilizaram-se dados fluviométricos pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA) da estação Marabá/29050000, dados pluviométricos e normais climatológicas (1991 a 2020) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação 82562 Marabá-PA e dados de ONI para classificação de anos de El niño e La niña disponíveis no site da UNIFEI. Para o desenvolvimento dos cálculos estatísticos os dados utilizados foram precipitação pluviométrica e os níveis de cota (máxima, média e mínima) do período de 1981 a 2023 e para análise dos dados utilizou-se um software de planilha eletrônica onde foram aplicadas ferramentas estatísticas, sendo que a partir destas informações foram definidos meses secos e chuvosos. Com base nos resultados obtidos durante a análise pode-se concluir que a bacia do Rio Tocantins na área em que se encontra o município de Marabá durante os anos 1981-2023 possuiu um período chuvoso de 5 meses (dezembro-abril) e um menos chuvoso de 7 meses (maio-novembro) que são acompanhados pelos níveis de cota uma vez que, o período de maior amplitude dos níveis de cota corresponde ao período chuvoso na região da bacia e que as diferentes fases do ENOS influenciaram de forma significativa nos índices de chuva anual onde EN provocou a redução nos totais anuais de chuva enquanto LN provocou o aumento nesses mesmos totais na bacia hidrográfica.

**PALAVRAS-CHAVE:** bacia hidrográfica; ENOS; análise hidrometeorológica; precipitação pluviométrica; hidrologia

# ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA DA BACIA DO RIO TAPAJÓS NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA/PA

**Emylle Victoria Santos Correa** <sup>1,3</sup>; **Erica Caelany Veiga Barral** <sup>1,3</sup>; **Eduardo da Silva Margalho** <sup>3</sup>; **Edson José Paulino da Rocha** <sup>3</sup>; **Flávio Augusto Altieri dos Santos** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente . Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Correa, 01 Guamá, Belém-PA;<sup>2</sup>Servidor. Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CR-Belém. Av. Júlio César, 7060 - Val de cans, Belém - PA, 66617-420;<sup>3</sup>Bolsista. Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CR-Belém. Av. Júlio César, 7060 - Val de cans, Belém - PA, 66617-420

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise da variabilidade anual e mensal por meio de dados climatológicos e dos eventos climáticos El Niño/EN e La Niña/LN (ENOS) na bacia hidrográfica do rio Tapajós no município de Itaituba-PA, com o propósito de verificar a influência dos ENOS na região da bacia. O desenvolvimento da pesquisa foi realizado a partir dos dados de precipitação pluviométrica coletados no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), dados fluviométricos dos níveis de cota (máxima, média, mínima), dados de ONI para a classificação de El Niño e La Niña disponíveis no site da UNIFEI entre os períodos de 1981 a 2023 (identificando o período mais chuvoso e o mais seco) da normal climatológica de 1991 a 2020. Os dados foram organizados em uma tabela eletrônica onde foram aplicados métodos estatísticos, extraído a partir dessas informações o período mais seco e o mais chuvoso. Com base nos resultados obtidos após a análise, concluiu-se que a bacia do Rio Tapajós na área que se encontra o município de Itaituba durante os anos de 1981 a 2023 possui um período mais chuvoso de 5 meses (dezembro-abril) e um período menos chuvoso de 7 meses (maio-novembro), que estão diretamente ligados com os níveis de cotas, sendo que o período com maior amplitude dos níveis de cota corresponde aos meses mais chuvosos na região da bacia e que as diferentes fases dos ENOS (El Niño e La Niña) influenciam de forma expressiva os índices de chuva anual no qual o EN provoca uma baixa nos totais anuais de chuva em contrapartida o LN causa aumento nos mesmo totais anuais da bacia hidrográfica do rio Tapajós.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise hidrometeorológica; ENOS; Precipitação pluviométrica; Bacia hidrográfica;

## **Caracterização das áreas de sensibilidade bioclimática da várzea da foz do rio Guamá.**

**Ana Caroline Correa dos Santos<sup>1</sup>; Matheus Cristiano Cordeiro Moreira<sup>2</sup>; Aline Maria Meiguins de Lima<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Discente . Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Correa 1, Belém, PA, 66075-110;<sup>2</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Correa 1, Belém, PA, 66075-110;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Correa 1, Belém, PA, 66075-110

### **RESUMO**

Este estudo visou avaliar o grau de sensibilidade bioclimática na foz do Rio Guamá, localizada no nordeste do estado do Pará, Brasil. A região de estudo é um ambiente de integração entre os rios Amazonas, Tocantins e o sistema modal fluvial-terrestre, utilizado para o transporte público e comercial. Com o crescimento urbano e a urbanização nas proximidades dos portos, ocorrem alterações no ambiente da várzea, com a retirada da cobertura vegetal. O objetivo geral da pesquisa é realizar uma avaliação do grau de sensibilidade bioclimática na foz do Rio Guamá. A metodologia adotada baseou-se no padrão de sobreposição de mapas base, utilizando carta de uso e cobertura da terra, mapa da rede hidrográfica, e variáveis climáticas como precipitação e temperatura do ar. Os resultados obtidos indicaram que a região estudada apresentou áreas com distintos graus de sensibilidade bioclimática, variando de zonas de alta sensibilidade, onde as pressões antrópicas e as mudanças climáticas representam grandes riscos, até áreas de menor vulnerabilidade. Em particular, áreas urbanizadas e de proteção ambiental, como a APA Belém e a APA da Ilha do Combu, mostraram-se especialmente suscetíveis às alterações climáticas, o que reforçou a necessidade de estratégias de manejo adaptativas. A análise dos dados climáticos e hidrológicos, abrangendo uma série temporal de 21 anos (2003-2023), possibilitou a identificação de tendências e padrões que indicam possíveis cenários futuros para a região. Conclui-se que a proposta pode contribuir positivamente para a gestão de recursos hídricos na região, fornecendo uma abordagem sustentável e identificando oportunidades para o desenvolvimento de estratégias para a gestão de recursos naturais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Várzea; Crescimento urbano; Análise temporal; gestão de recursos hídricos; déficit hídrico

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) pelo suporte técnico e científico fornecido ao longo deste estudo.

## **Análise espacial da precipitação para quatro bacias hidrográficas localizadas nos estados de Pernambuco e Alagoas.**

### **RESUMO**

O Nordeste brasileiro possui clima semiárido, com chuvas e temperaturas variáveis. Em Alagoas, o clima é dividido em três mesorregiões: Leste, Agreste e Sertão Alagoano, com a quadra chuvosa ocorrendo de abril a julho. Este estudo focou na suscetibilidade a inundações nas bacias dos rios Ipanema (B1), Paraíba (B2), Mundaú (B3) e Jacuípe (B4), utilizando dados do MERGE/CPTEC de 2002 a 2022. Os dados combinam precipitação observada e estimativas por satélite, destacando os anos com maiores índices de inundação. Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, entre as décadas de 1990 e 2000, o Brasil registrou 6.671 desastres causados por inundações e alagamentos (CEPED UFSC, 2012). Em Alagoas, inundações têm um histórico prolongado, com grandes eventos ocorrendo em 1914, 1941, 1988, 1989, 2000 e 2010, conforme Fragoso Jr. et al. (2014). O estudo revelou variações significativas na precipitação e sua influência nas inundações, ajudando a mitigar desastres como o de 2010, que foi a maior catástrofe recente do estado e afetou mais de 270 mil pessoas. Em resposta, a Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) foi criada em 2010, contribuindo para reduzir os impactos das inundações em 2017. Em julho de 2022, Alagoas enfrentou a maior enchente desde 2010, com chuvas intensas que causaram o transbordamento dos rios Mundaú, Paraíba, Jacuípe e Ipanema, registrando precipitações acumuladas acima de 1700 mm no ano, exceto na Bacia B1, que obteve valores entre 1000 mm e 1400 mm. O rio Mundaú atingiu 10,43 metros, ultrapassando a cota de transbordamento e inundando extensas áreas. As cidades de Murici e São José da Laje foram gravemente afetadas, com mais de 58.000 pessoas deslocadas e seis mortes registradas. Embora as chuvas tenham sido intensas, a população estava melhor preparada, e a SEMARH manteve alertas e assistência direta, contribuindo para um manejo mais eficaz da crise.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacias Hidrográficas; Desastres Naturais; Chuva;;

# **3. Meteorología Física**

## Forçantes radiativas instantâneas devido ao primeiro efeito indireto de aerossóis antropogênicos durante o experimento GoAmazon 2014/5

**André Cezar Pugliesi da Silva**<sup>1</sup>; **Alexandre Lima Correia**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante de graduação. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências atmosféricas - USP. Rua do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-090; <sup>2</sup>Docente. Instituto de Física - USP. Rua do Matão, 1371 - Butantã, São Paulo - SP

### RESUMO

Forçantes radiativas instantâneas devido às interações entre aerossóis antropogênicos e nuvens ( $IRF_{aci}$ ) ocorrem devido aos efeitos indiretos que esses aerossóis exercem sobre o equilíbrio radiativo global. Tais forçantes correspondem à maior fonte de incerteza acerca da influência humana sobre o clima, especialmente quando nuvens quentes são consideradas. Muitos trabalhos que quantificaram  $IRF_{aci}$  vinculadas a nuvens quentes se concentraram em nuvens estratiformes sobre os oceanos, além de não apresentarem muitos achados acerca de  $IRF_{aci}$  devido ao efeito Twomey na Amazônia. Neste trabalho, conjuntos de dados da campanha GoAmazon 2014/5 medidos in situ e através de sensoriamento remoto a partir do solo foram utilizados na configuração de modelos de nuvens quentes que serviram de *input* para que o código libRadtran calculasse valores diários de irradiância ascendente no TOA para 2014/2015. As  $IRF_{aci}$  foram calculadas segundo dois estados de referência atmosférica. As distribuições anuais de  $IRF_{aci}$  obtidas para essas referências indicam uma variação interanual, sendo que as forçantes de 2014 são mais negativas que as de 2015. Os valores médios de  $IRF_{aci}$  para a GoAmazon 2014/5 relativos às duas referências foram de  $-11.79$  [ $-23.0$ ;  $-2.44$ ]  $W/m^2$  e  $-1.30$  [ $-5.8$ ;  $0.3$ ]  $W/m^2$ , respectivamente. Tais valores são compatíveis com quantidades máximas de  $IRF_{aci}$  por unidade de AOD obtidas na literatura para a Amazônia. O valor obtido para a segunda referência é equivalente a mais recente estimativa obtida pelo IPCC,  $-0.7 \pm 0.5$   $W/m^2$ . Além disso, os resultados indicam que a sensibilidade das  $IRF_{aci}$  em relação à variação na carga de aerossóis é maior quando a atmosfera amazônica apresenta menor disponibilidade de aerossóis antropogênicos. As técnicas e resultados apresentados constituem uma abordagem única no que diz respeito ao cálculo de  $IRF_{aci}$  vinculado ao efeito Twomey de nuvens quentes sobre a Amazônia, e colaboram para um melhor entendimento da influência humana sobre o clima da região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Forçante radiativa; Efeito Twomey; Amazônia; Nuvens quentes;

# Características da Precipitação Observada nas Tempestades Elétricas da América do Sul

**carlos augusto morales rodriguez** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. Rua do Matão, 216, Cidade Universitária, CEP 05508-090, Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

## RESUMO

A magnitude e partição dos centros de cargas elétricas dentro das nuvens controla a razão entre o número de raios intra-nuvem e nuvem-terra observados nas tempestades elétricas. Para compreender estas partições são necessárias medidas contínuas de campo elétrico e ou cargas elétricas a partir de observações com balões e ou aviões instrumentados, o que limita a caracterização das tempestades elétricas. No entanto, ao utilizar medidas de sensoriamento remoto tais como a climatologia de raios total obtida com o Lightning Imaging Sensor (LIS) a bordo do Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) (1998-2014) e as de nuvem-terra (CG) obtidas com rede de detecção de longa distância STARNET (2012-2018), é possível inferir a fração de raios intra-nuvem (IC) na América do Sul. Adicionalmente, com o emprego do radar de precipitação (PR) do TRMM e o PR de dupla frequência a bordo do Global Precipitation Measurement (GPM), é possível inferir histogramas bi-dimensionais do fator refletividade do radar (Z) com a altura (conhecidos como Contour Frequency of Altitude Distribution - CFAD) e os perfis verticais médios do diâmetro médio ponderado (DM) para diferentes frações de IC e assim entender como os diferentes tipos de gelo estão distribuídos vertical o que possibilitará compreender os processos de eletrificação. Resultados preliminares sobre a América do Sul indicam que a fração de IC está relacionada com os regimes de tempestades elétricas marítima e continental, ou seja: a) regime continental está associado com fração de IC baixa (< 60%) e está localizada nas regiões mais elevadas dos Andes, Bacia do Prata e regiões central do Brasil; b) o regime continental/marítimo está associado com frações de IC moderadas (70-80%) e está restrita à região Amazônica; c) o regime marítimo tem alta fração de IC (> 80%) e está condicionado à região costeira do Equador, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guianas e região norte e nordeste do Brasil. Por outro lado, os CFADs de Z mostram que à medida que a fração de IC diminui, a distribuição de Z com a altura fica mais larga e valores de Z acima de 25 dBZ são mais frequentes com a altura. O gradiente vertical de Z com a altura mostra que a medida que a fração de IC fica mais baixa, mais gotículas de água super-resfriada são observadas na região mista da nuvem. Estes resultados demonstram como as partículas de gelo controlam os processos de eletrificação. Para o congresso, serão apresentados os perfis de DM que serão usados para validar os tipos de hidrometeoros e estimar as regiões de cargas elétricas em função da fração de IC.

**PALAVRAS-CHAVE:** tempestades elétricas; processos de eletrificação; processos de crescimento dos hidrometeoros; radar meteorológico; descargas elétricas

## AGRADECIMENTOS

CNPq #309091/2021-7 and CNPq # 402645/2023-5

# **4. Meteorologia Dinâmica**

# Impactos da Oscilação de Madden-Julian (OMJ) na chuva de monção na África Austral

**Kenedy Cipriano Silverio**<sup>1</sup>; **Tercio Ambrizzi**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo (USP). R. do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-090; <sup>2</sup>Docente. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo (USP). R. do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-090

## RESUMO

A maior parte da África Austral (AA), definida aqui como a África a sul de 10°S, regista as chuvas geralmente durante os meses de verão austral (Outubro-Março) com um pico sazonal que se assemelha ao regime de monção entre os meses de Dezembro e Fevereiro (DJF). No entanto, as chuvas de monção, bastante importantes para os sectores económicos vitais (ex., agricultura e energia hidroeléctrica) na maioria dos países da AA, mostra grande variabilidade, o que resulta por vezes em inundações ou secas com profundos impactos socioeconómicos e ambientais. Para melhor entender essa variabilidade destas chuvas, este estudo explora os impactos da Oscilação Madden-Julian (OMJ) nas chuvas de monção (DJF) sobre a AA para o período de 1981-2023, utilizando dados diários de reanálise *NCEP-NCAR*, de precipitação média do *CPC* e OLR do NOAA, filtrados na faixa de 20-90 dias. Os resultados mostraram que a AA tende a obter chuvas anormalmente elevadas (reduzidas) durante as fases 7, 8 e 1 (3, 4 e 5) da OMJ. Contudo, os valores desta chuva além de baixos, não são extensivamente significativos, sugerindo que podem existir outros mecanismos que contribuem para a precipitação de monção na região, o que é coerente com resultados de estudos anteriores. As teleconexões trópico-extratropicais parecem ser o principal mecanismo através do qual as anomalias relacionadas à OMJ são transmitidas à AA, embora o mecanismo trópicos-trópicos também seja visível. As implicações deste conhecimento são vitais para uma melhor compreensão das chuvas de monção na região e, por conseguinte, a melhoria da sua previsão e projecção.

**PALAVRAS-CHAVE:** OMJ; Monção da África Austral; Variabilidade Intrassazonal; Teleconexão; Chuvas de monção

## AGRADECIMENTOS

The first author gratefully acknowledges the São Paulo Research Foundation (FAPESP) financial support through the award of research grant #2022/14424-6, FAPESP, and Higher Polytechnic Institute of Songo (ISPS), which granted the leave to Brazil to perform this research, as well the Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo (USP) for accepting him as Postdoctoral Researcher. The second author, Tercio Ambrizzi, acknowledges the support for research grant #2017/09659-6, FAPESP, the base for the first author grant.

## **Energética da Tempestade Subtropical Raoni, utilizando modelo MONAN-MPAS**

**Sérgio Henrique Soares Ferreira<sup>1</sup>; Manoel Alonso Gan<sup>1</sup>; Bruno Miranda de Brito<sup>1</sup>; Júlio Pablo Reyes Fernandez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Avenida dos Astronautas, 1.758 - Jd. Granja - CEP 12227-010. São José dos Campos - SP - Brasil.

### **RESUMO**

Neste estudo a energética da tempestade subtropical Raoni é examinada utilizando as análises do GFS 0.25 e as previsões do modelo MONAN - MPAS, em implementação no INPE. O Raoni atuou no litoral brasileiro, entre os dias 27 de Junho e 02 de Julho de 2021. A energética desse sistema é avaliada, tanto nos campos de análise, quanto nas previsões feitas pelo MONAN. A formulação de Orlanski e Katzfey foi utilizada, sendo examinados os termos de conversão baroclínico (BRC) e Barotrópico (BRT), além do termo de Desenvolvimento Corrente a Baixo (DSD). No dia 27, um ciclone se forma associado à corrente de jato de baixos níveis, tendo seu desenvolvimento ocorrido por conversão BRC. Contudo, um cavado em altos níveis se aproxima da região do ciclone e no dia 28, o ciclone e o cavado começam a se alinhar e ocorre uma mudança drástica nos termos de conversão. O ciclone passa a perder energia por conversão BRC, e ganhar energia por DSD, proveniente do cavado, onde forma um vórtice ciclônico em altos níveis (VCAN). Neste ponto, começa de fato o desenvolvimento da tempestade tropical Raoni, que, ao invés de seguir para sudeste, sobe o litoral brasileiro, seguindo o eixo do cavado em altos níveis até cerca de 30S/40W. No dia 30, o cavado começa a se afastar do continente e o termo DSD cai subitamente, levando ao decaimento da energia da tempestade. Com relação às previsões do MONAN, foram examinadas previsões de 6 em 6 horas até 120 horas de previsão. O MONAN previu o início da formação do Raoni, em sinergia com o VCAN, apenas nas previsões até 48h. Contudo, a partir deste ponto, previu o Raoni no local exato, mesmo nas previsões mais longas, com 120 horas. Os termos de conversão BRC, DSD e BRT foram bastante similares, demonstrando a destreza do modelo nesta previsão. O MONAN, é um modelo não hidrostático, com grade irregular, integrado com ~24 km de resolução global. Configuração de mesoescala (New Tiedtke, WSM6, radiação de LW/SW RRTMG, NOAA land surface, Monin O. surface layer).

**PALAVRAS-CHAVE:** Dinâmica da atmosfera dinâmica; Previsão numérica do tempo Tempestades subtropicais previsão numérica <p clas;

# **5. Meteorología Sinótica**

## **Estudo de caso de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) - 04 a 07 de Janeiro de 2024**

**Augusto Gabriel da Costa Pereira <sup>1</sup>; Maria Isabel Silva Dantas <sup>1</sup>; Luana Oliveira Barros <sup>1</sup>; Ádria Martins Pereira <sup>1</sup>; Nedilson Sanches Ferreira <sup>1</sup>; Davidson Lima de Melo <sup>1</sup>; Marcelo Enrique Seluchi <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista Discente. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista - SP; <sup>2</sup>Coordenador-Geral de Operações e Modelagem. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. São José dos Campos - SP

### **RESUMO**

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um sistema de escala sinótica que se inicia normalmente na primavera e tem maior atividade durante o verão austral, causando diversos impactos sociais nas regiões afetadas. Este estudo tem como objetivo identificar os principais mecanismos de formação, desenvolvimento e dissipação do evento de ZCAS ocorrido entre os dias 4 e 7 de janeiro de 2024. Foram analisadas cartas sinóticas da Marinha, imagens de satélite no canal infravermelho, e os dados plotados no MATLAB foram extraídos de (a) reanálises ERA5 do ECMWF, (b) dados observacionais pluviométricos das estações do INMET e (c) produtos de precipitação do CHIRPS. Os resultados destacam que, desde o dia 1º de janeiro, um cavado frontal, orientado diagonalmente NO-SE, estava presente desde a Amazônia até a região Sudeste, tornando-se estacionário até o dia 4 de janeiro, quando o sistema se estabeleceu como ZCAS. Nessa data, observou-se um expressivo ômega negativo (ascendência) em 500 hPa; o acoplamento entre os jatos polar e subtropical em 250 hPa; e de uma forte convergência de umidade na coluna atmosférica nas regiões de atuação. Além disso, as imagens de satélite indicaram que a nebulosidade associada ao sistema seguiu o padrão de escoamento confluyente das linhas de corrente. Esses campos foram fundamentais para o diagnóstico dos elementos que contribuíram para chuvas intensas até o dia 7 de janeiro. Portanto, a formação inicial da ZCAS foi associada a uma frente estacionária (03 e 04/01/2024), que forneceu o suporte dinâmico necessário para o desenvolvimento do sistema. Enquanto seu desenvolvimento esteve ligado à persistência do cavado, que se fechou sobre o estado do Rio de Janeiro (05 e 06/01/2024), formando um centro de baixa pressão responsável pelo maior acumulado de chuva (134 mm/24h). A dissipação do sistema ocorreu à medida que este ciclone se deslocou para o oceano (07/01/2024).

**PALAVRAS-CHAVE:** CHIRPS; Precipitação; Ômega; CHIRPS; Precipitation

# **Padrões sinóticos associados com as principais anomalias de precipitação ocorridas no Brasil durante os novembros de 2022 e 2023**

**Gustavo Carlos Juan Escobar** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra Km 39

## **RESUMO**

Os meses de novembro de 2022 e 2023 mostraram um comportamento oposto em relação à distribuição espacial das principais anomalias de precipitação ocorridas no Brasil. Em novembro de 2022, as chuvas anômalas mais significativas se concentraram sobre grande parte das regiões Norte e Nordeste, enquanto que durante novembro de 2023, as chuvas anômalas se localizaram no sul do país. Com o intuito de identificar os principais padrões sinóticos responsáveis por essas diferenças, foi realizada uma classificação sinótica em superfície e altitude através do método de Análise de Componentes Principais (ACP). Os resultados obtidos identificaram três padrões sinóticos predominantes ao longo dos meses de novembro de 2022 e 2023. Os dois padrões sinóticos mais frequentes estiveram relacionados com a presença da Baixa do Noroeste da Argentina (BNOA), da Baixa do Chaco (BCH) e com a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), respectivamente. O último padrão sinótico se relacionou com a presença de uma frente fria no Sudeste do Brasil. Através da análise da variância total explicada por cada um desses três padrões sinóticos durante ambos os novembros, detectou-se que o padrão de ZCAS foi muito importante em novembro de 2022, onde ocorreram três episódios, e ausente durante o ano de 2023. Por outro lado, em 2023, o Jato de Baixos Níveis (JBN) ficou intenso e frequente devido à maior presença do modelo associado à BNOA e BCH, o que justificou as chuvas anômalas observadas na região Sul do Brasil. Simultaneamente, este padrão sinótico apresentou um intenso sistema de alta pressão em 500 hPa em parte do Sudeste e Nordeste do Brasil, favorecendo a inibição de chuvas nessas regiões.

**PALAVRAS-CHAVE:** padrões sinóticos; componentes principais; ZCAS; JBN; chuvas anômalas

## **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil e ao NCEP dos Estados Unidos pelos dados meteorológicos fornecidos. Também agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Projeto "Edital Universal" número 402554/2021-3).

# **Análise sinótica das chuvas extremas anômalas ocorridas no Rio Grande do Sul entre o final de abril e início de maio de 2024**

**Gustavo carlos Juan Escobar<sup>1</sup>; Marcelo Barbio Rosa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra Km 39;<sup>2</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra Km 39

## **RESUMO**

No período compreendido entre os dias 30/04/24 e 02/05/24, grande parte do estado do Rio Grande do Sul (RS) foi castigado por chuvas extremas e anômalas que provocaram fortes impactos em várias cidades, principalmente aquelas localizadas no centro-norte e nordeste do Estado, incluindo a capital Porto Alegre. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em algumas localidades, a chuva diária ocorrida durante os dias 30/04, 01/05 e 02/05 foi equivalente ao total de chuva que deveria ocorrer em um mês. Os maiores acumulados diários de chuva observados no dia 30/04 ocorreram nos municípios de Bento Gonçalves, Rio Pardo, Canela, São Gabriel, Santa Maria, Caxias do Sul, Tupanciretã, Porto Alegre e Caçapava do Sul, que registraram 149,2 mm, 146,6 mm, 144,6 mm, 136,6 mm, 134,6 mm, 132,8 mm, 132,2 mm, 132,2 mm e 106,8 mm, respectivamente. No dia 01/05, os maiores acumulados ocorreram nos municípios de Santa Maria, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Soledade e Canela, que registraram 231,6 mm, 166,2 mm, 148,1 mm, 127 mm, e 109,8 mm, respectivamente. Já no dia 02/05, as chuvas mais volumosas se observaram nas localidades de Soledade, Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Canela, com 249,4 mm, 172,6 mm, 192,4 mm, e 154,8 mm, respectivamente. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise sinótica detalhada no período compreendido entre o final de abril e início de maio através do uso de cartas de superfície e altitude e de imagens de satélite GOES.

Os resultados obtidos identificaram três principais fatores que foram responsáveis das chuvas volumosas e anômalas ocorridas no RS. Em primeiro lugar observou-se a constante atuação do Jato de Baixos Níveis (JBN) provocado pela presença da Baixa do Chaco (BCH) localizada entre o norte da Argentina, sul da Bolívia e o oeste do Paraguai. O JBN transportou ar muito úmido e instável sobre grande parte dos Estados do RS e de Santa Catarina (SC). Em segundo lugar, identificou-se a presença de um persistente cavado em 500 hPa localizado no oceano Pacífico que favoreceu a constante advecção de vortacidade ciclônica sobre grande parte do RS.

A combinação do mecanismo de levantamento provocado por esse cavado junto com a presença de uma massa de ar muito úmida e instável foi determinante para a ocorrência destas chuvas anômalas no RS. Por fim, como terceiro fator, devem ser mencionados os sistemas meteorológicos de superfície que estiveram ativos no período analisado. No dia 30 de abril não houve influência de frente fria na ocorrência das chuvas intensas no RS, pois esse sistema ainda estava localizado na província de Buenos Aires, Argentina. Porém, durante os dias 01/05 e 02/05, a aproximação e passagem de uma frente fria também contribuíram para a ocorrência das chuvas extremas no RS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise sinótica; JBN; Cavado em 500 hPa; frente fria; chuvas anômalas

## **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil e ao Centro Nacional de Previsão Ambiental (NCEP) pelos dados meteorológicos fornecidos. Também agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Edital Universal, número:402554/2021-3).

## **Análise do ambiente sinótico associado a enchente na cidade de Votorantim/SP em fevereiro de 1982**

**Maria de Souza Custodio <sup>1</sup>; Murilo Henrique dos Santos Silva <sup>2</sup>; Luiz Felipe Gozzo <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências. Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa - Bauru/SP; <sup>2</sup>Aluno (ex). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências. Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa - Bauru/SP

### **RESUMO**

No dia 6 de Fevereiro de 1982, um evento de chuva intensa ocorreu na cidade de Votorantim região metropolitana de Sorocaba no estados de São Paulo, resultando na pior enchente na história da cidade. Foram 288 famílias atingidas e seis mortes noticiadas, além da destruição decorrente dos deslizamentos de terra. O presente estudo teve como objetivo a caracterização do ambiente sinótico associada a enchente do dia 06 de fevereiro de 1982 na cidade de Votorantim/SP. Para tanto, foram utilizados os dados da reanálise ERA5 do ECMWF e na determinação do padrão espacial para região da cidade de Votorantim/SP. A análise foi realizada para o período de 01/02/1982 até o dia 06/02/1982 nos quatro horários sinóticos, a fim de determinar o padrão atmosférico nos dias que antecedem o evento de chuva intensa. A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) estava em uma posição muito próxima ao continente para essa época do ano, contribuindo para o transporte de umidade a partir do dia 01/02/1982 até o dia 03/02/1982. No dia 02/02/1982 um sistema frontal se formou causando chuvas em diversas regiões como Argentina, Uruguai, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, até o dia 05/02/1982. O escoamento do sistema frontal e o escoamento ao da ASAS, aumentaram o fluxo de umidade sobre o sul-sudeste do Brasil, juntamente com a presença de . um cavado em médios níveis e a presença de divergência em altos níveis em virtude da presença de um vórtice ciclônico. Este padrão sinótico, teve o reforço da grande disponibilidade de umidade e das condições locais. A cidade de Votorantim possui topografia notavelmente acidentada, o que pode ser um dos fatores regionais relacionados a este evento que trouxe muitos prejuízos para a população, visto que em cidades próximas o mesmo evento não gerou tais condições. Além disso, a termodinâmica local também se destaca como um fator determinante para as chuvas localizadas que causaram a enchente na cidade de Votorantim/SP.

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação; impactos; reanalise; padrão; extremo

# **6. Sistemas de Medição e Observação**

## Centro Regional de Estações Meteorológicas de Superfície Remota

**Felipe do Souto de Sá Gille**<sup>1</sup>; **Ary Rodrigues Bertolino**<sup>1</sup>; **Adilson Cleomenes Rocha**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assessor Técnico. SAIPHER. Av. São João, 2405 - Jardim das Colinas, São José dos Campos - SP, 12242-000;<sup>2</sup>Oficial da Aeronáutica. ICEA. Praça Marechal-do-Ar Eduardo Gomes, 50 - Campus do CTA, São José dos Campos - SP, 12228-615

### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar argumentos capazes de justificar a criação de um Centro Regional o qual deverá ser capaz de aglutinar informações de Estações Meteorológicas Remotas (EMS-R), bem como disponibilizar essas informações para fins aeronáuticos. É sabido que a OMM é responsável e mantém o Programa de Instrumentos e Métodos de observação (IMOP), o qual estabelece padrões técnicos e procedimentos de controle de qualidade de instrumentos e métodos de observações meteorológicas. Atualmente, dois tipos de Estações meteorológicas operam com o objetivo de disponibilizar informações meteorológicas em períodos regulares ou quando da ocorrência de mudanças significativas de tempo, ou seja, as Estações Meteorológicas de Superfície Convencionais (EMS), que exigem a presença constante de um observador, e as Estações Meteorológicas de Superfície Automáticas (EMS-A), nas quais a coleta de informações ocorre sem a presença humana, por meio de equipamentos específicos para esse fim. Na busca de mitigar o alto custo de uma EMS-R, bem como de aproveitar o conceito e os instrumentos já instalados em uma EMS, é possível empregar a EMS-R. A inovação proposta neste artigo estabelece que cada EMS-R será provida de um sistema de Câmeras de visualização de alta definição, capaz de prover as informações a um observador localizado fora do sítio de interesse, principalmente daquelas contidas nas respectivas Cartas de Visibilidades, sem qualquer descontinuidade. Deverá, ainda, possuir um pluviômetro e um sensor de descarga atmosférica com o objetivo de perceber a presença de Cumulonimbus, quando estiverem embutidos em outras nuvens, em complemento aos outros sensores obrigatórios existentes na estação. Com a operação de EMS-R, espera-se, principalmente, a obtenção de benefícios relacionados à viabilidade econômica e otimização de recursos humanos. A concentração de várias EMS-R, provenientes de vários locais, ou seja, um Centro Regional, trará economia de recursos, uma vez que as despesas inerentes às instalações podem ser repartidas pelas administrações interessadas em serem atendidas pelo Centro. Ademais, entende-se que não haverá perda na qualidade do serviço meteorológico prestado com a operação de EMS-R. Este artigo vem ao encontro da argumentação neste sentido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estação Meteorológica de Superfície Remota; EMS-R;;;

# **ANÁLISE PRELIMINAR DO PERFIL DA VELOCIDADE DO VENTO UTILIZANDO UM SODAR PARA APLICAÇÕES EM OPERAÇÕES DE LANÇAMENTOS DE FOGUETES**

**Diogo Machado Custódio<sup>1</sup>; Antonio Cardoso Neto<sup>2</sup>; Alexandre Santos de Souza<sup>3</sup>; Felipe do Nascimento Correa<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Tecnologista. Instituto de Aeronáutica e Espaço. Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias São José dos Campos - SP CEP: 12228904 - Brasil;<sup>2</sup>Técnico em Meteorologia. Instituto de Aeronáutica e Espaço. Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias São José dos Campos - SP CEP: 12228904 - Brasil;<sup>3</sup>Militar. Instituto de Aeronáutica e Espaço. Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias São José dos Campos - SP CEP: 12228904 - Brasil;<sup>4</sup>Técnico em Meteorologia. Instituto de Aeronáutica e Espaço. Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias São José dos Campos - SP CEP: 12228904 - Brasil

## **RESUMO**

Medir o perfil vertical da velocidade do vento é importante para diversas aplicações meteorológicas, sendo crucial para atividades aeroespaciais e lançamentos de foguetes. Neste contexto, este estudo tem como objetivo comparar dados de vento obtidos utilizando um sistema de Sound Detection and Ranging (SODAR) marca/modelo Scintec MFAS, em relação às medições simultâneas feitas com radiossondas transportadas por balões, marca/modelo Vaisala RS92. A comparação se dá por meio de dados coletados durante uma campanha realizada em agosto de 2021, na cidade de São José dos Campos, SP. Os parâmetros estatísticos de Coeficiente de Correlação de Pearson (R), Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e Viés Médio (MBE) são utilizados para avaliar o grau de concordância entre os dois sistemas de medidas. A análise revelou uma correlação positiva variando de moderada a forte entre os dados de velocidade do vento do SODAR e das radiossondas, com R variando entre 0,57 a 0,90, MBE de -0,89 m/s e RMSE de 2,56 m/s, nas diferentes altitudes dentro do alcance operacional do SODAR. Com estes resultados, ainda preliminares, se espera fornecer subsídios na aplicação do SODAR nas campanhas de lançamento de foguetes, tanto no monitoramento dos padrões de vento, otimizando as janelas de lançamento e evitando condições adversas que possam comprometer a missão, quanto nos ajustes das trajetórias de lançamento, minimizando riscos de desvio, garantindo a execução bem-sucedida de operações aeroespaciais.

**PALAVRAS-CHAVE:** SODAR; radiossonda; perfil de Vento; operações de lançamento de foguetes;

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE por meio de sua Divisão de Ciências Atmosféricas - ACA, pela disponibilização de dados meteorológicos para a realização do trabalho.

## TORRE DE FLUXO MAMIRAUÁ: MONITORAMENTO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E HIDROMETEOROLOGIA NA VÁRZEA DO RIO AMAZONAS

**Daniel Michelin dos Santos** <sup>1,3</sup>; **Lady Custódio** <sup>1</sup>; **Débora Regina Roberti** <sup>4</sup>; **Rafael Stern** <sup>5</sup>; **Alison Hoyt** <sup>6</sup>; **Robert B. Jackson** <sup>6</sup>; **Ayan Santos Fleischmann** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Tefé - AM; <sup>2</sup>Pesquisador. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Tefé - RS; <sup>3</sup>Pesquisador. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS; <sup>4</sup>Docente. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS; <sup>5</sup>Bolsista. Stanford University. Califórnia - USA; <sup>6</sup>Docente. Stanford University. Califórnia - USA

### RESUMO

Zonas tropicais, como as várzeas amazônicas, têm papel fundamental nas emissões naturais de gás metano, uma vez que apresentam um ciclo sazonal de inundação, se estendendo por amplas áreas de floresta. Juntamente com outras regiões tropicais úmidas, são responsáveis por cerca de 50-60% do total de emissões naturais no globo. Apesar disso, existe uma grande discrepância entre as observações por satélite e as emissões modeladas nessas áreas. Observações *in situ* se fazem necessárias para melhor compreensão e quantificação dos fluxos de CH<sub>4</sub> e a correta determinação das emissões na região. O Instituto Mamirauá, em parceria com a Universidade de Stanford e a Universidade Federal de Santa Maria, está instalando uma torre de 45 m, acima de um dossel de floresta majoritariamente do tipo várzea baixa na Reserva Mamirauá com objetivo de obter dados precisos, através da técnica de eddy covariance, dos fluxos de calor, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, além de dados meteorológicos e hidrológicos. Esse projeto faz parte do FLUXNET-CH<sub>4</sub> V2.0, que busca estabelecer uma rede de monitoramento destas variáveis em regiões onde há grande gradiente de precipitação anual, característica que abrange toda extensão de florestas úmidas na América do Sul. A torre contará inicialmente com um nível de medição de fluxos posicionado a 40 m, onde o dossel mede em média 28 m. No período chuvoso a várzea inunda, variando conforme o regime de precipitação, com o período de inundação ocorrendo entre janeiro e julho. Assim sendo, poderemos entender a dinâmica de absorção e emissões de gases de efeito estufa em ambientes de várzeas amazônicas, mostrando detalhes de seu papel como fonte ou sumidouro, em diferentes condições, e sua importância no equilíbrio do ecossistema local. Também amplia-se a capacidade de validar dados de estimativas satelitais e de realizar esforços de regionalização de emissões de CH<sub>4</sub> em regiões tropicais não monitoradas, mas que desempenham papel fundamental quanto às emissões de gases de efeito estufa.

**PALAVRAS-CHAVE:** gases efeito estufa; várzea amazônica; CH<sub>4</sub>; eddy covariance;

## **Método de identificação de dados repetidos em séries de precipitação em estações distintas**

**João Paulo Jankowski Saboia**<sup>4</sup>; **Alice Marlene Grimm**<sup>3</sup>; **Lucas Fanderuff Gaissler**<sup>5</sup>; **Henrique Schinaider da Silva**<sup>5</sup>; **Bernardo Lipski**<sup>4</sup>; **Ugo Maranhão Leal**<sup>4</sup>; **Isabella Ecard Barros**<sup>6</sup>; **Thainá Rodrigues Fernandes**<sup>6</sup>; **Victor Campos Vieira da Rosa**<sup>2</sup>; **Lucas Borges Picarelli**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Especialista de Preços e Estudos de Mercado. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>2</sup>Superintendente de Portfólio e Preços. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>3</sup>Professor. Universidade Federal do Paraná. Av. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Curitiba-PR;<sup>4</sup>Pesquisador. Lactec. Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, Curitiba-PR;<sup>5</sup>Bolsista. Lactec. Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, Curitiba-PR;<sup>6</sup>Analista de Portfólio e Preços. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF

### **RESUMO**

Estudos climáticos que abrangem grandes áreas necessitam de dados consistentes, que sejam livres de erros capazes de comprometer alguma análise. Este trabalho, desenvolvido como uma das etapas do P&D ANEEL PD-07427-0222/2022, intitulado "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas", trata da apresentação de um método de identificação de dados repetidos em bancos de dados da ANA e INMET, utilizados no projeto. Por se tratar de um tipo de erro bastante atípico em bancos de dados pluviométricos, há poucos registros na literatura sobre análises deste tipo, ainda que estas ocorrências já tenham sido apontadas em algumas pesquisas, como no trabalho de Saboia (2010). O método foi aplicado a dados mensais de precipitação, oriundos de estações meteorológicas convencionais e telemétricas dos bancos de dados da ANA e INMET. A série de acumulados mensais de precipitação de uma determinada estação é comparada com todas as demais que sejam do mesmo banco e tipo de dados para todos os casos em que ocorrem pelo menos 4 meses de dados idênticos (diferentes de zero) entre duas estações distintas. Para identificar a estação a qual os dados devem ser removidos, foi desenvolvido um método baseado na quantidade total de dados, dados faltantes e climatologia mensal. Nos casos considerados inconclusivos, foram retirados dados das duas estações. No banco de dados do INMET, um único caso de par de estações com dados repetidos foi encontrado, enquanto mais de 15.000 registros foram retirados dos dados convencionais da ANA e 54

**PALAVRAS-CHAVE:** Eventos extremos de precipitação; Modelagem hidrológica; Sistema interligado Nacional;;

# **Detecção e Classificação de Chuva na Amazônia com Técnicas de Análise Acústica e Aprendizado de Máquina**

**Rodrigo de Souza Xavier<sup>1</sup>; Tarcisio Ferreira Maciel<sup>2</sup>; Marielle Gosset<sup>3</sup>; Ayan Santos Fleischmann<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. Universidade Federal do Ceará. Av Mister Hull, Fortaleza-CE;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Ceará. Av Mister Hull, Fortaleza-CE;<sup>3</sup>Pesquisadora. Instituto Francês de Pesquisa para o Desenvolvimento. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília-DF;<sup>4</sup>Pesquisador Titular. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Estrada do Bexiga, Tefé - AM

## **RESUMO**

A indisponibilidade de dados de superfície representa um obstáculo para atividades como monitoramento climático. Na bacia amazônica isto ocorre devido ao seu isolamento geográfico e à impossibilidade de aquisição de dados por meios convencionais no interior da floresta. Nos últimos anos, com a popularização de ferramentas como aprendizado de máquina, tem se observado um maior esforço para inovar a coleta de dados, entre eles o estudo da paisagem acústica de um determinado ambiente. Estudos recentes demonstraram seu potencial como forma de detectar, classificar e estimar a precipitação, entretanto, ainda inexistem estudos sobre o tema no Brasil. O presente estudo teve como objetivo desenvolver um modelo de classificação Random Forest para detectar e classificar precipitação em 5 categorias (sem chuva, fraca, moderada, forte e violenta). O modelo foi treinado com diferentes combinações de parâmetros extraídos de arquivos de áudio: Histogramas de distribuição de pixels em espectogramas (H) Coeficiente Cepstral de Frequência Mel (MFCC) e Linear Predictive Codes (LPC). Foram coletados 49 mil minutos de gravação no interior de uma floresta tropical secundária na cidade de Tefé-AM, os áudios foram rotulados de acordo com um pluviômetro automático. Para treinar o modelo, o conjunto de dados foi balanceado de forma a conter uma quantidade igual de arquivos de chuva/não chuva. Foram testadas diferentes configurações de modelo: Somente detecção de chuva (chuva/não chuva); 2 intensidades de chuva (fraca-moderada/forte-violenta); 4 Categorias (fraca/moderada/forte/violenta); Todas as 5 categorias juntas. O modelo foi treinado com todas as combinações possíveis dos parâmetros. Os melhores resultados foram obtidos com MFCC e LPC, com uma acurácia média de 91% para a configuração de 5 categorias. Estes resultados estão de acordo com outros estudos e representam um caminho promissor para aquisição de dados em regiões remotas. Próximos passos envolvem a estimativa de precipitação (regressão) e aplicação do modelo em áreas distantes da de treinamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem de máquina; Classificação de áudio; Estimativa de precipitação;;

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Instituto Francês de Pesquisa para o Desenvolvimento.

## **pyForTraCC: Algoritmo para Rastreamento da Evolução de Clusters Configuráveis**

**Helvecio Bezerra Leal Neto**<sup>1</sup>; **Alan James Peixoto Calheiros**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Avenida dos Astronautas, 1758, Jd granja, São José dos Campos, SP;<sup>2</sup>Docente. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Avenida dos Astronautas, 1758, Jd granja, São José dos Campos, SP

### **RESUMO**

O pyForTraCC é um algoritmo desenvolvido em Python que tem como objetivo identificar e rastrear a evolução de células individuais de fenômenos atmosféricos. Embora seu foco principal seja o rastreamento de sistemas precipitantes, convectivos e descargas atmosféricas, sua flexibilidade permite uma ampla gama de aplicações em estudos que requerem uma compreensão detalhada das características temporais e espaciais dos fenômenos. O pyForTraCC integra tecnologias atualizadas com metodologias consolidadas, herdadas do algoritmo ForTraCC, originalmente implementado em Fortran. Composto por módulos flexíveis e personalizáveis, o algoritmo possibilita a análise de dados bidimensionais em diversos formatos (netCDF, TIFF, JPG e etc) e oferece uma série de utilitários que facilitam a sua utilização pelos usuários para realização de pesquisas sobre os fenômenos atmosféricos associados. No primeiro módulo, o pyForTraCC identifica e extrai características de objetos (clusters) presentes em imagens bidimensionais. Em seguida, o segundo módulo realiza operações espaciais, associando os objetos em tempos consecutivos por meio de sobreposição entre clusters e calculando o deslocamento a partir de seus centróides. Além disso, nesse módulo são aplicadas metodologias que visam a redução das incertezas associadas ao deslocamento espacial dos clusters, utilizando métodos baseados em processos dinâmicos envolvidos no rastreamento. O terceiro módulo associa individualmente os clusters ao longo do tempo. Todos os módulos estão integrados no pacote pyForTraCC, facilitando a realização de pesquisas científicas de forma simples e eficiente. Os dados de saída do algoritmo são gerados em formatos espaciais conhecidos (shapefile, GeoJson, GPKG e etc), permitindo fácil visualização e compreensão dos fenômenos rastreados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rastreamento; Fenômenos Atmosféricos; Algoritmo; Python; Sistemas Precipitantes

### **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## Variabilidade sazonal do ciclo diário das variáveis meteorológicas do sítio experimental AmazonFACE

**Maria Juliana de Melo Monte**<sup>1</sup>; **Ranyelli Cunha de Figueiredo**<sup>1</sup>; **Carla de Souza Farias**<sup>1</sup>; **Leonardo Ramos de Oliveira**<sup>2</sup>; **Iokanam Sales Pereira**<sup>1</sup>; **Alacimar Viana Guedes**<sup>1</sup>; **Bruno Takeshi Tanaka Portela**<sup>1</sup>; **Carlos Alberto Quesada**<sup>3</sup>; **David Montenegro Lapola**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia . Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-375;<sup>2</sup>Técnico. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-375;<sup>3</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-375;<sup>4</sup>Pesquisador. Universidade Estadual de Campinas. Cidade Universitária Zeferino Vaz - Barão Geraldo, Campinas - SP, 13083-970

### RESUMO

O Programa de Pesquisas AmazonFACE consiste em um experimento que irá expor uma área de floresta madura na Amazônia a uma concentração de CO<sub>2</sub> esperada nas próximas décadas nos dias atuais em análise aos cenários de mudanças climáticas. Esse experimento será realizado na reserva ZF2 do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), a 80km ao norte de Manaus-AM, utilizando a tecnologia "Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment" (FACE), para entender melhor o funcionamento da maior floresta tropical do mundo. Este estudo apresenta um diagnóstico preliminar da variabilidade do ciclo diário das variáveis meteorológicas em relação a estação chuvosa e seca. Para isso, foram utilizados dados meteorológicos de 2016 referentes à estação chuvosa (FMA) e seca (ASO). A análise inclui precipitação, temperatura e umidade relativa do ar a 34,6 metros de altura, obtidos da torre micrometeorológica localizada no centro de um dos seis anéis experimentais do Programa, sendo uma análise descritiva de cada variável, bem como suas associações. Para quantificar a diferença estatística entre as medições de cada variável em relação às estações, foram aplicados o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de Friedman. Os resultados indicam que durante o período chuvoso ocorrem dois picos de precipitação às 08h e 15h. Em contraste, no período seco, ocorre apenas um pico de precipitação à tarde, caracterizando regime de chuvas convectivas, com uma diferença média de 17,8 mm. Durante a madrugada, a temperatura do ar é mais elevada no período chuvoso, possivelmente devido à menor perda radiativa da superfície em comparação com o período seco. Esse padrão se inverte ao longo do dia, com uma diferença média de 0,7°C. De modo geral, a umidade relativa do ar no período seco é 7,7% inferior à do período chuvoso. O teste de Friedman valida que os padrões dos ciclos diários das variáveis apresentam diferenças estatisticamente significativas em relação às estações (*p* de Friedman > 0,05). Portanto, observou-se uma mudança expressiva nos padrões diários das variáveis meteorológicas; no período chuvoso, há dois picos de precipitação, madrugadas mais quentes e dias mais úmidos. Por outro lado, no período seco, os dias são mais secos, as madrugadas mais frias e as precipitações se concentram no período da tarde e essa variabilidade influencia diretamente a dinâmica entre solo-planta-atmosfera que será observada durante a experimentação in situ do Programa AmazonFACE.

**PALAVRAS-CHAVE:** período seco; período chuvoso; floresta amazônica; Manaus;

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) processo 88881.154644/2017-01 e do Instituto Serrapilheira (1708-15574).

## Metodologia de identificação e eliminação de sequências zeros espúrios em séries de precipitação

João Paulo Jankowski Saboia <sup>5</sup>; Alice Marlene Grimm <sup>4</sup>; Henrique Schinaider da Silva <sup>6</sup>; Bernardo Lipski <sup>5</sup>; Ugo Maranhão Leal <sup>5</sup>; Lucas Fanderuff Gaissler <sup>6</sup>; Isabella Ecard Barros <sup>2</sup>; Lucas Borges Picarelli <sup>3</sup>; Thainá Rodrigues Fernandes <sup>2</sup>; Victor Campos Vieira da Rosa <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Superintendente de Portfólio e Preços. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>2</sup>Analista de Portfólio e Preços. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>3</sup>Especialista de Preços e Estudos de Mercado. Norte Energia S.A.. Edifício General Alencastro Q SEPS 702/902, Andar 3, Bloco B, Conjunto B Asa Sul, Brasília-DF;<sup>4</sup>Professor. Universidade Federal do Paraná. Av. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Curitiba-PR;<sup>5</sup>Pesquisador. Lactec. Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, Curitiba-PR;<sup>6</sup>Bolsista. Lactec. Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, Curitiba-PR

### RESUMO

A presença de zeros espúrios em séries de precipitação pode comprometer a avaliação de eventos extremos, sobretudo a análise de secas. Este trabalho, desenvolvido como uma das etapas do P&D ANEEL PD-07427-0222/2022 "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas", trata da apresentação de um método de verificação e remoção de zeros espúrios em bancos de dados da ANA e INMET, utilizados no projeto. Inicialmente foram identificadas sequências contínuas de zeros, considerando estações com pelo menos 5 anos de dados, gerando então séries contendo valores indicando a duração de sequência de dias sem chuva. O segundo passo foi a identificação de sequências suspeitas considerando 5 análises distintas: climática, interquartil, Grubbs, programação dinâmica e Jenks. Na análise climática foram definidos limiares para determinação de sequências suspeitas com base em normais climatológicas do INMET e identificação do tipo climático de cada região. As sequências suspeitas nesta fase passam para as demais análises. Nas análises de outliers (interquartil e Grubbs), são confirmadas as suspeitas nas séries de duração de dias sem chuva, quando os casos anteriormente selecionados também representam um outlier. Após ordenar as séries de duração de dias sem chuva em ordem crescente, foram aplicadas duas análises de verificação de quebra nas séries: Programação Dinâmica, (Truong et al. 2020) e Jenks (Fischer, 1958; Jenks e Caspall, 1971). Quando um caso suspeito indicado pela análise climática foi confirmado por pelo menos 3 das demais análises, ele foi submetido à comparação com valores das estações vizinhas. A maior parte da ocorrência de zeros espúrios foi encontrada nas séries de dados convencionais da ANA, sendo que os dados do INMET foram responsáveis por menos de 3% dos casos eliminados. A metodologia se mostrou eficaz em identificar e eliminar sequências de zeros espúrios de modo automatizado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Precipitação; zeros espúrios; análises de outliers;;

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a ANEEL e a Norte Energia pelo financiamento para a realização do presente trabalho, no âmbito do projeto de P&D ANEEL PD-07427-0222-2022 intitulado "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas".

## **Avaliação das medições realizadas com plataforma meteorológica arduino, com a estação meteorológica automática**

**Robert Santos <sup>1</sup>; Rosiberto Salustiano <sup>2</sup>; Jailson Melo <sup>3</sup>; Ricardo Amorim <sup>4</sup>; Felipe Passos <sup>5</sup>; Ewerton Muniz <sup>6</sup>; Alex Santos de Deus <sup>7</sup>; Ricardo Araújo Ferreira Júnior <sup>8</sup>**

<sup>1</sup>Discente . ICAT - instituto de ciências atmosférica . Universidade federal de Alagoas - UFAL

<sup>2</sup>Docente . ICAT - instituto de ciência atmosférica . Universidade federal de Alagoas - UFAL

<sup>3</sup>Discente . ICAT - Instituto de ciência atmosférica . Universidade federal de Alagoas - UFAL

<sup>4</sup>Docente . ICAT - instituto de ciência atmosférica . Universidade federal de Alagoas - UFAL

<sup>5</sup>Discente . ICAT - instituto de ciência atmosférica . Universidade federal de Alagoas - UFAL

<sup>6</sup>Discente . ICAT - instituto de ciência atmosférica . Universidade federal de Alagoas - UFAL

<sup>7</sup>Aluno de doutorado . CECA - Campus de engenharias e ciências agrárias . Universidade federal de Alagoas - UFAL ;<sup>8</sup>Docente . CECA - Campus de engenharias e ciências agrárias . Universidade federal de Alagoas - UFAL

### **RESUMO**

O monitoramento das variáveis meteorológicas é de suma importância, uma vez que a previsão dela possa minimizar os efeitos climáticos, como desastre, entre outros, ou até mesmo disponibilizar tais dados para setores importantes de um país como, a avaliação, turismo, agricultura, entre outros. O presente estudo teve intuito de acompanhar as variáveis meteorológicas e sua influência sobre uma plantação de amendoim localizada no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), cidade de Rio Largo - AL. Após a instalação e testes dos equipamentos foram colocados em campo para serem comparados com a estação meteorológica presente para realizar a validação e comprovação a eficiência dos sensores meteorológicos e microcontrolador arduino (plataforma meteorológica arduino). A referida plataforma, foi utilizada para fazer o monitoramento da cultura do amendoim, no sentido de verificar a interferência em sua produção. O período dos testes foram 2 meses, as variáveis para a comparação entre si velocidade do vento, temperatura e umidade, onde os resultados provaram a eficiência da estação de baixo custo mesmo estando em locais diferentes. Sendo o amendoim é uma cultura originária do Brasil, planta de porte pequeno com seus frutos envoltos a vagem, pode ser consumido de várias formas, como alimentação, produção de óleo e substâncias farmacêutica, o amendoim por sua vez necessita de uma faixa de temperatura de 20 a 30°C, sua exigência hídrica é considerada baixa por ser uma cultura que não necessita de grandes quantidades de água para seu desenvolvimento de 500 a 600 mm em seu ciclo total de desenvolvimento. Quando comparado a estação de baixo custo utilizando Arduino e a estação meteorológica disponibilizada pelo CECA, foram obtidas correlações das variáveis meteorológicas como velocidade do vento (0.98), temperatura do ar (0.99) e umidade do ar (0.99), apresentando valores considerados toleráveis pela literatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estação meteorológica; Arduino; Amendoim;;

## **Sistema de Informações de Riscos Agroclimáticos do Estado da Paraíba: uma nova concepção em monitoramento**

**Danilo Ericksen Costa Cabral <sup>1</sup>; Carmem Terezinha Becker <sup>1</sup>; Maria Marle Bandeira <sup>1</sup>; ALEXANDRE MAGNO TEODÓSIO DE MEDEIROS <sup>1</sup>; Lindenberg Lucena Silva <sup>1</sup>; André Luiz Soares Velozo <sup>1</sup>; Wellington Antônio Barbosa <sup>1</sup>; Jana Yres Barbosa de Sousa <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Técnico. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba/AESA . Av. Duarte da Silveira, s/n - Torre, João Pessoa - PB, 58040-280

### **RESUMO**

A deficiência hídrica, associada aos longos períodos de estiagem, é uma das principais causas de vulnerabilidade social e agrícola no estado da Paraíba, que mesmo com pequena extensão territorial, dispõe de tipos climáticos variados, altamente dependentes da distribuição espaço-temporal das chuvas. O objetivo do presente trabalho é desenvolver um sistema de banco de dados que forneça informações nas áreas de meteorologia, hidrologia e agrometeorologia a fim de mitigar a vulnerabilidade agroclimática na Paraíba. Neste propósito, foi criado um robusto banco de dados agroclimáticos, tendo como base 242 pluviômetros, 50 estações climatológicas e 46 estações agroclimatológicas automáticas. Como resultado, concebeu-se o Sistema Estadual de Informações de Riscos Agroclimáticos (SEIRA), que disporá, para os 223 municípios do Estado, serviços que incluem, a partir de metodologias cientificamente validadas, prognósticos e modelagem a curto e médio prazo de previsão do tempo e clima; sistema de alerta em tempo real; dados meteorológicos e hidrológicos com estatísticas aplicadas; modelagem de zoneamento agrícola e de risco hidroclimático; limitação de áreas aptas ao cultivo de culturas agrícolas; zoneamento agrícola de risco climático e pedológico, assim como a sua evolução temporal; calendário agrícola com indicativo de datas aptas de plantio. Também serão agregados dados de qualidade de água dos principais corpos hídricos do estado da Paraíba. Os produtos, em forma de mapas, gráficos e tabelas serão dispostos em um Portal WEB público, de fácil e irrestrito acesso, eficiente e confiável. Conclui-se que, com o SEIRA, o estado da Paraíba dará um significativo avanço na qualidade das informações necessárias para subsídio nas tomadas de decisão frente a forte variabilidade climática do Estado

**PALAVRAS-CHAVE:** monitoramento; agroclimático; zoneamento;;

### **AGRADECIMENTOS**

Projeto Cooperar/PB

Banco Mundial

# Projetando e construindo uma solução *IoT* de baixo custo para monitoramento e mitigação de desastres naturais: um relato de experiência.

**Anselmo Pestana Ribeiro Costa**<sup>1,2</sup>; **Claudia Lage Rebello da Motta**<sup>3</sup>; **Daniel Serrão Schneider**<sup>3</sup>; **Vinícius Benone Gonçalves**<sup>4</sup>; **Joseferson de Jesus**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal do Rio de Janeiro - IPOLI - Macaé. Av. Aluizio da Silva Gomes, 50 - Granja dos Cavaleiros, Macaé - RJ, 27930-560;<sup>2</sup>Discente. Universidade Federal do Rio de Janeiro - PPGI . Avenida Athos da Silveira Ramos, 274 Blocos C e E - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ, 21941-916;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Rio de Janeiro - PPGI. Avenida Athos da Silveira Ramos, 274 Blocos C e E - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ, 21941-916;<sup>4</sup>Técnico. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Centro Multidisciplinar Macaé. Av. Aluizio da Silva Gomes, 50 - Granja dos Cavaleiros, Macaé - RJ, 27930-560;<sup>5</sup>Técnico. Prefeitura Municipal de Macaé - Secretaria de defesa Civil. Av. Pres. Feliciano Sodré, 534 - Centro, Macaé - RJ, 27913-080

## RESUMO

A mitigação dos desastres naturais é uma preocupação global e um desafio social, e novas tecnologias e mecanismos de inclusão social têm sido aplicados para melhorar a prevenção e a resposta a estes eventos. Diversas iniciativas buscam mitigar desastres naturais e contam com tecnologias como Internet das Coisas, *crowdsourcing*, formação de voluntários, envolvimento da sociedade, entre outras. Embora existam muitas iniciativas neste sentido, construir um modelo que permita uma mitigação real dos desastres naturais continua a ser um grande desafio. Este trabalho tem como objetivo apresentar um modelo de Mitigação de Desastres Naturais, que combina diferentes tecnologias através da construção de um grupo multidisciplinar composto por pesquisadores, estudantes, técnicos de defesa civil e rede municipal de ensino. O objetivo é desenvolver e implementar uma rede de monitoramento meteorológico utilizando artefatos tecnológicos de baixo custo instalados em trinta e uma escolas da rede municipal de Macaé definidas através de estudo realizado pela defesa civil, que se apresentam em áreas vulneráveis a desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de terra. O modelo proposto vai além de construir e implantar estações meteorológicas, ele busca incluir a rede escolar municipal em um processo de construção do conhecimento, onde grupos de professores, técnicos e alunos são capacitados em um ciclo de treinamentos na área de robótica, noções de meteorologia e defesa civil. Além da formação destes, o modelo também propõe a formação de técnicos da defesa civil em técnicas de monitoramento e análise dos dados coletados com a utilização de ferramentas de *Business Intelligence*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema *IoT* de baixo custo; monitoramento de desastres naturais; crowdsourcing; crowdsensing; pesquisa científica de *design*

## INTRODUÇÃO

Mitigação de desastres naturais é uma preocupação global, e a utilização de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT) e o crowdsourcing, tem sido explorada para melhorar a prevenção e resposta a esses eventos. A literatura destaca a importância do crowdsourcing na coleta de informações geográficas voluntárias para entender melhor os desastres naturais (Tulloch, 2014). Além disso, estudos têm analisado a vulnerabilidade socioambiental e a redução de riscos de desastres, reconhecendo que as ameaças naturais não são eventos inesperados e que a preparação é essencial (Freitas et al., 2012). A análise da situação dos desastres naturais no Brasil também tem sido objeto de estudo, destacando a necessidade de compreender as interações entre desastres naturais e saúde pública (Freitas et al., 2014).

Além disso, a literatura destaca a importância do ensino de emergências em desastres naturais, ressaltando a necessidade de incluir esses temas nos programas de ensino (Pedro et al., 2022). A revisão da literatura sobre sistemas de informação e vigilância de desastres naturais também é relevante para compreender como as tecnologias podem ser aplicadas nesse contexto (Sobral et al.,

2010). Estudos têm buscado auxiliar o planejamento de ações preventivas e mitigadoras, como no caso do diagnóstico meteorológico de desastres naturais em uma cidade específica (Barcellos et al., 2016).

Em termos meteorológicos ou climatológicos, grandes desvios das condições climáticas moderadas (doravante denominados "eventos extremos") ocorrem numa escala de dias a milênios. No entanto, os acontecimentos extremos de curto prazo (relacionados com o clima) e de médio prazo (relacionados com o clima) são talvez mais importantes para as atividades humanas, devido ao seu potencial para possuir impactos significativos. Os eventos climáticos e meteorológicos extremos também são parte integrante da variabilidade climática, e a sua frequência e intensidade podem mudar dependendo das alterações climáticas. Um desastre natural pode ser resultado de atividades humanas, como o desmatamento de encostas próximo a áreas urbanas ou construções em áreas de risco, que podem intensificar as consequências de fortes chuvas. As chuvas por si só raramente matam pessoas, mas os deslizamentos de terra que incitam em áreas próximos do leito dos rios ou sob encostas desmatadas podem prejudicar as pessoas.

Em resumo, a literatura revisada destaca a importância do uso de tecnologias emergentes, como *IoT* e *crowdsourcing*, para a mitigação de desastres naturais, bem como a necessidade de compreender a vulnerabilidade socioambiental, a saúde pública e a preparação para emergências. Além disso, a análise teórica e a aplicação de tecnologias específicas, como sistemas de informação e vigilância, também são relevantes para a gestão de desastres naturais.

## **OBJETIVOS**

Geral:

- Desenvolver e implementar soluções tecnológicas inovadoras e integradas, utilizando uma abordagem multidisciplinar, para prever, monitorar, responder e mitigar os impactos de desastres naturais, através da colaboração entre diferentes áreas de especialização de estudantes e pesquisadores de quatro instituições de ensino superior, promovendo a segurança e o bem-estar das comunidades afetadas.

Específicos:

- Criação de um grupo de trabalho multidisciplinar envolvendo estudantes e pesquisadores de quatro instituições de ensino superior com Direção Educacional, Equipes de Desenvolvimento de Hardware, Desenvolvimento de Software, Marketing, Formação em Robótica Formação em Análise de Dados de BI, Implantação e Gestão e Qualidade;

- Definição estratégica dos pontos onde estariam localizadas as estações meteorológicas;

- Construção e montagem de estações de baixo custo, em tempo real e habilitadas para Internet com tecnologia IOT;

- Desenvolvimento de ferramenta de uso colaborativo para análise e controle de medições realizadas por estações;

- Testes de campo do protótipo da estação e ferramentas computacionais;

- Construção de parceria colaborativa com as partes interessadas, incluindo a Prefeitura de Macaé - (Secretaria de Educação e Defesa Civil), a Universidade Norte Fluminense (UNF) através do seu Laboratório de Meteorologia (LAMET)

- Desenvolvimento de relacionamento com a rede escolar municipal, proporcionando treinamento em robótica para funcionários e alunos (construção de estação meteorológica), noções de meteorologia e noções de defesa civil;
- Treinamento de funcionários da defesa civil em ferramenta de BI para análise de valores de medição coletados por estações.

### **Desdobramentos dos Objetivos Gerais:**

- **Previsão e Monitoramento:**

o Utilizar técnicas avançadas de análise de dados (BI) e inteligência artificial para prever a ocorrência de desastres naturais.

o Desenvolver e implementar sensores e dispositivos de hardware para o monitoramento ambiental em tempo real.

- **Resposta Rápida:**

o Criar software de gestão de emergências para coordenar ações de resposta e resgate de maneira eficiente.

o Integrar tecnologias de robótica para auxiliar em operações de busca e salvamento.

- **Educação e Capacitação:**

o Implementar programas educacionais para formar profissionais capacitados na gestão de desastres naturais.

o Promover a conscientização e preparação da comunidade através de campanhas de marketing e treinamento.

- **Implantação e Gestão:**

o Garantir a qualidade e a eficácia das soluções desenvolvidas através de processos robustos de implantação e gestão.

o Estabelecer um sistema de gestão contínua para avaliar e melhorar constantemente as tecnologias e estratégias implementadas.

- **Benefícios Esperados:**

o **Melhoria da Resiliência Comunitária:** Aumento da capacidade das comunidades de se prepararem, responderem e se recuperarem de desastres naturais.

o **Inovação Tecnológica:** Avanços na tecnologia de monitoramento, previsão e resposta a desastres.

o **Formação Profissional:** Desenvolvimento de habilidades técnicas e gerenciais em estudantes e pesquisadores envolvidos.

o **Colaboração Interinstitucional:** Fortalecimento da cooperação entre instituições de ensino superior e outras partes interessadas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

## Método

O presente trabalho se propõe a utilizar conceitos da metodologia Design Science Research (DSR).

### Design Science Research (DSR)

A metodologia *Design Science Research* (DSR) é uma abordagem de pesquisa que visa a criação e avaliação de artefatos projetados para resolver problemas identificados no campo da ciência e da engenharia. Originada nas áreas de Sistemas de Informação e Engenharia de Software, a DSR combina rigor científico com relevância prática, buscando não apenas compreender o fenômeno estudado, mas também criar soluções inovadoras e úteis.

### Principais Conceitos e Estrutura:

#### Artefatos:

**Definição:** Artefatos são criações que podem ser instâncias, modelos, métodos ou instâncias concretas. Eles são projetados para resolver problemas específicos e podem incluir software, processos, estratégias, ou estruturas organizacionais (Hevner et al., 2004).

**Importância:** Os artefatos são a contribuição central da DSR, e sua eficácia deve ser rigorosamente avaliada.

#### Relevância e Rigor:

**Relevância:** Os problemas abordados pela DSR devem ser significativos e pertinentes para a prática. A pesquisa deve focar em questões que tenham impacto real no mundo real (March & Smith, 1995).

**Rigor:** A metodologia DSR exige que a criação e avaliação dos artefatos sejam realizadas com rigor científico. Isso envolve o uso de teorias, modelos e métodos estabelecidos na literatura científica (Hevner et al., 2004).

#### Ciclo de Pesquisa:

**Relevância:** Identificação do problema e dos requisitos. O problema deve ser relevante e as necessidades dos stakeholders devem ser claramente compreendidas.

**Design:** Desenvolvimento do artefato. Isso envolve a criação, construção e refinamento do artefato com base nos requisitos identificados.

**Justificação e Avaliação:** Teste do artefato. A avaliação rigorosa é essencial para verificar se o artefato atende aos requisitos e resolve o problema de maneira eficaz (Hevner et al., 2004).

#### Contribuição Teórica:

A DSR deve contribuir tanto para a teoria quanto para a prática. As descobertas devem expandir o corpo de conhecimento existente e fornecer insights úteis para a prática (Gregor & Hevner, 2013).

A abordagem de Pesquisa Design Science (DSR, do inglês "Design Science Research") tem se destacado no desenvolvimento de soluções inovadoras e aplicáveis em diversas áreas, incluindo a mitigação de desastres. O uso de DSR permite a criação e avaliação de artefatos tecnológicos que podem ser implementados para enfrentar desafios específicos. Neste contexto, a construção de estações meteorológicas de baixo custo por discentes de universidades tem mostrado grande potencial.

## Introdução à DSR

A DSR é uma metodologia de pesquisa que foca na criação de artefatos úteis para resolver problemas práticos. Segundo Hevner et al. (2004), a DSR se preocupa tanto com a construção quanto com a avaliação de artefatos, o que envolve a inovação, o uso de tecnologias emergentes e a solução de problemas reais. Artefatos podem incluir modelos, métodos, instâncias de software e hardware, e frameworks.

## Mitigação de Desastres e Telemetria

A mitigação de desastres naturais, como enchentes, secas e tempestades, requer monitoramento contínuo e preciso das condições ambientais. A telemetria, especialmente através de estações meteorológicas, desempenha um papel crucial nesse monitoramento. Segundo Meier et al. (2007), a coleta de dados meteorológicos em tempo real pode fornecer informações críticas que ajudam na tomada de decisões rápidas e informadas, minimizando os impactos dos desastres.

## Construção de Estações Meteorológicas de Baixo Custo

O desenvolvimento de estações meteorológicas de baixo custo por discentes universitários não só promove a aprendizagem prática e o engajamento em projetos de pesquisa, mas também oferece soluções economicamente viáveis para comunidades vulneráveis. De acordo com Silva et al. (2019), estas estações, construídas utilizando sensores acessíveis e plataformas de código aberto, podem ser tão eficientes quanto as soluções comerciais mais caras.

## Estudos de Caso

Em um estudo conduzido por Oliveira et al. (2020), estudantes de engenharia desenvolveram e implementaram estações meteorológicas de baixo custo em uma área rural propensa a inundações. Os resultados mostraram que os dados coletados pelas estações ajudaram a prever inundações com maior precisão, permitindo uma resposta mais rápida e eficaz por parte das autoridades locais.

## Avaliação e Validação

A avaliação de artefatos desenvolvidos através da DSR é essencial para garantir sua eficácia. March e Smith (1995) sugerem que a validação pode ser realizada através de testes rigorosos e da comparação dos resultados obtidos com os de sistemas existentes. No contexto das estações meteorológicas, isso pode incluir a comparação dos dados coletados com os de estações meteorológicas comerciais e a análise de sua precisão e confiabilidade.

## Conclusão

A aplicação da DSR na construção de estações meteorológicas de baixo custo desenvolvidas por discentes universitários representa uma abordagem promissora para a mitigação de desastres. Esta metodologia não apenas promove a inovação e o desenvolvimento de habilidades técnicas entre os estudantes, mas também oferece soluções práticas e acessíveis para comunidades vulneráveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia utilizada neste trabalho foi a DSR porque visa construir artefatos inovadores propostos para resolver problemas reais da sociedade a partir da produção de conhecimento científico (Dresch et al., 2015). O processo de DSR é dividido em etapas altamente interligadas que podem se sobrepor, permitindo que os resultados de algumas etapas influenciem a revisão de uma etapa anterior. O desenvolvimento em ciclos permite que novas funcionalidades sejam desenvolvidas e integradas aos ciclos anteriores, de acordo com a avaliação dos resultados (Goecks et al., 2021).

A DSR inicia-se com as etapas de identificação e conscientização do problema, onde foi discutida a possibilidade de integração de universidades, defesa civil e redes escolares municipais por meio de um modelo de mitigação de desastres. O objetivo é reduzir os efeitos dos desastres naturais e construir sociedades mais participativas, resilientes e com uma cultura preventiva.

Dos problemas encontrados até a proposta final do modelo, foram utilizados conceitos de inteligência coletiva tanto na geração de ideias quanto no apoio à decisão, possibilitando a agregação de informações, a tomada de decisões, o aprimoramento da prática científica e a gestão do trabalho (Pentland, 2006).

Inicialmente, o modelo foi proposto para incluir apenas alguns atores, enfatizando o desenvolvimento de um protótipo de estação e as ferramentas necessárias para coleta e análise de dados. No entanto, tornou-se claro que a construção de um tal modelo exigiria mais intervenientes, com a construção de uma estrutura que englobasse várias entidades que atuassem através de um processo iterativo de DSR.

Embora o objetivo do modelo proposto fosse atender as redes escolares das cidades-alvo, foi fundamental dar o ponto de partida através da construção de um projeto piloto. Este documento descreve a primeira aplicação piloto do nosso modelo de mitigação de desastres naturais, projetado para a cidade de Macaé, no estado do Rio de Janeiro, Brasil em parceria com a defesa civil e colaboradores.

Várias atividades foram realizadas de forma colaborativa usando um processo DSR iterativo para desenvolver e implementar esta rede de estações.

Este documento apresenta algumas tarefas abrangendo as entidades, que podem ser vistas na Figura 1, que retrata o núcleo do nosso modelo proposto.

Criação de um grupo de trabalho multidisciplinar envolvendo estudantes e investigadores de quatro instituições de ensino superior com Direção Educacional, Equipe de Desenvolvimento de Hardware, Equipe de Desenvolvimento de Software, Equipe de Marketing, Equipe de Formação em Robótica, Equipe de Formação em Análise de Dados de BI, Equipe de Deployment, Equipe de Gestão e Qualidade;

Definição estratégica dos pontos onde estariam localizadas as estações meteorológicas;

Construção e montagem de estações de baixo custo, em tempo real e habilitadas para Internet com tecnologia IOT;

Desenvolvimento de ferramenta de uso colaborativo para análise e controle de medições realizadas por estações;

Testes de campo do protótipo da estação e ferramentas computacionais;

Construindo uma parceria colaborativa com as partes interessadas, incluindo a Prefeitura de Macaé - (Secretaria de Educação e Defesa Civil), a Universidade Norte Fluminense (UENF) através do seu Laboratório de Meteorologia (LAMET)

Desenvolvimento de relacionamento com a rede escolar municipal proporcionando treinamento em robótica para funcionários e alunos (construção de estação meteorológica), noções de meteorologia e noções de defesa civil;

Treinamento de funcionários da defesa civil em ferramenta de BI para análise de valores de medição coletados por estações.

Antes de entender como funciona o processo, é necessário apresentar as entidades envolvidas e seus relacionamentos, conforme mostra a Figura 1.

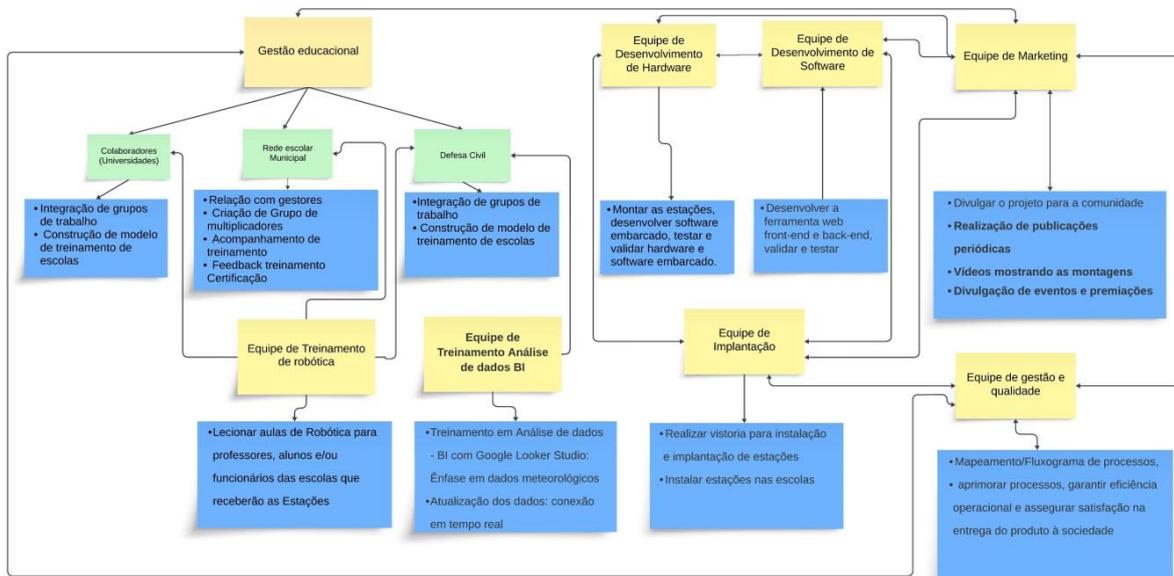


Figura 1 - Relacionamento das entidades que compõem o processo (grupo de trabalho multidisciplinar).

Criação de um grupo de trabalho multidisciplinar envolvendo estudantes e pesquisadores de quatro instituições de ensino superior

Foi criado um grupo multidisciplinar com pesquisadores e estudantes de diferentes cursos de quatro instituições de ensino superior distribuídos em equipes, conforme Figura 2.



Figura 2 - Equipes que compõem o projeto

Os cursos envolvidos foram Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Farmácia, Nutrição, Química, Medicina, Sistemas de Informação, Matemática, Engenharia Elétrica e Engenharia Meteorológica. O objetivo foi utilizar a robótica livre com aplicação de metodologias ativas na resolução e teste de problemas práticos (PBL), buscando contribuir significativamente para a melhoria do aprendizado, além de possibilitar a construção de dispositivos robóticos que auxiliem no processo de aprendizagem e construção de conhecimento.

A integração da universidade com instituições parceiras permitirá responder aos desafios sociais, ambientais e organizacionais no contexto da formação continuada de profissionais da rede escolar e da defesa civil.

Definição estratégica das estações meteorológicas a implementar

Macaé pertence à Região Norte Fluminense, que abrange também os municípios de Campos dos Goytacazes, Carapebus, Cardoso Moreira, Conceição de Macabu, Quissamã, São Fidélis, São Francisco de Itabapoana e São João da Barra. O município possui uma área total de 1.216,846 quilômetros quadrados, correspondendo a 12,5% da área da Região Norte Fluminense. O município está dividido em seis distritos: Sede, Cachoeiros de Macaé, Córrego do Ouro, Glicério, Frade e Sana.

Macaé está localizada na latitude S  $-22^{\circ}22'33''$  e longitude W  $-41^{\circ}46'30''$ , divisa com os municípios de Carapebus, Conceição de Macabu, ao Norte; Rio das Ostras e Casimiro de Abreu, ao sul; Trajano de Moraes e Nova Friburgo, a oeste; e com o Oceano Atlântico, a Leste.

Com 23 quilômetros de litoral, o clima é quente e úmido na maior parte do ano, com temperaturas variando entre  $18^{\circ}\text{C}$  e  $30^{\circ}\text{C}$ , amplitude térmica considerável causada pela troca de ventos entre o litoral e as montanhas, que ficam relativamente próximas. As escolas da rede municipal de Macaé foram utilizadas como área de estudo para implementação do sistema de monitoramento em tempo real e de baixo custo. As escolas foram definidas através de estudo realizado pela defesa civil, buscando áreas importantes para estudos meteorológicos ou vulneráveis a desastres naturais, levando em consideração que a cidade possui características de serra e mar.



Figura 3 - Parte do grupo multidisciplinar

A comunidade escolar desempenha um papel fundamental no modelo, pois as escolas funcionam como centros de recolha e difusão de informação. Professores e alunos são treinados para compreender e interpretar o mecanismo de construção de uma estação meteorológica e os alertas emitidos pelo sistema IoT, transformando as escolas em pontos de contato cruciais para a comunicação com a defesa civil e a comunidade em geral.

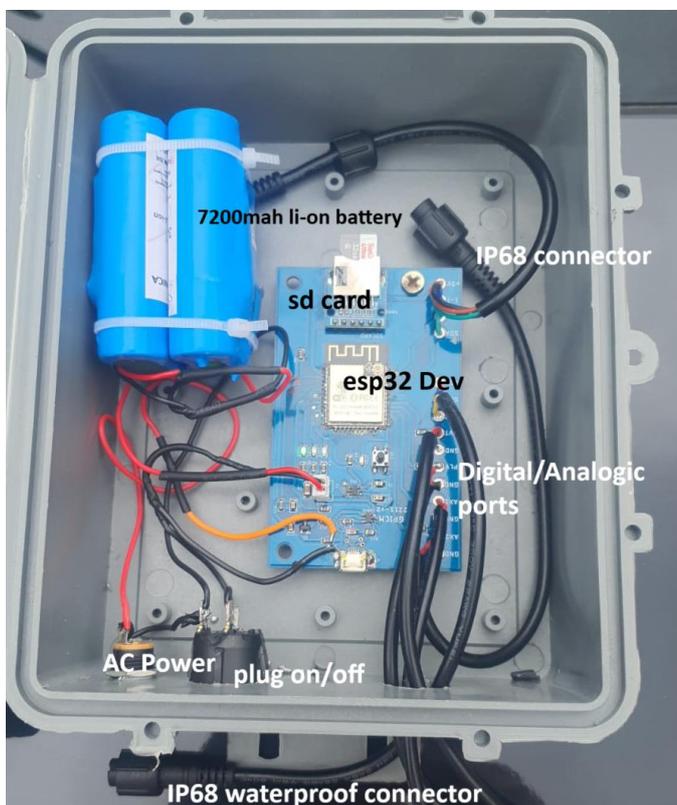


Figura 4 - Evento realizado na rede escolar

### **Montagem de estação de baixo custo com tecnologia IOT**

Foi desenvolvido um protótipo de estação em tempo real de baixo custo. Era fundamental que a estação tivesse as seguintes características físicas: fácil de construir, resistente às intempéries, à prova de insetos, leve, fácil de instalar e sustentável. Também era importante que os sensores tivessem as seguintes capacidades técnicas: habilitados para internet, consumindo pouca energia, potência auxiliar, computacionalmente eficientes, facilmente programáveis e com atualizações OTA (over-the-air). Pensando na funcionalidade e facilidade de manutenção, que deverá ser realizada em parceria com equipes de escolas, defesa civil e funcionários, optou-se por construir as estações em módulos, que foram categorizados em quatro grupos que incluem: microcontrolador, circuito, sensores para umidade, temperatura, velocidade do vento, direção do vento, volume de chuva, pressão atmosférica e saídas auxiliares para novos sensores, fonte de energia solar e periféricos de hardware.

? *Microcontrolador*: Uma estação protótipo com plataforma microcontroladora ESP32 foi desenvolvida com base nestes critérios. O ESP32 pode funcionar como um sistema autônomo completo ou um dispositivo escravo para um MCU host, reduzindo a sobrecarga da pilha de comunicação no processador do aplicativo principal. ESP32 pode interagir com outros sistemas para fornecer funcionalidade Wi-Fi e Bluetooth através de suas interfaces SPI/SDIO ou I2C/UART. Ele pode ser atualizado usando atualizações OTA.



O microcontrolador é conectado a uma placa de circuito customizada, conforme visto na Figura 5. Ele atua como o local central ao qual todos os componentes eletrônicos e elétricos e sensores estão conectados, conforme mostrado na Figura 6.

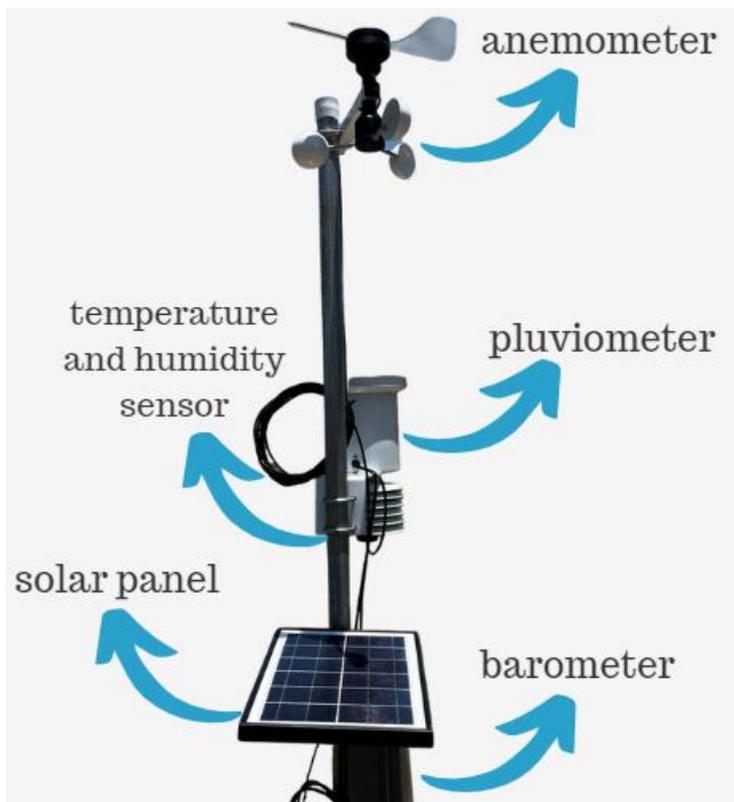


Figura 6 - Componentes da estação, incluindo sensores

Desenvolvimento de ferramenta de uso colaborativo para análise e controle de medições realizadas por estações

A aplicação foi desenvolvida de acordo com as necessidades estabelecidas pela defesa civil, utilizando um conjunto de linguagens de programação e tecnologias (como PHP, servidor web apache, framework Codeigniter e banco de dados MySQL). As Figuras 7 e 8 e 9 ilustram diversas funcionalidades do aplicativo, como funções do painel de controle exibindo estatísticas gerais e controle de eventos; visualização do status das estações e monitoramento com escala de cores no georreferenciamento; visualização estatística de leituras através de gráficos, controle de incidentes em toda a cidade relatados pelos usuários; cadastros para gerenciamento de estações; e vários relatórios.

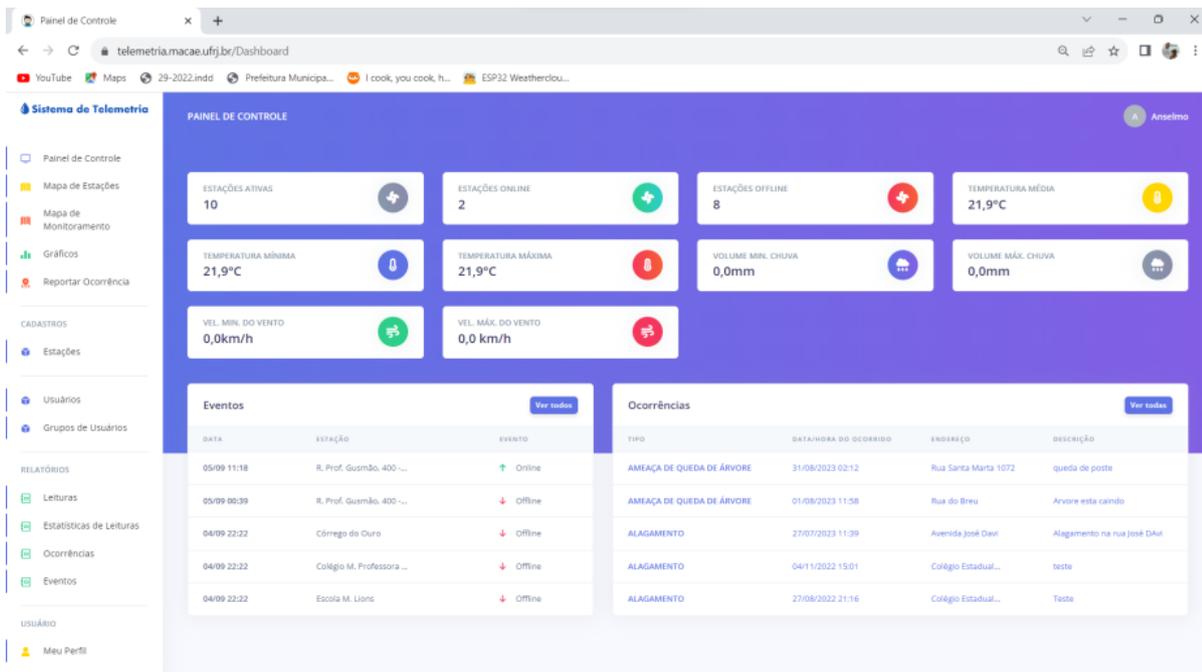


Figura 7 - Tela principal do aplicativo em tempo real

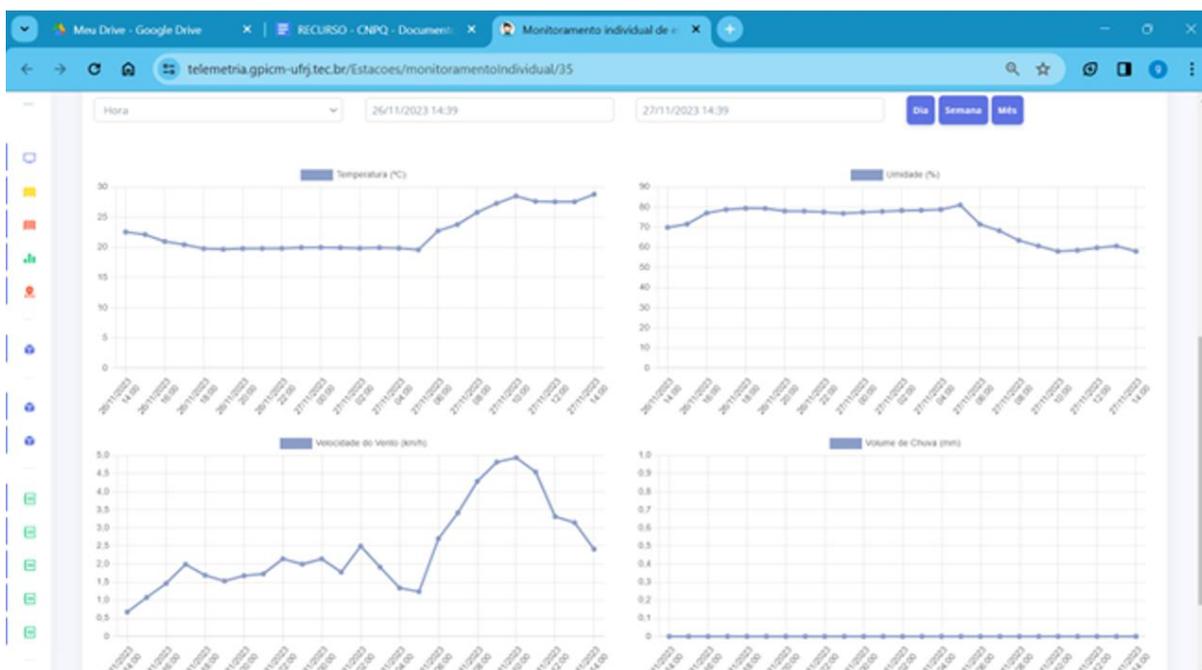


Figura 9 - Tela gráfica da estação

### Teste de Campo

Após a prototipagem, as estações foram produzidas e programadas com software embarcado em linguagem C. Também foi desenvolvida uma ferramenta de análise e configuração de serviços utilizando a tecnologia Bluetooth Low Energy (BLE) com o objetivo de facilitar a manutenção e instalação de estações em escolas, conforme mostra a Figura 10.

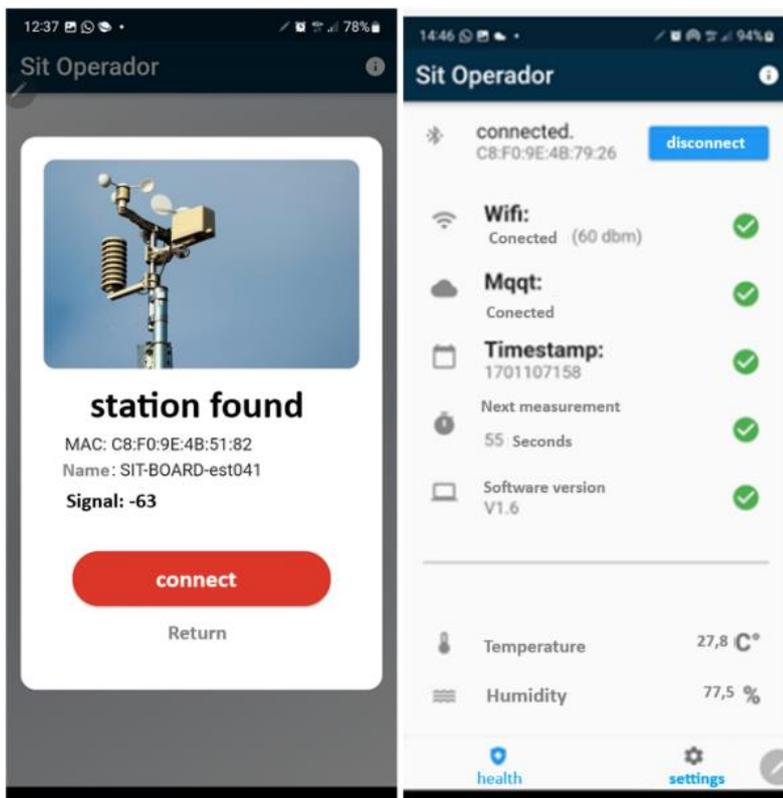


Figura 10 - Ferramenta de análise e configuração de serviços utilizando tecnologia Bluetooth Low Energy (BLE)

#### Parceria colaborativa

Foi desenvolvida uma parceria colaborativa com os interessados, incluindo a Prefeitura de Macaé - (defesa civil), secretaria municipal de educação e a UENF através de seu laboratório de meteorologia (LAMET), onde contamos com diversos pesquisadores e estudantes de diversos cursos.



Figura 11 - Parte da equipe de colaboradores do projeto

Essa parceria tornou-se fundamental para a construção do conhecimento e do sentimento de pertencimento. Foi criada uma central de monitoramento (Figura 12) para apoiar a análise dos dados coletados e a tomada de decisões da defesa civil com leituras em tempo real.



Figura 12 - Central de monitoramento da defesa civil

Desenvolvimento de relacionamento com a rede escolar, oferecendo treinamento em robótica para funcionários e alunos.

A participação dos representantes das escolas nos cursos de robótica, meteorologia e defesa civil é essencial para a disseminação de informações e a construção de um sentimento de pertencimento a cada estação implantada e ao projeto como um todo, visando mitigar as ações de desastres naturais.



Figura 13 - Treinamento em robótica para escolas municipais

Treinamentos em robótica, noções de meteorologia e técnicas de defesa civil foram oferecidos a trinta e cinco escolas da rede municipal. Nesta fase foi possível atender quarenta e nove colaboradores e alunos de dezesseis escolas.

No curso de robótica foram oferecidas aulas teóricas e práticas com microcontrolador ESP32 e conjunto de sensores, possibilitando ao aluno a obtenção de conceitos de robótica por meio da construção de experimentos e do desenvolvimento de uma estação semelhante à implementada em sua escola. O objetivo era envolver o grupo escolar na utilização e manutenção do mesmo.

Na formação em meteorologia foram apresentados temas relevantes, como Organização Meteorológica Mundial (OMM), sistema de observação global, radares meteorológicos, sistemas frontais e ciclones extratropicais, sistemas meteorológicos, complexos convectivos de mesoescala, eventos extremos, observação de nuvens, como monitorar dados sazonais, mudanças climáticas, energias renováveis, previsão do tempo, poluição do ar, clima e arbovírus.

A formação em defesa civil foi composta por noções de defesa civil, catástrofes e monitorização, um conjunto de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, sistema de defesa nacional, conceitos de prevenção, mitigação, preparação, resposta, recuperação e restauração, o que é desastre, tipos de desastres, classificação e codificação brasileira de desastres (cobrade), diferenciando enchentes de transbordamentos, riscos em ruas alagadas ou transbordantes, tempestades e ressacas.

Após a aplicação da avaliação aos alunos concluintes do processo formativo, foram recebidos alguns depoimentos de alunos e professores da rede municipal de ensino, dentre os quais podemos destacar:

*"Achei muito legal o curso! Aprendi muito e tive um contato muito mais próximo com equipamentos eletrônicos"* - Aluno da escola Tarcísio Paes de Figueiredo

*"Foi muito produtivo! Foi muito legal ter esse contato e sabermos que essas estações serão instaladas em nossas escolas e trarão informações exclusivas para a comunidade. É muito gratificante ter participado deste curso"* - Professora da Escola Carolina Curvello Benjamin

Treinamento de funcionários da defesa civil em ferramenta de BI

O treinamento teve como objetivo capacitar os servidores da defesa civil em análise de dados de forma a permitir a geração de informações relevantes a partir de dados gerados por estações meteorológicas. O Google Looker Studio foi utilizado como ferramenta de Análise de Dados e Business Intelligence, com ênfase em dados meteorológicos.

A capacitação foi oferecida na plataforma online AVA (ambiente virtual de aprendizagem) devido à dinâmica da atividade técnica dos agentes de defesa civil. A participação no treinamento foi voluntária e tivemos participação significativa, conforme pode ser visto na Figura 14.

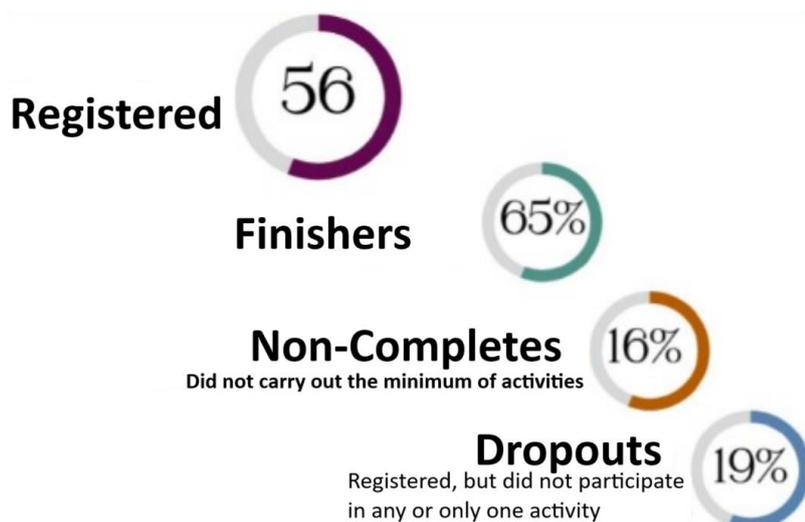


Figura 14 - Tabela de participação dos técnicos de defesa civil.

Podemos afirmar que foi positiva a capacitação dos técnicos na análise de dados meteorológicos utilizando a ferramenta *Google Looker*, o que pode ser demonstrado na Figura 10, onde 83% dos alunos deram notas nove e dez após serem questionados com a seguinte questão: Considerando todos aspectos avaliados, globalmente, que nota você daria ao Curso numa escala de 1 a 10?

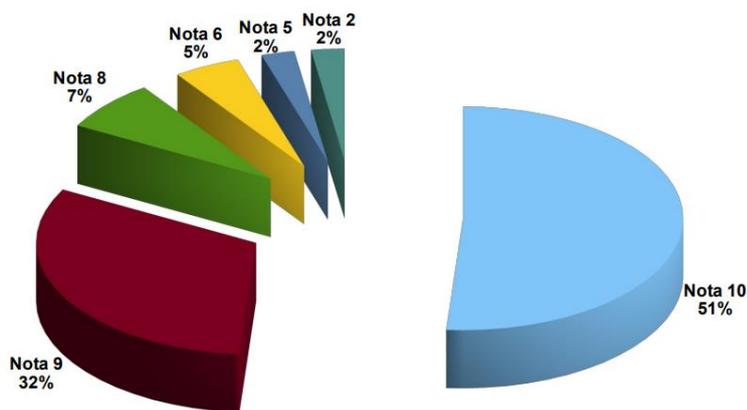


Figura 15 - Análise do curso de BI pelos alunos

Outro aspecto importante que vai além da formação em BI é a valorização dos técnicos de defesa civil, o que foi evidenciado pelos depoimentos de diversos alunos, entre os quais destacamos:

*"Gostaria de afirmar que o curso me surpreendeu porque estava convencido de que seria muito complicado para quem, como eu, não tem domínio de conteúdos de linguagem informática. Parabéns aos responsáveis por este curso que se dedicaram a nos proporcionar tranquilidade, apoio e incentivo."*

## CONCLUSÃO

A estratégia de combinar a expertise de pesquisadores e estudantes universitários em um conjunto de atividades que envolvem diversos atores no processo de controle da mitigação não é simples nem trivial, e os resultados relacionados ao desafio da mitigação de desastres devem ser avaliados no médio e longo prazo. Parte do desafio foi trazer a rede escolar municipal para o processo de controle da mitigação e oferecer a possibilidade de capacitação além da implantação de estações meteorológicas nas escolas. No entanto, já foram recolhidas evidências de resultados positivos, apesar da implementação muito recente do projeto, destacando-se a integração das universidades, através dos seus diversos cursos, com o governo local e o departamento de educação.

Além disso, há um conjunto de resultados alcançados no âmbito do projeto em 2023:

Economia de quatro milhões de reais na implantação de sistema de monitoramento de estações de baixo custo pela prefeitura, graças à parceria com a universidade.

Integração de quarenta e dois alunos de quatro Universidades no processo de construção do conhecimento, com troca de competências entre diferentes cursos, como engenharia meteorológica, engenharia mecânica, engenharia de produção, matemática, sistemas de informação, engenharia elétrica, química e outros cursos representados pela sua estudantes.

Dezesseis estações meteorológicas instaladas.

Dezesseis escolas da rede municipal de ensino possuíam turmas capacitadas em robótica, conceitos de meteorologia e defesa civil.

Trinta e seis funcionários da defesa civil participaram do treinamento de BI, utilizando a ferramenta Google Looker Studio com ênfase em dados meteorológicos.

Organização e preparação de evento municipal - I Encontro sobre Clima, Tecnologias e Redução de Riscos de Acidentes - envolvendo a comunidade acadêmica, governo local e sociedade.

## AGRADECIMENTOS

Prefeitura Municipal de Macaé - RJ - Secretaria de defesa Civil

## REFERÊNCIAS

de Freitas, C. M., de Carvalho, M. L., Ximenes, E. F., Arraes, E. F., & Gomes, J. O. (2012). Socio-environmental vulnerability, disaster risk-reduction and resilience-building: lessons from the earthquake in Haiti and torrential rains in the mountain range close to Rio de Janeiro in Brazil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6), 1577.

de Freitas, C. M. et al. (2014). Natural disasters and health: an analysis of the situation in Brazil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 19(9), 3645.

Gregor, S., & Hevner, A. R. (2013). Positioning and presenting design science research for maximum impact. *MIS Quarterly*, 37(2), 337-355.

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75-105.

March, S. T., & Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*, 15(4), 251-266.

THIOLLENT, Michel. Metodologia da pesquisa-ação. 4. ed. São Paulo: Cortez, 1988. 108 p. (Coleção temas básicos de pesquisa-ação). ISBN 85-249-0029-6.

Tulloch, D. (2014). Crowdsourcing geographic knowledge: volunteered geographic information (VGI) in theory and practice.

## Medição de Parâmetros Meteorológicos com VANT Equipado com IoT: Um Estudo nos Campi em Macaé

**Vinicius Benone Gonçalves Souza**<sup>2,7</sup>; **Nivaldo Silveira Ferreira**<sup>1</sup>; **Anselmo Pestana Ribeiro Costa**<sup>6</sup>; **Pedro Henrique Castello Branco Dagola**<sup>3</sup>; **Gabriel Fonseca Barreto**<sup>4</sup>; **Joseferson de Jesus Florencio**<sup>5</sup>; **Willy César Veiga Souza**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campus Carlos Alberto Dias - LABORATÓRIO DE METEOROLOGIA - LAMET Rua Hermenegildo s/n, Parque Industrial Bellavista, Bairro Imboassica - Macaé - RJ, CEP: 27.932-125;<sup>2</sup>Aluno de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campus Carlos Alberto Dias - LABORATÓRIO DE METEOROLOGIA - LAMET Rua Hermenegildo s/n, Parque Industrial Bellavista, Bairro Imboassica - Macaé - RJ, CEP: 27.932-125;<sup>3</sup>Docente. Instituto Federal Fluminense. Endereço: Rodovia Amaral Peixoto, km 164, Imboassica, Macaé-RJ. CEP: 27932-050;<sup>4</sup>Aluno de Graduação. Instituto Federal Fluminense. Endereço: Rodovia Amaral Peixoto, km 164, Imboassica, Macaé-RJ. CEP: 27932-050;<sup>5</sup>Aluno de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. Rua Tiradentes, 17 ? Ingá ? Faculdade de Direito II ? Anexo 2º andar conjunto 26 ? CEP 24210-510 ? Niterói, RJ ? Brasil;<sup>6</sup>Docente. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Avenida Aluizio da Silva Gomes, 50 - Centro Multidisciplinar - UFRJ - Macaé ? Bairro da Glória, Macaé ? RJ ? CEP 27930-560;<sup>7</sup>Técnico. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Avenida Aluizio da Silva Gomes, 50 - Centro Multidisciplinar - UFRJ - Macaé ? Bairro da Glória, Macaé ? RJ ? CEP 27930-560

### RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver instrumentos de medição meteorológica, baseados na tecnologia da Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*), para serem integrados em um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), também conhecido como drone. O sensoriamento remoto do perfil vertical da atmosfera por meio de VANTs é relevante para a meteorologia, permitindo a obtenção de dados sobre temperatura, umidade e pressão atmosférica, informações fundamentais para a previsão de tempestades severas. Considerando os elevados custos dos equipamentos meteorológicos disponíveis no mercado, os dispositivos IoT apresentam-se como uma solução viável e econômica. O principal objetivo desta pesquisa é a criação de um dispositivo IoT, utilizando um microcontrolador ESP32, capaz de medir temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, acompanhado de dados de altitude e localização georreferenciada. O dispositivo IoT será transportado pelo VANT da série DJI Phantom 3 Pro. A metodologia adotada para este trabalho será a Design Science Research (DSR), focada no desenvolvimento e validação de um artefato específico: o sistema IoT acoplado ao VANT, destinado à medição do perfil atmosférico. Essa abordagem proporcionará contribuições significativas à literatura científica. Como resultados esperados, pretende-se otimizar a posição dos instrumentos meteorológicos no VANT, de modo que a turbulência das hélices não interfira nas medições. Utilizando a metodologia DSR, busca-se garantir a confiabilidade e a eficácia do artefato, além de assegurar a integridade dos dados transmitidos. A pesquisa também visa oferecer uma solução econômica para a coleta de dados atmosféricos. Como proposta de trabalho futuro, sugere-se a aplicação da inteligência artificial na previsão das condições meteorológicas, utilizando os dados coletados pelo VANT e integrando-os às medições das estações meteorológicas fixas nos Campi Universitários em Macaé.

**PALAVRAS-CHAVE:** Drone; Perfil Atmosférico; Instrumento Meteorológico; IoT; Clima Extremo

# **7. Sensoriamento Remoto**

## **Avaliação dos produtos de precipitação derivados de medidas radiométricas, casos de estudo**

**Angel Domínguez Chovert**<sup>2,3,4</sup>; **Saulo Ribeiro de Freitas**<sup>1</sup>; **Nilton Manuel Évora do Rosário**<sup>5</sup>; **Karla Maria Longo de Freitas**<sup>1</sup>; **Daniela França Jauer**<sup>2,4</sup>; **Fernando Rodrigues Cabral Filho**<sup>3</sup>; **Otavio Medeiros Feitosa**<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Av. dos Astronautas, 1.758 - Jardim da Granja, São José dos Campos/SP;<sup>2</sup>Bolsista. Centro de Excelência em Estudos, Monitoramento e Previsões Ambientais do Cerrado (CEMPA-Cerrado). UFG - Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia Almeida Palmeiras, s/n - Chácaras Califórnia, Goiânia, Goiás;<sup>3</sup>Bolsista. Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE). R. das Turmalinas, 44 - Vila Maria, Rio Verde (GO), esquina com a AV. Jerônimo Martins.;<sup>4</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Av. dos Astronautas, 1.758 - Jardim da Granja, São José dos Campos/SP;<sup>5</sup>Professor. Universidade Federal de São Paulo. Unidade José Alencar - Rua São Nicolau, nº 210, Diadema/SP

### **RESUMO**

A representação espacial dos acumulados de precipitação continua sendo uma atividade de extrema complexidade devido à característica marcadamente heterogênea desta variável. As análises para obter distribuição espacial dos acumulados de chuva em áreas específicas utilizam variadas fontes de dados e metodologias diversas. Alguns dos produtos mais confiáveis e empregados atualmente são os derivados de medidas radiométricas obtidas com os instrumentos a bordo de satélites meteorológicos, que são complementadas com medições realizadas nas estações em superfície. O objetivo principal deste trabalho consistiu na avaliação de 6 diferentes produtos de precipitação que são obtidos utilizando essas metodologias. Foram selecionados dois casos de chuva extrema na Região Metropolitana de São Paulo e que aconteceram nos meses de fevereiro e junho de 2017. Os acumulados totais de precipitação estimados pelos diferentes produtos derivados de medições radiométricas, para os períodos de tempo selecionados, foram comparados com os valores registrados nas estações meteorológicas e pluviométricas localizadas em superfície. Os resultados mostraram que o produto MERGE foi o melhor entre os 6 produtos analisados. Os produtos GSMaP\_calibrado e GPM\_3IMERGHH apresentaram desempenhos semelhantes e que podem ser classificados de satisfatórios. O produto TRMM\_3B42RT teve um desempenho regular na representação da precipitação, predominando a subestimação dos acumulados. Os piores resultados, muito diferentes do observado, foram obtidos com os produtos GSMaP não calibrado e o CMORPH, que apresentaram superestimações acentuadas dos acumulados de chuva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Satélite; MERGE; acumulado de precipitação; Estações Meteorológicas; Região Metropolitana de São Paulo

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e em especial ao programa de pós graduação em Meteorologia e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Agradecimentos ao Centro de Estudos, Monitoramento e Previsões Ambientais com foco no desenvolvimento socioeconômico sustentável do Cerrado brasileiro (CEMPA-Cerrado) e ao Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE). Agradecemos ao Laboratório Multiusuário de Computação de Alto Desempenho (LaMCAD) da Universidade Federal de Goiás (UFG), à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Goiás (FAPEG), à Fundação de Apoio à Pesquisa (FUNAPE). Agradecemos também aos centros e institutos que tem contribuído de forma direta ou indireta através das parcerias realizadas: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), o Instituto Federal Goiano (IFGoiano), a Universidade Federal de Goiás (UFG).

## Temperaturas dos lagos da Amazônia Central: Análise de longo prazo e implicações climáticas

**Lady Layana Martins Custódio**<sup>1</sup>; **Ayan Santos Fleischmann**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Estrada do Bexinga, 2584, Bairro Fonte boa - Tefé-AM; <sup>2</sup>Pesquisador Titular. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Estrada do Bexinga, 2584, Bairro Fonte boa - Tefé-AM

### RESUMO

A seca histórica que afetou a Amazônia Central em 2023 gerou impactos ambientais e ecológicos sem precedentes, como o superaquecimento do Lago Tefé que resultou na morte de 209 golfinhos amazônicos (botos-vermelho e botos-tucuxi). Na região do Médio Solimões, o complexo de lagos das reservas Mamirauá e Amanã desempenha um papel essencial para a ecologia local e segurança alimentar das comunidades. Este estudo examinou as variações na temperatura da superfície dos lagos (TSL) das reservas ao longo de 11 anos (2013-2023), correlacionando-as com variáveis meteorológicas. Utilizou-se dados da banda termal dos satélites Landsat 8 e 9 para estimar a TSL, obtidos no Google Earth Engine, e dados meteorológicos da estação INMET de Tefé (cód. 82310). A análise, realizada com a linguagem Python, incluiu cálculos estatísticos como Correlação de Pearson ( $r$ ), tendências e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) segmentados por períodos sazonais (seca e cheia). Os resultados mostraram correlações fracas entre a TSL e a temperatura do ar (Tar) ( $r$  entre 0,30 e 0,37,  $p \geq 0,05$ ), para o período completo. Quando separados em cheia e seca, as correlações não foram significativas. Observou-se que, durante a cheia, as TSL eram bastante homogêneas, enquanto, na seca, eram variáveis, o que pode ser explicado pela conectividade dos lagos. Além disso, as médias anuais das TSL apresentaram uma tendência negativa durante a cheia e positiva durante a seca, sugerindo um possível aumento na intensidade dos eventos de cheias e secas extremas. Esses resultados revelam padrões interessantes nas relações entre as TSL e as Tar, destacando a conectividade entre os sistemas de lagos e o aumento preocupante da temperatura dos mesmos durante os períodos de seca. Essas descobertas ressaltam a necessidade de medidas de conservação e gestão ambiental para mitigar os impactos das mudanças climáticas nas várzeas amazônicas, bem como de garantir programas de monitoramento ambiental e ecológico de longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** temperatura das águas; Lansat; evento extremo; fatores meteorológicos;

## **Análise da expansão das áreas de pastagem nas mesorregiões do Vale do Acre e Vale do Juruá no estado do Acre.**

**Ana Luísa Ribeiro de Faria** <sup>1</sup>; **Bruna Rodrigues de Souza** <sup>1</sup>; **Santiago María Márquez Arévalo** <sup>1</sup>; **Rafael Coll Delgado** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal de Viçosa. Avenida Peter Henry Rolfs, s/n Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, MG;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Acre. Campus Universitário de Rio Branco Rodovia BR 364, Km 04, B: Distrito Industrial Rio Branco AC, 69.915-900

### **RESUMO**

A mudança no uso e cobertura do solo em regiões de floresta afeta significativamente os serviços ecossistêmicos locais e globais, contribuindo para as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e alterações dos padrões locais de clima e recursos hídricos. O crescente aumento do desmatamento na Amazônia brasileira, em especial na mesorregião do Vale do Acre, no estado do Acre, vem sendo investigada devido à sua rápida expansão, que tem dado lugar para áreas de pastagem e agricultura. O investimento do governo em infraestrutura viária vem potencializando o desenvolvimento das atividades agrícola e pecuária na mesorregião do Vale do Juruá, na porção oeste do estado. Com o objetivo de identificar as áreas de expansão do desmatamento no estado, bem como seu padrão de distribuição espacial, foram analisados os dados de uso e ocupação do solo do projeto MapBiomas do período de 1985 a 2022. Foi possível identificar o aumento de 19.385 km<sup>2</sup> em área de pastagem no estado, sendo que cerca de 75% desta área está localizada no Vale do Acre, região onde se encontra a capital do estado, Rio Branco. Além disso, foi possível identificar que um dos grandes responsáveis por esse aumento foi a pecuária e que a implementação da BR-364, que conecta o sudeste ao noroeste do estado, pode estar ligada ao crescimento das áreas de pastagem no Vale do Juruá. Este estudo fornece informações atuais dos padrões de distribuição do desmatamento e da expansão da fronteira agrícola no estado do Acre, além de relacionar suas possíveis causas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia; Desmatamento; Pastagem;;

### **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos colegas do grupo de estudos CIMAF (Centro de Integrado de Meteorologia Agrícola e Florestal), ao meu orientador Dr. Rafael Coll Delgado, a Universidade Federal de Viçosa pelo apoio e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

## **Avaliação dos produtos MODIS 3Km para profundidade ótica de aerossóis na região Metropolitana de Belém-PA**

**júlia christine dos santos carmo**<sup>1</sup>; **keila correa nunes**<sup>1</sup>; **Carlos Edgar Gonçalves da Costa**<sup>1</sup>; **Augusto gabriel da costa pereira**<sup>3</sup>; **rafael da silva palacios**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>discente. universidade federal do pará. rua augusto correa 1, Belém-PA , 66075110;<sup>2</sup>docente. universidade federal do pará. rua augusto correa 1, Belém-Pa, 66075110;<sup>3</sup>bolsista. instituto nacional de pesquisas espaciais. cachoeira paulista- SP , Rod. presidente dutra km40, 12630000

### **RESUMO**

Os aerossóis atmosféricos são partículas sólidas ou líquidas suspensas na atmosfera, resultantes de processos naturais e atividades humanas. Essas partículas podem influenciar o clima e a saúde humana. As medidas das propriedades físicas e óticas dessas partículas são realizadas continuamente pela rede AERONET. Entretanto, essa rede não possui uma cobertura completa do globo, com muitas lacunas espaciais, como o caso de Belém-PA na Amazônia Oriental. O sensoriamento remoto por satélite se mostra como uma ferramenta essencial para análise da distribuição espacial da carga de aerossóis. Os produtos de profundidade ótica do aerossol (AOD) dos sensores MODIS, abordo dos satélites Aqua e Terra, tem sido amplamente utilizado na avaliação dos efeitos dos aerossóis sobre o clima e saúde. Nesse sentido, esse estudo objetivou analisar os valores de AOD (AOD 550nm) sobre a área urbana da região Metropolitana de Belém-PA. Os valores mensais de AOD do MODIS Aqua e Terra foram comparados para o período entre 2010 e 2020. Nesse trabalho foram utilizadas as estimativas obtidas dos satélites Terra e Aqua, com passagens aproximadas de 10:30 horas e 13:30 horas (local). Os produtos MODIS MOD043k (Terra) e MYD043k (Aqua) de nível 2 foram extraídos diariamente sobre uma área com raio médio de 7,5 km da estação INMET Belém. Os dados diários foram utilizados para o cálculo da média mensal e ano característico. Os resultados mostraram uma variação de 80% e 40% para a AOD dos respectivos produtos, Terra e Aqua. O Produto MODIS Aqua teve menos estimativas de AOD, principalmente no período chuvoso. Para o mês de março, por exemplo, não houve nenhuma estimativa de AOD ao longo de 11 anos de medidas. A hipótese levantada nesse estudo sugere que o horário de passagem do satélite pode ser influenciado pela cobertura de nuvens. O maior valor de mediana MODIS Aqua foi obtido no mês de setembro (AOD = 0,5), já para o Terra foi em março (AOD = 0,5), o que foi inesperado devido as condições meteorológicas do período chuvoso. Conclui-se que os produtos Terra e Aqua tiveram comportamentos distintos, o que pode estar associado com uma possível variação horaria da AOD. Sugere-se que os produtos sejam avaliados para um período maior para que as análises estatísticas possam evidenciar tais variações.

**PALAVRAS-CHAVE:** MODIS3Km; aerossóis atmosféricos; Terra e Aqua; Belém-PA; Belém-PA

## COMPARAR AOD PARA DIFERENTES CAPITAIS AMAZÔNIA BRASILEIRA

**Keila Correa Nunes**<sup>1</sup>; **Rafael da Silva Palácios**<sup>2</sup>; **Augusto Gabriel da Costa Pereira**<sup>3</sup>; **Julia Christine dos Santos Carmo**<sup>1</sup>; **Carlos Edgar Gonçalves da Costa**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>discente. universidade Federal do Pará . Rua Augusto Correa 1, Belém, PA, 66075-110 ;<sup>2</sup>Docente . Universidade Federal do Pará . Rua Augusto Correa 1, Belém, PA, 66075-110;<sup>3</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista - SP, Rod. Presidente Dutra Km 40, 12630000.

### RESUMO

Aerossóis são partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atmosfera, que podem influenciar o clima de forma direta ou indireta e pode trazer fortes impactos sobre saúde humana. No Brasil e, especificamente, na Amazônia as emissões pela queima de biomassa são responsáveis por lançar para a atmosfera grandes quantidades de gases e partículas. Nesse sentido, a análise da profundidade ótica do aerossol (AOD) se mostra necessária para o entendimento da dinâmica dos aerossóis com possíveis implicações no clima e na saúde. Com isso esse trabalho objetivou a análise e comparação da AOD para as capitais Amazônicas, Belém-PA, Manaus-AM e Porto Velho-RO no período de 2010 a 2020. Foram utilizados os dados de AOD (AOD 550 nm) do sensor MODIS, a bordo do satélite Aqua, com resolução espacial de 3km. Os resultados mostraram uma dinâmica anual diferente para a capital Belém, quando comparada as capitais Manaus e Porto velho, isso porque todas as capitais são influenciadas pelo período de queimadas, entretanto, esses efeitos são mais acentuados sobre Porto Velho e Manaus. Para Belém também foi observado valores elevados de AOD na estação chuvosa, entre janeiro e abril, entretanto, com uma grande redução de observações, que pode ser justificado pela grande cobertura de nuvens nesse período.

**PALAVRAS-CHAVE:** AOD 550 nm; MODIS Aqua; Belém- PA;;

## Relação entre variáveis climáticas e incêndios no Pantanal: Análise de áreas queimadas e dinâmica hídrica na escala temporal de 1989-2020

**Bruna Rodrigues de Sousa**<sup>1</sup>; **Santiago Maria Márquez Arévalo**<sup>1</sup>; **Humberto Paiva Fonseca**<sup>1</sup>; **Alexandre Simões Lorenzon**<sup>2</sup>; **Fillipe Tamiozzo Pereira Torres**<sup>2</sup>; **Ana Luísa Ribeiro de Faria**<sup>1</sup>; **Rafael Coll Delgado**<sup>3</sup>; **Cibele Hummel do Amaral**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Pós Graduação. Universidade Federal de Viçosa. Av. P H Rolfs, s/n - Campus Universitário Viçosa - MG, 36570-900, Brasil;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Viçosa. Av. P H Rolfs, s/n - Campus Universitário Viçosa - MG, 36570-900, Brasil;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Acre. Rodovia BR -364, km 04 - Distrito Industrial, Rio Branco - AC, 69920-900, Brasil;<sup>4</sup>Remote Sensing Data Scientist. Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences. 1665 Central Campus Mall 216 UCB, Boulder, CO 80309, EUA

### RESUMO

O Pantanal é a maior planície inundável do mundo, abrigando uma vasta biodiversidade de fauna e flora. No entanto, nos últimos anos, o bioma Pantanal brasileiro tem enfrentado sérios problemas relacionados aos incêndios florestais e à falta de chuva na região. Esses fatores têm provocado secas severas e a propagação do fogo, afetando a população local tanto econômica quanto socialmente. Estes incêndios podem estar associados com a redução das chuvas nos verões de 2019-2020. Além disso, tem-se que os principais rios que abastecem o bioma tem origem no planalto brasileiro, mostrando que os biomas adjacentes interferem na disponibilidade de água da superfície local. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi entender os principais aspectos que se associam à ocorrência dos incêndios no bioma Pantanal, na escala temporal de 1989 a 2020 e verificar a influência do regime hidrológico e redução da cobertura vegetal do bioma Amazônia sobre a região pantaneira. Assim, foi utilizada a coleção TerraClimate presente na plataforma *Google Earth Engine* (GEE) para a obtenção das variáveis climáticas: precipitação (mm), temperatura do ar (°C), Índice Seca de Palmer e Umidade do Solo (mm) e, o projeto Mapbiomas para as variáveis Área Queimada (ha) e Desmatamento (ha). Estes dados foram adquiridos e processados de forma sazonal na escala de tempo mencionada. Todo o processamento dos dados se deu no *software R* versão 4.3.3 e, para obter as variáveis de importância do trabalho foram aplicadas técnicas de *Machine Learning* com o uso dos algoritmos *Random Forest* e *Support Vector Machine*. Com isso, observou-se que considerando os 32 anos, 13 apresentaram área total de queimada acima da média e as variáveis climáticas apresentaram maior importância quanto à associação com os incêndios no Pantanal, reforçando a relação na dinâmica hídrica entre eles. Com isso, espera-se, com este estudo, auxiliar na compreensão da dinâmica do fogo no Pantanal e a melhor alocação de recursos para combatê-los.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizado de Máquina; Eventos Extremos; Fogo; Mudanças Climáticas; Seca

### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal de Viçosa pela disposição de equipamentos para a realização deste trabalho.

Agradecimentos ao Professor Dr. Rafael Coll Delgado pelos ensinamentos e apoio.

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES, pelo financiamento para realizar este trabalho.

# Modelagem dos componentes da produtividade de água no bioma Cerrado usando técnicas de sensoriamento remoto

Antônio Heriberto de Castro Teixeira <sup>1</sup>; Janice Freitas Leivas <sup>2</sup>; Celina Maki Takemura <sup>2</sup>; Inajá Francisco de Sousa <sup>1</sup>; André Quintão de Almeida <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, Sergipe; <sup>2</sup>Pesquisadora. Embrapa Territorial. Campinas, São Paulo

## RESUMO

O algoritmo SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) e o modelo da eficiência do uso da radiação (EUR) foram testados em conjunto para estimativa em larga escala dos componentes da produtividade da água no bioma Cerrado (CE). O produto reflectância MODIS MOD13Q1 foi usado com grades de dados climáticos do ano de 2016 para demonstrar o potencial do monitoramento da dinâmica da evapotranspiração atual (ET), da produção de biomassa e da produtividade de água baseada na ET ( $PA = BIO/ET$ ), com uso dessas ferramentas ao longo do ano, considerando as condições do bioma inserido nas regiões brasileiras Norte - N (CE\_N), Nordeste - NE (CE\_NE), Centro Oeste - CO (CE\_CO), Sudeste - SE (CE\_SE) e Sul - S (CE\_S). Significantes variações espaciais e temporais nas taxas desses componentes foram verificadas devidas às variações na umidade na zona das raízes das plantas, representada pela fração evapotranspirativa ( $ET_f$ ) e nas taxas da radiação fotossinteticamente ativa absorvida ( $RAF_{abs}$ ). As mais fortes diferenças na PA foram detectadas entre as regiões CE\_S e CE\_NE com valor anual de 3,9 e 2,7 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente. A modelagem em larga escala mostrou viabilidade para a estimativa dos componentes da produtividade da água, com grande potencial para suporte às políticas públicas ao manejo e conservação dos recursos naturais.

**PALAVRAS-CHAVE:** evapotranspiração; produção de biomassa; fração evapotranspirativa; radiação fotossinteticamente ativa;

## INTRODUÇÃO

Em várias partes do bioma Cerrado, as demandas hídricas e as populações estão crescendo sob condição insustentáveis de consumo dos recursos naturais. Os consequentes impactos tem sido geralmente medidos em escalas locais, entretanto, com o contínuo desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, estes podem ser atualmente analisados através da modelagem dos componentes da produtividade da água em largas escalas com precisões aceitáveis. Com os cenários de mudanças climáticas e de uso da terra, essas técnicas têm potencial para o monitoramento dessas mudanças quando se almeja o desenvolvimento sustentável (Jardim et al., 2022; Teixeira et al. 2020a, b; 2021a, b).

As mudanças climáticas de uso da terra afetam os balanços de energia, água e carbono (Ceschia et al., 2010; Zhao e Running, 2010). A compreensão das respostas dos parâmetros hídricos e de vegetação, bem como das suas dinâmicas, é indispensável para acesso a esses balanços (Yang et al., 2016; Zhang e Zhang, 2019). O bioma Cerrado tem uma larga diversidade de espécies naturais (Lewinsohn e Prado, 2005), mas sofrem de vários impactos ambientais, tais com desflorestamento, queimadas, poluição do ar, da água e do solo, bem como intensiva substituição das espécies naturais por culturas agrícolas (Arantes et al., 2016; Azevedo et al., 2020; Cabral et al., 2015; Fernandes et al., 2018; Giambelluca et al., 2009; Sano et al., 2019; Santos et al., 2021). Esses impactos demandam estudos em larga escala para o consumo sustentável dos recursos naturais (Araujo et al., 2019; Jardim et al., 2022; Nuñez et al., 2017; Santos et al., 2020; Teixeira et al. 2021a, b).

A quantificação dos componentes da produtividade da água usando sensoriamento remoto e grades de dados climáticos nos agroecossistemas do bioma Cerrado, é um meio viável para suporte ao manejo racional dos seus recursos naturais. Dentre esses componentes destaca-se a

evapotranspiração atual (ET), pois representa o principal uso dos recursos hídricos pela vegetação bem suprida de água e, em adição, está relacionada com a produção de biomassa (BIO) (Teixeira et al. 2020a, b). Por um lado, embora com esta relação, o aumento da ET implica em menor disponibilidade hídrica para usos ecológicos e humanos. Por outro lado, a substituição da vegetação natural por culturas agrícolas pode afetar a BIO (Ceschia et al., 2010). A quantificação desses parâmetros é essencial para restaurações ecológicas e acesso à dimensão dos impactos ambientais (Yang et al., 2016; Zhang e Zhang, 2019).

Algumas medições dos componentes da produtividade da água em campo já foram realizadas por diferentes métodos no bioma Cerrado (Cabral et al., 2015; Fernandes et al., 2018; Giambelluca et al., 2009). Entretanto, poucos esforços foram realizados para utilização de indicadores ambientais em larga escala nesse bioma. Em adição, medições pontuais não são viáveis para essa finalidade, devido às largas variações nas condições climáticas nos diferentes agroecossistemas do bioma. Devido a essas limitações, a extrapolação desses indicadores através de geotecnologias é uma alternativa viável para suporte às políticas públicas relacionadas ao uso dos recursos naturais.

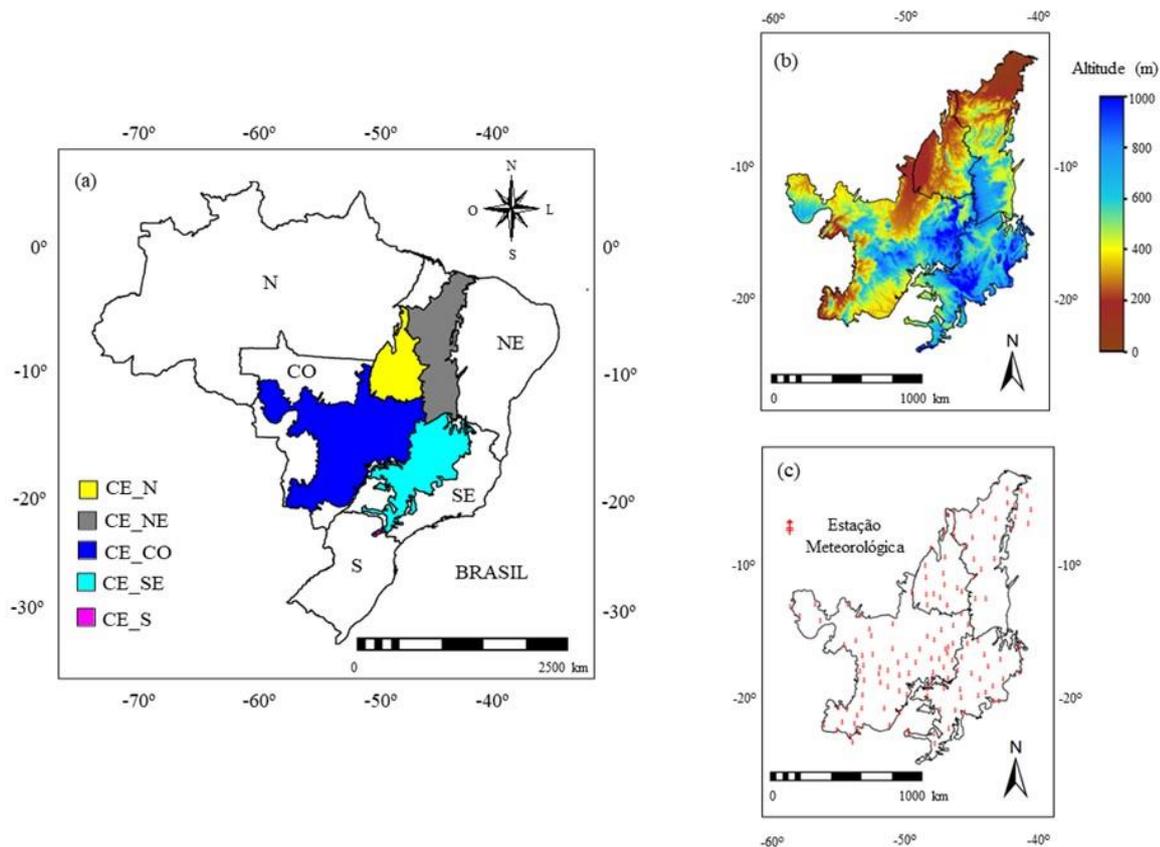
Considerando a sua operacionalidade, o algoritmo SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) foi desenvolvido usando medições simultâneas em campo e por sensoriamento remoto em culturas agrícolas irrigadas e vegetação natural sob fortes contrastes termo hídricos no Nordeste do Brasil, para a determinação dos componentes da ET (Teixeira, 2010, Teixeira et al., 2008). O SAFER também vem sendo usado em conjunto com o modelo da eficiência do uso da radiação - EUR (Monteith, 1977) para estimativa da BIO (Teixeira et al 2020a, b; 2021b).

## **OBJETIVOS**

Objetivando a implementação de um sistema operacional no bioma Cerrado, com uso de dados históricos, testamos a última versão do algoritmo SAFER em conjunto com o modelo EUR, para o monitoramento dos componentes da produtividade da água. Foi usado o produto reflectância MODIS MOD13Q1 na escala temporal de 16 dias e dados climáticos nessa escala no ano de 2016. Isto foi feito para demonstrar a viabilidade de aplicação do algoritmo para monitoramento da dinâmica desses componentes no bioma. Esse monitoramento é útil para subsídio às políticas públicas com relação ao manejo e conservação dos recursos naturais. As razões para uso de dados de 2016 foram duas: o bioma Cerrado estava recuperando os bons níveis de umidade na zona das raízes, após uma seca prolongada de 2012 a 2015 (Mariano et al., 2018; Rebello et al., 2020), e a disponibilidade de dados climáticos cobrindo todo o bioma ao longo desse ano. Embora a modelagem dos indicadores tenha sido realizada para apenas um ano, séries históricas de dados climáticos e imagens de satélites podem ser usadas nesse monitoramento para períodos específicos de qualquer ano.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A Figura 1 apresenta a localização do bioma Cerrado em cada região geográfica do Brasil, altitudes e as 133 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) utilizadas.



**Figura 1.** Localização do bioma Cerrado (CE) no Brasil. (a) Limites nas regiões geográficas Norte (N), Nordeste (NE), Centro Oeste (CO), Sudeste (SE) e Sul (S); (b) Distribuição espacial das altitudes; (c) Distribuição espacial das 133 estações meteorológicas utilizadas.

O bioma Cerrado enfrenta períodos de estiagens frequentes e suas espécies naturais desenvolvem resiliência com o aumento da aridez nessas condições mais secas (Almagro et al., 2017; Azevedo et al., 2020; Sano et al., 2019).

Os dados climáticos foram interpolados pelo método "movimento da média" e usados no cálculo da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

As grades dos dados climáticos foram usadas com as reflectâncias das bandas 1 e 2 do produto MODIS MOD13Q1 na resolução espacial de 250 m e temporal de 16 dias (Teixeira et al., 2020b).

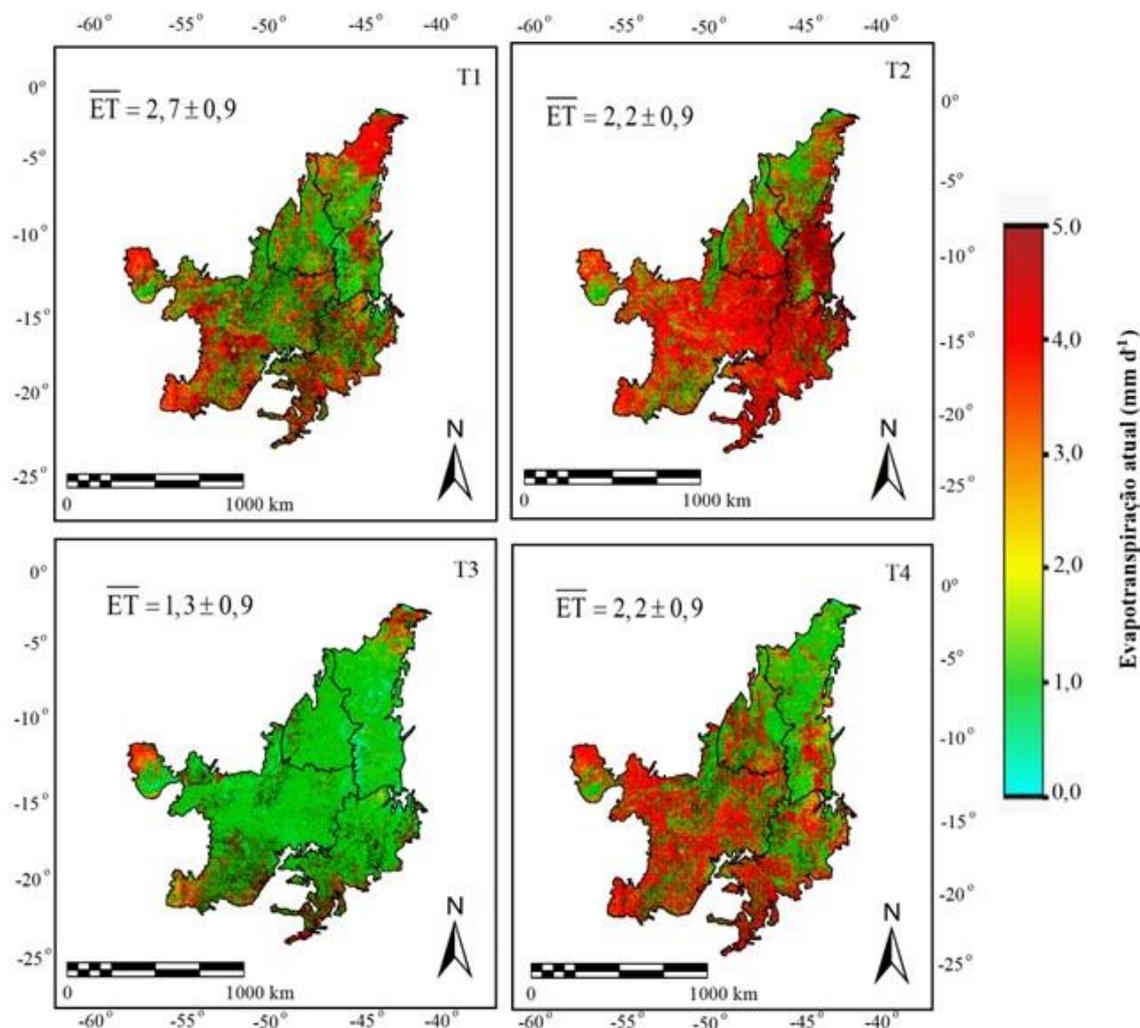
O algoritmo SAFER (Simple Algorithm for Evapotranspiration) e modelo EUR (Eficiência do Uso da Radiação), aplicados em conjunto na corrente pesquisa, são descritos com detalhes em Teixeira et al (2020a, b).

Para determinação da evapotranspiração atual (ET) com o SAFER modela-se a razão dessa evapotranspiração para a de referência ( $ET_0$ ), ou seja, a fração evapotranspirativa ( $ET_f$ ), com parâmetros obtidos por sensoriamento remoto e climáticos.

Para o EUR, a produção de biomassa (BIO) é modelada em função da radiação fotossinteticamente ativa absorvida ( $RFA_{abs}$ ) e da  $ET_f$ . Então a produtividade da água foi considerada como a razão da BIO sobre a ET (Teixeira et al., 2020b).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra as distribuições espaciais dos valores trimestrais (T) da evapotranspiração atual (ET) no bioma Cerrado com as médias e os desvios padrões (DP) para o ano de 2016.



**Figura 2.** Distribuições espaciais dos valores trimestrais (T) da evapotranspiração atual (ET) no bioma Cerrado com as médias e os desvios padrões (DP) para o ano de 2016. As barras em ET significam médias para todo o bioma.

Trimestres (T): T1 - janeiro a março; T2 - abril a junho; T3 - julho a setembro; e T4 - outubro a dezembro.

As variações espaciais e temporais nos valores dos pixels da ET entre os trimestres e as regiões em que o bioma Cerrado está inserido são fortemente detectadas. As menores taxas foram em T3 (julho a setembro), com média diária trimestral abaixo de 1,5 mm d<sup>-1</sup>, e as maiores em T1 (janeiro a março), quando essa média foi acima de 2,5 mm d<sup>-1</sup>. Na escala anual o valor médio de ET foi de 2,1 ± 0,9 mm d<sup>-1</sup>.

Com medições em campo de balanço de energia no Cerrado, Giambelluca et al. (2009) reportaram valores médios da ET de 1,9 a 2,3 mm d<sup>-1</sup>, variando de acordo com a densidade das plantas, enquanto com medições por sensoriamento remoto com imagens Landsat também nesse bioma, Laipelt et al. (2020) encontraram valores médios entre 2,0 e 3,2 mm d<sup>-1</sup> em ecossistemas de grama e pastagem. Os resultados desses estudos prévios envolvem as taxas de ET apresentadas na Figura 2.

De acordo com os valores de desvios padrões (DP), as maiores variações espaciais da ET ocorreram em T3 (julho a setembro), quando DP representou 68% da média dos pixels nesse trimestre, enquanto as menores foram em T1 (janeiro a março) quando DP foi 34% da média dos pixels nesse trimestre.

A Tabela 1 apresenta os valores trimestrais e anuais a evapotranspiração atual (ET) e desvios padrões, para o bioma Cerrado dentro de cada região geográfica brasileira, durante o ano de 2016.

<b>Trimestre<sup>1</sup>/ Bioma_Região<sup>2</sup></b>	<b>T1 (mm d<sup>-1</sup>)</b>	<b>T2 (mm d<sup>-1</sup>)</b>	<b>T3 (mm d<sup>-1</sup>)</b>	<b>T4 (mm d<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ano (mm ano<sup>-1</sup>)</b>
<b>CE_N</b>	2,4 ± 0,9	1,9 ± 0,8	1,1 ± 0,7	2,0 ± 0,8	1,9 ± 0,7
<b>CE_NE</b>	2,5 ± 1,1	2,1 ± 1,0	1,2 ± 0,8	1,7 ± 0,8	1,9 ± 0,7
<b>CE_CO</b>	2,7 ± 0,8	2,2 ± 0,9	1,4 ± 0,9	2,4 ± 0,9	2,2 ± 0,7
<b>CE_SE</b>	3,0 ± 0,9	2,2 ± 0,9	1,5 ± 1,0	2,3 ± 0,8	2,3 ± 0,7
<b>CE_S</b>	3,0 ± 0,6	2,5 ± 0,8	3,3 ± 0,9	3,0 ± 0,9	2,9 ± 0,6

<sup>1</sup>Trimestres (T): T1 - janeiro a março, T2 - abril a junho, T3 - julho a setembro, T4 - outubro a dezembro.

<sup>2</sup>Bioma\_Região: CE\_N - Cerrado na região Norte, CE\_NE - Cerrado na região Nordeste, CE\_CO - Cerrado na região Centro Oeste, CE\_SE - Cerrado na região Sudeste, CE\_S - Cerrado na região Sul.

Para a região do Cerrado dentro da região Norte (CE\_N), os maiores valores da ET foram detectados em T1 (janeiro a março), com valor diário médio no trimestre acima de 2,0 mm d<sup>-1</sup>, enquanto as menores taxas foram em T3 (julho a setembro), com essa média abaixo de 1,5 mm d<sup>-1</sup>. Na escala anual a ET em CE\_N apresentou um total médio de 695 mm ano<sup>-1</sup>. De acordo com os valores médios e desvios padrões (DP), as maiores variações espaciais ocorreram em T3, quando DP representou 63% da média, enquanto as menores ocorreram em T1, com esse percentual de 36%.

A região CE\_NE se destaca pelos menores valores de ET. Similarmente a CE\_N, os maiores valores da ET foram em T1 (janeiro a março), com valor diário no trimestre em torno de 2,5 mm d<sup>-1</sup> e as menores taxas em T3 (julho a setembro), também com média abaixo de 1,5 mm d<sup>-1</sup>. Na escala anual a ET em CE\_NE apresentou o mesmo total médio de 695 mm ano<sup>-1</sup> como para CE\_N. As maiores variações espaciais também foram em T3, com DP representando 66% da média dos pixels e as menores em T1 (43%).

No Cerrado dentro da região Centro Oeste (CE\_CO), os valores máximos também ocorreram em T1 (janeiro a março), mas com média acima de 2,5 mm d<sup>-1</sup> e mínimos em T3 (julho a setembro), com essa média abaixo de 1,5 mm d<sup>-1</sup>. Entretanto para essa região o total médio anual foi de 805 mm ano<sup>-1</sup>. As maiores variações espaciais também foram em T3, com DP representando 68% da média dos pixels e as menores em T1 (30%).

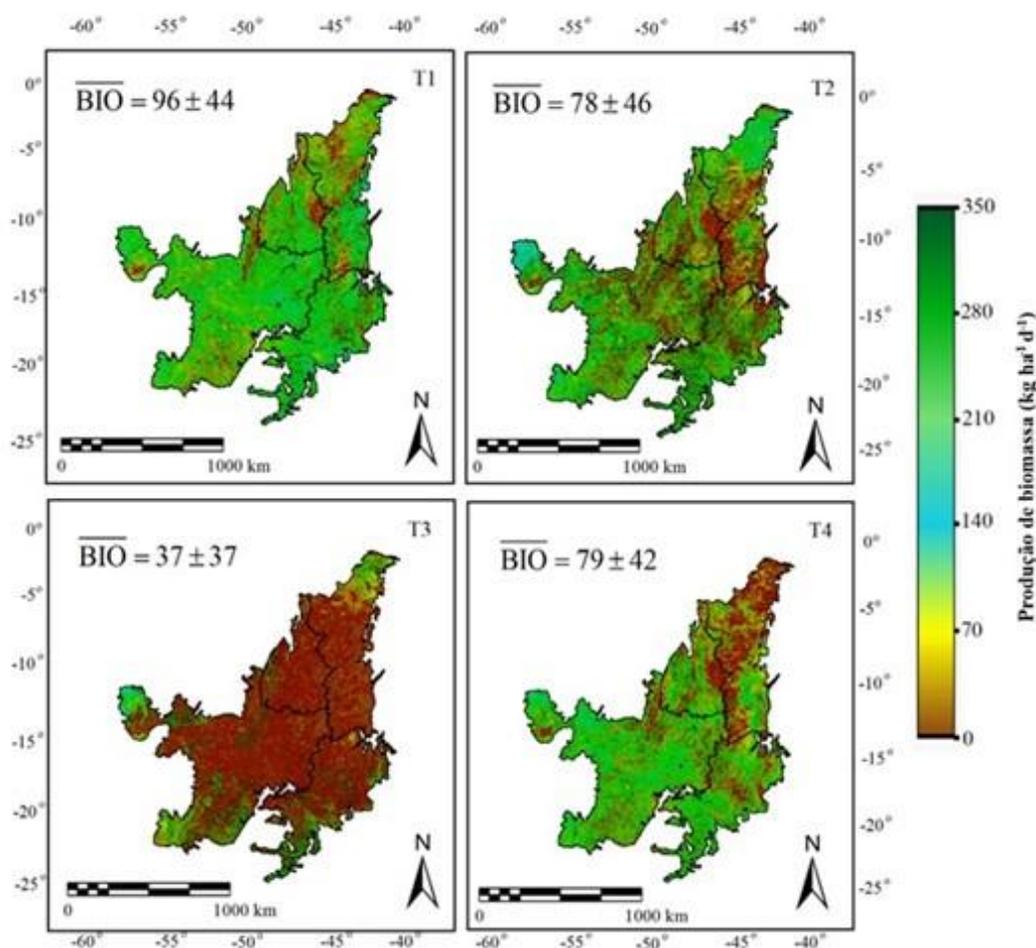
A região CE\_SE seguiu os padrões das anteriores com valores máximos da ET, em torno de 3,0 mm d<sup>-1</sup> de janeiro a março (T1) e mínimos, com valores em torno de 1,5 mm d<sup>-1</sup> de julho a setembro (T3), mas com um total anual médio de 842 mm ano<sup>-1</sup>. As maiores variações espaciais também foram em T3, com DP representando 63% da média dos pixels e as menores em T1 (30%).

As maiores taxas da ET no bioma Cerrado foram dentro da região Sul (CE\_S), quando de julho a setembro (T3) o valor médio diário ultrapassou 3,0 mm d<sup>-1</sup>, enquanto as menores ocorreram em T2 (abril a junho), com a média diária ficando em torno de 2,5 mm d<sup>-1</sup>. As elevadas taxas diárias produziram o maior total anual de 1061 mm ano<sup>-1</sup>. As maiores variações espaciais aconteceram em

T2 (abril a junho), com DP representando 31% da média dos pixels e as menores foram em T1 (janeiro a março) com esse percentual de 20%.

Considerando todas as regiões em que o bioma Cerrado está inserido, as maiores taxas da ET ocorreram de janeiro a março (T1) para as regiões Norte (CE\_N), Nordeste (CE\_NE), Centro Oeste (CE\_CO) e Sudeste (CE\_SE) e de julho a setembro (T3) na região Sul (CE\_S). Com relação às menores taxas da ET, estas foram de julho a setembro (T3) para as regiões Norte (CE\_N), Nordeste (CE\_NE), Centro Oeste (CE\_CO) e Sudeste (CE\_SE) e de abril a junho (T2) em CE\_S.

A Figura 3 mostra as distribuições espaciais dos valores trimestrais (T) da produção de biomassa (BIO) no bioma Cerrado com as médias e os desvios padrões (DP) para o ano de 2016.



**Figura 3.** Distribuições espaciais dos valores trimestrais (T) da produção de biomassa (BIO) no bioma Cerrado com as médias e os desvios padrões (DP) para o ano de 2016. As barras em BIO significam médias para todo o bioma.

Trimestres (T): T1 - janeiro a março; T2 - abril a junho; T3 - julho a setembro; e T4 - outubro a dezembro.

Como para ET, variações espaciais e temporais nos valores dos pixels da BIO entre os trimestres e as regiões em que o bioma Cerrado está inserido são também fortemente detectadas. Os menores valores foram em T3 (julho a setembro), com média diária trimestral abaixo de  $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ , e os maiores

em T1 (janeiro a março), quando essa média foi acima de  $95 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Na escala anual o valor médio da BIO foi de  $72 \pm 34 \text{ mm d}^{-1}$ .

De acordo com os valores de desvios padrões (DP), as maiores variações espaciais da BIO ocorreram em T3 (julho a setembro), quando DP representou 100% da média dos pixels nesse trimestre, enquanto as menores foram em T1 (janeiro a março) quando DP foi 46% da média dos pixels nesse trimestre.

Os valores da BIO apresentados na Figura 3 estão de acordo com Arantes et al. (2016), que, usando o produto MODIS MOD13Q1 Enhanced Vegetation Index, reportaram que o máximo de desenvolvimento da vegetação do bioma Cerrado ocorre de janeiro a março, caindo para a metade de agosto a setembro. O decréscimo da BIO em T3 (julho a setembro) no estudo corrente, também corrobora com Santos et al. (2021), que, também usando produtos MODIS, constataram um declínio nos valores da BIO nas espécies desse bioma, após redução das chuvas.

A Tabela 2 apresenta os valores trimestrais e anuais a produção de biomassa (BIO) e desvios padrões, para o bioma Cerrado dentro de cada região geográfica brasileira, durante o ano de 2016.

**Tabela 2.** Valores trimestrais e anuais a produção de biomassa (BIO) e desvios padrões para o bioma Cerrado dentro de cada região geográfica brasileira, durante o ano de 2016.

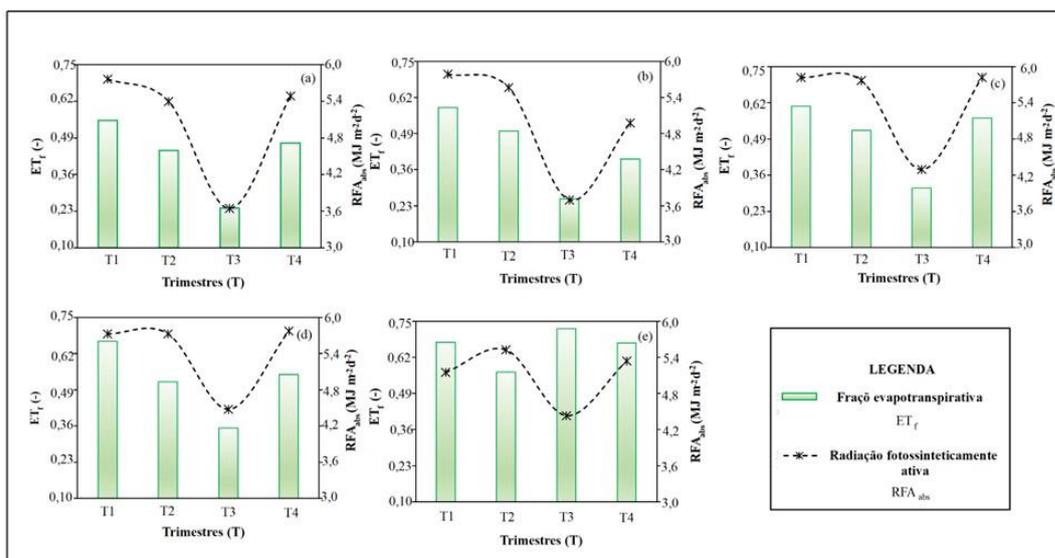
Trimestre/ Bioma_Região <sup>2</sup>	T1 ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )	T2 ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )	T3 ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )	T4 ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )	Ano ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
CE_N	$74 \pm 40$	$58 \pm 37$	$25 \pm 26$	$60 \pm 36$	$54 \pm 30$
CE_NE	$76 \pm 49$	$63 \pm 44$	$26 \pm 28$	$47 \pm 34$	$53 \pm 27$
CE_CO	$86 \pm 40$	$74 \pm 46$	$35 \pm 38$	$80 \pm 42$	$69 \pm 33$
CE_SE	$96 \pm 46$	$71 \pm 46$	$38 \pm 42$	$74 \pm 41$	$70 \pm 37$
CE_S	$116 \pm 37$	$105 \pm 37$	$130 \pm 59$	$111 \pm 48$	$115 \pm 40$

<sup>1</sup>Trimestres (T): T1 - janeiro a março, T2 - abril a junho, T3 - julho a setembro, T4 - outubro a dezembro.

<sup>2</sup>Bioma\_Região: CE\_N - Cerrado na região Norte, CE\_NE - Cerrado na região Nordeste, CE\_CO - Cerrado na região Centro Oeste, CE\_SE - Cerrado na região Sudeste, CE\_S - Cerrado na região Sul.

Pela Tabela 2 percebem-se os menores valores da BIO nos ecossistemas do Cerrado inseridos nas regiões Norte e Nordeste enquanto os maiores aconteceram nas regiões Sul e Sudeste.

Para consideração do efeito da umidade na zona das raízes e da radiação solar incidente na BIO ao longo do ano, a Figura 4 mostra a dinâmica dos valores médios trimestrais da fração evapotranspirativa ( $ET_f$ ), razão da ET para a  $ET_0$ , e da radiação fotossinteticamente ativa absorvida ( $RAF_{abs}$ ), juntamente com seus desvios padrões (DP) para o bioma Cerrado inserido em cada região geográfica, durante o ano de 2016.



**Figura 4.** Dinâmica dos valores médios trimestrais da fração evapotranspirativa ( $ET_f$ ) e da radiação fotossinteticamente ativa absorvida ( $RAF_{abs}$ ), juntamente com seus desvios padrões (DP) para o bioma Cerrado, durante o ano de 2016.

Bioma Cerrado dentro das regiões geográficas brasileira: (a) Norte - CE\_N, (b) Nordeste - CE\_NE, (c) Centro Oeste - CE\_CO, (d) Sudeste - SE, (e) Sul - S.

Os valores médios da  $ET_f$  ficaram entre 0,24 em CE\_N e CE\_NE de julho a setembro (T3) e 0,72 em CE\_S também em T3. As respectivas médias anuais foram de 0,43 e 0,66. Os valores médios da  $RAF_{abs}$  estiveram entre  $3,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  em CE\_N de julho a setembro (T3) e  $5,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  em CE\_CO de janeiro a março (T1). Entretanto as médias anuais foram entre  $5,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  em CE\_NE e  $5,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  tanto para CE\_CO como para CE\_SE.

De acordo com Zhou e Zhou (2009), as variáveis climáticas que mais afetam  $ET_f$  são a temperatura do ar, a umidade do ar e a energia disponível. Entretanto seus valores dependem também da abertura dos estômatos e da adaptação das espécies à escassez hídrica (Mata-González et al., 2005), o que é mais notável nos ecossistemas do bioma Cerrado (Almagro et al., 2017; Azevedo et al., 2020; Sano et al., 2019).

Pela Tabela 2, para CE\_N, os valores máximos da BIO ocorreram em T1 (janeiro a março), quando a média trimestral foi acima de  $70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , devido aos seus maiores valores de  $ET_f$  e  $RFA_{abs}$  (médias de 0,55 e  $5,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , Figura 4a). As taxas mínimas da BIO foram em T3 (julho a setembro), quando a média trimestral foi em torno de  $25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , sob os menores valores de  $ET_f$  e  $RFA_{abs}$  (médias de 0,24 e  $3,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , Figura 4a). Considerando a escala anual BIO foi  $20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Na região CE\_NE, os valores médios trimestrais da BIO mais elevados (Tabela 2), acima de  $75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , aconteceram durante o trimestre mais chuvoso de janeiro a março (T1), quando de acordo com a Figura 4b, ocorreram os máximos valores de  $ET_f$  (média de 0,58)  $RFA_{abs}$  (em torno de  $5,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). Entretanto, fora desse período caiu abaixo de  $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  em T3 (julho a setembro) sob os menores valores de  $ET_f$  e  $RAF_{abs}$ , respectivamente 0,25 e  $3,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Figura 4b). Na escala anual BIO em CE\_NE ficou ligeiramente inferior a CE\_N, em torno de  $19 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , a menor taxa das regiões onde o bioma Cerrado está inserido.

As maiores taxas da BIO em CE\_CO foram detectadas também em T1 (janeiro a março), mas com média diária trimestral acima de  $85 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (Tabela 2), sob os mais elevados valores de 0,61 e 5,8  $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , para  $\text{ET}_f$  e  $\text{RAF}_{\text{abs}}$ , respectivamente (Figura 4c). Os limites inferiores (Tabela 2) ocorreram em T3 (julho a setembro), entretanto com valores médios de 0,31 e 4,3  $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , para  $\text{ET}_f$  e  $\text{RAF}_{\text{abs}}$ , respectivamente (Figura 4c). O valor anual para CE\_CO de  $25 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  foi 30% mais elevado que para CE\_N e CE\_NE.

No bioma Cerrado inserido na região Sudeste (CE\_SE), as taxas mais elevadas da BIO, com média diária trimestral ultrapassando  $95 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (Tabela 2), foram, como nas regiões prévias, em T1 (janeiro a março), mas, de acordo com a Figura 4d, com valores de  $\text{ET}_f$  (média de 0,66) e  $\text{RAF}_{\text{abs}}$  em torno de 5,8  $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . As taxas inferiores da BIO, como nas regiões prévias, também ocorreram em T3 (Tabela 2), mas com maior taxa média trimestral, acima de  $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , sob os valores mais baixos de 0,35 e 4,5  $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , para  $\text{ET}_f$  e  $\text{RFA}_{\text{abs}}$ , respectivamente (Figura 4d). Com o valor anual de  $26 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , CE\_SE se destaca com a segunda maior taxa da BIO, atrás da região CE\_S.

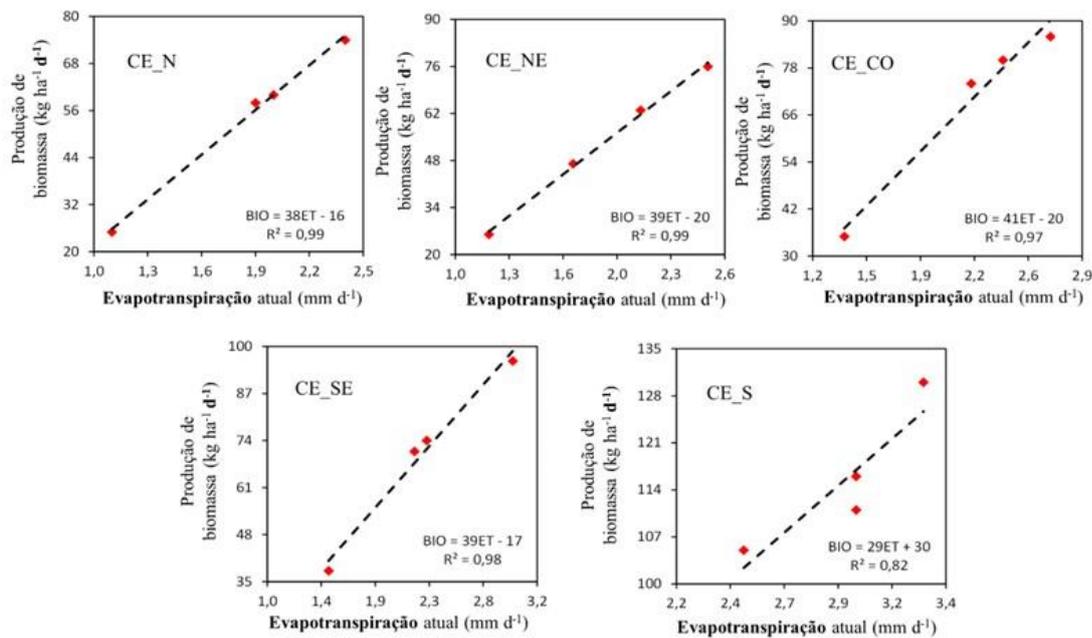
Embora com uma área contendo o bioma Cerrado bem inferior as outras (ver Figura 1a), de acordo com a Tabela 2, CE\_S se destaca com pelos valores da BIO acima de  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  bem distribuídos ao longo do ano. Diferentemente das outras regiões em que o Cerrado está inserido, os trimestres em que ocorreram os valores máximos de  $130 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  foi em T3 (julho a setembro), sob o maior valor médio de  $\text{ET}_f$  de 0,72, mas com o menor valor médio de  $\text{RF}_{\text{abs}}$  de 4,4  $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Figura 4e). A menor média trimestral da BIO, de  $105 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (Tabela 2), ocorreu em T2 (abril a junho), sob o menor valor de  $\text{ET}_f$  de 0,57, mas o maior de  $\text{RFA}_{\text{abs}}$  de 5,5  $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Figura 4e), evidenciando o efeito mais forte  $\text{ET}_f$  com relação à  $\text{RFA}_{\text{abs}}$  na magnitude da BIO. A região CE\_S apresentou a maior taxa anual da BIO de  $115 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , seis vezes àquela para CE\_NE.

Considerando todas as regiões onde o bioma Cerrado está inserido, os trimestres com maiores taxas da BIO ocorreram de janeiro a março em CE\_N, CE\_NE CE\_CO e CE\_SE, diferenciando apenas para CE\_S onde estas aconteceram em T3 (julho a setembro). As taxas mais baixas aconteceram em T3 (julho a setembro) em CE\_N, CE\_NE, CE\_CO e CE\_SE, com exceção apenas para CE\_S, onde estas foram detectadas em T2 (abril a julho). De acordo com os valores das médias e de desvio padrão (DP) apresentados na Tabela 2, as maiores variações espaciais da BIO ocorreram em T3 (julho a setembro) em CE\_SE, quando DP foi 112% da média, enquanto as menores aconteceram em T1 (janeiro a março) para CE\_S, quando o percentual correspondente foi de 32%.

Para todas as regiões em que o bioma Cerrado está inserido, a  $\text{ET}_f$  influenciou mais os valores da BIO do que a  $\text{RAF}_{\text{abs}}$ , sendo isso mais evidenciado em CE\_S, quando as taxas máximas da BIO ocorreram sob os mais baixos valores de  $\text{RAF}_{\text{abs}}$  e mais elevados de  $\text{ET}_f$  (Tabela 2 e Figura 4e). Isto demonstra que os níveis de umidade do solo têm um controle mais forte na BIO no bioma Cerrado (Seneviratne et al., 2010). Deve-se salientar que no estudo corrente, BIO é a produção de biomassa diária e não a biomassa atual, podendo acontecer de vegetação mais alta apresentar menor taxa que para vegetação mais baixa.

Cruzando os valores da ET e da BIO das Tabelas 1 e 2, a produtividade da água (PA), considerada aqui como a razão da BIO para a ET, apresentou maiores valores de janeiro a junho (T1-T2) para todas as regiões em que o bioma Cerrado está inserido, sendo em torno de  $3,1 \text{ kg m}^{-3}$  para CE\_N;  $3,0 \text{ kg m}^{-3}$  para CE\_NE;  $3,3 \text{ kg m}^{-3}$  para CE\_CO;  $3,2 \text{ kg m}^{-3}$  para CE\_SE e  $4,3 \text{ kg m}^{-3}$  para CE\_S. Os valores inferiores de PA foram em T3 (julho a setembro), com exceção de CE\_S que ocorreram em T4 (outubro a dezembro), sendo as médias de  $2,3 \text{ kg m}^{-3}$  para CE\_N;  $2,2 \text{ kg m}^{-3}$  para CE\_NE;  $2,5 \text{ kg m}^{-3}$  para ambos CE\_CO e CE\_SE; e  $3,7 \text{ kg m}^{-3}$  para CE\_S. As mais fortes diferenças na PA foram detectadas entre as regiões CE\_S e CE\_NE com valor anual de 3,9 e  $2,7 \text{ kg m}^{-3}$ , respectivamente.

Para integração das condições do crescimento vegetativo e dos fluxos hídricos no Cerrado, a Figura 5 mostra as relações entre BIO e ET, considerando os valores trimestrais durante o ano de 2016, para cada região onde o bioma está inserido.



**Figura 5.** Relações entre os valores trimestrais durante o ano de 2016, da produção de biomassa (BIO) com aqueles para evapotranspiração atual (ET) no bioma Cerrado inserido nas regiões Norte (CE\_N), Nordeste (CE\_NE), Centro Oeste (CE\_CO), Sudeste (CE\_SE) e Sul (CE\_S).

As correlações da BIO com ET (Figura 5) foram positivas para o bioma Cerrado inserido em todas as regiões, com os valores maiores nas regiões Norte (CE\_N) e Nordeste (CE\_NE), apresentando  $R^2$  de 0,99 em ambas, enquanto as menores foram para a região Sul que apresentou  $R^2$  de 0,82. Nas duas primeiras regiões os valores de  $ET_f$  são os mais baixos (média anual de 0,43), mas sob elevados valores de  $RAF_{abs}$  (média anual de  $5.0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), explicando a forte correlação da ET com a BIO, pois mesmo com bons níveis de radiação solar nessas regiões, há necessidade de umidade na zona das raízes para que os fluxos hídricos ocorram. No caso de CE\_S, a ET mais condicionada às variações da demanda atmosférica, a qual apresenta maior variação ao longo do ano devido a posição latitudinal.

## CONCLUSÃO

Demonstrou-se a viabilidade da aplicação conjunta do algoritmo SAFER e o modelo da eficiência do uso da radiação com o produto reflectância MODIS MOD13Q1 e grades de dados climáticos para o monitoramento da dinâmica dos componentes da produtividade da água no bioma Cerrado. Diferenças espaciais e temporais nos valores da evapotranspiração atual (ET) e produção de biomassa (BIO) produziram resultados distintos para a produtividade da água (PA). As maiores diferenças entre os valores de PA nas regiões onde bioma Cerrado está inserido foram detectadas entre a região mais úmida Sul (CE\_S) e a mais seca Nordeste (CE\_NE).

Os níveis de umidade na zona das raízes, representados pela fração evapotranspirativa ( $ET_f$ ) foi o principal parâmetro para as magnitudes da ET e da BIO, o que explica as largas diferenças entre os ecossistemas do Cerrado nas regiões Nordeste e Sul. Deve ser enfatizado que as variações na ET

podem ser também causadas por áreas com diferentes demandas atmosféricas e graus de cobertura do solo pela vegetação do bioma, afetando as partições entre transpiração e evaporação do solo.

As correlações positivas mais elevadas entre BIO e ET foram para o bioma inserido nas regiões Centro Oeste (CE\_CO) e Sudeste (CE\_SE). Nessa última região, os elevados valores de  $ET_f$ , juntamente com altos valores de radiação fotossinteticamente ativa absorvida ( $RFA_{abs}$ ) promoveram as mais elevadas taxas da BIO entre as regiões, com consequentes maiores valores de PA, embora esta região represente uma pequena parcela do bioma.

As taxas da BIO foram mais fortemente relacionadas com a  $ET_f$  que com a radiação fotossinteticamente ativa absorvida ( $RFA_{abs}$ ) em todos as regiões onde o Cerrado está inserido, demonstrando que os níveis de umidade do solo têm um controle mais forte na BIO no bioma Cerrado, entretanto isto foi mais evidenciado para o bioma dentro da região Sul (CE\_S), onde os maiores valores da BIO ocorreram com os valores mais baixos de  $RFA_{abs}$  e mais altos de  $ET_f$ .

Embora os métodos tendo sido aplicado para um ano específico, o sucesso do uso conjunto de imagens do sensor MODIS e grades de dados climáticos mostrou potencial para a implementação de sistema operacional de monitoramento das condições hídricas e de vegetação com uso de série histórica de dados no Cerrado, para suporte a políticas públicas com relação ao manejo e conservação dos recursos naturais do bioma, com possibilidade de replicação dos métodos em outras condições ambientais. Pesquisas futuras podem focar na detecção de anomalias nos componentes da produtividade da água para anos específicos em comparação com as condições históricas.

## REFERÊNCIAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, 300 pp., 1998.
- Almagro, A.; Oliveira, P. T. S.; Nearing, M. A. Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil. **Scientific Reports**, v. 7, 8130, 2017.
- Arantes, A. E.; Ferreira, L. G.; Coe, M. T. The seasonal carbon and water balances of the Cerrado environment of Brazil: Past, present, and future influences of land cover and land use. **ISPRS Journal Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 117, 66-78, 2016.
- Araujo, L. M.; Teixeira, A. H de C.; Bassoi, L. H. Evapotranspiration and biomass modelling in the Pontal Sul Irrigation Scheme. **International Journal of Remote Sensing**, v. 41, 2326-2338, 2019.
- Azevedo, G. B. de; Rezende, A. V.; Azevedo, G. T. O. S.; Miguel, E. P.; Aquino, F. G.; Bruzinga, J. S. C.; Oliveira, L. S. C. de; Pereira, R. S.; Teodoro, P. E. Woody biomass accumulation in a Cerrado of Central Brazil monitored for 27 years after the implementation of silvicultural systems. **Forest Ecology and Management**, v. 455, 117718, 2020.
- Cabral, O. M. R.; Rocha, H. R.; Gash, J. H.; Freitas, H. C.; Ligo, M. A. V. Water and energy fluxes from a woodland savanna (cerrado) in southeast Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 4, 22-40, 2015.
- Ceschia, E.; Beziat, P.; Dejoux, J. F.; Aubinet, M.; Bernhofer, C.; Bodson, B.; Buchmann, N.; Carrara, A.; Cellier, P.; Di Tommasi, P.; Elbers, J. A.; Eugster, W.; Grünwald, T.; Jacobs, C. M. J.; Jans, W. W. P.; Jones, M.; Kutsch, W.; Lanigan, G.; Magliulo, E.; Marloie, O.; Moors, E. J.; Moureaux, C.; Olioso, A.; Osborne, B.; Sanz, M. J.; Saunders, M. Management effects on net ecosystem carbon and GHG budgets at European crop sites. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, 363-383, 2010.

Fernandes, F. H. S.; Sano, E. E.; Ferreira, L. G.; Baptista, G. M. de M.; Victoria, D. de C.; Fassoni-Andrade, A. L. Degradation trends on MODIS derived estimates of productivity and water use efficiency: a case study for the cultivated pastures in the Brazilian Cerrado. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 11, 30-40, 2018.

Giambelluca, T. W.; Scholz, F. G.; Bucci, S. J.; Meinzer, F. C.; Goldstein, G.; Hoffmann, W. A.; Franco, A. C.; Bucherta, M. P. Evapotranspiration and energy balance of Brazilian savannas with contrasting tree density. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, 1365-1376, 2009.

Jardim, A. M. R. F.; Júnior, G. N. A.; da Silva, M. V.; dos Santos, A.; da Silva, J. L. B.; Pandorfi, H.; Oliveira-Júnior, J. F. de; Teixeira, A. H. de C.; Teodoro, P. E.; de Lima, J. L. P. M.; Junior, C. A. S.; Souza, L. S. B.; Silva, E. A.; Silva, T. G. F. S. Using Remote Sensing to Quantify the Joint Effects of Climate and Land Use/Land Cover Changes on the Caatinga Biome of Northeast Brazilian. **Remote Sensing**, v. 14, 1911, 2022.

Laipelt, L.; Ruhoff, A.L.; Fleischmann, A.S., Kayser, R.H.B., Kich, E. de M., Rocha, H.R da, Neale, C.M.U. Assessment of an automated calibration of the SEBAL algorithm to estimate dry-season surface-energy partitioning in a Forest-Savanna transition in Brazil. **Remote Sensing**, v. 12, 1108, 2020.

Lewinsohn, T. M.; Prado, P. I. How many species are there in Brazil? **Conservation Biology**, v. 19, 619-624, 2005.

Mariano, D. A.; Santos, C. A. C. dos; Wardlowa, B. D.; Anderson, M. C.; Schiltmeyera, A. V.; Tadessea, T.; Svoboda, M. D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 213, 129-143, 2018.

Mata-González, R.; McIendon, T.; Matin, D. W. The inappropriate use of crop transpiration coefficients ( $K_c$ ) to estimate evapotranspiration in arid ecosystems: A review. **Arid Land Research and Management**, v. 19, 285-295, 2005.

Monteith, J. L. Climate and efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 281, 277-294, 1977.

Núñez, D. C.; Hernandez, F. B. T.; Teixeira, A. H. de C.; Franco, R. A. M.; Leivas, J. F. L. Water productivity using SAFER - Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving in watershed. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, 524-529, 2017.

Rebello, V. P. A.; Getirana, A.; Filho, O. C. R.; Lakshmi, V. Spatiotemporal vegetation response to extreme droughts in eastern Brazil. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, 100294, 2020.

Sano, E. E.; Rodrigues, A. A.; Martins, E. S.; Bettiol, G. M.; Bustamante, M. M. C.; Bezerra, A. S.; Couto, A. F.; Vasconcelos, V.; Schüler, J.; Bolfe, E. L. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, 818 - 828, 2019.

Santos, J. E. O.; Cunha, F. F.; Filgueiras, R.; Silva, G. H.; Teixeira, A. H. de C.; Silva, F. C. S.; Sedyama, G. C. Performance of SAFER evapotranspiration using missing meteorological data. **Agricultural Water Management**, v. 233, 1-8, 2020.

Santos, G. L. dos; Pereira, M. G.; Delgado, R. C.; Magistrali, I. C.; Silva, C. G. da; Oliveira, C. M. M. de; Laranjeira, J. P. B.; Silva, T. P. da. Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with

human disturbance and environmental variables. **Forest Ecology and Management**, v. 482, 118875, 2021.

Seneviratne S. I.; Corti, T.; Davin, E. L.; Hirschi, M.; Jaeger, E. B.; Lehner, I.; Orlowsky, B.; Teuling A. J. Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review. **Earth-Science Reviews**, v. 99, 125-161, 2010.

Teixeira, A. H. de C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco River basin (Brazil) using remote sensing and Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v. 2, 1287-1319, 2010.

Teixeira, A. H. de C.; Bastiaanssen, W. G. M.; Ahmad, M. D.; Moura, M. S. B.; Bos, M. G. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 362, 110-127, 2008.

Teixeira, A. H. de C.; Leivas, J. F.; Garçon, E. A. M.; Takeura, C. M.; Quartaroli, C. F.; Alvarez, I. A. Modeling large-scale biometeorological indices to monitor agricultural-growing areas: applications in the fruit circuit region, São Paulo, Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 1, 1-14, 2020a.

Teixeira, A. H. de C.; Takemura, C. M.; Leivas, J. F.; Pacheco, E. P.; Silva, G. B.; Garçon, E. A. M. Water productivity monitoring by using geotechnological tools in contrasting social and environmental conditions: Applications in the São Francisco River basin, Brazil. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, 1- 9, 2020b.

Teixeira, A. H. de C.; Leivas, J. F.; Struiving, T. B.; Reis, J. B. R. S.; Simão, F. R. Energy balance and irrigation performance assessments in lemon orchards by applying the SAFER algorithm to Landsat 8 images. **Agricultural Water Management**, v. 247, 1- 9, 2021a.

Teixeira, A. H. de C.; Leivas, J. F.; Pacheco, E. P.; Garçon, E. A. M.; Takemura, C. M. Biophysical characterization and monitoring large-Scale water and vegetation anomalies by remote sensing in the agricultural growing areas of the Brazilian semi-arid region. In, Pandey, P. C.; Sharma, L. K. (Eds). **Advances in remote sensing for natural resource monitoring** (1 ed., pp. 94-109) Wiley Online Library, New Jersey, 2021b.

Yang, Y.; Guan H.; Batelaan, O.; McVicar, T. R.; Long, D.; Piao, S.; Liang, W.; Liu, B.; Jin, Z.; Simmons, C. T. Contrasting responses of water use efficiency to drought across global terrestrial ecosystems. **Scientific Reports**, v. 6, 1-8, 2016.

Zhang, X.; Zhang, B. The responses of natural vegetation dynamics to drought during the growing season across China. **Journal of Hydrology**, v 574, 706-714, 2019.

Zhao, M.; Running, S. W. Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 through 2009. **Science**, v. 329, 940-943, 2010.

Zhou, L.; Zhou, G. Measurement and modeling of evapotranspiration over a reed (*Phragmites australis*) marsh in Northeast China. **Journal of Hydrology**, v. 372, 41-47, 2009.

## **Relação entre a profundidade óptica do aerossol e a micrometeorologia de Belém-PA**

**Carlos Edgar Gonçalves da Costa<sup>1</sup>; Rafael da Silva Palácios<sup>2</sup>; Júlia Christine dos Santos Carmo<sup>1</sup>; Keila Correa Nunes<sup>1</sup>; Augusto Gabriel da Costa Pereira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>bolsista. Universidade Federal do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110; <sup>2</sup>docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### **RESUMO**

Os aerossóis atmosféricos são partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atmosfera e podem impactar o clima, direta e indiretamente, assim como prejudicar a saúde da população devido a exposição a poluição do ar. Entre as variáveis que podem representar os aerossóis destaca-se a profundidade óptica do aerossol (AOD, do inglês Aerosol Optical Depth). Essa variável é uma propriedade que quantifica a extinção da radiação solar ao longo da coluna atmosférica e possui uma relação direta com a concentração desses aerossóis. A AOD é estimada por sensoriamento remoto que é feito tanto em superfície com as medidas da AERONET como por produtos de satélites ou reanálise. Por meio dessas estimativas é possível analisar as variações espaço-temporais da carga do aerossol e comparar suas flutuações com outras variáveis meteorológicas a fim de compreender como ambas podem estar relacionadas. Desse modo, este estudo analisou a AOD e sua relação com as variáveis micrometeorológicas para o perímetro urbano de Belém-PA e como resultado foi encontrado uma concentração mais elevada de aerossol no período mais chuvoso, o inverso do que se esperava haja vista que a precipitação tende a limpar a atmosfera, e uma das explicações para esse fato seria os congestionamentos de veículos provocados pelas chuvas que ocasiona uma maior emissão de poluentes para a atmosfera.

**PALAVRAS-CHAVE:** POA; MODIS; precipitação; AQUA; TERRA

### **AGRADECIMENTOS**

Com imensa satisfação agradeço ao meu orientador Rafael da Silva Palácios por sempre me auxiliar de forma clara e objetiva, sanando minhas dúvidas de forma precisa e descontraída, dúvidas essas que são constantes.

Agradeço também aos meus amigos de laboratório que fazem desse projeto algo mais prazeroso, mantendo as horas compartilhadas no laboratório algo mais divertido e menos monótono.

E aos meus pais por sempre serem bem prestativos e compreensíveis, me permitindo ter uma relação mais descontraída fora de casa.

## Software para análise de dados de precipitação utilizando radar banda S

**Ivon Wilson da Silva Júnior**<sup>2</sup>; **Ricardo Ferreira Carlos de Amorim**<sup>1</sup>; **Maria Luciene Dias de Melo**<sup>1</sup>; **Rosiberto Salustiano da Silva Junior**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas - Instituto de Ciências Atmosféricas. Campus A. C. Simões - Maceió-AL;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas - Curso de Sistemas de Informação. Anexo I, Penedo-Alagoas

### RESUMO

A ocorrência de tempestades, enchentes e deslizamento de terra, associados ao crescimento populacional desordenado, configuram cenários que exigem ações eficazes tomadas por gestores públicos. Assim, são necessárias informações em tempo real capazes de mitigar danos causados por estes fenômenos. O volume de dados obtidos por radares banda S no país cresceu desde a implantação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Por outro lado, o Brasil sofre carência de softwares para visualização dos dados de precipitação que viabilizem análises de eventos extremos devido as mudanças climáticas. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo de software destinado ao processamento e visualização dos dados de precipitação. Foram utilizados dados brutos do radar instalado no Campus da UFAL, em Maceió, Alagoas. Os requisitos foram modelados em Unified Modeling Language (UML). Com a linguagem Python e bibliotecas PyART, SciPy, Matplotlib, Google Maps API foram processadas variáveis básicas do radar (refletividade, refletividade diferencial, fase diferencial, fase diferencial específica e velocidade radial) para o ângulo de elevação de 1°. Os campos de precipitação instantânea e acumulada foram estimados por meio do uso das relações Z-R e R-KDP. As séries temporais foram obtidas a partir das variáveis básicas. Os perfis foram calculados para pontos de interesse (latitude, longitude) e em polígonos (área) definidos pelo usuário. Os resultados convergiram em um software para analisar a chuva, de uso intuitivo, modelado de forma a fornecer subsídios para profissionais com pouca familiaridade com os dados. Por se tratar de um protótipo, constatou-se necessidade de divulgação e uso de modo a validar o desenvolvimento. O software fornece informações para tomadores de decisão, órgãos ambientais, defesa civil e permite monitoramento da chuva e emissão de alertas em áreas de risco.

**PALAVRAS-CHAVE:** previsão em curto prazo; análise da precipitação; tomada de decisões;;

# O Papel dos Fatores Geomorfológicos na Suscetibilidade a Inundações na Bacia do Rio Taquari, Brasil.

**Yasmim Carvalho Guimarães**<sup>1</sup>; **Matheus Wesley Rodrigues**<sup>1</sup>; **Fernanda Dácio da Costa**<sup>1</sup>; **Andrés Velastegui-Montoya**<sup>2</sup>; **Enner Herenio de Alcântara**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Scholarship holder. Graduate Program in Natural Disasters - Universidade Estadual Paulista/Cemaden. Doutor Altino Bondesan 500 - 12247-016, São José dos Campos, SP, Brasil;<sup>2</sup>Professor. Faculty of Engineering in Earth Sciences FICT - ESPOL Polytechnic University. P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador;<sup>3</sup>Professor. Graduate Program in Natural Disasters - Universidade Estadual Paulista/Cemaden. Doutor Altino Bondesan 500 - 12247-016, São José dos Campos, SP, Brasil

## RESUMO

Diante das mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos, transformações significativas no meio ambiente vêm sendo registradas. Eventos extremos, como ondas de calor, secas e inundações têm se intensificado, tornando-se cada vez mais frequentes e resultando em impactos socioambientais e econômicos. No Brasil, a região do Rio Grande do Sul foi impactada por uma inundação prolongada, resultando em perda de vidas, danos à infraestrutura e prejuízos para a comunidade local. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a suscetibilidade a inundações na bacia do Rio Taquari, localizada no Rio Grande do Sul, Brasil. Para isso, foi utilizado o Método Analítico Hierárquico (AHP), no qual fatores geomorfológicos foram comparados par a par, reclassificando-os em termos de sua influência na ocorrência de inundações e posteriormente efetuando-se a normalização. Os fatores geomorfológicos considerados foram: declividade, hipsometria, pedologia e uso e cobertura do solo. Os resultados indicam que a topografia da bacia desempenha um importante papel na suscetibilidade a inundações, com a declividade destacando-se como o fator de maior relevância (48,6%). As áreas de maior altitude e declividade, situadas predominantemente na região nordeste, apresentam menor propensão ao acúmulo de água. Em contraste, as áreas mais baixas apresentam maior suscetibilidade a inundações, sendo classificadas como "altamente suscetíveis" desde a parte sul até a região de Arroio do Meio. A cobertura florestal na parte leste também contribui para a absorção de água pelo solo, reforçando a menor suscetibilidade a inundações nesta região. No entanto, as áreas próximas aos principais rios e afluentes são particularmente propensas a inundações devido à proximidade com esses cursos d'água. Este estudo pode auxiliar na proposta de políticas públicas na tomada de decisões e suporte para o planejamento e a mitigação de desastres naturais relacionados a inundações.

**PALAVRAS-CHAVE:** suscetibilidade; inundação; processo analítico hierárquico; mapa de risco; área de risco

## AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece o apoio financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pois este estudo faz parte de sua pesquisa de doutorado.

# VISÃO GERAL DA ACURÁCIA DE DADOS DIÁRIOS E MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO CHIRPS E ERA5-LAND NO PANTANAL

**Bruno Rech**<sup>1</sup>; **Jahdy Moreno Oliveira**<sup>1</sup>; **Alice César Fassoni de Andrade**<sup>2</sup>; **Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo**<sup>3</sup>; **Cláudio Clemente Faria Barbosa**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Av. dos Astronautas, 1.758, Jardim da Granja, 12227-010, São José dos Campos - SP - Brasil;<sup>2</sup>Docente. Universidade de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-000, Brasília - DF - Brasil;<sup>3</sup>Pesquisadora Titular. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Av. dos Astronautas, 1.758, Jardim da Granja, 12227-010, São José dos Campos - SP - Brasil;<sup>4</sup>Tecnologista Sênior. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Av. dos Astronautas, 1.758, Jardim da Granja, 12227-010, São José dos Campos - SP - Brasil

## RESUMO

Pantanal is the largest tropical wetland in the world. It has long been threatened by anthropic activities and has been facing recurrent and intense droughts, which are closely related to precipitation. The Pantanal region, however, has limited precipitation measurements by rain gauges, both in space and time. Alternatively, remote sensing products such as Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS) and European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Reanalysis v5 (ERA5-Land) provide daily precipitation estimates. Such data sets can allow for synoptic and large-scale analysis, but their accuracy must be evaluated. In this sense, this study aimed to assess the accuracy of daily and monthly precipitation estimates from CHIRPS and ERA5-Land in the Pantanal. We assessed precipitation data from 17 rain gauges in the Pantanal region, covering 1994 to 2023. CHIRPS and ERA5-Land were sampled using a buffer of 2.5 km around the rain gauges. The remote sensing estimates were compared to the station data using Pearson's correlation ( $r$ ), relative mean absolute error (RMAE), and relative bias. The results indicate that daily precipitation is poorly represented by both data sets: CHIRPS (ERA5-Land) showed correlations below 0.46 (0.41) for all locations; RMAE varied from 122% to 162% (129% to 185%); relative bias indicates an overall tendency of overestimation. For monthly accumulates, the correlation with CHIRPS (ERA5-Land) was greater than 0.70 in 16 (15) stations; RMAE varied from 28% to 61% (35% to 84%), also with a tendency of overestimation. In general, CHIRPS performed better than ERA5-Land in all locations; note that CHIRPS has a larger spatial resolution. Remote sensing estimates may provide better accuracy when considered in longer time intervals (e.g., yearly accumulates, climate normals). Further studies may focus on investigating the accuracy of the remote sensing data sets for analyzing precipitation patterns and trends in the region.

**PALAVRAS-CHAVE:** sensoriamento remoto; estação pluviométrica; série temporal; área alagada;

# PREVISÃO DE ESTRESSE HÍDRICO COM REDES NEURAI PROFUNDAS PARA GESTÃO HÍDRICA E AGRÍCOLA NO CENTRO-SUL DO BRASIL

## RESUMO

Este trabalho apresenta um avançado modelo de previsão de estiagem, desenvolvido com técnicas de aprendizado profundo utilizando TensorFlow e Keras. O modelo foi projetado para prever a probabilidade de estiagem mensal nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, no Brasil. Baseado em uma extensa série temporal de dados mensais, que cobre o período de janeiro de 1984 a junho de 2024 para 234 municípios, o modelo integra variáveis-chave como balanço hídrico, índice de precipitação padronizado e número de dias sem chuva. Com uma acurácia preliminar de 91%, o modelo classifica as condições de estiagem para os próximos seis meses em quatro categorias: condições normais ou úmidas, seca anormal, seca moderada e seca severa, selecionando a classe com a maior probabilidade como a previsão. Este estudo fornece uma ferramenta valiosa para a gestão estratégica dos recursos hídricos e o planejamento agrícola, com potencial para ser aplicado em escala nacional no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** estiagem; balanço hídrico; anomalias de precipitação; monitoramento climático; inteligência artificial

# AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE FOLHA VERDE (GLI) DE PLANTAS DE *Coffea arabica* L. DO BANCO DE GERMOPLASMA DO CAFÉ EM ESTAÇÃO DO ANO DE SECA

Hélio Coelho da Silva <sup>1</sup>; Matheus Gustavo Quinalha <sup>2</sup>; Ludmila Bardin Camparotto <sup>3</sup>; Angélica Prael Pantano <sup>4</sup>; Julieta Andrea Silva de Almeida <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Estudante. Universidade Federal de São João Del-Rei. São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil;<sup>2</sup>Bolsista . Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, São Paulo, Brasil;<sup>3</sup>Bolsista. Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, São Paulo, Brasil;<sup>4</sup>Pesquisadora. Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, São Paulo, Brasil;<sup>5</sup>Pesquisadora. Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, São Paulo, Brasil

## RESUMO

Café Arábica destaca-se no cenário econômico/social do Brasil, mas sua hegemonia está ameaçada pela seca resultante das mudanças climáticas. Essa dificuldade pode ser mitigada pelo desenvolvimento de cultivares tolerantes à seca. O Germoplasma do Café do Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) possui genótipos que não foram caracterizadas quanto a tolerância a seca. Sensoriamento remoto caracteriza e monitora a umidade da vegetação em extensas áreas. Este estudo visou avaliar o índice de folha verde GLI em plantas de *Coffea arabica* na seca. Foram realizadas avaliações de plantas pertencentes ao Banco de Germoplasma do IAC, dos Campos 1 e 2, situados em Campinas, SP, respectivamente nas coordenadas geográficas 286242.4, 7469099.8 e 286297.8, 7468950.4 UTM zone 23. Em 18/07/2024 foi realizado voo com drone (DJI Mavic 3E) equipado com Sensor CMOS de ½ polegada, pixels efetivos: 12MP Lente FOV: 15° Equivalente de formato: 162 mm, abertura: f/4.4, Foco: 3m a ?, nos dois campos utilizando o GLI que identifica folhas verdes e com controle de plantas daninhas, permitindo avaliar apenas os cafeeiros. Na análise do índice de vegetação usou-se o Sistema de Informação Geográfica, programa computacional QGIS Desktop 3.30.0. A partir do ortomosaico, na Calculadora Raster do QGIS, foram geradas duas imagens do índice de folha verde baseado no RGB, com a equação  $GLI = [(2 \times G) - R - B] / [(2 \times G) + R + B]$ . O índice GLI avalia a diferença normalizada das reflectâncias das faixas espectrais do azul, verde e vermelho, gerando uma imagem com amplitude de -1 a 1, onde os valores negativos representam áreas de solo exposto e valores positivos da vegetação fotossinteticamente ativa. No mesmo período, verificou-se que os meses de abril, maio, junho e julho tiveram baixa precipitação total, respectivamente, 20,1; 59,9; 0,5 e 28,4 mm e parte das plantas apresentou murcha foliar. Concluiu-se que a metodologia é promissora para a obtenção informações geoespaciais e correlação entre plantas que toleram a seca.

**PALAVRAS-CHAVE:** cafeeiro,; drone; QGIS; sensoriamento remoto;

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa Café com financiamento da Solução de Inovação 10.18.20.075.00.03.

# MODELAGEM ESPACIAL DA UMIDADE DO SOLO UTILIZANDO IMAGEM DE SATÉLITE PARA ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA SOLO/VEGETAÇÃO EM FLORESTA - PE

HELIOFABIO BARROS GOMES <sup>1</sup>; João Otavio Alves Accioly <sup>2</sup>; Mathias Oliveira Portela Vieira <sup>2</sup>; Djane Fonseca da Silva <sup>1</sup>; Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida <sup>3</sup>; Luiz Soares Neto <sup>2</sup>; Fabrício Daniel dos Santos Silva <sup>1</sup>; Glauber Lopes Mariano <sup>1</sup>; Julia Alves Ferreira de Araujo <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente. Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL. Campus a.C. Simões - Av. Lourival Melo Mota S/N (Tabuleiro do Martins), Maceió, AL, 57000-001;<sup>2</sup>Discente. Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL. Campus a.C. Simões - Av. Lourival Melo Mota S/N (Tabuleiro do Martins), Maceió, AL, 57000-001;<sup>3</sup>Docente. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA. BR-104, Rio Largo - AL, 57100-000

## RESUMO

Como a umidade do solo afeta o desenvolvimento e o crescimento das plantas, a medição em campo é a maneira mais precisa de descobrir sua quantidade. No entanto, à medida que os dados de satélite são validados por meio de índices e ações em campo, a estimativa de sensoriamento remoto ganha cada vez mais credibilidade. No entanto, descrever e mapear as condições de umidade do solo em grandes áreas geográficas é difícil pela variabilidade espacial e temporal natural dos solos, uso da terra e padrões de precipitação (CARLSON et al., 2007). Geralmente, a umidade do solo é medida no campo em pontos específicos e, por meio da interpolação espacial, essas medidas pontuais são usadas para criar superfícies de umidade contínuas. O objetivo deste estudo neste contexto é avaliar as mudanças promovidas pela umidade na vegetação do semiárido como resultado da precipitação em Floresta - PE. Essa avaliação será realizada por meio do cálculo do albedo, dos índices de vegetação (NDVI) e umidade (NDWI), que serão calculados usando o algoritmo SEBAL. O índice de diferença normalizada da água (NDWI), que é usado para validar e relacionar a umidade do solo, foi medido em campo em três estações micrometeorológicas em áreas de caatinga, desmatada e palmeiras a uma profundidade de 0 a 60 centímetros. Os valores mais confiáveis foram obtidos nas camadas mais superficiais do solo. Foram encontrados valores positivos do NDWI, o que significa que há água nas plantas. Isso pode estar relacionado à quantidade de chuva que caiu no local. Os valores negativos mais baixos neste estudo representam vegetação seca ou sem água, indicando a baixa precipitação no período examinado. Como os valores negativos do NDVI indicam a presença de corpos d'água, apenas valores positivos da absorção de energia pela clorofila em todas as imagens foram encontrados. Em relação ao albedo, foram encontrados valores acima de 30% de energia refletida para superfícies naturais com vegetação e valores maiores em períodos de seca acima dos 45%, apresentando solos expostos ou vegetação seca. Isso resulta em mudanças sazonais na vegetação causadas pela precipitação ou ausência de precipitação. Na análise estatística, a regressão linear e as correlações entre o NDWI e a umidade do solo foram realizadas. As equações foram extrapoladas de uma série temporal de NDWI para obter a umidade do solo, o algoritmo SEBAL foi capaz de validar os dados estimados através das imagens de satélite.

**PALAVRAS-CHAVE:** Albedo; NDWI; NDVI; Umidade do solo;

## INTRODUÇÃO

A umidade do solo é um fator de grande relevância para análise da vegetação, pois está tem influência no desenvolvimento e crescimento das plantas. Gomes (2009) afirma que vem aumentando as pesquisas utilizando imagens de satélites orbitais e técnicas de sensoriamento remoto para estimar parâmetros biofísicos. Em vista que no desenvolvimento das plantas, estas mesmas interagem com a radiação eletromagnética para realização da fotossíntese esta que pode ser obtida pela absorção da radiação pela clorofila. Além disso, as imagens servem para o monitoramento espaço-temporal das lavouras, para percepção de secas e estimativa da produtividade. Estes benefícios que podem acarretar

um melhor controle da lavoura desde o seu plantio na região do semiárido pernambucano. Neste estudo foi utilizado o algoritmo SEBAL para cálculo dos índices de vegetação (NDVI) umidade (NDWI) e o albedo, com o objetivo de avaliar as alterações ocorridas na vegetação em decorrência da precipitação em Floresta - PE. Em razão dos índices propiciarem embasamento para o cultivo de culturas observando o seu crescimento, área foliar e desenvolvimento metabólico, que servem de informações para um melhor análise e aproveitamento da vegetação.

## OBJETIVOS

Avaliar as alterações promovidas pela umidade na vegetação do Semiárido em decorrência da Precipitação em Floresta - PE, através do albedo e dos índices de vegetação e umidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Floresta, Pernambuco, com a utilização de três estações micrometeorológicas (Figura 1) situadas próximas ao Rio Pajeú. Foram coletados dados micrometeorológicos no período de janeiro/2015 a dezembro/2017, nos sítios Caatinga, Área Desmata e Palmas, que foram empregados para calibração e validação do SEBAL/METRIC. Esses dados foram cedidos pelo prof. Dr. Thieres G. F. da Silva (GAS/UFRPE). A vegetação é basicamente composta por caatinga hiperxerófila com trechos de mata atlântica. O clima é semiárido com chuvas de vero, sendo o período chuvoso de janeiro até em abril e no inverno geralmente não chove deixando o local seco. A precipitação média anual é de 610,1mm e temperatura média de 20,6 ° C.



Figura 1. Estações micrometeorológica (a) Sítio Caatinga (b) Sítio Área Desmatada (c) Sítio Palma.

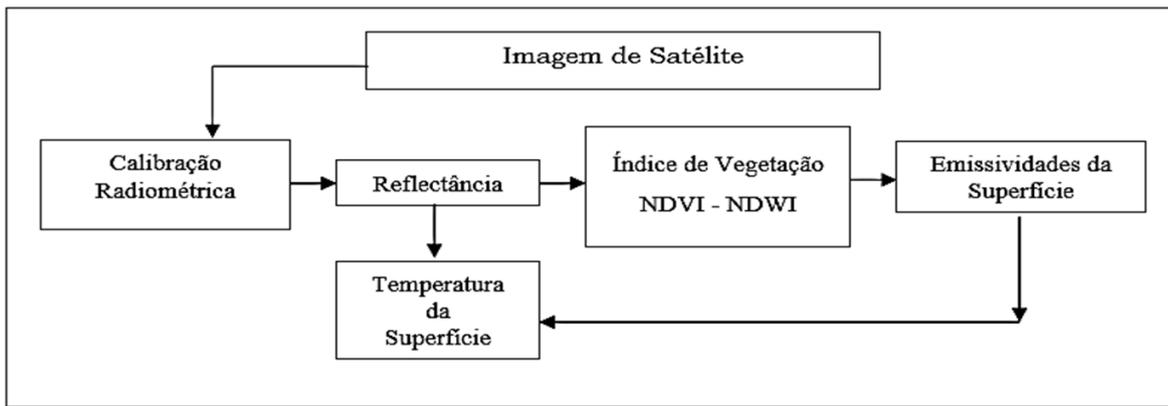


Figura 2 - Diagrama das etapas utilizadas para o processamento digital das imagens.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dinâmica das chuvas entre os anos de 2015 e 2017 apresentaram baixos registros de precipitação com as médias anuais bem abaixo dos 610,30 mm expostos pelo INMET para a cidade de Floresta - PE, sendo representado na Figura 2 o acumulado de precipitação mensal entre os anos de 2015 e 2017 com grande parte dos 39 meses obtendo valores de acumulado de precipitação abaixo da média obtida entre os anos de 1961 e 1990.

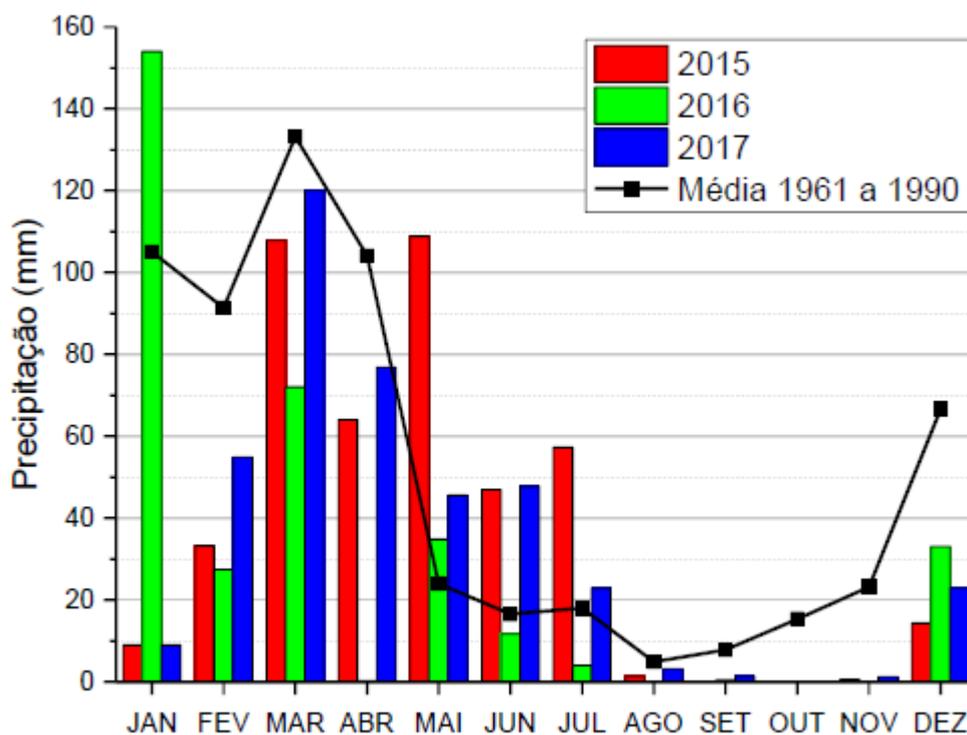


Figura 2. Acumulado de precipitação mensal para os anos de 2015, 2016 e 2017.

As estações com relação as profundidades em geral registraram maiores valores de umidade nas camadas mais profundas em decorrência dos processos de escoamento superficial, infiltração e percolação ocorrerem nas camadas mais superficiais do solo. Entre agosto e dezembro de 2015, o NDWI apresentou valores quase uniformes para as três estações micrometeorológicas, com solo seco devido ao baixo índice pluviométrico. A precipitação acumulada neste período foi de 16,32 milímetros.

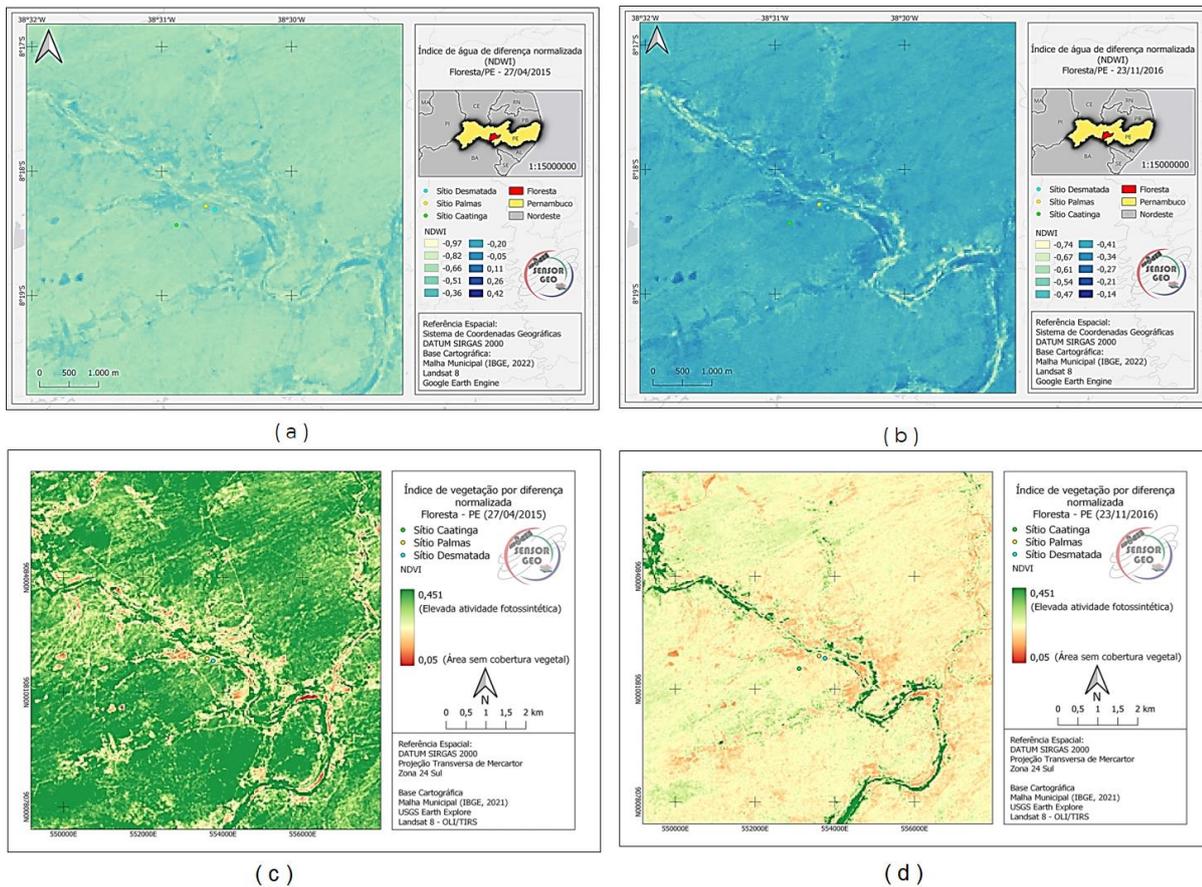


Figura 3. Estações micrometeorológica Sítio Caatinga, Sítio Área Desmatada e Sítio Palma. (a) NDWI (2015), (b) NDWI (2016), (c) NDVI (2015) e (d) NDVI (2016).

Foram obtidos resultados pontuais de 32 imagens para os pontos georreferenciados das três estações para os índices de umidade vegetação e albedo. A distribuição temporal do NDWI, NDVI e Albedo entre os anos de 2015 e 2017 sendo representados nas Figuras 04, 05 e 06.

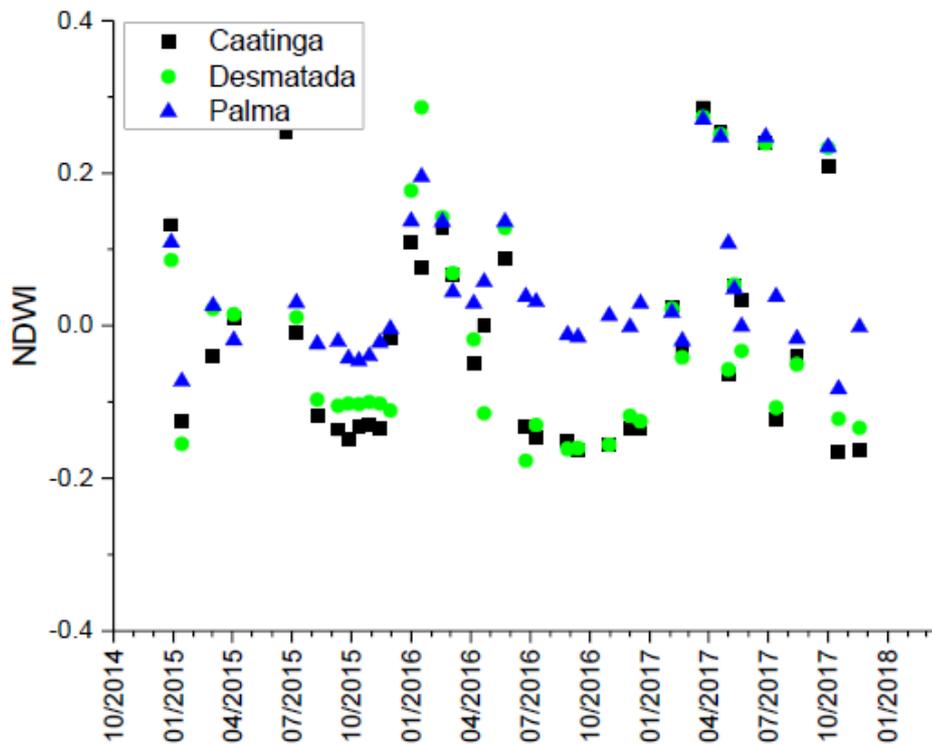


Figura 4. Evolução temporal do NDWI.

A palma tem valores mais altos devido às suas propriedades higroscópicas que permitem a retenção e armazenamento de água (Araújo et al., 2005), o que significa que a palma perde umidade mais lentamente porque os valores de NDWI são maiores em quase todos os períodos da evolução temporal com valores de NDWI abaixo de 0 (solo seco).

No mesmo período mencionado, a área da caatinga apresentou valores de NDWI mais baixos do que a área desmatada. Isso pode ser atribuído ao fato de que a falta de cobertura vegetal pode ter acelerado o escoamento superficial durante as poucas ocorrências de chuva que ocorreram no local, o que resultou em uma menor infiltração da água, o que levou a valores mais baixos entre as três áreas Além da área descoberta, a radiação solar direta no solo aumenta a perda de água pela evapotranspiração.

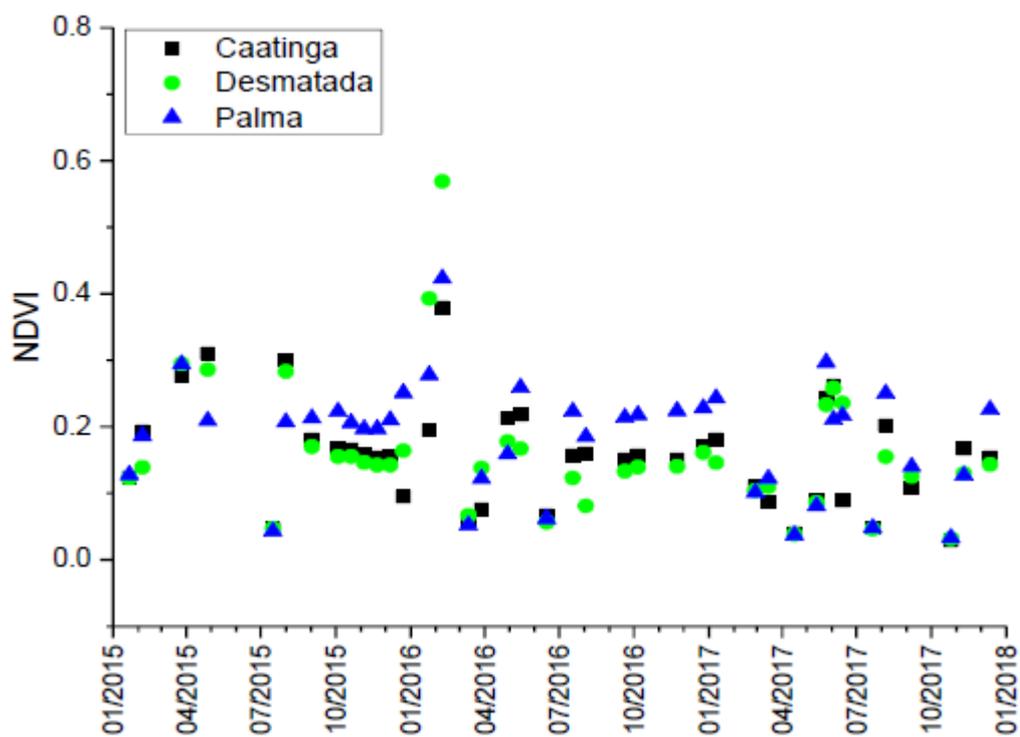


Figura 5. Evolução temporal do NDVI.

Na Figura 5, os únicos corpos d'água negativos são mostrados por valores positivos do NDVI. Além disso, como o índice é calculado pela presença de vegetação e a ação da clorofila aumenta, a área desmatada apresentou os valores mais baixos.

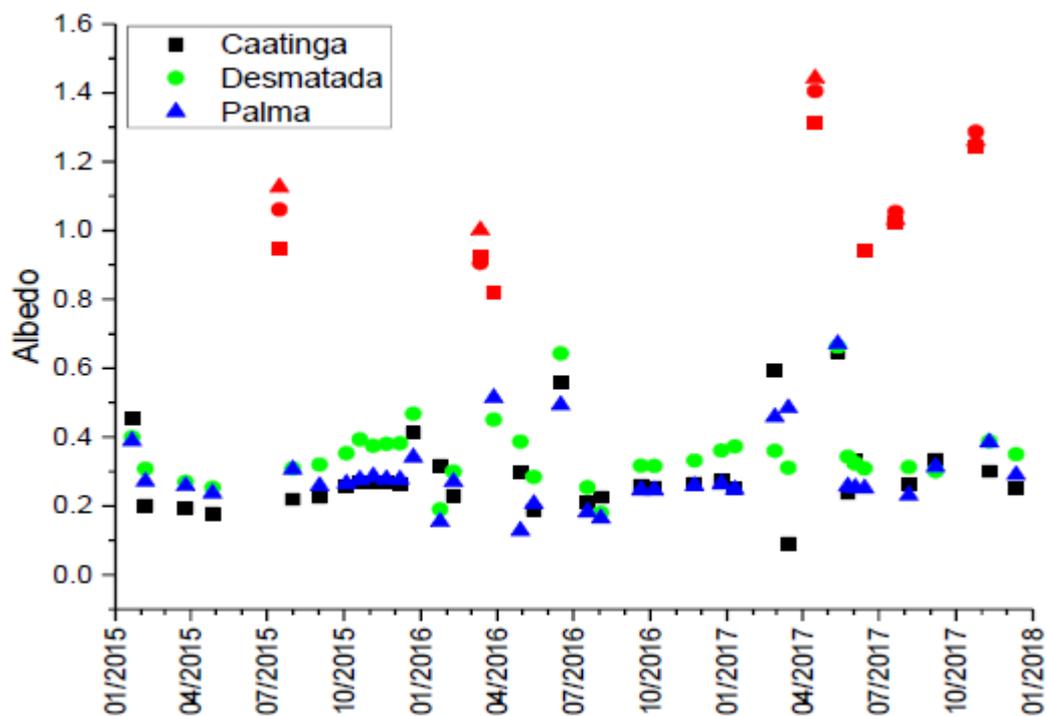


Figura 6. Evolução temporal do NDVI.

Já para o albedo algumas imagens tiveram bastante presença de nuvens, acarretando valores altos para ultrapassando o limite de 1 (Figura 6). Mas de uma maneira geral, a área de caatinga foi a que

apresentou menores valores de albedo, ao contrário da área desmatada, a qual predominou valores maiores em decorrência do solo exposto refletir mais que as áreas com vegetação.

## CONCLUSÃO

Ao avaliar as alterações promovidas pela umidade na vegetação do Semiárido em decorrência da precipitação em Floresta - PE, através do albedo e dos índices de vegetação e umidade é notada uma variação sazonal da vegetação em relação aos períodos com predominância de chuva e estiagem, o que altera a paisagem do semiárido que pode passar de uma vegetação densa arbustiva nos períodos chuvosos para uma vegetação rala, seca ou até desmatada pela falta de chuvas no local. Sendo a umidade na vegetação é um fator que altera o tom das plantas e os valores dos índices, sendo a precipitação um elemento que está relacionado com os períodos que foram obtidos os maiores e menores valores do albedo, NDVI e NDWI.

Ao analisar as mudanças causadas pela umidade na vegetação do semiárido em Floresta - PE, usando o albedo, os índices de vegetação e umidade, é observada uma mudança na vegetação em relação aos períodos de chuva e estiagem. Isso altera a paisagem do semiárido, passando de uma vegetação densa arbustiva durante os períodos chuvosos para uma vegetação rala, seca ou até desmatada por falta de chuva. Foi possível validar os dados estimados pelo satélite Landau 8 através de dados medidos em campo por uma estação micrometeorológica. Trazendo bons valores de correlação de NDWI x Umidade do solo principalmente nas camadas mais superficiais da vegetação. Extrapolamos o comportamento do NDWI ao longo de uma série temporal para obtenção da umidade do solo.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) o apoio concedido durante a concepção deste estudo, e para a sua publicação.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L.F. et al. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: Relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 379-384, 2005.

DOS SANTOS, T E.M; MONTENEGRO, A.A.A; SILVA, D.D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 15, n. 7, 2011.

GAO, B.C. NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of environment*, v. 58, n.3, p. 257-266, 1996.

GOMES, H. B. Balanços de radiação e energia em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e cerrado no Estado de São Paulo mediante imagens orbitais. 2009. 108 p. 2009. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

TUCKER, Compton J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, v. 8, n. 2, p. 127-150, 1979.

## ESTIMATIVA DAS COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA UTILIZANDO O GOOGLE EARTH ENGINE

**Mathias Oliveira Portela Vieira**<sup>2</sup>; **João Otavio Alves Accioly**<sup>2</sup>; **Heliofábio Barros Gomes**<sup>1</sup>; **Djane Fonseca da Silva**<sup>1</sup>; **Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida**<sup>4</sup>; **Luiz Soares Neto**<sup>2</sup>; **Glauber Lopes Mariano**<sup>1</sup>; **Julia Alves Ferreira de Araujo**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Docente. Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL. Campus a.C. Simões - Av. Lourival Melo Mota S/N (Tabuleiro do Martins), Maceió, AL, 57000-001;<sup>2</sup>Bolsista PIBIC. Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL. Campus a.C. Simões - Av. Lourival Melo Mota S/N (Tabuleiro do Martins), Maceió, AL, 57000-001;<sup>3</sup>Discente. Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL. Campus a.C. Simões - Av. Lourival Melo Mota S/N (Tabuleiro do Martins), Maceió, AL, 57000-001;<sup>4</sup>Docente. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. BR-104, Rio Largo - AL, 57100-000

### RESUMO

Na agricultura, o sensoriamento remoto é usado principalmente para mapear áreas plantadas e identificar estresses, que são essenciais para modelos de previsão de safra. A análise temporal de grandes volumes de dados agora é possível graças aos avanços no processamento em nuvem e nas tecnologias. Características como albedo, área foliar e capacidade fotossintética afetam a interação entre componentes do balanço de radiação e energia na superfície. Essas características afetam processos como evapotranspiração (ET) e precipitação (Pielke et al., 1991). O uso do SEBAL oferece uma ampla cobertura espacial, fornece um balanço de energia eficiente e barato à superfície e pode fornecer uma resolução espacial significativa, dependendo do sensor orbital que fornece dados dos canais refletivos e térmicos (SILVA et al., 2005). A pesquisa sobre o uso e a cobertura do solo na Bacia do Rio Mogi Guaçu, em São Paulo, mostra ecossistemas de cerrado extremamente fragmentados. Isso se deve ao fato de que este estado foi o mais afetado pela ação antrópica do país. A Gleba Pé-de-Gigante e outros locais do Parque Estadual de Vassununga continuam a ser "ilhas" de vegetação natural cercadas por vastas áreas de cultivo de cana-de-açúcar e eucalipto (PIVELLO et. al VARANDA, 2005). Para a análise do balanço de energia, foram calculados o saldo de radiação, os fluxos de calor no solo, sensíveis e latentes. Betts (2000) fala sobre as maneiras pelas quais o florestamento pode impactar o clima, alterando os fluxos de calor, umidade e momento entre a superfície e a atmosfera. Aumento do albedo pode indicar crescimento da vegetação, enquanto aumento do albedo pode indicar desmatamento, que afeta o microclima local.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fluxo de Calor; Albedo; Sensoriamento remoto;;

### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Alagoas através da bolsa de iniciação científica (PIBIC).

# DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NO ESTADO DO PARÁ

**Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes**<sup>1</sup>; **Mayara Mariana Leal Pereira**<sup>2</sup>; **Pâmela Lorena Ribeiro Ávila**<sup>1</sup>; **David Nogueira dos Santos**<sup>1</sup>; **Glaysen Francisco Bezerra das Chagas**<sup>1</sup>; **Mauricio do Nascimento Moura**<sup>1</sup>; **Saulo Prado de Carvalho**<sup>1</sup>; **Jean Josias dos Santos Figueiredo**<sup>1</sup>; **Antonio José da Silva Sousa**<sup>3</sup>; **Reginaldo dos Santos Rodrigues**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Técnico. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade . SEMAS;<sup>2</sup>Bolsista. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade . SEMAS - PA;<sup>3</sup>Coordenador. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. NMH - SEMAS -PA

## RESUMO

O monitoramento de focos de queimadas pode ser realizado por imagens provenientes de satélites, que além de identificar as regiões que ocorrem estes eventos conseguem realizar a contabilização do número de focos existentes em áreas que geralmente são de difíceis acesso. Quando se trata do bioma Amazônico, o entendimento e a região quanto a periodicidade e o número de focos de queimadas são essenciais para que se estabeleçam políticas públicas capazes de diminuir as queimadas, na tentativa de realizar o enfrentamento e/ou inibir a prática destas, principalmente em áreas de proteção permanentes. Neste estudo foi avaliada a distribuição temporal dos focos de queimadas no estado do Pará, com o uso da técnica do quantis no banco de dados disponível pelo BDQueimadas, para os anos de 1998 a 2024. Os resultados, demonstraram que a variabilidade não segue apenas um padrão baseado apenas em questões econômicas das regiões paraenses, mas também em relação a variabilidade sazonal do período seco de cada região, apresentando um aumento de mais de 50% quando comparado ao período chuvoso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Técnica dos Quantis; Focos de Calor; Percentis;;

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso do fogo nas diferentes atividades humanas e a sua relação com a variabilidade das variáveis meteorológicas, em especial da precipitação nas diferentes regiões, têm provocado diversos impactos negativos na biodiversidade e pela maior suscetibilidade das florestas tropicais aos eventos recorrentes de queimadas, passou a ameaçar também a sustentabilidade deste ecossistema e sendo um dos responsáveis por transformar os processos existente nele (SOUZA, 2019; SANTOS et al., 2021).

Portanto, a conservação, a gestão e a antecipação dos impactos das diferentes alterações ambientais passam também pelo entendimento da dinâmica temporal dos focos de queimadas que pode influenciar nos diversos processos, como por exemplo, na propagação do fogo em diferentes ecossistemas (ABREU & SOUZA, 2016). E estes, quando ocorrem em áreas de floresta, que são estados alternativos de estabilidade, determinados principalmente por retroalimentações com o fogo (ARAGÃO, 2008), cuja a sua dinâmica ocorre dentro das diversas camadas existentes no bioma, têm-se uma grande dificuldade de se obter informações, principalmente sobre a sua variabilidade, quantidade e onde ocorrem no ecossistema (ARMENTERAS; GONZÁLES; RETANA, 2013).

Desta forma, o uso de imagens de satélites pode detectar as queimadas, e além disso, o número de focos juntamente com outras informações obtidas pelos satélites, podem ser utilizados para determinar outras variáveis, como: a estimativa da área que foi queimada; a detecção e o monitoramento dos incêndios florestais; a estimativa do risco de fogo; e para a avaliação da influência de outros fatores ambientais nesta dinâmica (ASSIS et al., 2014).

Esse entendimento, a sua quantificação e a dinâmica temporal dos focos de queimadas, é de extrema importância, pois o estado do Pará, nos últimos anos tem registrado em todo o seu território grandes concentrações, e vêm sendo considerado como um dos estados com a maior concentração de focos na Amazônia legal (FONSECA et al., 2019).

Atualmente, o Pará apresenta estes altos índices de focos de queimadas, muito provavelmente em decorrência da associação à mudança do uso da terra, a sazonalidade das variáveis meteorológicas, e em especial da precipitação e o aumento populacional nos 144 municípios do estado e condicionado pelo diversos programas de integração nacional que, nesse contexto, se deu a partir da exploração dos seus recursos naturais, com a abertura de fronteiras agrícolas, atividades de mineração, de madeira e entre outras (SANTOS et al., 2021).

Diante disso, este estudo analisou a variabilidade dos focos de queimadas, com base na metodologia dos quantis, além de contribuir para a discussão sobre a avaliação espacial e temporal das queimadas no estado do Pará.

## OBJETIVOS

Analisar (variabilidade) os valores mensais da série (de 1998 a 2024) de focos de queimadas, com base na metodologia dos quantis, para o estado do Pará.

Estabelecer a categorização, considerando as intensidades moderada e forte, dos eventos de queimadas observados no estado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no estado do Pará, pertencente a região Amazônia, e localizado entre as coordenadas geográficas 01°27'21" de latitude Sul e 48°30'14" de longitude Oeste (Figura 01). Possui uma população estimada em 8.120.131 habitantes nos 144 municípios e uma área de 1.245.870,798 km<sup>2</sup>, equivalendo a 14,6% do território brasileiro, o que o torna o segundo maior estado brasileiro.

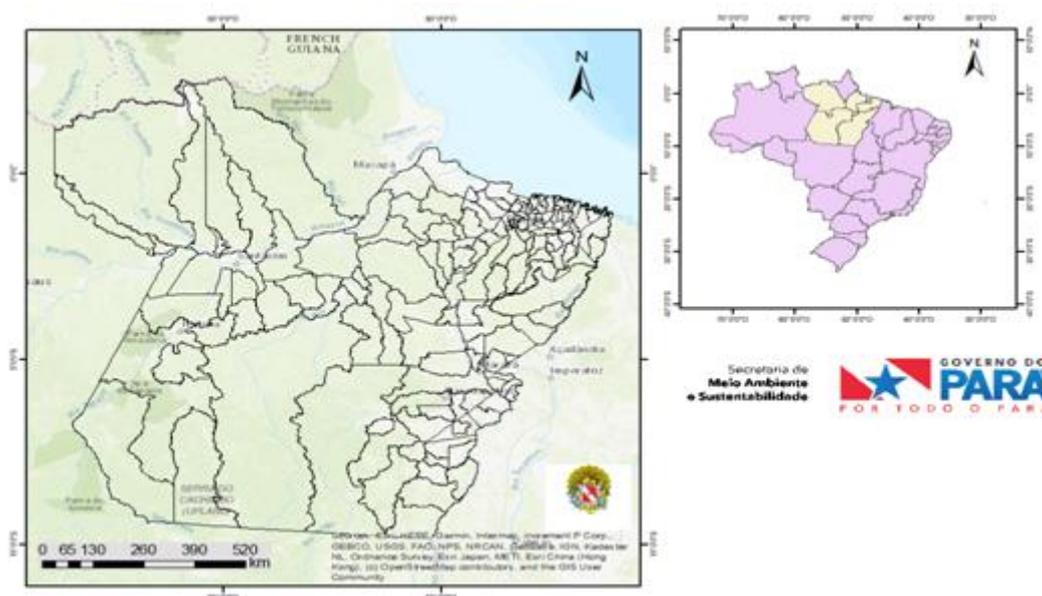


Figura 01. Localização da área de estudo: Estado do Pará.

O território paraense é coberto pela maior floresta tropical do mundo, a Amazônia. O seu relevo é baixo e plano, com cerca de 58% do território ficando abaixo dos 200 metros. Nos últimos anos, o estado tem demonstrado um importante crescimento econômico, registrando um produto interno bruto (PIB) considerado alto e uma urbanização maciça em suas maiores cidades (IBGE, 2024).

Estas modificações, no entanto, fizeram e/ou fazem com que o estado tenha diversos problemas sociais e ambientais, especialmente nos municípios localizados no interior ou mais distantes da capital do estado. E tornando, o mesmo como um dos maiores detentores de índices de desmatamento no Brasil, mesmo em áreas de preservação ambiental, e estando alinhados a outras questões tanto ambientais, econômicas e sociais (SOUZA et al., 2019).

## AQUISIÇÃO DE DADOS

As informações referentes ao registro da incidência dos focos de queimadas utilizada neste estudo, foram do período de junho de 1998 a agosto de 2024, e foram obtidas por meio da base disponibilizada pelo Centro de Pesquisa do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) e proveniente do Programa BDQueimadas.

Ainda, neste estudo foram utilizadas as seguintes variáveis: dados de satélite (AQUA M-T), escala temporal mensal e anual, escala espacial (a nível estadual) e os municípios de maior ocorrência de focos. Após a coleta dos dados, estes foram organizados, primeiro em frações horárias e posteriormente em dias, mensais e anuais.

Para a análise da dinâmica de distribuição dos focos registrados no período avaliado, os dados após organizados em uma única base, foram trabalhados em tabelas que continham os valores mensais e anuais, estratificando por regiões e municípios, e desta forma facilitando a manipulação e as análises estatística dos dados.

## PROCESSAMENTO DOS DADOS

Após, os dados de focos de calor terem sido organizados por ano na base de dados, foram realizados o manuseio e a edição das informações em sua tabela de atributos. Ambas as bases (territoriais e os focos de queimadas) foram manuseadas em formato vetorial (shapefile), em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), e com o uso do software Qgis 10.3.

## TÉCNICA DOS QUANTIS

Para que as diferentes variáveis pudessem ser comparadas e submetidas aos diferentes métodos estatísticos, foi necessário que estas passassem por algum tipo de normalização. Um método bastante simples e eficiente é conhecido como "técnica dos quantis". Ela foi inicialmente proposta por Pinkayan (1966) e amplamente utilizada nos estudos condensados, em Xavier; Silva; Rebello, 2002.

Nela, uma variável aleatória que representa o valor de um índice mensal e/ou anual. Seguem a seguinte definição,  $Q_p$  é um limite do intervalo do quantil para uma determinada variável aleatória  $X$ , sendo  $p$  a probabilidade de ocorrência, tal que  $X$  seja menor que  $Q_p$ . Assim, a escolha do intervalo associado a um quantil deve satisfazer a seguinte relação (Equação 1) (Xavier e Xavier, 1987):

$$\text{Prob. } (X \leq Q_p), \text{ Onde } (0 < 1) \quad (1)$$

Desta forma, temos o quantil  $Q_p$  desejado. Neste estudo, foram utilizados os quantis por propostos por Pinkayan na definição da técnica dos quantis e descritos em Xavier e Xavier, 1987. Estes referiam-se às probabilidades de: 0,15; 0,35; 0,65 e 0,85 calculado para cada período  $i$ , e considerando os dados de focos de queimadas (Tabela 01):

Tabela 01. Classificação dos focos de queimadas, com o seu respectivo intervalo de probabilidade utilizado no estudo.

"Muito Abaixo" (MAB)	➔	$X_i \leq Q_{0,15}$
----------------------	---	---------------------

"Abaixo" (AB)	➡	$Q0,15 < Xi \leq Q0,35$
"Normal" (N)	➡	$Q0,35 < Xi > Q0,65$
"Acima" (AC)	➡	$Q 0,65 \leq Xi > Q0,85$
"Muito Acima" (MAC)	➡	$Xi \geq Q0,85$

Fonte: Adptado de Xavier e Xavier, 1987.

Maiores detalhes sobre a metodologia de aquisição dos intervalos de quantis e detalhes sobre a técnica, ver em Xavier; Silva; Rebello, 2002.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, no estado do Pará, tivemos um total de 1.080.020 focos de queimadas registrados de junho de 1998 a agosto de 2024. Neste período, o ano de 2000 (18.201 focos, cerca de 2% do total registrado no período avaliado) foi o ano que apresentou o menor registro de focos, para o período avaliado, e o ano de 2004 o maior registro, com 74.214 focos no total (cerca de 7% do total). Foi possível observar que temos também dois períodos distintos, ao longo do período avaliado, o primeiro que representa anos com um crescimento nos focos de queimadas no estado, que vai de 2001 a 2011 e o segundo que vai de 2012 a 2023, representando uma tendência de diminuição nos focos anuais, em relação ao valor médio anual (40.809 focos, média anual do período avaliado) do número de focos de queimadas (Figura 02).

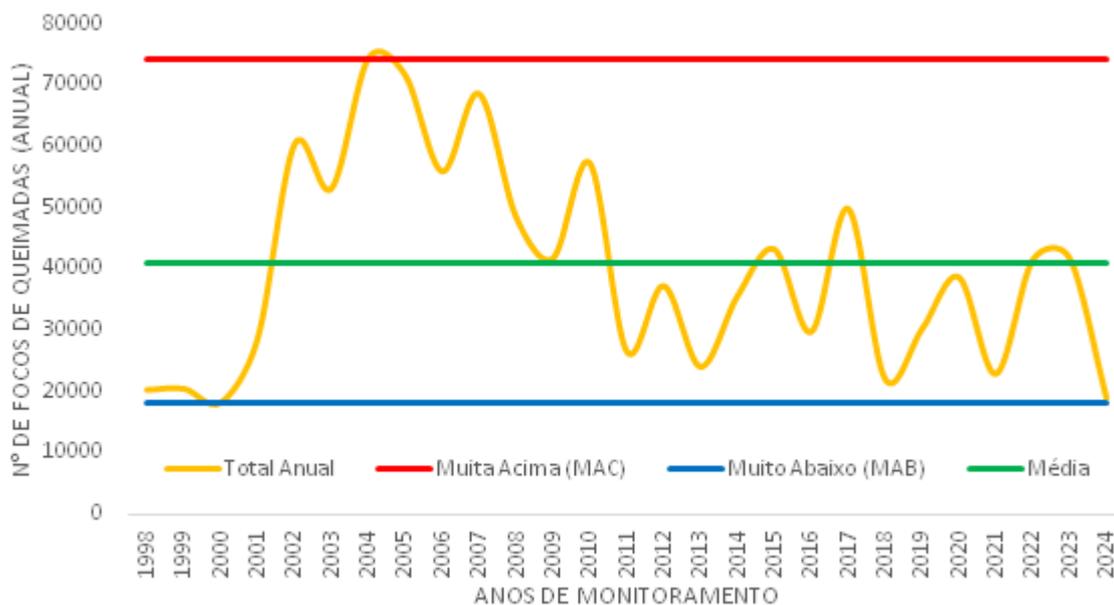


Figura 02. Número de focos de queimadas registrados no estado do Pará, no período de junho de 1998 a agosto de 2024.

Estes números, do início dos anos 2000, tem uma relação direta com as políticas de integrações nacionais, que desde a sua criação a partir da década de 70, tinham como objetivos a integração nacional para o desenvolvimento econômico, planejando principalmente investimentos no território amazônico articulado com outras regiões do Brasil, a exemplo da região Sul e Nordeste do país. Desde então, com a possibilidade de privatização da terra e dos negócios na Amazônia, agora com a força do capital financeiro, que se tornava proprietário de terra (como por exemplo, grupos como a Volkswagen, Banco Bamerindus, Banco de Crédito Nacional (BCN), entre outros), com altos

investimentos na pecuária e na exploração de minerais (a exemplo, da Companhia Vale do Rio Doce) (NETO & NETO, 2017).

Essa condição de gestão e controle sobre este território, veio se agravando com os processos de privatização que se intensificaram a partir da década de 1990, e se estenderam até meados da primeira década do século XXI e que contribuíram para os processos de intensificação dos focos de queimadas nas regiões de integração no estado, e conforme foi encontrado por SANTOS et al. em 2021 para o município de Anapú, no estado do Pará.

No entanto, os focos de queimadas, não seguem e variam apenas por questões econômicas e sociais. A exemplo, da sua variabilidade por questões sazonais, conforme ficou evidente na variação anual destes focos ao longo do período avaliado. Ficou evidente, que geralmente anos que apresentavam altos valores anuais de focos de queimadas eram sucedidos de anos com fortes reduções e vice-versa (Tabela 02). Já que esta relação, pode também ser explicada pela variabilidade sazonal dos períodos de chuvas de cada região.

Tabela 02. Variação anual dos focos de queimadas.

Ano	Nº de focos de queimadas	Variação (ano anterior) em %	Ano	Nº de focos de queimadas	Variação (ano anterior) em %
1998	20.287	-	2012	37.221	40,12
1999	20.478	0,94	2013	24.046	-35,40
2000	18.201	-11,12	2014	35.526	47,74
2001	28.590	57,08	2015	43.164	21,50
2002	60.238	110,70	2016	29.724	-31,14
2003	53.040	-11,95	2017	49.770	67,44
2004	74.214	39,92	2018	22.080	-55,64
2005	71.477	-3,69	2019	30.165	36,62
2006	55.840	-21,88	2020	38.603	27,97
2007	68.491	22,66	2021	22.876	-40,74
2008	48.449	-29,26	2022	41.421	81,07
2009	41.664	-14,00	2023	41.719	0,72
2010	57.196	37,28	2024	18.977	-54,51
2011	26.563	-53,56			

Fonte: Banco de dados NMH/GETEM, provenientes do BDQueimadas (INPE).

Em relação, a evolução temporal mensal dos focos de queimadas, ficou evidente a relação com o período seco (aumento) da região, de agosto (10.506 focos, representando cerca de 26% do total anual médio (40.983 focos de queimadas)) a dezembro (3.611 focos, cerca de 8%), com os maiores valores de focos sendo registrados nos meses do período seco da região e os menores valores sendo registrados nos meses do período chuvoso (janeiro a junho) (Figura 03).

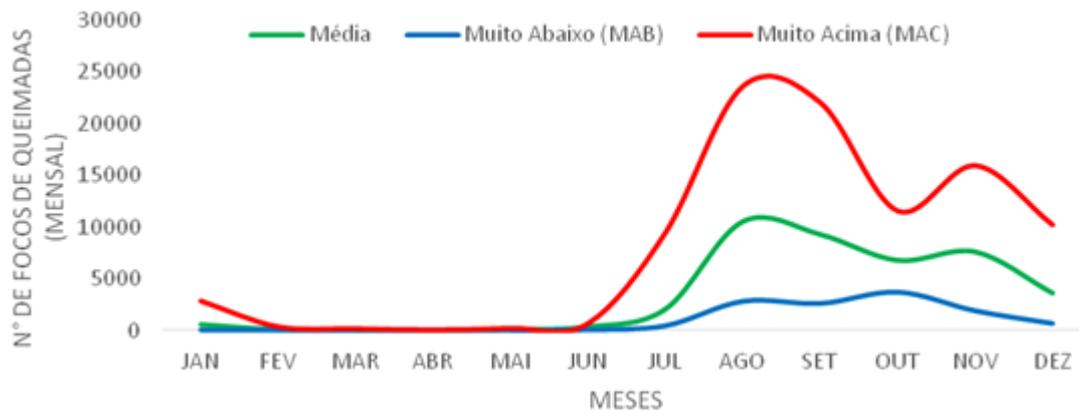


Figura 03. Número de focos de queimadas médio mensal registrados no estado do Pará, para o período de junho de 1998 a agosto de 2024.

Estes resultados, demonstram que a sazonalidade da precipitação (períodos secos e chuvosos) de uma determinada região, também deve ser considerada para o entendimento da dinâmica temporal das queimadas, uma vez que possui uma relação inversamente proporcional, assim como foi observado por Abreu & Souza em 2016, que constataram que a dinâmica espaço-temporal de duas áreas situadas no estado de Mato Grosso, também eram influenciadas pelos períodos secos e chuvosos destas áreas. E ainda, quando haviam um aumento do período de estiagem estas áreas apresentavam números mais acentuados nos focos de queimadas destas áreas.

Aprofundando um pouco mais nos dados de focos mensais de queimadas do estado do Pará, podemos afirmar que a dinâmica temporal (variabilidade) anual e mensal sofre a influência dos eventos extremos (El Niño e La Niña, (CPC-NOAA, 2024)), pois em 1998 (outubro e novembro) e 1999 (março, abril, maio, junho e dezembro), anos de La Niña, foram anos que tiveram registros na classe Muito Abaixo (meses em azul), pela metodologia utilizada (Quantis), mesmo estando durante o período seco da região, ou seja, os focos de queimadas foram influenciados pelo evento extremo que aumenta a quantidade de chuvas na região e influenciou, tanto na dinâmica temporal quanto na espacial, dos focos. Já para os anos de 2004 (abril, maio, novembro e dezembro) e 2005 (janeiro, julho e agosto), anos de El Niño, tivemos registros na classe Muito Acima em meses do período chuvoso da região (Tabela 03).

Tabela 03. Focos mensais de queimadas registrados no estado do Pará, no período de junho de 1998 a agosto de 2024. Onde os meses em azul, foram os meses que ficaram muito abaixo e os meses em vermelho são os meses que ficaram muito acima, a partir da técnica dos quantis.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1998	-	-	-	-	-	58	639	6816	6237	3666	1862	1009
1999	87	285	7	6	4	37	982	6179	4417	5026	2682	766
2000	30	29	181	40	12	59	426	5484	2569	4308	3366	1697
2001	34	16	-	-	7	42	709	9042	6136	5102	4936	2566
2002	144	120	14	11	18	149	1308	21369	11379	7848	12795	5083
2003	1440	23	28	14	112	403	3814	8875	12633	6673	10732	8293
2004	875	36	29	61	193	637	6620	17861	14249	7464	15958	10231
2005	2861	121	32	43	101	656	9464	23635	12728	8689	9368	3779
2006	855	110	18	11	8	423	1955	15064	13225	9346	9684	5141
2007	817	39	17	17	90	671	1885	21386	22055	8346	10114	3054
2008	240	99	11	12	30	328	3020	11035	9463	11568	9456	3187
2009	466	26	11	15	8	91	703	5386	8961	9444	12485	4068
2010	701	147	141	30	97	441	2065	21677	15187	6435	7544	2731
2011	219	25	16	10	21	199	1024	3040	6821	4588	5760	4840
2012	534	78	16	24	98	305	1041	9168	8190	5946	8871	2950
2013	291	47	20	29	74	323	793	3173	4363	5510	3844	5579
2014	570	30	17	23	55	284	813	8147	6636	6241	7908	4802
2015	866	92	31	22	84	241	882	7672	9394	7379	9783	6718
2016	1479	370	53	51	148	509	1732	5185	3878	5954	7314	3051
2017	213	14	18	42	121	486	3696	8781	15735	6146	9639	4879
2018	536	36	51	13	78	454	929	2782	4892	5028	6276	1005
2019	355	80	46	38	80	315	1443	10185	4618	3870	7390	1745
2020	225	64	63	38	88	491	2687	10865	10876	8052	2970	2184
2021	248	272	34	55	190	424	1372	7853	3828	4291	3659	650
2022	202	70	34	37	225	556	1681	12472	12696	7469	4507	1472
2023	330	94	94	58	224	682	2027	6725	9507	11378	8188	2412
2024	633	265	113	52	211	635	3265	13803				
<b>Muito Abaixo</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>37</b>	<b>426</b>	<b>2782</b>	<b>2569</b>	<b>3666</b>	<b>1862</b>	<b>650</b>
<b>Muito Acima</b>	<b>2861</b>	<b>370</b>	<b>181</b>	<b>61</b>	<b>225</b>	<b>682</b>	<b>9464</b>	<b>23635</b>	<b>22055</b>	<b>11568</b>	<b>15958</b>	<b>10231</b>

Fonte: Banco de dados NMH/GETEM, provenientes do BDQueimadas (INPE).

Estes resultados, corroboram com o estudo de Santos et al. em 2021, que encontraram em anos de El Niño e La Niña a mesma influencia para a dinâmica temporal dos focos de queimadas em Anapú no Pará, com os anos de El Niño registrando um aumento acima da média para os focos da região e nos anos de La Niña uma diminuição nos registros, ficando abaixo da média.

Em relação, aos municípios que tiveram os maiores registros para o período avaliado, o município de São Felix do Xingu (pertencente a mesorregião do Sudeste Paraense) foi o que apresentou as maiores quantidades de queimadas, com 119.106 focos registrados, o que representou cerca de 11% do total de focos do estado (1.080.020 focos) e tornando o município que mais registrou focos de queimadas, no estado do Pará. O segundo e o terceiro municípios que lideram este rank, são Altamira e Novo Progresso (ambos pertencente a mesorregião do Sudoeste Paraense) (Figura 04).

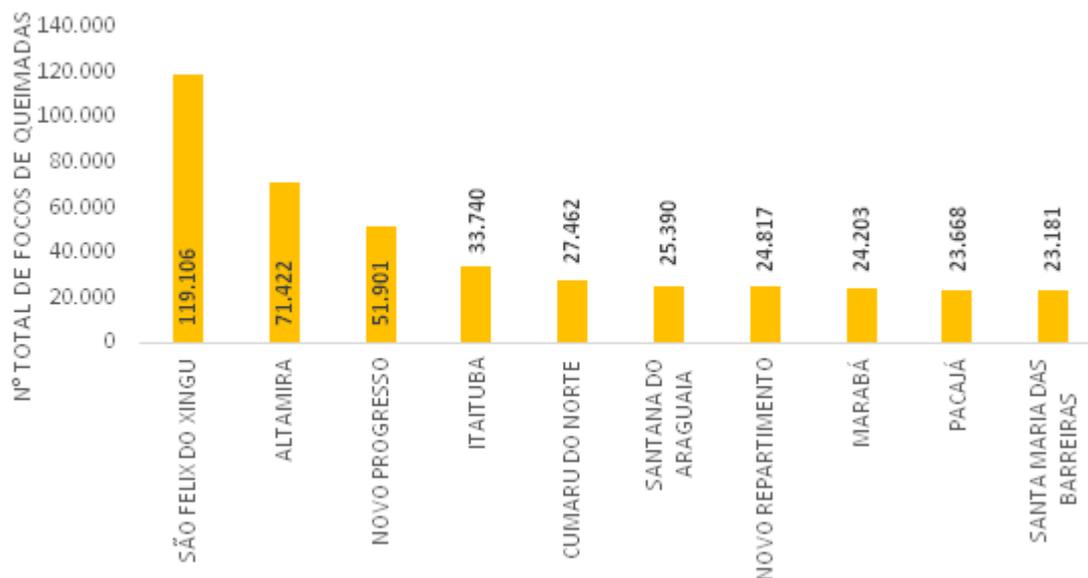


Figura 04. Municípios que tiveram os maiores registros de focos de queimadas, no estado do Pará, para o período de junho de 1998 a agosto de 2024.

Os municípios que lideram os registros de focos de queimadas no estado, tem a sua economia voltada e atuante em áreas como a mineração, garimpeira, madeireira e de pecuária (IBGE, 2024), demonstrando uma relação direta com o uso do solo na dinâmica temporal e espacial dos focos.

## CONCLUSÃO

A metodologia utilizada se mostrou uma ferramenta promissora, que pode auxiliar na tomada de decisão, no planejamento e na gestão das políticas públicas para o enfrentamento das queimadas no estado Pará.

Ficou evidente que os focos de queimadas sofrem variação temporal, principalmente pela sazonalidade da precipitação no estado, com os maiores valores ocorrendo no período seco de cada região e agravados pelos anos extremos.

Em relação a dinâmica espacial, os municípios que tem a sua economia centrada em atividades agrícolas (pastagem, cultivos, sistema agrofloretais e outros), madeireira e de mineração no estado, são os que apresentam os maiores registros de focos de queimadas no estado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (SEMAS-PA) pelo espaço cedido, pela bolsa de estágio e pela estrutura cedida ao Núcleo de Monitoramento Hidrometeorológico (NMH) para a execução do presente estudo. À GETEM (Gerência de Tempo, Clima e Eventos Extremos Hidrometeorológicos) pela disponibilidade dos dados utilizados no estudo.

## REFERÊNCIAS

ABREU, F. A.; SOUZA, J. S. A. Dinâmica Espaço-temporal de Focos de Calor em Duas Terras Indígenas do Estado de Mato Grosso: uma Abordagem Geoespacial sobre a Dinâmica do Uso do Fogo por Xavantes e Bororos. *Floresta e Ambiente*, v. 23, n 1, 2016.

ARAGAO, L. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the brazilian Amazônia. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 363, p. 1779-1785, 2008. Disponível em: [http://www.ppgbea.ufrpe.br/sites/www.ppgbea.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao\\_final\\_rosilda\\_benicio\\_de\\_souza\\_0.pdf](http://www.ppgbea.ufrpe.br/sites/www.ppgbea.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao_final_rosilda_benicio_de_souza_0.pdf). Acesso em: 13 ago 2020.

ARMENTERAS, D.; GONZÁLEZ, T. M.; RETANA, J. Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. **Biological conservation**, v. 159, p. 73-79, 2013.

ASSIS, F. R. V.; MENDONÇA, I. F. C.; SILVA, J. E. R.; LIMA, J. R. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais no semiárido nordestino. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 133 - 142, jan./mar. 2014.

FONSECA, A.; JUSTINO, M.; CARDOSO, D.; RIBEIRO, J.; SALOMÃO, R. Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (Fevereiro de 2019). Belém-PA: **IMAZON**, 2019.

IBGE Atividade Econômicas. Disponível em: <https://estados.ibge.gov.br/brasil/>. Acesso em: 10 set 2024.

IBGE Estados. Disponível em: <https://estados.ibge.gov.br/brasil/>. Acesso em: 01 set 2024.

NETO, V. J.; NETO, R. B. G. A. Amazônia e a política de Integração Nacional. O discurso da modernização entre o passado e o presente. **Diálogos Latino Americanos**, n. 26, p. 144-157, dezembro, 2017.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a large continental area. **Hydrology Paper**, Number 12, Colorado State University: Forty-Collins, 1966.

SANTOS, G. G. dos; ARAÚJO, R. G. de; NERIS, J. P. F.; SOUSA, J. S. de; SILVA, B. K. S. et al. Análise espacial e temporal dos focos de calor no município de Anapú, Pará. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 1739-1758, 2021.

SOUZA, M. A. et al. Impacto do desmatamento e uso do fogo na mesofauna do solo. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 6, p. 1901-1906, 2019.

XAVIER, T. M. B. S.; SILVA, J. F.; REBELLO, E. R. G. A técnica do Quantis. **Thesaurus**: Editora de Brasília, 2002. 140 p.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Classificação e monitoração de períodos secos ou chuvosos e cálculo de índices pluviométricos para a região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 5, n. 2, p. 7-30, 1987.

# **8. Poluição e Química**

# AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE POLUIÇÃO DO AR HOSPITALAR DURANTE A PANDEMIA

**Gabriel Gonçalves de Barros**<sup>1</sup>; **Eduarda Santa Helena**<sup>2</sup>; **Anna De Falco**<sup>3</sup>; **Carlos Leonny Raimundo Fragoso**<sup>4</sup>; **Adriana Gioda**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Aluno. Rua Marquês de São Vicente, 225, Rio de Janeiro, RJ. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro ; <sup>2</sup>Bolsista. Km 8 Avenida Itália Carreiros, Rio Grande - RS, 96203-900. Universidade Federal do Rio Grande ; <sup>3</sup>Bolsista. Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro, RJ, 22451-900. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro ; <sup>4</sup>Bolsista. Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro, RJ, 22451-900. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro ; <sup>5</sup>Docente. Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro, RJ, 22451-900. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

## RESUMO

A poluição do ar em ambientes hospitalares compromete a qualidade do cuidado médico, impactando a recuperação dos pacientes vulneráveis. Com isso, este projeto teve como objetivo, investigar diferentes tamanhos de material particulado (MP, MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>) e sua composição elementar, além de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), temperatura e umidade relativa (UR), em diferentes locais do hospital universitário Dr. Miguel Riet Corrêa Jr (HU-FURG/Ebserh). Amostras externas foram tomadas simultaneamente para identificar as fontes. MP, CO<sub>2</sub>, T e UR foram medidos em tempo real (monitor TEMPTOP) e registrados a cada 10 min. Também foi realizada a coleta de MP em filtros (PTFE, 37 mm, 0,3 µm) com um fluxo constante de 6 L/h por 24 h uma vez ao mês. Os filtros foram extraídos com HNO<sub>3</sub> sob aquecimento e analisados por ICP-MS. As concentrações de MP<sub>10</sub> variaram de 9-57 µg m<sup>-3</sup> externa, e 10-42 µg m<sup>-3</sup> na interna. Para o MP<sub>2,5</sub> na área externa variou de 4,5-38 µg m<sup>-3</sup> e 8-42 µg m<sup>-3</sup> na interna. A recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS), é que não haja valores acima da média 45 µg m<sup>-3</sup> em 24 h para MP<sub>10</sub> e 15 µg m<sup>-3</sup> para MP<sub>2,5</sub>. Com relação aos metais no MP, poucos foram encontrados acima do limite de detecção no hospital, sendo encontrado Pb, Cu e Yb. As concentrações de CO<sub>2</sub> ficaram abaixo de 800 ppm nos ambientes internos, estando de acordo com a ANVISA (1000 ppm). A UR sempre esteve superior à 53 %, atendendo parcialmente as recomendações da ANVISA. A faixa de temperatura externa variou de 5,1 °C a 33,9 °C e interna de 10,7 °C a 30,9 °C, não atendendo a resolução da ANVISA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Material particulado; COVID-19; Análises químicas de Hospitais;;

# ANÁLISE DE MONITORAMENTO DE BAIXO CUSTO DE MATERIAL PARTICULADO PARA ESTUDOS DA QUALIDADE DO AR

**Anne Beatriz Goulart<sup>1</sup>; Marcio Seiji Oyamada<sup>2</sup>; Edson Tavares de Camargo<sup>3</sup>; Leila Droprinchinski Martins<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Londrina. Av. Dos Pioneiros EM, 3131, Londrina - PR;<sup>2</sup>Docente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Toledo. R. Cristo Rei, 19, Toledo - PR;<sup>3</sup>Docente. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. R. Universitária, 1619 - Universitário, Cascavel - PR;<sup>4</sup>Docente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Londrina. Av. Dos Pioneiros EM, 3131, Londrina - PR

## RESUMO

No Brasil e em muitos outros países a quantidade de estações oficiais de monitoramento da qualidade do ar é escassa. Estações de baixo custo são apontadas como uma alternativa para complementar e auxiliar estudos de qualidade do ar e saúde. Neste sentido, este estudo analisa as concentrações de material particulado atmosférico medidos, em São Paulo, por uma estação de baixo custo desenvolvida e compara as concentrações medidas com as da estação de referência. As correlações obtidas foram para PM<sub>10</sub> de 0,66 e para PM<sub>2,5</sub> de 0,81, com concentrações médias de PM<sub>10</sub> de 31,8 e 30,2 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente para a estação de baixo custo e de referência. Assim, as estações de baixo custo se configuram uma alternativa viável e econômica para democratizar o monitoramento da qualidade do ar. Além disso, métodos de correção podem ser aplicados para melhorar a acurácia das medidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** poluição do ar; concentração de partículas atmosféricas; monitoramento de baixo custo;;

## INTRODUÇÃO

O ar atmosférico, aparentemente puro e límpido, esconde uma realidade complexa e, por vezes, preocupante para o meio ambiente e à saúde humana. Não é um fato recente, ou excepcional, temas como qualidade do ar e poluição atmosférica serem protagonistas em diversos estudos científicos e debates globais por acarretarem consequências diretas para o planeta e seus habitantes que, por sua vez, podem ser fatais.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), mais de 90% da população mundial não respira ar de qualidade, o que resulta na morte de cerca de 7 milhões de pessoas por ano, ou aproximadamente ao equivalente a 11,6% das mortes do planeta no mesmo período (IEMA, 2021). Estudos, ainda segundo o IEMA, mostram que a poluição atmosférica, proveniente das queimadas e incêndios florestais ocorridos no Brasil Central e na Amazônia, estão sendo um dos principais causadores de doenças do trato respiratório na região. Entre julho e outubro de 2019, houve mais de duas mil internações por doenças respiratórias, sendo os mais afetados bebês (21%) e idosos a partir dos 60 anos (49%).

O material particulado atmosférico, principalmente aqueles abaixo de 2,5 µm e referenciado como PM<sub>2,5</sub> estão entre os mais problemáticos à saúde e ao clima. Esse material consiste de micropartículas invisíveis que podem variar de tamanho, composição química e estão suspensas no ar. Sua emissão para atmosfera pode ser causada tanto por atividades antropogênicas como a queima de combustíveis, de biomassa e atividades industriais, quanto naturalmente por erupções vulcânicas, suspensão de poeira do solo, dentre outras (CETESB, 2010), além de ser formado na atmosfera. A inalação dessas partículas pode trazer consequências graves à saúde, variando conforme o tamanho, tipo e composição das partículas, dentre as quais: doenças respiratórias, cardiovasculares ou cerebrovasculares (OPAS, 2022).

O monitoramento, instrumento primordial para subsidiar ações de gestão da qualidade do ar, é deficitário no país, com diversos estados sem qualquer rede de monitoramento. O alto custo de aquisição e operação e a baixa disponibilidade de mão de obra capacitada são os principais limitantes. À vista disso, o monitoramento complementar com estações que utilizam sensores de baixo custo tem sido apontada como uma alternativa, principalmente para estudos da qualidade do ar e saúde (WMO, 2024)

## OBJETIVOS

Neste trabalho, apresenta-se uma estação de baixo custo, desenvolvida para monitoramento da qualidade do ar, e uma análise preliminar comparativa das concentrações de material particulado atmosférico medidos pela da estação de baixo custo com uma estação de referência, ambas instaladas e operadas simultaneamente na cidade de São Paulo

## MATERIAL E MÉTODOS

A estação de baixo custo foi construída e mede os seguintes poluentes através dos sensores: monóxido de carbono (CO-B4), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>-B43F), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>-B4), ozônio (OX-B431) e material particulado (HM3301 e PMS5003). Os detalhes da construção da estação e demais informações podem ser obtidas em Roncaglio *et al.* 2023. A presente análise se dedicou especialmente a comparar e analisar os dados de material particulado atmosférico, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>.

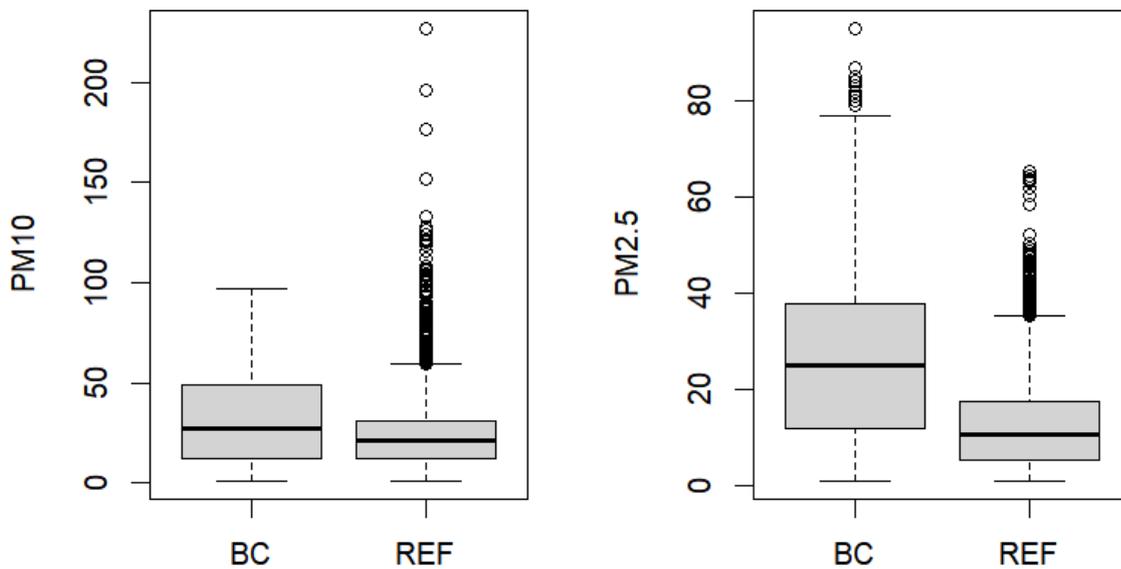
A estação de baixo custo foi instalada e operou simultaneamente de 18 de março a 12 de junho de 2023, junto à estação de referência nomeada LuMIAR da Universidade de São Paulo (USP), localizada no pátio da Faculdade de Medicina da USP (23° 33' 17" S 46° 40' 13" W).

O método de análise consistiu em retirar falhas, ou seja, dados em branco nos dados de ambas as medidas realizadas pelas estações. Após, foram aplicados testes estatísticos de *Shapiro (Shapiro-Wilk)* em ambos os conjuntos, totalizando cinco mil linhas de dados registrados.

Para análise de semelhança foi aplicado o teste de *Wilcoxon* e a Correlação de *Spearman*, além da realização de análises gráficas. Todas as análises foram realizadas no *software* RStudio, versão 4.4.0.

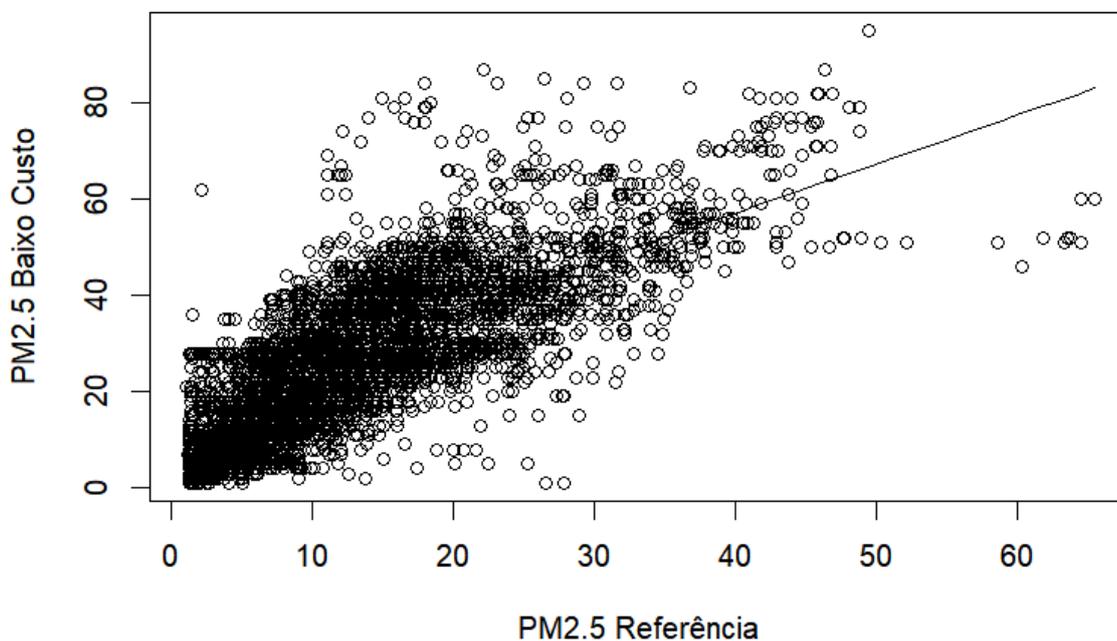
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*, em ambos os conjuntos, indicaram que se trata de conjuntos não paramétricos e de distribuição não normal (*p-value* < 0,001). A Figura 1 mostra a distribuição para as concentrações de PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> de ambos os conjuntos de dados.



**Figura 1:** Gráfico de boxplot das concentrações de  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  obtidas pelas estações de baixo custo (BC) e de referência (REF).

Para todas as comparações feitas através *Wilcoxon*, que avalia a semelhança entre os conjuntos de dados ( $PM_{10BC}$  e  $PM_{10REF}$ ,  $PM_{2,5BC}$  e  $PM_{2,5REF}$ ), tanto um, quanto outro, a hipótese estabelecida foi rejeitada ( $p\text{-value} < 0,001$ ). Apesar disso, foi constatado, através de gráficos de tendência que, embora os dados não sejam estatisticamente significativamente iguais, seus valores são similares e com comportamento análogo. A Figura 2 mostra o gráfico de dispersão para o  $PM_{2,5}$ .



**Figura 2:** Gráfico de dispersão das concentrações de PM<sub>2,5</sub> medidas pelas estações de baixo custo e de referência em São Paulo.

Através da correlação de *Spearman*, pode-se verificar que, para ambas as variáveis (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), existe uma relação monotônica aparentemente satisfatória. Para os valores de PM<sub>10</sub> do baixo custo e da referência, obteve-se um  $r$  de 0,66 indicando uma correlação moderado à forte e para o PM<sub>2,5</sub>, um  $r$  de 0,81, indicado uma correlação forte. As concentrações médias de PM<sub>2,5</sub> no período, obtidas pela estação de baixo custo e de referência, foram de 28,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 13,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. Já as concentrações de PM<sub>10</sub> do baixo custo e da referência foram, respectivamente, de 31,8 e 30,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Acredita-se que a presença de muitos valores discrepantes nos dados da estação de referência seja um dos motivos pelos quais houve essa divergência na coincidência dos valores entre os conjuntos e tenha interferido na comparação direta entre os dados medidos brutos, ou seja, sem qualquer tratamento prévio.

## CONCLUSÃO

A análise demonstrou que os dados de concentração de PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> medidos pelo protótipo de baixo custo não são estatisticamente iguais aos de referência, no entanto, indicou que os valores são similares e possuem comportamento análogo. Da mesma forma, a média das concentrações de PM<sub>10</sub> do protótipo foi muito similar a média obtida com o monitor de referência para o período analisado. Pode-se concluir, portanto, que aprimoramentos são necessários para melhorar a acurácia dos dados obtidos pela estação de baixo custo, porém, mesmo sem tais refinamentos, os dados obtidos já revelam as condições de poluição atmosférica em um panorama geral, o que representa um potencial gigantesco para essa nova tecnologia. Sugere-se a aplicação de equações de correção a partir de métodos de aprendizagem de máquina. Por fim, acredita-se que essa tecnologia pode possibilitar a democratização do monitoramento da qualidade do ar de forma complementar as estações de referência.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida à primeira autora através do Programa Institucional de bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, ao LAPAt/IAG/USP e seus integrantes pela disponibilização dos dados da estação LuMIAR e suporte destinado e ao CNPq, processo 310907/2021-7.

## REFERÊNCIAS

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Poluentes**. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar\\_saude.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp). 2010. Acesso em: 24 jun. 2024

INSTITUTO ENERGIA E AMBIENTE. **Brasil ignora sua política de controle de poluição do ar, segundo levantamento**. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/brasil-ignora-sua-politica-de-controle-de-poluicao-do-ar-segundo-levantamento-20210128>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Novos dados da OMS revelam que bilhões de pessoas ainda respiram ar insalubre**. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/4-4-2022-novos-dados-da-oms-revelam-que-bilhoes-pessoas-ainda-respiram-ar-insalubre#:~:text=O%20material%20particulado%2C%20especialmente%20o,e%20também%20causa%20outras%20doenças>. Acesso em: 21 jun. 2024.

POPE III, C. A.; DOCKERY, D. W. **Health effects of fine particulate air pollution**: Lines that connect. *Journal of the Air and Waste Management Association*, v. 56, n. 6, p. 709-742, 2006.

RONCAGLIO, Mateus Maruzka. **Estação de baixo custo para monitoramento da qualidade do ar 2022 - 2023**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, p. 78.

SEINFELD, J. H., & PANDIS, S. N., 2016. **Atmospheric chemistry and physics**: from air pollution to climate change, third edition, John Wiley & Sons., New Jersey, USA

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Integrating low-cost sensor systems and networks to enhance air quality applications**. Disponível em: <https://wmo.int/publication-series/integrating-low-cost-sensor-systems-and-networks-enhance-air-quality-applications>. Acesso em: 28 jun. 2024.

# **Dinâmica da microbiota contida na deposição atmosférica no Sul de Minas Gerais: um estudo da variabilidade de microrganismos identificados com variáveis físicas e químicas**

**Talita Fernandes de Sousa <sup>1</sup>; Lucas Rosa de Almeida <sup>1</sup>; Alan Eugênio de Oliveira <sup>1</sup>; Eduarda Mariana Moraes Lopes <sup>1</sup>; Julia da Silva Pereira <sup>1</sup>; Marcelo Vieira da Silva Filho <sup>2</sup>; Luciene Alves Batista Siniscalchi <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>discente . Universidade Federal de Lavras . Trevo Rotatório Professor Edmir Sá Santos Universidade Federal de, Lavras - MG, 37203-202;<sup>2</sup>Docente . Universidade Federal de Lavras . Trevo Rotatório Professor Edmir Sá Santos Universidade Federal de, Lavras - MG, 37203-202

## **RESUMO**

Pesquisas em bioaerossóis, uma área ainda pouco explorada, mostram que microrganismos transportados pelo ar podem fornecer informações cruciais sobre saúde única. Atividades humanas e poluentes em ambientes internos e externos podem revelar uma microbiota distinta, incluindo bactérias e fungos. Esta pesquisa teve como objetivo quantificar, caracterizar e isolar Unidades Formadoras de Colônias (UFCs) a partir de deposição atmosférica (total e seca), com posterior identificação das espécies. Amostras foram coletadas semanalmente ao longo de seis meses, utilizando amostragem de sete dias. Realizaram-se análises microbiológicas com meios PCA e R2A, inoculando 1 µL por amostra, e incubando conforme recomendações dos fabricantes. As UFCs foram quantificadas e caracterizadas por cor, tamanho e bordas (amarelas, brancas, laranjas e rosas). Cada morfotipo foi isolado e identificado via MALDI-TOF MS. Os resultados mostraram um número maior de UFCs em deposição seca, corroborando estudos anteriores que indicaram maior presença de aerossóis na Amazônia durante essa estação. As espécies identificadas foram *Rhodotorula mucilaginosa* (colônia rosa), *Leuconostoc mesenteroides* (colônia branca) e *Pseudarthrobacter oxydans* (colônia branco opaca). *Rhodotorula* são leveduras recuperadas de muitas fontes ambientais, incluindo o ambiente atmosférico. *Leuconostoc mesenteroides* são bactérias fermentadoras que foram encontradas em bioaerossóis em atividades de trabalhadores expostos à triagem de resíduos. E por fim, *Pseudarthrobacter oxydans* foram espécies encontradas em bioaerossóis na Coréia do Sul, que mostrou a predominância da população em áreas verdes e florestas urbanizadas. A capacidade de pigmentação parece estar associada à sobrevivência à radiação pelas bactérias. No entanto, os estudos precisam ser aprimorados, pois a comunidade microbiana presente na deposição atmosférica pode oferecer informações sobre a poluição e auxiliar na adoção de medidas para reduzir as emissões.

**PALAVRAS-CHAVE:** aerossóis; bactérias heterotróficas; deposição;;

## **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelos financiamentos de Pesquisa (Programa Universal APQ- 01413-18), a UFLA e a CNPQ.

## ANÁLISE DO GÁS SULFIDRICO NOS ARREDORES DO ATERRO SANITÁRIO DE MARITUBA-PA

**Marcell da Silva Sousa**<sup>1</sup>; **Elisa Valente do Vale**<sup>1</sup>; **Breno Cesar de Oliveira Imbiriba**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110; <sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### RESUMO

O estudo examina o impacto ambiental do gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) oriundo do aterro sanitário de Marituba, localizado na região metropolitana de Belém, Pará. Este gás, resultante da decomposição de resíduos sólidos urbanos, tem gerado problemas de saúde na população local e contaminação ambiental. A prática de aterros sanitários, apesar de ser um método econômico para disposição final de resíduos sólidos, apresenta sérios riscos de contaminação do solo, da água e do ar devido à decomposição da matéria orgânica e inorgânica. O H<sub>2</sub>S, embora emitido em menores quantidades, é um dos principais causadores de incômodo devido ao seu odor característico, que é perceptível em concentrações tão baixa quanto 0,01 ppm e se torna extremamente desagradável acima de 1 ppm. Exposições prolongadas a baixas concentrações de H<sub>2</sub>S podem provocar uma série de efeitos adversos à saúde, os efeitos potenciais incluem: Irritação das vias respiratórias - nariz, garganta e trato respiratório, levando a sintomas como tosse e dificuldade respiratória. Irritação ocular resultando em vermelhidão e lacrimejamento, também provocando náusea e dor de cabeça. A pesquisa avalia as emissões de H<sub>2</sub>S no aterro de Marituba a partir de medições diretas em campo, revelando concentrações significativas do gás que podem estar associadas a problemas de saúde nas comunidades próximas. As campanhas de medição do H<sub>2</sub>S foram realizadas no Centro Comunitário do Albatroz e no Restaurante Terra do Meio, ambos situados nas proximidades do aterro sanitário de Marituba. Utilizando tubos colorimétricos, foram conduzidas cinco campanhas de medição. As concentrações de H<sub>2</sub>S variaram entre 0,4 e 0,6 ppm, com uma medição atingindo 1,0 ppm, ultrapassando os níveis considerados aceitáveis pela OMS, que são de 0,07 ppm para exposições de até duas semanas e 0,01 ppm para períodos de até 90 dias. O estudo conclui que são necessárias ações urgentes para mitigar os impactos ambientais e proteger a saúde pública na região de Marituba.

**PALAVRAS-CHAVE:** *gás sulfídrico ; aterro sanitário ; qualidade do ar ;;*

# ANÁLISE DE CONCENTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ÓPTICA DE MATERIAL PARTICULADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM-PA.

**Carolina Ramos de Araújo**<sup>1</sup>; **Lucas Rangel Coringa Bastos**<sup>2</sup>; **Rafael da Silva Palácios**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110; <sup>2</sup>Bolsista do Programa de Pós-Graduação. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110; <sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

O presente trabalho discute a composição e os impactos dos aerossóis atmosféricos. O artigo destaca os riscos à saúde associados à exposição a material particulado, em especial o PM<sub>2,5</sub>. Devido à ausência de estações de monitoramento da qualidade do ar em Belém, foram usados dados de reanálise de modelo, os dados utilizados no estudo foram obtidos utilizando a plataforma NASA GIOVANNI, que oferece dados de alta precisão. O estudo foca nas concentrações de PM<sub>2,5</sub> entre 2003 e 2022, e observa-se picos elevados em meses chuvosos, associados à influência da Zona de Convergência Intertropical e aos fenômenos El Niño e La Niña. Os gráficos revelam que os meses mais chuvosos apresentam maiores concentrações de PM<sub>2,5</sub>, enquanto os meses secos apresentam níveis mais baixos e estáveis. Obteve-se uma forte correlação entre os fenômenos climáticos e a variação das concentrações de poluentes em Belém, com necessidade de estudos adicionais e monitoramento para mitigar os riscos à saúde pública.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aerossóis; Poluição Atmosferica; Reanálise de Dados;;

## INTRODUÇÃO

A mistura de partículas sólidas e líquidas suspensas na atmosfera é conhecida como aerossol atmosférico. Essas partículas podem ser emitidas tanto por processos naturais quanto por atividades humanas, resultando em diversas propriedades físicas e ópticas (Seinfeld e Pandis, 2006). As fontes naturais de aerossóis emitem partículas como: poeira, cinzas vulcânicas, pulverização do mar e fuligem devido a queima de biomassa, ao passo que, os aerossóis de fontes antropogênicas são gerados a partir da combustão de combustíveis fósseis, biomassa ou emissão de gases industriais (Dayou et al., 2014).

Essas partículas têm um papel significativo no balanço de energia do sistema Terra-atmosfera, exercendo efeitos diretos, como absorção e espalhamento da radiação solar, e efeitos indiretos, atuando como núcleo de condensação das nuvens, o que pode alterar suas características microfísicas e influenciar a precipitação (Wright et al., 2010; Alam et al., 2010; Alam et al., 2011b; Kumar, 2014; Prado et al., 2017; Palácios et al., 2018). Mudanças na concentração de aerossóis podem causar forçamentos radioativos com efeitos globais (Sena et al., 2013).

A poluição do ar é um dos principais problemas globais de saúde pública. A exposição ao material particulado foi responsável por 6,7 milhões de mortes em várias partes do mundo em 2019 e a exposição a esses compostos têm aumentado mais de 0,5% ao ano (Murray et al., 2020). A matéria particulada ambiental (MP), especialmente a fina, com diâmetro inferior a 2,5 µm (MP 2,5), pode penetrar profundamente na barreira pulmonar, causando graves impactos à saúde. A exposição à poluição do ar, tanto de curto prazo (de horas a dias) quanto de longo prazo (de meses a anos), pode não apenas desencadear ou agravar doenças respiratórias e cardiovasculares, como bronquite, infarto do miocárdio e parada cardíaca fora do hospital, mas também piorar condições pré-existentes ou crônicas, como ataques de asma e enfisema. Além disso, essa exposição pode levar a mortes prematuras (Brunekreef e Holgate, 2002; Yu et al., 2020a).

As estações de monitoramento da qualidade do ar são fontes essenciais de dados históricos e em tempo real sobre os níveis de poluição atmosférica. Elas desempenham um papel fundamental na vigilância contínua da qualidade do ar, permitindo avaliar a exposição regional à poluição e orientando a formulação de políticas e regulamentações voltadas à sua mitigação. No entanto, o uso de dados de estações de monitoramento para avaliações de risco à saúde apresenta algumas limitações (Yu et al., 2020b). A distribuição dessas estações em uma determinada região pode ser desigual, o que pode resultar em uma representação imprecisa da qualidade do ar em todas as áreas, comprometendo a avaliação realista da exposição da população à poluição. Um exemplo é a cidade de Belém, capital do estado do Pará, onde ainda não há nenhuma rede de monitoramento da qualidade do ar. As estimativas dos constituintes considerados poluentes são realizadas por meio de modelos preditivos baseados na frota veicular da capital. Há uma necessidade urgente de estudos que quantifiquem e caracterizem o material particulado em Belém, de modo a avaliar os possíveis impactos tanto do clima quanto da saúde da população.

## **OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo analisar a concentração e caracterização óptica do material particulado na Região Metropolitana de Belém-PA.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo deste trabalho diz respeito à cidade de Belém, capital do estado do Pará, situada na região Norte do Brasil (Figura 1), situada a 1°27' de latitude Sul, 48°27' de longitude oeste e altitude acima do nível do mar de 24 metros, localizada às margens da Baía do Guajará e do Rio Guamá, sua população estimada é de 1.367.336 habitantes, com área territorial de 1.065,0 Km<sup>2</sup> (IBGE,2022). Segundo o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), a cidade de Belém, banhada pelo rio Guamá e pela baía do Guajará, é considerada a capital mais chuvosa do Brasil, com índice pluviométrico anual de 2921,9 mm/ano. Belém tem um período caracterizado como mais chuvoso, que vai de dezembro a maio e um período menos chuvoso, que vai de junho a novembro, conforme descrito por Nechet (1984), Bastos et al. (2002) e Oliveira et al (2003).

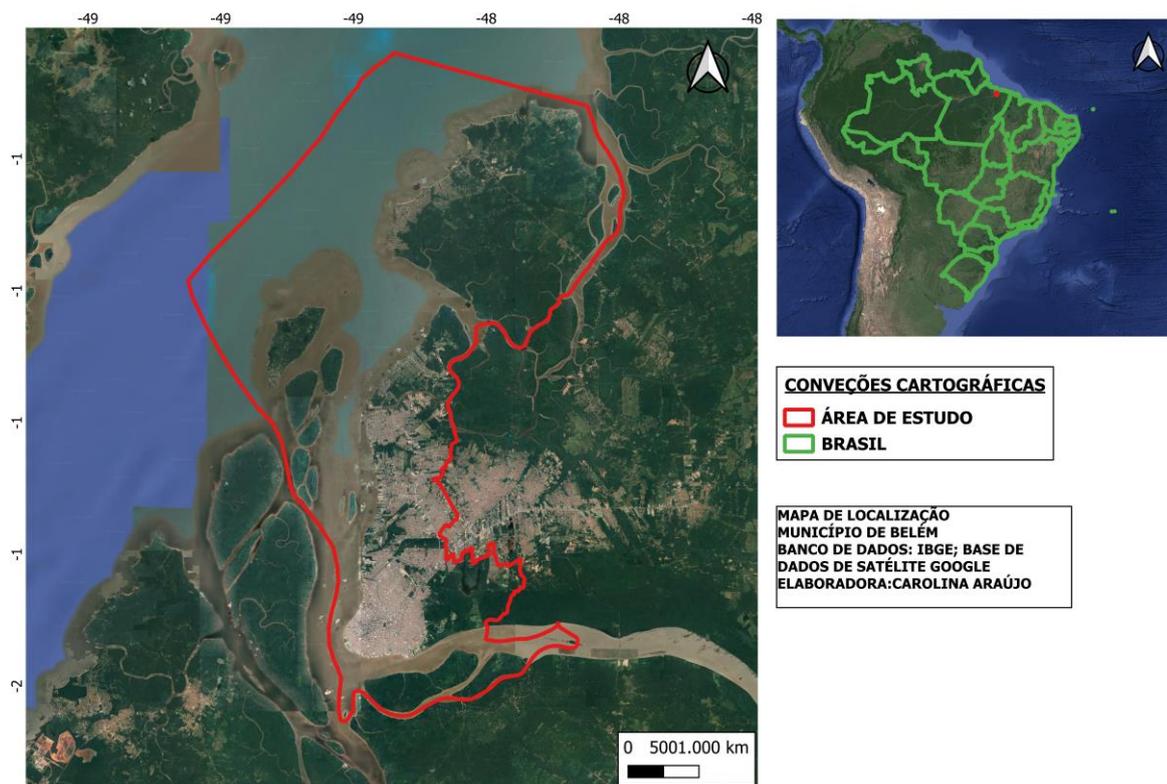


Figura 01: Mapa de Localização da Área de Estudo, Belém-PA.

### Tratamento de Dados

Foram coletados dados horários da plataforma NASA GIOVANNI, especificamente relacionados a parâmetros atmosféricos que afetam a qualidade do ar, como o Material Particulado da moda fina (PM<sub>2,5</sub>). Do período de tempo de 2003-2022.

Após a extração dos dados horários, foi realizado cálculo das médias mensais e anuais, a fim de suavizar flutuações diárias e permitir a análise de tendências e padrões sazonais.

As análises estatísticas foram realizadas para verificar a variabilidade e dispersão dos dados ao longo do tempo, identificando possíveis tendências e anomalias. Utilizou-se o método de boxplot para representar a distribuição dos dados mensais e anuais, permitindo a visualização de valores e a comparação entre diferentes períodos.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Gráfico 1 apresenta as médias mensais de anuais das concentrações de PM<sub>2,5</sub> (em  $\mu\text{m}.\text{m}^3$ ) ao longo do período de estudo. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021), os limites recomendados para a concentração de PM<sub>2,5</sub>  $\mu\text{m}.\text{m}^3$  para a média anual deve ser de 5  $\mu\text{m}.\text{m}^3$  e para a média mensal 15  $\mu\text{m}.\text{m}^3$ .

As marcações da linha azul no gráfico representa as médias mensais, onde se destacam picos extremos de concentração de PM<sub>2,5</sub>  $\mu\text{m}.\text{m}^3$  acima de 18  $\mu\text{m}.\text{m}^3$  nos seguintes meses: março de 2004, janeiro de 2007, janeiro de 2016 e fevereiro de 2019. Esses meses coincidem com o período chuvoso em Belém, caracterizado pela influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que transporta poeira do deserto do Saara para a região entre os meses de Janeiro e abril (Santos, 2018). Esse fenômeno pode explicar, em parte, o aumento nas concentrações de PM<sub>2,5</sub> durante esses meses.

Outro fator relevante são os fenômenos El Niño e La Niña. Nos anos em que ocorreram aumentos significativos nas concentrações de PM<sub>2,5</sub>, acima de 11  $\mu\text{m}.\text{m}^3$ , como em 2004, 2007, 2012, 2015 e 2016, foi possível identificar padrões associados a esses fenômenos. Em 2004 e 2007, por exemplo, foram registrados El Niños fracos, enquanto em 2015 e 2016 foram marcados por El Niños muito fortes. No entanto, em 2012 houve uma La Niña moderada.

Nos anos com as menores concentrações de PM<sub>2,5</sub>  $\mu\text{m}.\text{m}^3$ , inferiores a 10  $\mu\text{m}.\text{m}^3$ , como 2003, 2005, 2010, 2011, 2018, 2020, 2021 e 2022

destacam-se os registros de La Niña, especialmente forte em 2010 e 2011, sendo 2011 um dos anos com menor concentração de PM<sub>2,5</sub>  $\mu\text{m}.\text{m}^3$ . Anos com El Niño fraco ou moderado, como 2003 e 2005, também apresentaram concentrações relativamente baixas.

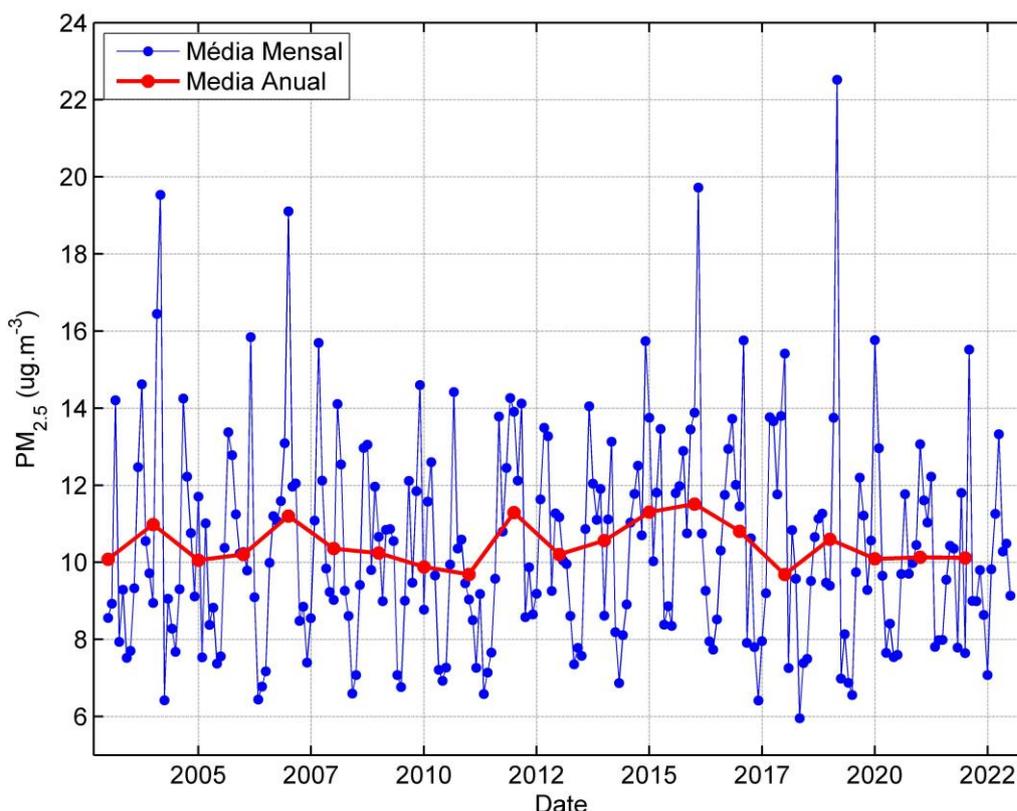


Figura 1: Medias mensais e anuais da concentração de PM<sub>2,5</sub> (em  $\mu\text{m}.\text{m}^3$ ) do período de 2003-2022.

O gráfico 2, representado em formato de boxplot, mostra os valores mensais das concentrações de PM<sub>2,5</sub> ao longo de todo o período analisado (2003-2022). Foram destacados dois trimestres específicos: o trimestre mais chuvoso (Janeiro, fevereiro e março-JFM) e o trimestre mais seco (agosto, setembro e outubro- ASO).

No boxplot, os valores máximos e mínimos são indicados pela caixa azul, enquanto a mediana é representada pelas linhas vermelhas. O desvio padrão, que indica a dispersão dos dados, é representado pelas linhas tracejadas em preto.

Os resultados revelam que, no trimestre chuvoso (JFM), as concentrações de PM<sub>2,5</sub> tendem a ser mais elevadas do que a média observada ao longo do ano, além de apresentarem uma maior amplitude de variação. O valor mais alto foi registrado em fevereiro. Em contrapartida, no trimestre seco (ASO), as concentrações de PM<sub>2,5</sub> são significativamente menores em comparação com o período chuvoso, e a amplitude de variação é também reduzida.

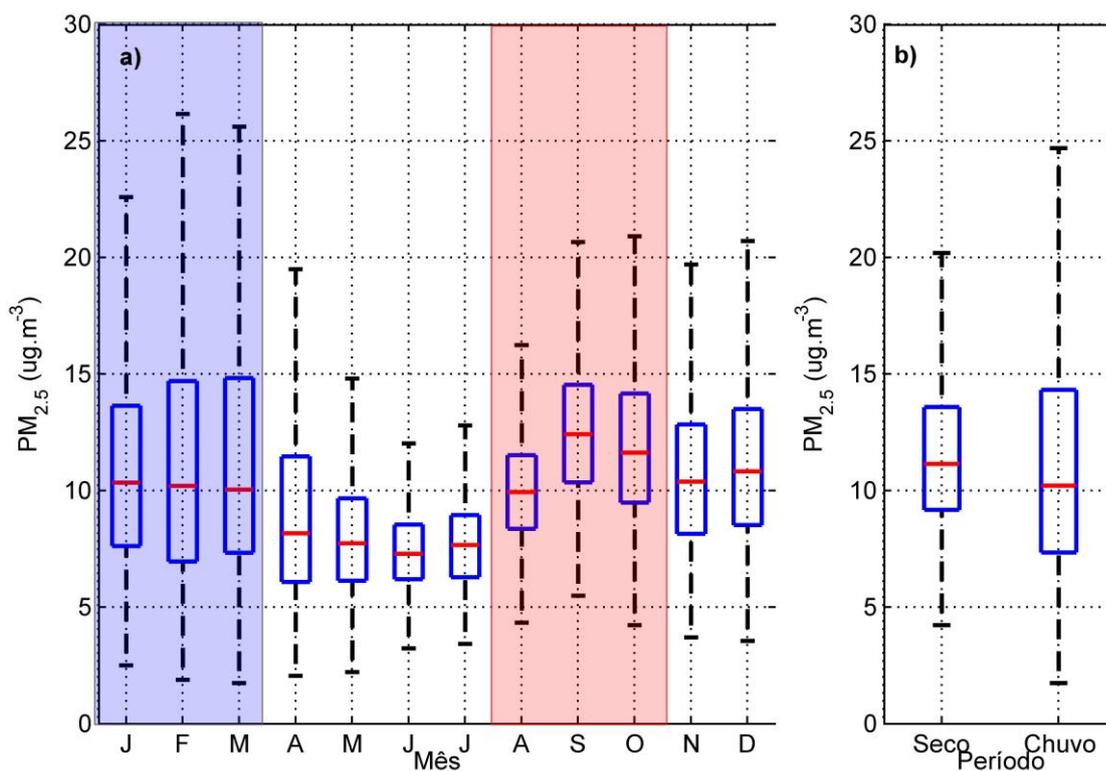


Gráfico 2: Médias mensais das concentrações de PM<sub>2,5</sub> (em  $\mu\text{m}^3$ ) em boxplot, destacados os trimestres chuvoso e seco do período de 2003-2022.

A Tabela 1 apresenta os valores estatísticos das medições realizadas ao longo do estudo. O parâmetro "N" representa o total de medições, e observa-se um maior número de medições durante o período seco em comparação ao período chuvoso. As falhas nas medições podem ser atribuídas à cobertura de nuvens, que dificulta as leituras do modelo. No entanto, essas falhas foram poucas e não comprometeram os resultados finais.

	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		
	Seco	Chuvoso	Todo Período
N	1840	1806	7306
Média	11,55	11,91	10,45
Desv. Padrão	3,25	7,46	4,99
Mediana	11,14	10,21	9,53
Máximo	26,81	81,85	81,85
Mínimo	4,23	1,75	1,75

A média das concentrações de PM<sub>2,5</sub> é maior no período chuvoso, e o desvio padrão também é mais elevado nesse período, indicando maior variabilidade nas concentrações de poluentes. Embora a mediana do período seco tenha sido superior à do período chuvoso e a mediana geral, a amplitude dos valores máximos e mínimos foi mais ampla no período chuvoso, refletindo a ocorrência de concentrações extremas em alguns meses, conforme apresentado no Gráfico 1.

## CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a variação nas concentrações de PM<sub>2,5</sub> em Belém é significativamente influenciada por fenômenos naturais, como a ZCIT e os eventos de El Niño e La Niña, além da sazonalidade do período chuvoso. A poluição do ar apresenta picos preocupantes durante esses eventos, especialmente quando ultrapassa os limites recomendados pela OMS, o que aponta para a necessidade de medidas de controle da poluição, especialmente durante os meses de maior concentração, pois isso pode impactar de maneira significativa a saúde respiratória da população local (Abadia et al.,1998) . Contudo, para se obter resultados mais exatos, faz-se necessários a produção de mais estudos com mais dados de variáveis meteorológicas e poluentes.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à PROPES (Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação), a Faculdade de Meteorologia e ao Laboratório LACOMET pela disponibilidade do espaço para a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Abadia DE; Nishino N; McDonnell WF e outros. Partículas inaláveis de longo prazo e outros poluentes atmosféricos relacionados à mortalidade em não fumantes. *Sou J Respir Crit Care Med.* 1999; 159 : 373-382
- ALAM, K.; IQBAL, M. J.; BLASCHKE, T.; QURESHI, S.; KHAN, G. Monitoring spatio-temporal variations in aerosols and aerosol-cloud interactions over Pakistan using MODIS data. *Advances in Space Research*, v. 46, p. 1162-1176, 2010.
- ALAM, K.; TRAUTMANN, T.; BLASCHKE, T. Aerosol optical properties and radiative forcing over mega-city Karachi. *Atmospheric Research*, v. 101, p. 773-782, 2011b. doi: 10.1016/j.atmosres.2011.05.007.
- BASTOS, T.X., PACHECO, N.A., NECHET, D.N., SÁ, T.D. de A. Aspectos climáticos de Belém, nos últimos cem anos. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 31p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 128).
- Brunekreef, B., Holgate, S.T., 2002. Air pollution and health. *Lancet* 360, 1233-1242.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Relatório Anual de Acompanhamento da Qualidade do Ar 2023- em atendimento ao ao disposto no Art. 9º da Resolução Conama nº 491/2018.
- CHENG, T. et al. 2012. The inter-comparison of MODIS, MISR and GOCART aerosol products against AERONET data over China. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 113, 2135-2145.
- DALLAROSA J.B. 2005. Estudo da formação e dispersão de ozônio troposférico em áreas de atividade de processamento de carvão aplicando modelos numéricos em áreas de atividades de processamento de arvão. Mestrado em Sensoriamento Remoto. UFRGS.
- DAYOU, J; CHANG, J.H.W.; SENTIAN, J. 2014. Ground-based aerosol optical depth measurement using sunphotometers. Kota Kinabalu: Springer. 67p.
- GELARO, Ronald et al. The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, v. 30, n. 14, p. 5419- 5454, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Prévía da população calculada com base nos resultados do Censo Demográfico 2022 até 25 de dezembro de 2022.

Murray., AY Aravkin., P. Zheng , C. Abbafati ,

KM Abbas , M. Abbasi-Kangevari , F. Ab d-Allah, A. Abdelalim,M.Abdollahi , I. A bdollahpour. Carga global de 87 fatores de risco em 204 países e territórios, 1990- 2019: uma análise sistemática para o Estudo da Carga Global de Doenças 2019

NECHET, D. Variabilidade diurna de precipitação em Belém-PA: Aplicação em planejamentos a médio e longo prazo. In: Anais do 3º Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, 1984, Pag. 204-211.

NASA GIOVANNI: a infraestrutura de visualização e análise geoespacial interativa online (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>)

OLIVEIRA ,L.L. et al. Estudo do Comportamento da Precipitação Pluviométrica nos diversos períodos do dia em Belém-PA. In: I Simpósio de Recursos Hídricos da Amazônia, 2003, Manaus-AM, Núcleo de Hidrometeorologia, SECTAM.

PALÁCIOS, R.S. et al. 2018. Variabilidade Espaço-Temporal da Profundidade Ótica de Aerossóis em Regiões de Cerrado e Pantanal na Região Central do Brasil. *Nativa* 6, 56-65.

PRADO, N.V.; MARILENE, S.; COELHO, S.C. 2017. Estudo da Variabilidade Temporal da Profundidade Ótica do Aerossol Utilizando Dados de Sensoriamento Remoto Sobre a Região de Transição entre a Floresta Amazônica e o Cerrado. *Revista Brasileira de Meteorologia* 32 (4) 649-658.

SANTOS, Rayner Monteiro dos. O aporte de poeira do Saara aos aerossóis na Amazônia Central determinada com medidas in situ e sensoriamento remoto. 2018.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change*. New York: John Wiley & Sons, 1152p.

SENA, E.T.; ARTAXO, P.; CORREIA, A.L. 2013. Spatial variability of the direct radiative forcing of biomass burning aerosol and the effects of land use change in Amazonia. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13, 1261-1275.

USEPA, 1998. National Air Pollutant Emission Trends. 1900 - 1996, EPA - 454 -/R98 - 008.

WRIGHT, M. E.; ATKINSON, D. B.; ZIEMBA, L.; GRIFFIN, R.; HIRANUMA, N.; BROOKS, S.; LEFER, B.; FLYNN, J.; PERNA, R.; RAPPENGLÜCK, B.; LUKE, W.; KELLEY P. Extensive aerosol optical properties and aerosol mass related measurements during TRAMP/TexAQs 2006 - Implications for PM compliance and planning. *Atmosphere Environment*, v. 44, p. 4035- 4044, 2010, doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.12.055.

Yu, W., Guo, Y., Shi, L., Li, S., 2020a. The association between long-term exposure to low-level PM<sub>2.5</sub> and mortality in the state of Queensland, Australia: a modelling study with the difference-in-differences approach. *PLoS Med.* 17, e1003141.

Yu, W., Sulistyoningrum, D.C., Gasevic, D., Xu, R., Julia, M., Murni, I.K., Chen, Z., Lu, P., Guo, Y., Li, S., 2020b. Long-term exposure to PM<sub>2.5</sub> and fasting plasma glucose in non-diabetic adolescents in Yogyakarta, Indonesia. *Environ. Pollut.* 257, 113423.



# **Análise Espaço-Temporal das Concentrações de PM2.5 em Alagoas, Brasil: O Impacto das Emissões Veiculares e das Infrações Regulatórias**

**Kelvy Rosalvo Alencar Cardoso**<sup>1</sup>; **José Francisco de Oliveira Júnior**<sup>2</sup>; **Micejane da Silva Costa**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dicente. UFAL. Av. Lourival Melo Mota, S/N Tabuleiro do Martins; <sup>2</sup>Docente. UFAL. Av. Lourival Melo Mota, S/N Tabuleiro do Martins; <sup>3</sup>Dicente. UFAL. Av. Lourival Melo Mota, S/N Tabuleiro do Martins

## **RESUMO**

Este estudo fornece uma análise espaço-temporal abrangente das concentrações de PM2.5 no estado de Alagoas, Brasil, ao longo de um período de 14 anos (2010-2023). O principal objetivo é avaliar a influência das emissões veiculares, particularmente o número de carros e motocicletas, nos níveis de PM2.5. O estudo também investiga a frequência e o impacto das infrações regulatórias em relação às diretrizes da OMS e da CONAMA 2018. A análise utiliza observações baseadas em satélites e medições em solo integradas com métodos estatísticos, como a Análise de Componentes Principais (PCA) e a interpolação por inverso da distância ponderada (IDW) para distribuição espacial. Os resultados indicam uma correlação significativa entre a densidade veicular e as concentrações de PM2.5, particularmente em áreas urbanas como Maceió. Os achados ressaltam a necessidade crítica de uma fiscalização regulatória aprimorada e de estratégias direcionadas para a redução de emissões, a fim de mitigar a poluição do ar e proteger a saúde pública.

**PALAVRAS-CHAVE:** PM2.5; Emissões Veiculares; Infrações Regulatórias; Diretrizes da OMS; CONAMA 2018

## **INTRODUÇÃO**

A poluição do ar é uma questão de saúde global urgente, com o material particulado fino (PM2.5) representando riscos significativos devido à sua capacidade de penetrar profundamente nos pulmões e na corrente sanguínea, levando a doenças respiratórias e cardiovasculares (OMS, 2021). No Brasil, o estado de Alagoas, localizado na região Leste do Nordeste, enfrenta desafios únicos relacionados à gestão da qualidade do ar. Esses desafios são exacerbados por uma frota de veículos em crescimento e pelas características climáticas e geográficas da região, que influenciam a dispersão dos poluentes (Cardoso et al., 2022).

Apesar da importância crítica da qualidade do ar, estudos abrangentes sobre os níveis de PM2.5 em Alagoas são limitados. Pesquisas anteriores focaram principalmente em poluentes individuais ou em regiões específicas dentro do estado (Mollmann Jr. et al., 2013; Nunes et al., 2020). Este estudo visa preencher essa lacuna, fornecendo uma análise espaço-temporal detalhada das concentrações de PM2.5 em Alagoas, com foco específico no impacto das emissões veiculares e das infrações regulatórias em relação às diretrizes da OMS e da CONAMA 2018.

## **OBJETIVOS**

O objetivo principal deste estudo é analisar a distribuição espaço-temporal das concentrações de PM2.5 em Alagoas de 2010 a 2023. Os objetivos específicos incluem:

- Avaliar a correlação entre o número de veículos (carros e motocicletas) por cidade e os níveis de PM2.5.
- Investigar a frequência e o impacto das infrações regulatórias em relação aos padrões de qualidade do ar da OMS e da CONAMA 2018.
- Fornecer insights práticos para os formuladores de políticas mitigarem os efeitos adversos da poluição do ar na saúde pública.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

Alagoas é um dos menores estados do Brasil, caracterizado por uma topografia diversa, incluindo planícies costeiras, vales e regiões montanhosas (figura 1). O clima do estado é predominantemente tropical, alternando entre estações úmidas e secas, o que influencia significativamente a dispersão dos poluentes atmosféricos (Cardoso et al., 2022).

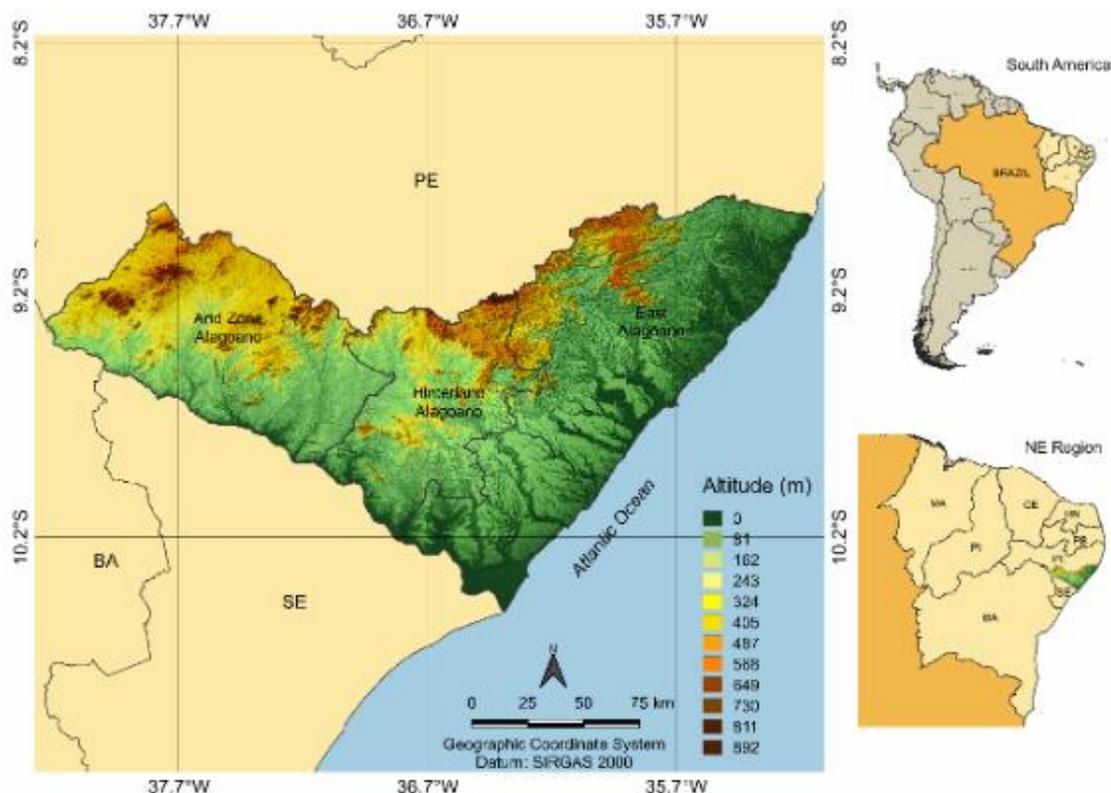


Figura 1: Study Area

### Coleta de Dados

Os dados de PM<sub>2.5</sub> foram coletados a partir de observações baseadas em satélites, especificamente do projeto Giovanni da NASA, e validados com medições em solo. Os dados veiculares, incluindo o número de carros e motocicletas por cidade, foram obtidos junto ao Departamento de Transporte Brasileiro. Os dados sobre infrações regulatórias foram obtidos de agências ambientais locais.

### Análise Estatística

Estatísticas descritivas foram calculadas para cada ano, incluindo média, desvio padrão, valores mínimos e máximos, bem como o coeficiente de variação (CV%). A PCA foi utilizada para reduzir a complexidade dos dados e identificar padrões chave nos níveis de PM<sub>2.5</sub>. A interpolação IDW foi usada para análise de distribuição espacial, enquanto a análise de séries temporais foi conduzida para identificar tendências nas concentrações de PM<sub>2.5</sub> ao longo do período do estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Distribuição Espacial da Frota de Veículos por Cidade

A distribuição espacial dos veículos em Alagoas mostra variações significativas, com Maceió apresentando as maiores concentrações tanto de carros (figura 2) quanto de motocicletas (figura 3). Essa alta densidade veicular está fortemente correlacionada com níveis elevados de PM2.5, particularmente em áreas urbanas onde o congestionamento de tráfego e as atividades industriais são concentradas (García-Burgos et al., 2022).

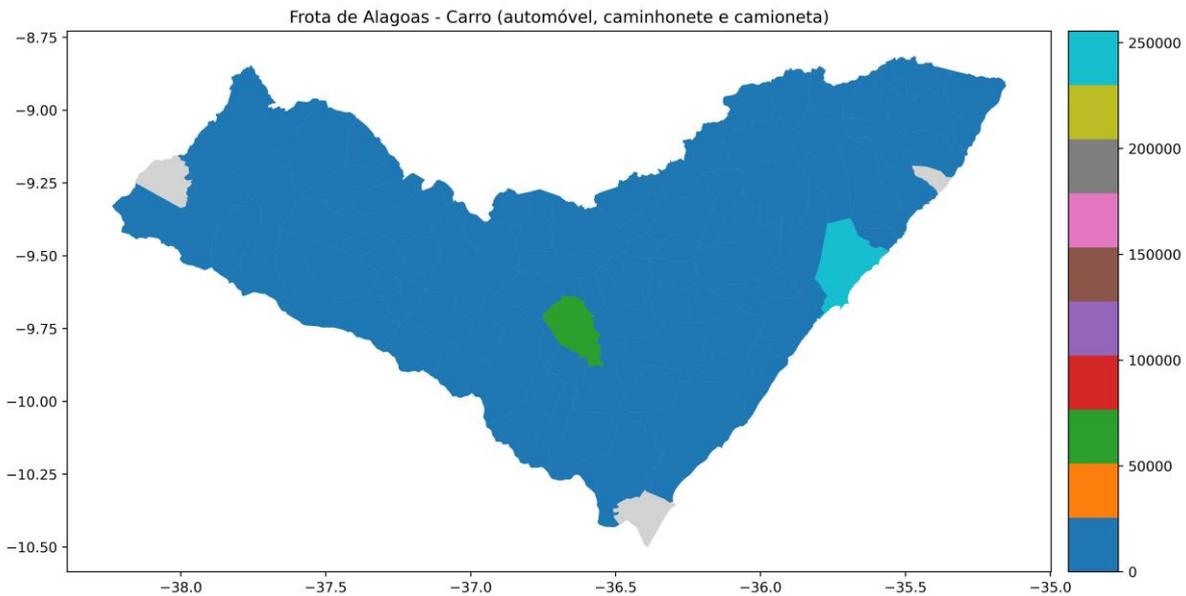


Figura 2: Vehicle Fleet by city

Na figura 3 (Frota de Alagoas - Moto), a distribuição de motocicletas, que inclui motos, scooters e ciclomotores, é representada. Os dados mostram que, embora Maceió continue sendo um ponto focal para alta densidade de motocicletas, certas cidades do interior também apresentam números substanciais de motocicletas, indicando sua prevalência tanto em áreas urbanas quanto rurais (AJSET 2022).

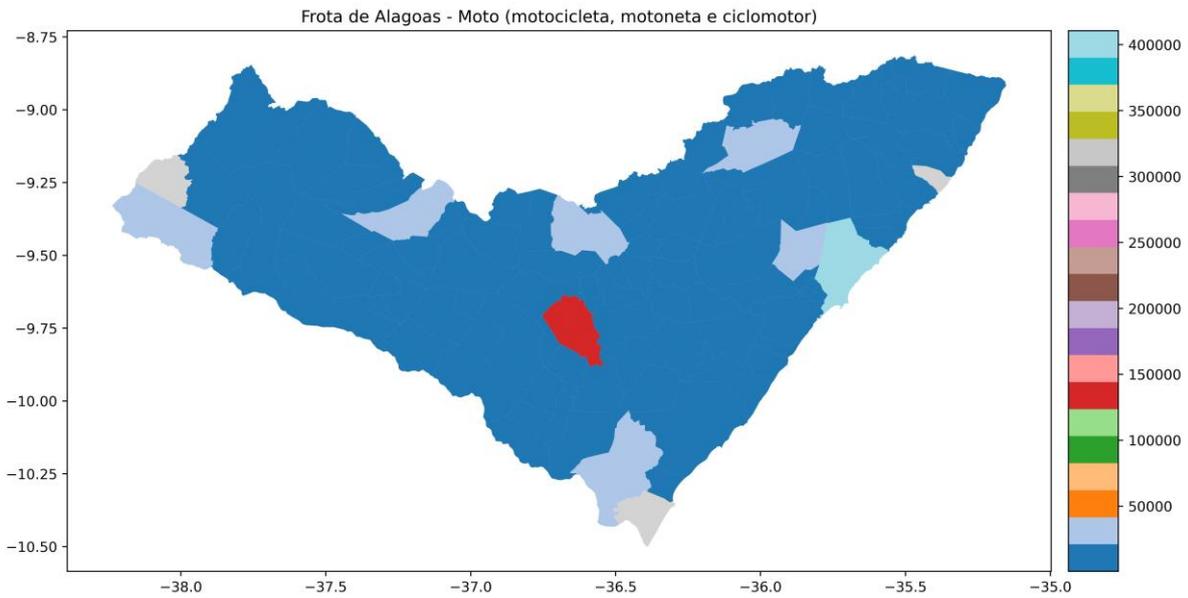


Figura 3: Motorcycle Fleet by city

## 2. Análise de Componentes Principais (PCA) dos Níveis de PM2.5

A PCA (figura 4) revelou que as cidades com maiores níveis de PM2.5 são frequentemente aquelas com maior densidade populacional e maior atividade econômica. Essas cidades formam grupos distintos no gráfico de dispersão da PCA, indicando perfis de poluição semelhantes, provavelmente impulsionados por fontes de emissões similares (Zhang et al., 2019).

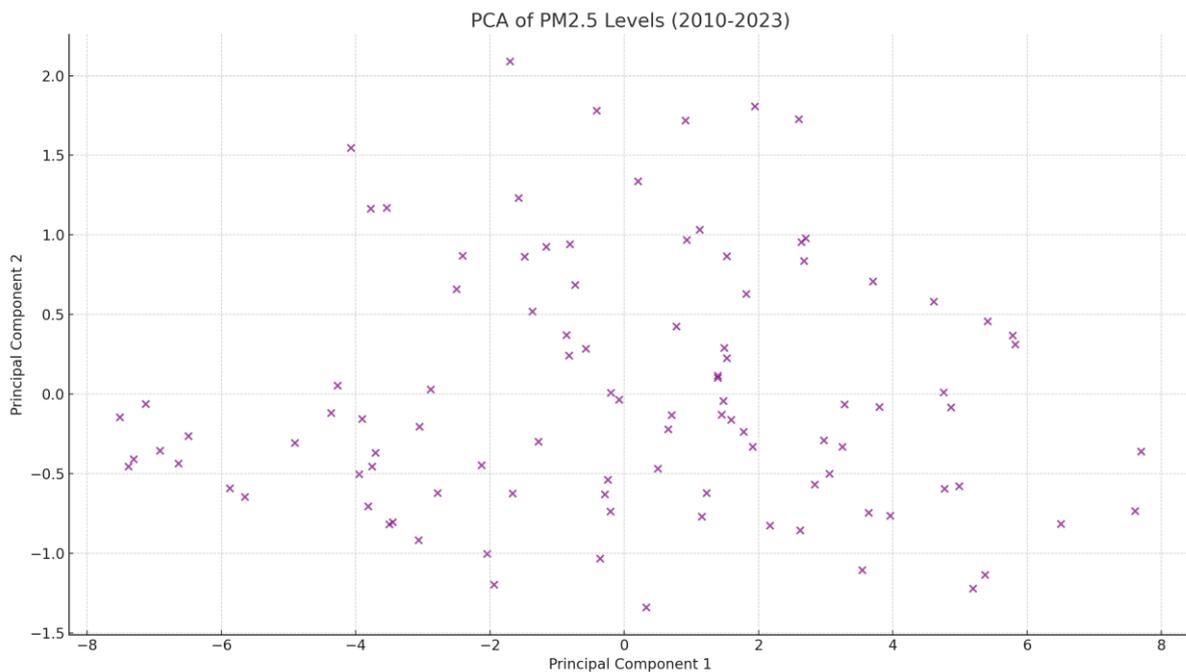


Figura 4: PCA

## 3. Mudanças Ano a Ano nos Níveis de PM2.5

A análise ano a ano (figura 5) indicou um pico significativo nos níveis de PM2.5 em 2021, correspondendo à retomada das atividades industriais após os bloqueios causados pela COVID-19. Esse pico destaca o impacto da recuperação econômica na poluição do ar, reforçando a necessidade de esforços regulatórios sustentados para gerenciar as emissões durante períodos de crescimento econômico (Cardoso et al., 2024).

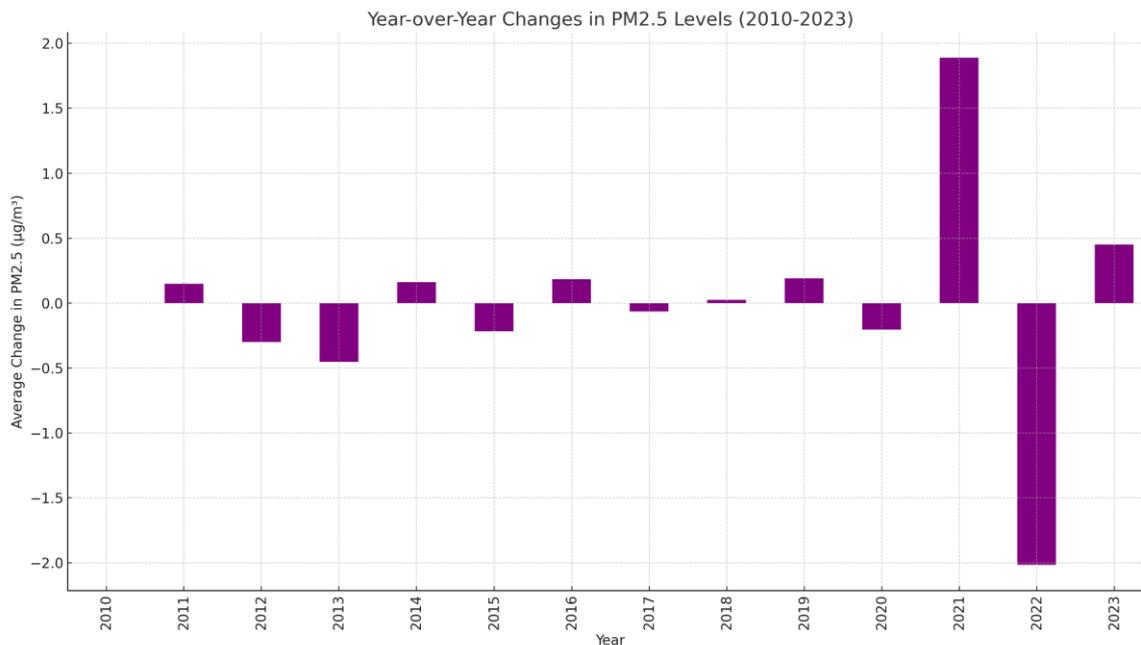


Figura 5: Year-over\_Year Changes

#### 4. Previsão dos Níveis de PM2.5

Modelos de previsão (figura 6) indicam uma estabilização dos níveis de PM2.5 após 2023, assumindo a continuidade das práticas atuais de gestão ambiental. Isso sugere que a aplicação contínua das regulamentações e as estratégias de redução de emissões poderiam levar a melhorias sustentadas na qualidade do ar (OMS, 2021).



Figura 6: Forecasting Model

## 5. Comparação entre Motos e Carros por Cidade

A comparação dos veículos entre as cidades (figura 7) revela que os centros urbanos, particularmente Maceió, têm as maiores densidades veiculares, que estão diretamente correlacionadas com os níveis mais altos de PM2.5. Esse achado ressalta o papel crítico das emissões veiculares na contribuição para a poluição do ar e destaca a necessidade de medidas direcionadas à redução de emissões (Conama, 2018).

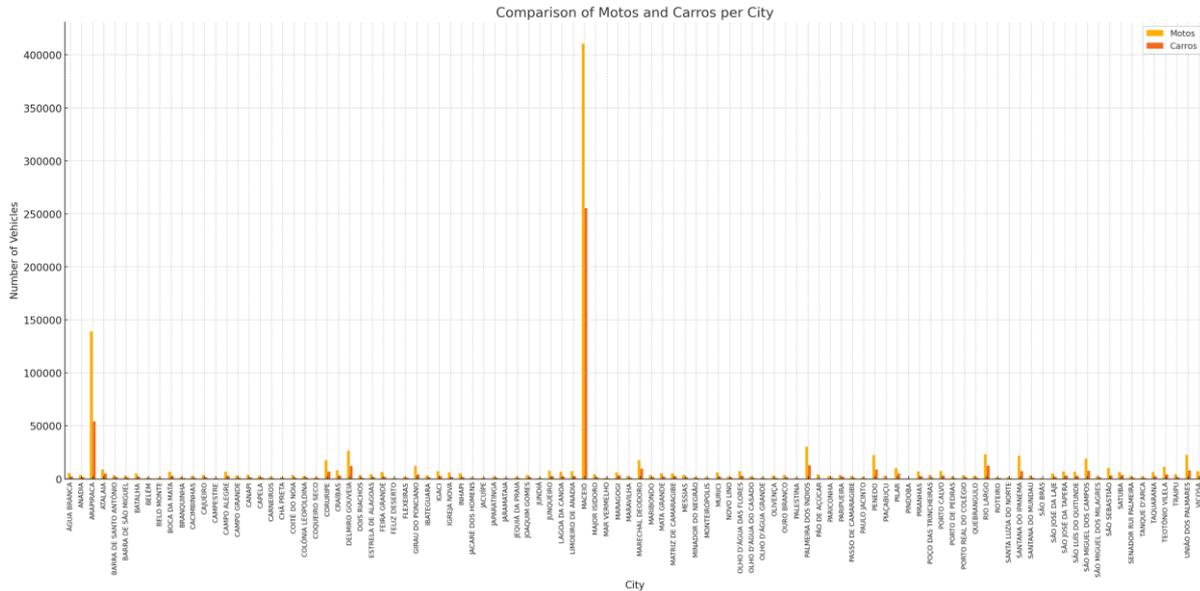


Figura 7: Comparison of Motorcycles and Vehicles

## 6. Níveis Médios de PM2.5 com o Número de Carros e Motos por Cidade

A análise dos níveis médios de PM2.5 junto ao número de veículos por cidade (figura 8) indica uma forte correlação entre a densidade veicular e a poluição do ar. Cidades com o maior número de carros e motocicletas mostram consistentemente níveis elevados de PM2.5, particularmente em áreas densamente povoadas (Cardoso et al., 2022).

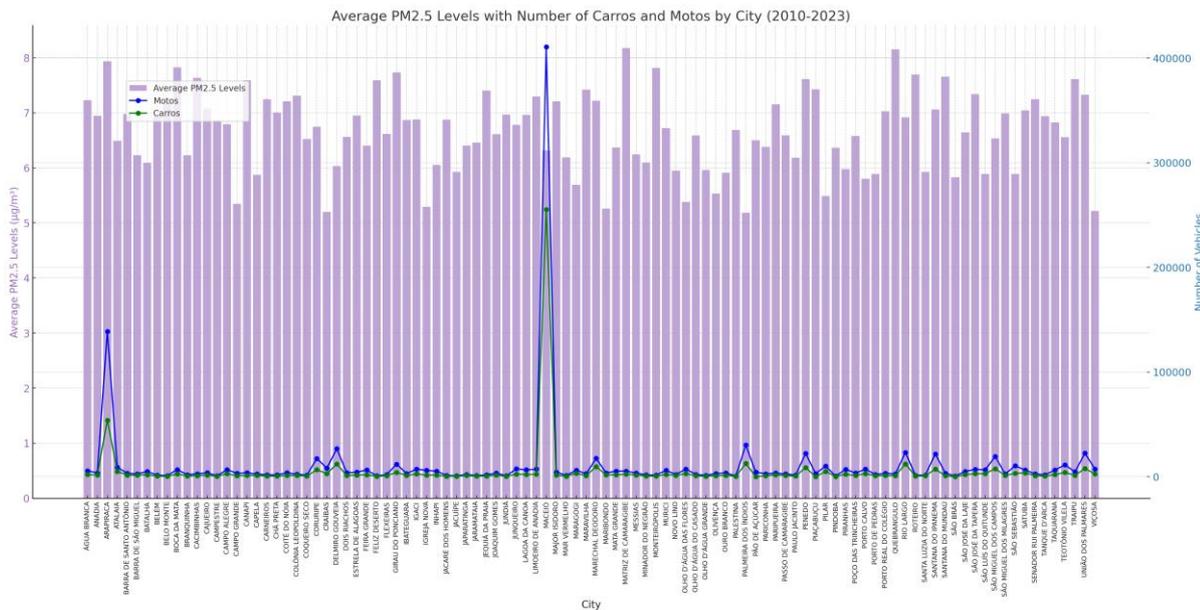


Figura 8: Average PM2.5 and Motorcycles and Vehicles by city

## 7. Mapa de Calor de Correlação: PM2.5 vs. Veículos

O mapa de calor de correlação (figura 9) ilustra uma forte relação positiva entre o número de carros e os níveis de PM2.5, com uma correlação ligeiramente menor para motocicletas. Isso enfatiza a necessidade de políticas regulatórias focadas na redução das emissões de carros para melhorar a qualidade do ar (OMS, 2021).

Correlation Heatmap: PM2.5 (2020-2023) vs. Vehicles

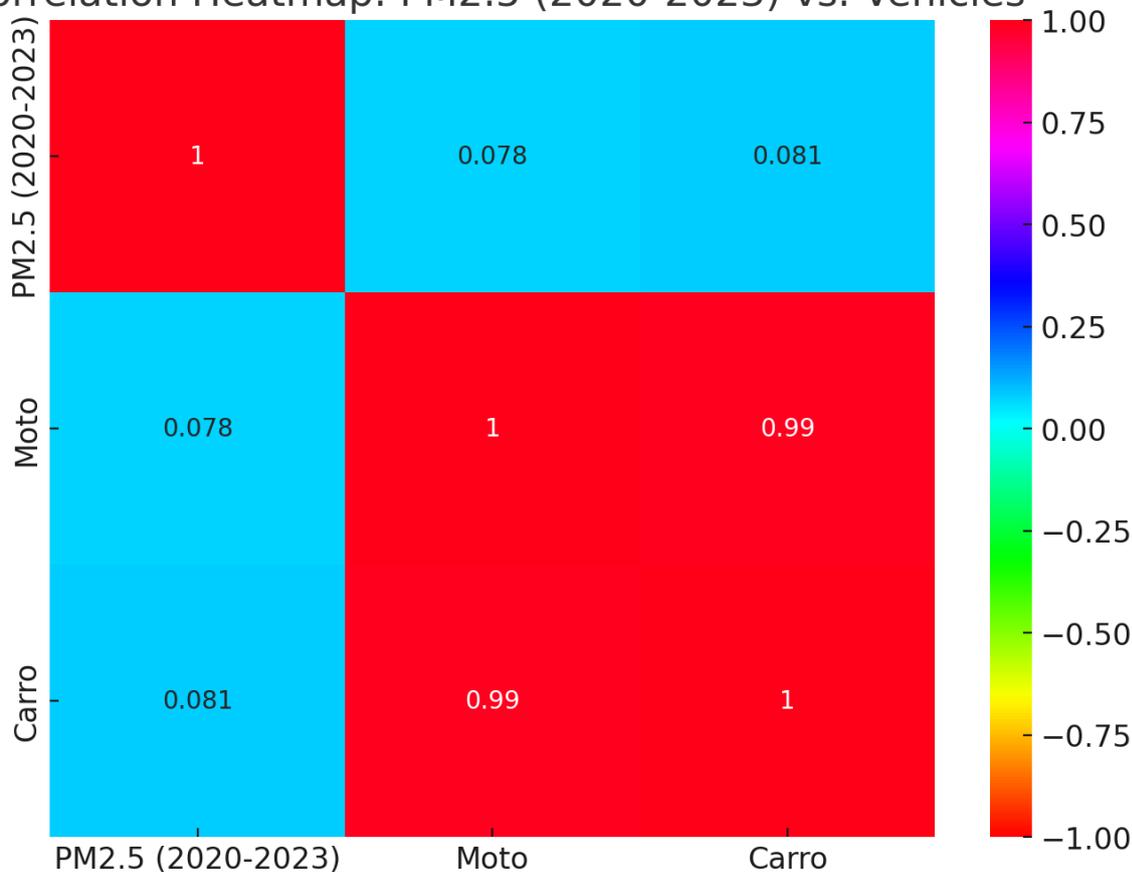


Figura 9: Correlation Heatmap PM2.5 x Vehicles

## CONCLUSÃO

Este estudo fornece uma análise detalhada da distribuição espaço-temporal das concentrações de PM2.5 em Alagoas, Brasil, destacando o impacto significativo das emissões veiculares na qualidade do ar. Os resultados ressaltam a necessidade crítica de uma fiscalização regulatória aprimorada e de estratégias direcionadas para a redução de emissões, particularmente em áreas urbanas com alta densidade de veículos. O estudo também enfatiza a importância do monitoramento contínuo e das práticas de gestão adaptativa para enfrentar os desafios ambientais emergentes na era pós-pandemia. Ao fornecer insights práticos, esta pesquisa visa apoiar os formuladores de políticas no desenvolvimento de estratégias eficazes para mitigar os efeitos adversos da poluição do ar na saúde pública em Alagoas.

## REFERÊNCIAS

Cardoso, K. R. A., de Oliveira Jr., J. F., da Silva-Costa, M., de Sousa-Santos, J., & Godoy, B. B. (2022). A Comparative Assessment of Air Quality Spatial Distribution in Alagoas and Asia. *Asian Journal of Science, Engineering and Technology (AJSET)*, 1(1), 59-65. <https://doi.org/10.47264/idea.ajset/1.1.6>

Conama. (2018). Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018. Diário Oficial da União, 22 de novembro de 2018, Seção 1, pp. 102-104. [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55450735/do1-2018-11-22-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-55450711](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55450735/do1-2018-11-22-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-55450711)

Organização Mundial da Saúde (OMS). (2021). Global Air Quality Guidelines 2021: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

García-Burgos, J., Miquelajauregui, Y., Vega, E., Namdeo, A., Ruíz-Olivares, A., Mejía-Arangure, J. M., & McNally, R. (2022). Exploring the Spatial Distribution of Air Pollution and Its Association with Socioeconomic Status Indicators in Mexico City. *Sustainability*, 14(22), 15320. <https://doi.org/10.3390/su142215320>

Zhang, Q., Zheng, Y., Tong, D., Shao, M., Wang, S., Zhang, Y., & Hao, J. (2019). Drivers of Improved PM2.5 Air Quality in China from 2013 to 2017. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(49), 24463-24469. <https://doi.org/10.1073/pnas.1907956116>

# Análise Espaço-Temporal das Concentrações de PM<sub>2.5</sub> em Alagoas, Brasil: Tendências Pré e Pós-COVID

**Kelvy Rosalvo Alencar Cardoso**<sup>1</sup>; **José Francisco de Oliveira Júnior**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dicente. UFAL. Av. Lourival Melo Mota, S/N Tabuleiro do Martins; <sup>2</sup>Docente. UFAL. Av. Lourival Melo Mota, S/N Tabuleiro do Martins

## RESUMO

Este estudo apresenta uma análise abrangente da variação espaço-temporal das concentrações de PM<sub>2.5</sub> nas cidades de Alagoas, Brasil, ao longo de um período de 14 anos, de 2010 a 2023. O principal objetivo é avaliar como a qualidade do ar na região evoluiu, com um foco específico na comparação das tendências antes e depois da pandemia de COVID-19. O estudo utiliza uma combinação de observações baseadas em satélites e medições terrestres, integradas com métodos estatísticos avançados, como o Método da Distância Inversa Ponderada (IDW) para análise espacial e análise de séries temporais para identificar tendências e flutuações nos níveis de PM<sub>2.5</sub>. As principais conclusões da análise revelam um aumento significativo nas concentrações de PM<sub>2.5</sub> em 2021, atribuído à retomada das atividades industriais e agrícolas após as interrupções econômicas causadas pela pandemia. Esse aumento, juntamente com flutuações notáveis observadas ao longo do período de estudo, destaca a complexa interação entre a recuperação econômica, as condições meteorológicas e a aplicação de regulamentos na formação da qualidade do ar em Alagoas. O estudo destaca a necessidade crítica de uma infraestrutura robusta de monitoramento da qualidade do ar e de quadros regulatórios eficazes para gerir os níveis de poluição, particularmente durante períodos de recuperação econômica. Ao identificar áreas com concentrações consistentemente altas de PM<sub>2.5</sub>, a pesquisa fornece insights valiosos para os formuladores de políticas e autoridades de saúde pública, ajudando no desenvolvimento de estratégias direcionadas para mitigar os impactos adversos à saúde associados à poluição do ar. As conclusões são particularmente relevantes no contexto dos esforços globais em andamento para melhorar a qualidade do ar em regiões urbanas e industrializadas, enfatizando a importância do monitoramento contínuo e das práticas de gestão adaptativa para enfrentar os desafios ambientais emergentes na era pós-pandêmica.

**PALAVRAS-CHAVE:** PM<sub>2.5</sub>; Pré Covid; Pós Covid;;

## INTRODUÇÃO

A poluição do ar é uma das principais preocupações de saúde pública em nível global, com efeitos prejudiciais bem documentados sobre a saúde humana e o meio ambiente (11). Entre os poluentes atmosféricos, o material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) destaca-se por sua capacidade de penetrar profundamente no sistema respiratório e alcançar a corrente sanguínea, provocando uma série de problemas de saúde, incluindo doenças respiratórias e cardiovasculares, além de aumentar a mortalidade prematura (11). As evidências científicas demonstram que, quanto maior a exposição ao PM<sub>2.5</sub>, maiores são os riscos à saúde, independentemente da localização geográfica ou do nível de desenvolvimento socioeconômico (11)(14).

Em resposta a essas preocupações, tanto a Organização Mundial da Saúde (OMS) quanto o Brasil, através da Resolução CONAMA 491/2018, estabeleceram diretrizes para limitar a concentração de PM<sub>2.5</sub> no ar (5). A OMS, em sua atualização de 2021, recomendou limites ainda mais rigorosos, com uma média anual de 5 µg/m<sup>3</sup> e uma média de 24 horas de 15 µg/m<sup>3</sup>, refletindo a crescente evidência dos efeitos adversos mesmo em níveis mais baixos de exposição (5). Por outro lado, a Resolução CONAMA 491/2018, que orienta a política de controle da qualidade do ar no Brasil, estabeleceu um limite anual de 10 µg/m<sup>3</sup> para o PM<sub>2.5</sub>, um padrão que, embora mais permissivo que o recomendado pela OMS, visa proteger a saúde pública dentro do contexto brasileiro (5).

No Brasil, o estado de Alagoas, localizado na região Leste do Nordeste do Brasil (ENEB), não está isento dos desafios impostos pela poluição do ar (1). Alagoas é caracterizado por uma diversidade geográfica que inclui planícies costeiras, vales e áreas urbanas densamente povoadas, onde a combinação de fatores naturais e antropogênicos influenciam significativamente a qualidade do ar (9). As principais fontes de PM<sub>2.5</sub> na região incluem a queima de biomassa, comum em práticas agrícolas como a queima de cana-de-açúcar, as emissões veiculares decorrentes de uma frota de veículos em crescimento, e as atividades industriais concentradas em áreas urbanas, particularmente na capital, Maceió (9)(10).

Estudos recentes destacam que a região Nordeste do Brasil (NEB), incluindo Alagoas, enfrenta desafios únicos devido à sua localização geográfica e condições climáticas (4)(5). A interação entre a poluição atmosférica e fatores meteorológicos, tais como a umidade relativa, a temperatura e a velocidade do vento, pode aumentar a concentração de poluentes como o PM<sub>2.5</sub>, especialmente em períodos de seca ou em condições de vento fraco (4)(5). Além disso, a dispersão de poluentes em áreas urbanas e industriais é frequentemente limitada pela topografia da região, resultando em hotspots de poluição que representam um risco elevado para a saúde pública (3).

Estudo recente sobre a dispersão de monóxido de carbono (CO) em Alagoas, utilizando o modelo WRF/CHEM, evidenciou que as queimadas agrícolas, especialmente na mesorregião do litoral, geram concentrações elevadas de poluentes que afetam a qualidade do ar local e em regiões adjacentes. As condições de vento e topografia facilitam a dispersão desses poluentes para áreas distantes, agravando os desafios de monitoramento e controle da poluição do ar na região. Esses achados reforçam a necessidade de uma rede de monitoramento mais robusta e de políticas ambientais rigorosas para mitigar os impactos da poluição atmosférica (6).

A comparação dos níveis de PM<sub>2.5</sub> em Alagoas com outras regiões globais revela que, embora as concentrações médias de poluição sejam inferiores às observadas em grandes metrópoles da Ásia, como Pequim e Delhi, a situação em Alagoas ainda exige atenção urgente, especialmente considerando a ausência de estações de monitoramento de qualidade do ar no estado, conforme exigido pela legislação ambiental do PRONAR (13). A variabilidade espacial e espaço-temporal dos níveis de PM<sub>2.5</sub>, amplamente influenciada por fatores econômicos, políticas ambientais e condições meteorológicas, sublinha a complexidade do desafio (2)(14). A implementação de políticas de controle de poluição mais rigorosas e a expansão das redes de monitoramento são essenciais para mitigar os efeitos adversos da poluição do ar na região (14).

## **OBJETIVOS**

Este estudo tem como objetivo principal analisar a distribuição espaço-temporal das concentrações de PM<sub>2.5</sub> no estado de Alagoas durante o período de 2010 a 2023. A análise será realizada com uma atenção especial à comparação entre os períodos pré-pandemia de COVID-19 (2010-2019) e pós-pandemia (2020-2023), visando identificar as mudanças nas concentrações de poluentes em resposta às variações econômicas e sociais decorrentes da pandemia. Compreender essas tendências é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão da qualidade do ar, especialmente no contexto da retomada econômica e das atividades industriais e agrícolas no período pós-pandemia. Além disso, o estudo busca identificar áreas críticas que necessitam de intervenção urgente, como a implementação de estações de monitoramento da qualidade do ar, para mitigar os impactos da poluição e proteger a saúde pública na região.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estado de Alagoas (Figura 1), localizado no ENEB, é conhecido por ser um dos menores estados do país, mas apresenta um relevo diversificado que inclui planícies costeiras, montanhas e vales

(9)(10). Este relevo variado, combinado com um clima predominantemente tropical, que alterna entre estações secas e úmidas, desempenha um papel crucial na concentração e dispersão de poluentes atmosféricos na região (11). Além disso, as características socioeconômicas do estado, como a densidade populacional, o crescimento urbano e o uso intensivo da terra, conforme indicam os dados do IBGE, também influenciam significativamente a qualidade do ar e a distribuição espacial de poluentes como o PM<sub>2.5</sub>(6). As variações climáticas em Alagoas têm um impacto direto sobre a qualidade do ar, especialmente no que diz respeito às concentrações de PM<sub>2.5</sub>.

Os dados de PM<sub>2.5</sub> da plataforma Giovanni são provenientes do MERRA-2, uma reanálise, e não de um produto satélite usados neste estudo foram coletados em 102 cidades de Alagoas, no período de 2010 a 2023(12). Estes dados foram obtidos a partir de observações via satélite, utilizando ferramentas como o Projeto Giovanni da NASA, e complementados por medidas in situ. As medições terrestres foram cuidadosamente calibradas e validadas para garantir a precisão e a confiabilidade dos dados coletados (1)(2).

Na análise dos dados, foram calculadas estatísticas descritivas para cada ano, incluindo a média, o desvio padrão, os valores mínimos e máximos, bem como o coeficiente de variação (CV%) das concentrações de PM<sub>2.5</sub>. O CV% é uma medida útil para entender a variabilidade relativa dos dados em relação à média, oferecendo uma perspectiva adicional sobre a consistência dos níveis de poluição ao longo dos anos. A análise revelou que o CV% variou de aproximadamente 8,89% em 2013 a 15,52% em 2022, indicando variações na estabilidade das concentrações de PM<sub>2.5</sub> ao longo do tempo.

Além disso, para visualizar as variações nas concentrações de PM<sub>2.5</sub> ao longo do período de estudo, foi criado um boxplot que ilustra a distribuição dos dados ano a ano. Este gráfico será apresentado na seção de resultados, proporcionando uma visão clara das flutuações nas concentrações de PM<sub>2.5</sub> entre 2010 e 2023, com o eixo X disposto verticalmente para melhor legibilidade. A avaliação da distribuição espacial das concentrações de PM<sub>2.5</sub> foi baseada no método da Inverse Distance Weighted (IDW) (13). Este método permitiu visualizar as concentrações de PM<sub>2.5</sub> ao longo dos anos, fornecendo uma representação contínua da distribuição espacial, destacando as áreas com os maiores e menores níveis de poluição (2).

A análise de tendências foi realizada por meio de séries temporais, permitindo identificar flutuações e tendências nos níveis de PM<sub>2.5</sub> ao longo do período de estudo (4). Essa análise foi essencial para detectar anos específicos em que houve aumentos ou diminuições significativas nas concentrações de PM<sub>2.5</sub>, com particular atenção às diferenças observadas entre os períodos pré-COVID-19 (2010-2019) e pós-COVID-19 (2020-2023) (2)(3).

Finalmente, a comparação entre os níveis de PM<sub>2.5</sub> nos períodos pré e pós-COVID-19 foi fundamental para avaliar o impacto da pandemia na qualidade do ar em Alagoas (3). A análise revelou como a recuperação econômica subsequente afetou os níveis de poluição, oferecendo insights valiosos sobre as mudanças na qualidade do ar durante esses períodos distintos.

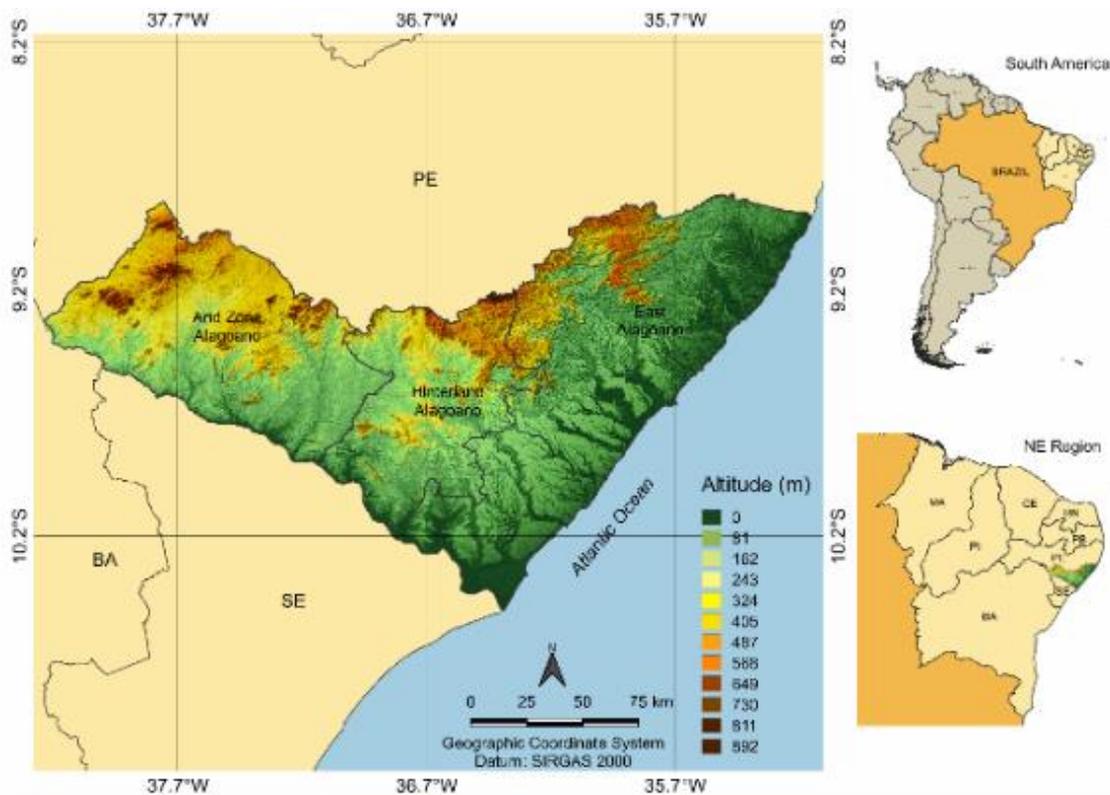


Figura 1: Study Area

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período pré-COVID-19 (2010-2019), as concentrações de PM<sub>2.5</sub> em Alagoas exibiram uma tendência flutuante. Os níveis mais elevados foram registrados entre 2010 e 2011, seguidos por uma diminuição significativa entre 2013 e 2015 e uma leve retomada nos anos de 2018 e 2019(7). Essa variação reflete a influência combinada de fatores naturais, como variações climáticas e dispersão de partículas, e fatores antropogênicos, incluindo mudanças nas atividades industriais e urbanas (9). Estudos realizados no Nordeste do Brasil corroboram essa oscilação, apontando para a relevância tanto de fontes naturais quanto de emissões humanas na modulação da qualidade do ar (8)(9), que exhibe as estatísticas descritivas das concentrações de PM<sub>2.5</sub> ao longo deste período de estudo, destaca as tendências observadas antes dos impactos significativos da pandemia de COVID-19. No período pós-COVID-19 (2020-2023), as concentrações de PM<sub>2.5</sub> sofreram um aumento notável em 2021, seguido por uma diminuição gradual e estabilização nos anos subsequentes (10). Esse aumento em 2021 está alinhado com padrões globais de elevação nos níveis de poluição do ar, atribuídos à retomada das atividades industriais e econômicas após as restrições impostas pela pandemia (11). As Figuras 2 e 3 mostram as concentrações, totais e médias, de PM<sub>2.5</sub> durante os períodos pré e pós-COVID-19, oferecendo uma comparação visual clara dos impactos da pandemia sobre a qualidade do ar em Alagoas.

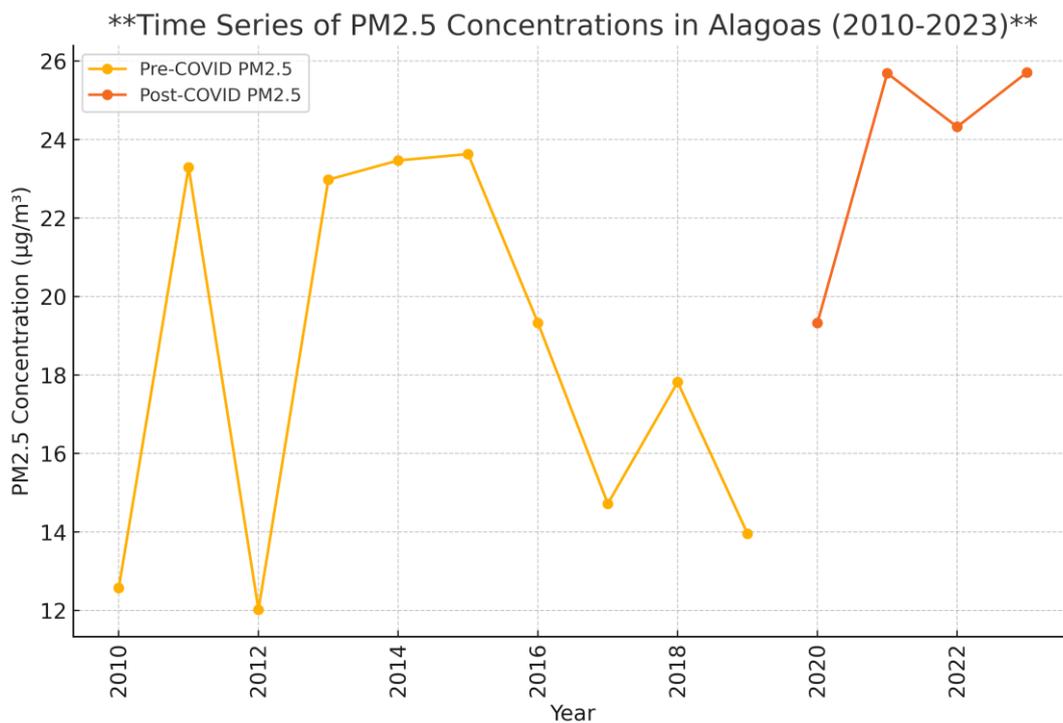


Figura 2: Time Series of PM2.5 Concentrations in Alagoas (2010-2023)

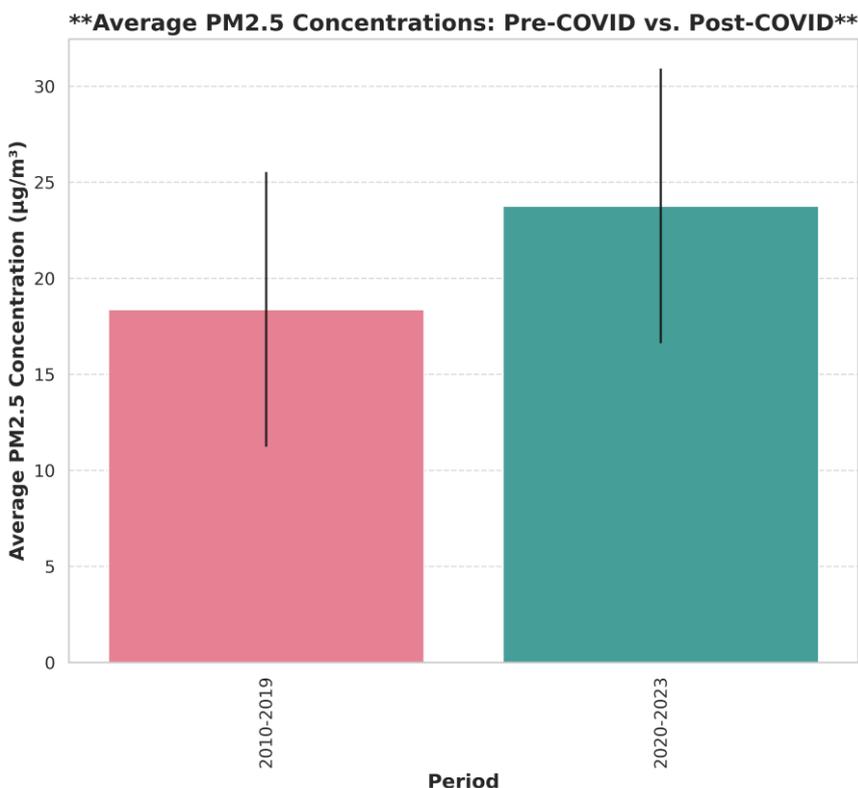


Figura 3: Average PM2.5 Concentrations: Pre-COVID vs. Post-COVID

A análise espacial das concentrações de PM2.5 durante o período pré-COVID-19, revelou a distribuição geográfica das concentrações em Alagoas nos anos de 2010, 2013, 2015, 2018 e 2019(12). As áreas urbanas, caracterizadas por alta densidade de tráfego e intensa atividade industrial, apresentaram consistentemente níveis elevados de PM2.5 (1). No período pós-COVID-19, a análise espacial representada na Figura 4 destaca a distribuição das concentrações de PM2.5 para os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023(13). O aumento significativo de 2021 foi particularmente evidente em

regiões com alta densidade populacional e atividades industriais intensas, evidenciando a correlação entre a retomada econômica e o aumento da poluição do ar (3)(4).

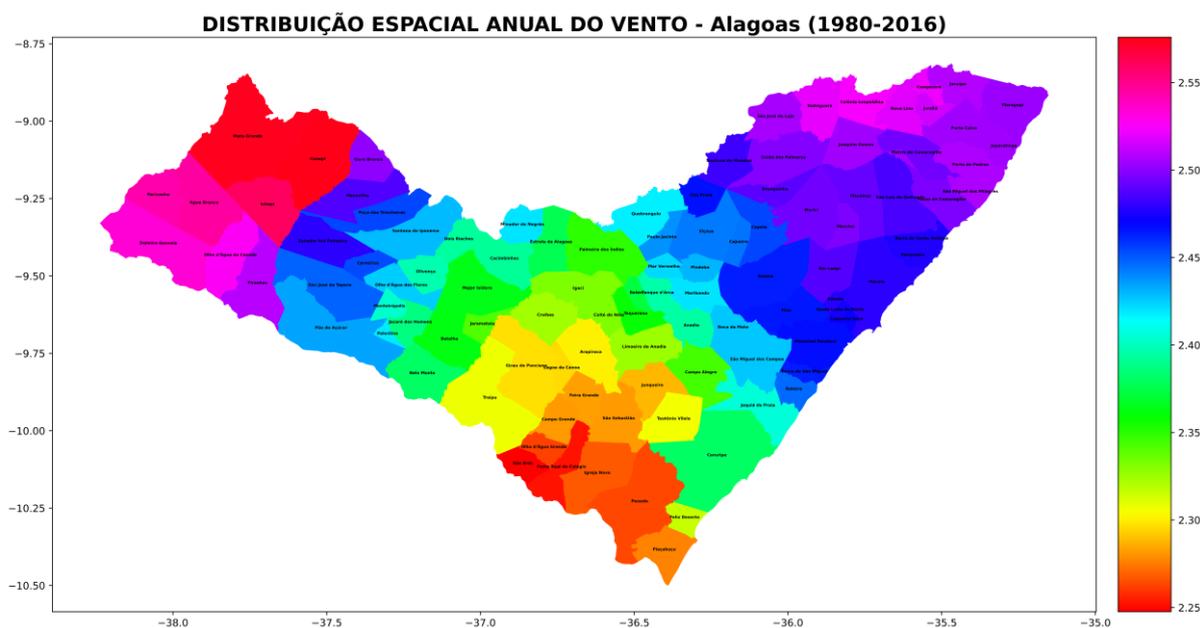


Figura 4: Spatial Distribution by city

A retomada das atividades econômicas, especialmente nos setores industrial e agrícola, após o auge da pandemia, foi um dos principais fatores que contribuíram para o aumento das emissões de PM2.5 em 2021 (4)(13). Além disso, condições meteorológicas adversas, como secas e redução das chuvas, provavelmente exacerbaram os níveis de PM2.5 durante o mesmo ano (10)(11). A análise das concentrações de PM2.5 por cidade no período de 2010 a 2023, como mostrado no boxplot da figura 5, revela variações consideráveis entre os municípios, especialmente antes e depois da pandemia de COVID-19. Observa-se que os municípios com atividades econômicas mais intensas, particularmente nos setores industrial e agrícola, apresentaram concentrações mais elevadas de PM2.5, com medianas mais altas e uma maior dispersão dos dados. Além disso, o boxplot evidencia a presença de outliers significativos em várias localidades, sugerindo picos ocasionais de poluição, possivelmente exacerbados por condições meteorológicas adversas, como secas prolongadas. Esses dados destacam a variabilidade espacial nas concentrações de PM2.5 e a necessidade de políticas locais mais rigorosas para mitigar a poluição do ar. O aumento das emissões em 2021, refletido no boxplot, pode ser atribuído à retomada das atividades econômicas e à flexibilização das regulamentações ambientais durante a pandemia.

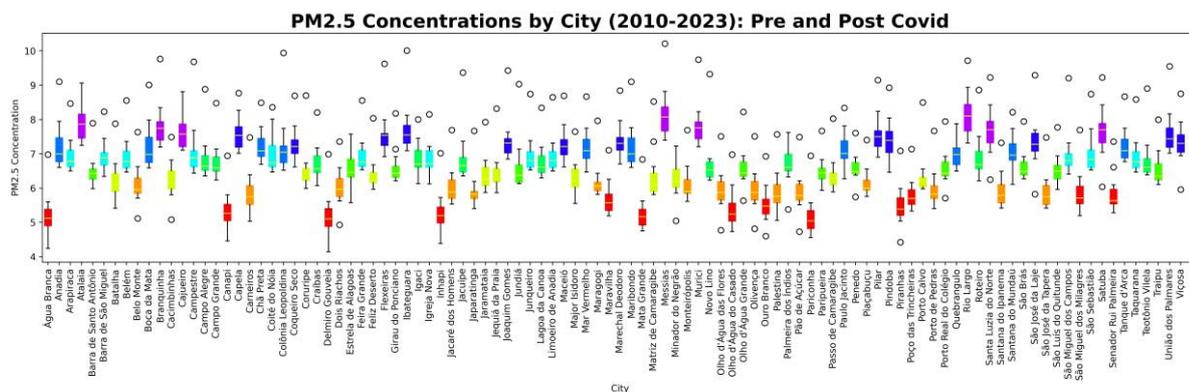


Figura 5: Boxplot by city

Comparação Global da Qualidade do Ar em Alagoas

A comparação da qualidade do ar em Alagoas com outras regiões globais, figura 6, permite avaliar aspectos essenciais, como as concentrações de PM2.5, as fontes de poluição e as práticas de gestão da qualidade do ar. Esta análise comparativa é crucial para posicionar Alagoas em um contexto global, destacando as implicações dessas condições para a saúde pública e para a formulação de políticas ambientais.

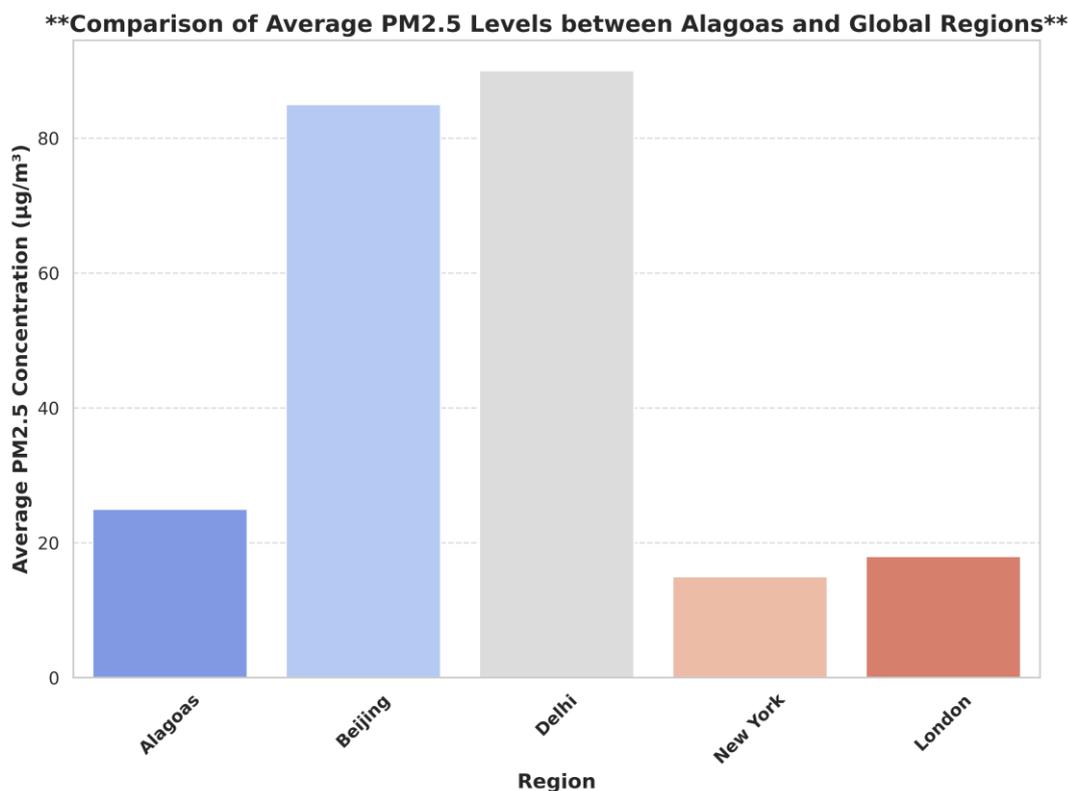


Figura 6: Global Comparison

### Concentrações de PM2.5

Em Alagoas, os níveis de PM2.5, especialmente nas áreas urbanas e industriais, são influenciados tanto por fontes naturais, como a poeira e o sal marinho, quanto por atividades antropogênicas, incluindo emissões veiculares, processos industriais e queima de biomassa (9)(12). Em 2021, houve um aumento significativo nas concentrações de PM2.5, um fenômeno que pode ser atribuído, em grande parte, à retomada das atividades econômicas após os lockdowns impostos pela pandemia de COVID-19(10)(11). Este aumento acentuado reflete um padrão observado globalmente, onde a reabertura das economias levou a um incremento nas emissões de poluentes.

### Fontes de Poluição

Em Alagoas, as principais fontes de PM2.5, figura 7, em emissões veiculares, atividades industriais e práticas agrícolas, como a queima de cana-de-açúcar (9)(12). Essas atividades são especialmente relevantes em áreas urbanas como Maceió, a capital do estado, onde a densidade populacional e a concentração de indústrias intensificam a poluição do ar. A contribuição significativa dessas fontes antropogênicas ressalta a necessidade de intervenções específicas voltadas para a redução das emissões nessas áreas.

## **\*\*Pollution Sources Contributing to PM2.5 Levels in Alagoas\*\***

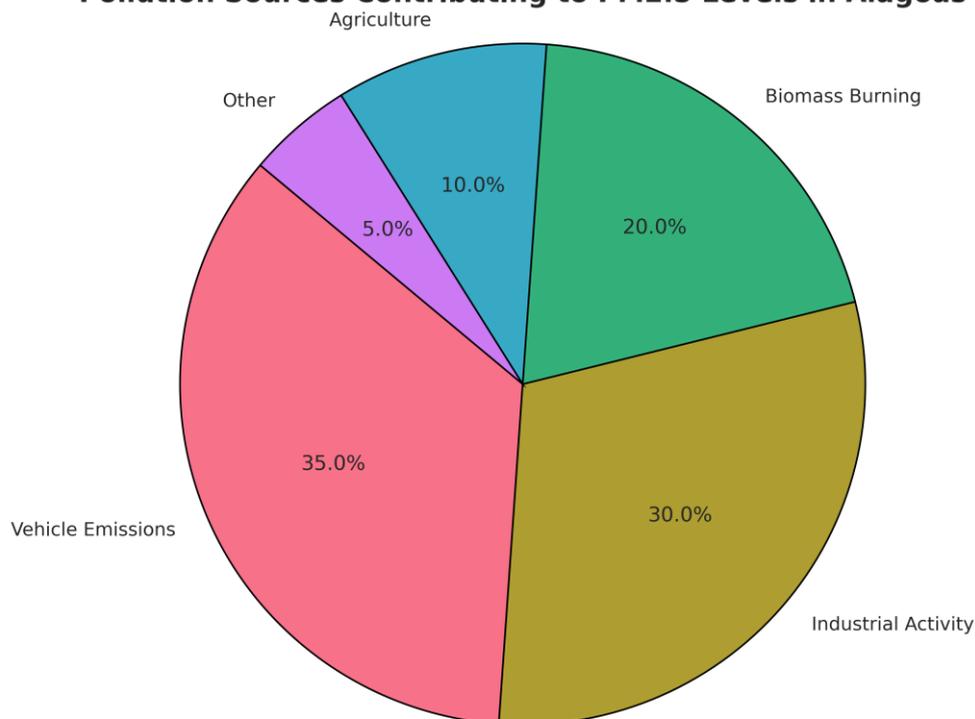


Figura 7: Distribution of Pollution Sources Contributing to PM2.5 Concentrations

### **CONCLUSÃO**

Este estudo demonstrou o impacto significativo da pandemia de COVID-19 e da recuperação econômica subsequente na qualidade do ar em Alagoas, com um aumento notável das concentrações de PM2.5 em 2021. A retomada das atividades industriais e agrícolas, combinada com condições meteorológicas desfavoráveis, contribuiu diretamente para essa elevação.

A análise destacou a importância de políticas ambientais rigorosas e da implementação de estações de monitoramento da qualidade do ar para controlar as emissões, especialmente em áreas urbanas. A comparação com outras regiões globais mostrou que, embora Alagoas apresente níveis de PM2.5 mais baixos que grandes metrópoles como Pequim, ainda enfrenta desafios substanciais, principalmente durante períodos de crescimento econômico.

Esses achados ressaltam a necessidade de monitoramento contínuo e de estratégias eficazes para mitigar a poluição por PM2.5, garantindo a proteção da saúde pública em uma era de recuperação pós-pandemia.

### **REFERÊNCIAS**

1. Cardoso, K. R. A., de Oliveira Jr., J. F., da Silva-Costa, M., de Sousa-Santos, J., & Godoy, B. B. (2022). A Comparative Assessment of Air Quality Spatial Distribution in Alagoas and Asia. *Asian Journal of Science, Engineering and Technology (AJSET)*, 1(1), 59-65. <https://doi.org/10.47264/idea.ajset/1.1.6>.
2. Spatiotemporal of Particulate Matter (PM2.5) and Ozone (O3) in Eastern Northeast Brazil.
3. Abecasis, L., Gamelas, C. A., Justino, A. R., Dionísio, I., Canha, N., Kertesz, Z., & Almeida, S. M. (2022). Spatial Distribution of Air Pollution, Hotspots, and Sources in an Urban-Industrial Area

in the Lisbon Metropolitan Area, Portugal-A Biomonitoring Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1364. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031364>.

4. Duncan, B. N., Prados, A. I., Lamsal, L. N., Liu, Y., Streets, D. G., Gupta, P., ... & Ziemba, L. D. (2014). Satellite Data of Atmospheric Pollution for US Air Quality Applications: Examples of Applications, Summary of Data End-User Resources, Answers to FAQs, and Common Mistakes to Avoid. *Atmospheric Environment*, 94, 647-662. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.05.061>.

5. Organização Mundial da Saúde (OMS). (2021). *Global Air Quality Guidelines 2021: Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>.

6. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2018). *Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018*. Diário Oficial da União, 22 de novembro de 2018, Seção 1, pp. 102-104. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55450735/do1-2018-11-22-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-55450711](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55450735/do1-2018-11-22-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-55450711).

7. García-Burgos, J., Miquelajauregui, Y., Vega, E., Namdeo, A., Ruíz-Olivares, A., Mejía-Arangure, J. M., ... & McNally, R. (2022). Exploring the Spatial Distribution of Air Pollution and Its Association with Socioeconomic Status Indicators in Mexico City. *Sustainability*, 14(22), 15320. <https://doi.org/10.3390/su142215320>.

8. Gurney, K. R., Mendoza, D. L., Zhou, Y., Fischer, M. L., Miller, C. C., Geethakumar, S., & du Can, S. D. L. (2015). High-Resolution Fossil Fuel Combustion CO<sub>2</sub> Emission Fluxes for the United States. *Environmental Science & Technology*, 43(14), 5535-5541. <https://doi.org/10.1021/es900806c>.

9. Gupta, P., & Christopher, S. A. (2009). Particulate Matter Air Quality Assessment Using Integrated Surface, Satellite, and Meteorological Products: A Case Study. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D14). <https://doi.org/10.1029/2008JD011496>.

10. Kim, H., Kim, Y., Lee, S., Lee, H., Lee, J., Kim, S., Kim, S., Kang, J., & Cho, C. (2020). Transboundary Air Pollution in South Korea: An Analysis of Dust Transport Patterns and the Impact of Chinese Emissions. *Atmospheric Environment*, 224, 117357. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117357>.

11. Mollmann Jr., R. A., Silva Junior, R. S., Barros, H., & Gomes, M. A. L. M. (2013). Estudo da Dispersão de Monóxido de Carbono (CO) Emitido Através da Queima de Cana-de-Açúcar, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(03), 488-499. <https://doi.org/10.5902/2179460X16230>.

12. Nunes, M. D., Mariano, G. L., & Alonso, M. F. (2020). Variabilidade Espaço-Temporal da Coluna Total de Ozônio e Sua Relação com a Radiação Ultravioleta na América do Sul. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(05), 2053-2073. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2053-2073>.

13. Pope III, C. A., Ezzati, M., & Dockery, D. W. (2009). Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. *The New England Journal of Medicine*, 360, 376-386. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa0805646>.

14. Streets, D. G., Canty, T., Carmichael, G. R., de Foy, B., Dickerson, R. R., Duncan, B. N., Edwards, D. P., ... & Wecht, K. J. (2013). Emissions Estimation from Satellite Retrievals: A

Review of Current Capability. *Atmospheric Environment*, 77, 1011-1042.  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.05.051>.

15. Valappil, N. K. M., Hamza, V., & Oliveira Júnior, J. F. (2022). Evaluation of Daily Average Temperature Trends in Kerala, India, Using MERRA-2 Reanalysis Data: A Climate Change Perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(10), 26663-26686.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-23895-9>.

16. Zhang, Q., Zheng, Y., Tong, D., Shao, M., Wang, S., Zhang, Y., ... & Hao, J. (2019). Drivers of Improved PM<sub>2.5</sub> Air Quality in China from 2013 to 2017. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(49), 24463-24469.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1907956116>.

# **Análise da concentração de MP<sub>2,5</sub> e taxa de mortalidade por doenças respiratórias em 2022 na cidade de São Paulo**

**Giulia Mariano Machado**<sup>1</sup>; **Dayane da Fonseca Barbosa**<sup>2</sup>; **Thiago Nogueira**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluna de Graduação. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo, 715 - Cerqueira César, São Paulo - SP, 01246-904;<sup>2</sup>Aluna de mestrado. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo, 715 - Cerqueira César, São Paulo - SP, 01246-904;<sup>3</sup>Docente. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo, 715 - Cerqueira César, São Paulo - SP, 01246-904

## **RESUMO**

A avaliação do MP<sub>2,5</sub> na cidade de São Paulo em 2022 mostrou que as concentrações de MP<sub>2,5</sub> não ultrapassaram o limite estadual de 50µg/m<sup>3</sup> (média 24h) dado pela MI2. Entretanto, a concentração se torna bastante elevada quando comparada ao padrão atual da OMS de 15µg/m<sup>3</sup> (média 24h). Em relação à taxa de mortalidade por doenças respiratórias em 2022 na cidade de São Paulo foi de 7,67 a cada 100.000 habitantes e não houveram diferenças significativas entre pessoas designadas como sendo do sexo biológico feminino ou masculino. Dados relacionadas à raça não foram analisados pela grande quantidade de não informados. O estudo conclui que, mesmo abaixo do limite estadual, as concentrações de MP<sub>2,5</sub> ainda estão acima dos padrões recomendados pela OMS, indicando a necessidade de medidas mais rigorosas para melhorar a qualidade do ar na cidade especialmente nos meses de inverno.

**PALAVRAS-CHAVE:** MP<sub>2,5</sub>; Poluição do Ar; Saúde Ambiental;

## **INTRODUÇÃO**

A poluição atmosférica é uma das maiores ameaças à saúde pública global e é responsável por milhões de mortes prematuras anualmente. A cidade de São Paulo, com sua elevada densidade populacional e intensa frota veicular, apresenta altos níveis de poluentes atmosféricos, incluindo o material particulado fino (MP<sub>2,5</sub> ou PM<sub>2,5</sub>), sendo um contribuidor para uma série de problemas na saúde humana como: aumento da incidência e mortalidade por diabetes mellitus, gestações prematuras, peso baixo ao nascer e mortalidade pós-neonatal (1), maior risco de mortalidade por doenças respiratórias (2), maior prevalência de ansiedade e hipertensão em idosos (3), doença pulmonar obstrutiva crônica, câncer de pulmão, acidente vascular cerebral (WHO, 2021), danos na pele, no cérebro e incapacidades em todos os órgãos do corpo (4).

A cidade de São Paulo é a maior megacidade da América do Sul, com mais de 11 milhões de habitantes, 9.150.267 veículos e 7.528,26 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022). As fontes mais comuns de poluição do ar são antropogênicas e a principal é a queima de combustíveis fósseis por veículos leves, pesados e aeronaves (5).

A nível nacional os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018 e, em 2008, o Estado de São Paulo iniciou um processo de revisão dos padrões de qualidade do ar, ambos baseados nas diretrizes estabelecidas pela OMS em 2005. Este processo ocasionou na publicação do Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013, estabelecendo novos padrões de qualidade do ar por meio de metas intermediárias e progressivas para que a poluição atmosférica seja reduzida a níveis desejáveis ao longo do tempo. A meta atual para MP<sub>2,5</sub> no estado de São Paulo é de 50ug/m<sup>3</sup> e a próxima será de 35ug/m<sup>3</sup>, embora o padrão atual da OMS seja de 15ug/m<sup>3</sup>.

## **OBJETIVOS**

Este estudo tem como objetivo analisar as concentrações de MP<sub>2,5</sub> em São Paulo no ano de 2022 com discussão sobre os padrões qualidade do ar estadual, recomendações da OMS, e dados de taxa de mortalidade na cidade no período

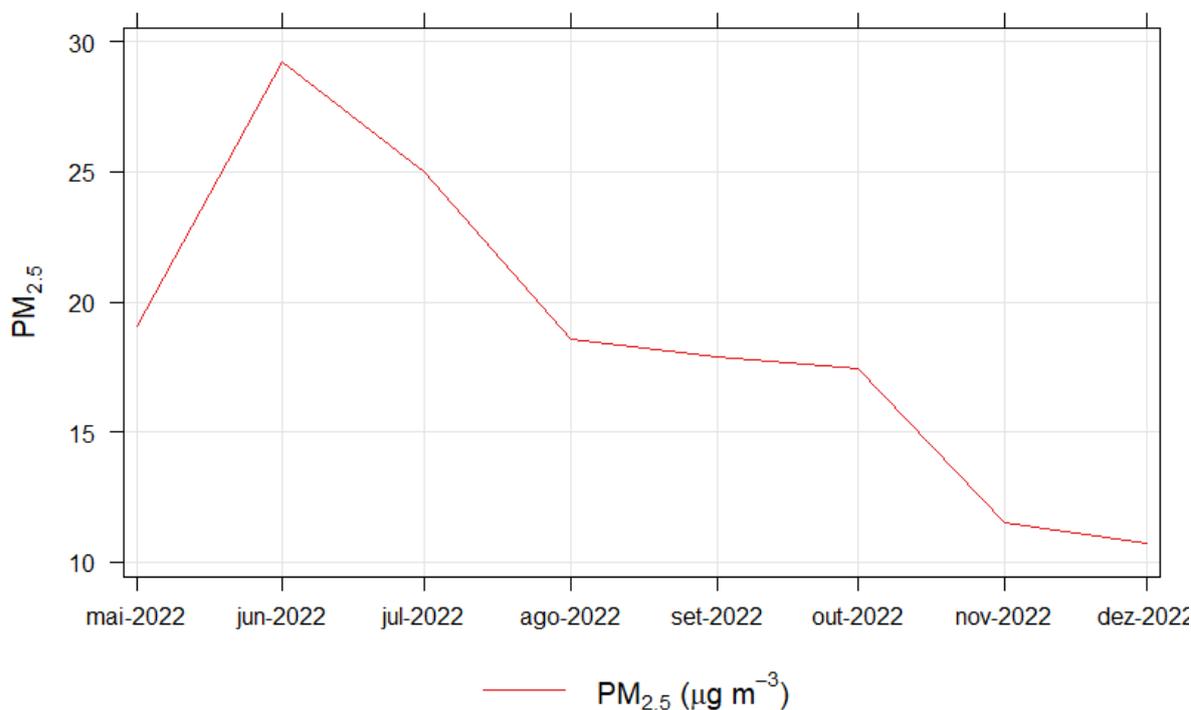
## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas no Jardim da Faculdade de Saúde Pública da USP entre duas avenidas com tráfego intenso de automóveis em 2022 durante um período de 24 horas. Foi utilizado um amostrador de grande volume para partículas inaláveis até 2,5 µm em ambiente externo (AGV MP<sub>2,5</sub>, Energética) com vazão de 1,13 m<sup>3</sup>/min (± 10 %). O filtro utilizado é constituído por fibras de quartzo (Whatman) 20,3 ± 0,2 cm x 25,4 ± 0,2 cm, com 406,5 cm<sup>2</sup> de área exposta e foram pesados antes e depois da coleta após estabilização de temperatura e umidade (~22°C e 40% UR). A pesagem foi realizada utilizando uma balança analítica (Shimadzu, Japão). Os dados foram analisados utilizando o Openair, pacote do R para análise de dados sobre qualidade do ar.

Os dados relativos ao vento foram coletados Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e os dados relativos a taxa de mortalidade foram extraídos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) no dia 12/08/2024.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 1 - Média da concentração de MP<sub>2,5</sub> em 2022

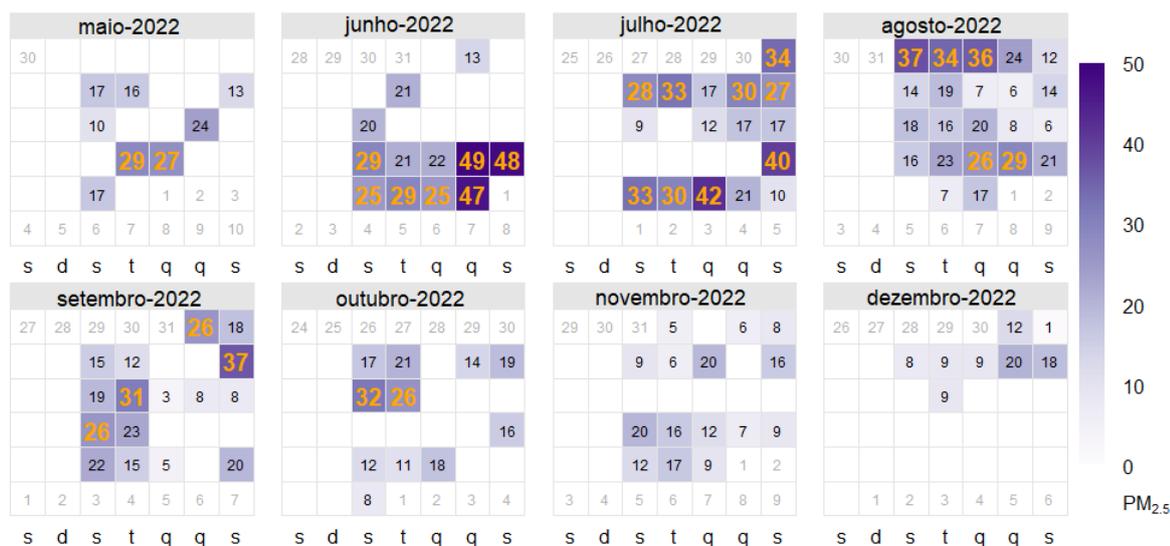


Fonte: Autor

Em 2022, junho foi o mês com maior média de concentração de MP<sub>2,5</sub> seguido pelo mês de julho. Todos os meses, exceto novembro e dezembro, tiveram médias maiores que 15 µg.m<sup>-3</sup> (Figura 1).

Figura 2 - Concentração diária de MP<sub>2,5</sub> em 2022

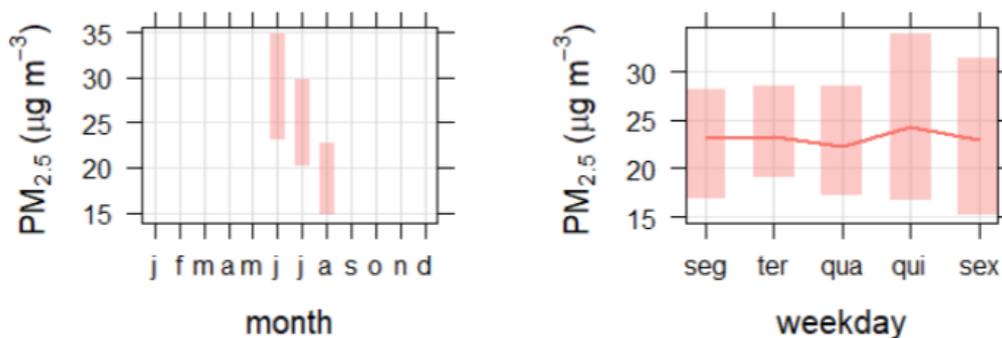
### Coletas em 2022 na FSP USP



Fonte: Autor

Nenhum dia superou o máximo de 50 µg.m<sup>-3</sup> estipulado pelos padrões estaduais para a meta atual (MI2). Apesar disso, houveram valores maiores que 40 µg.m<sup>-3</sup> nos meses de junho e julho e maiores que 30 µg.m<sup>-3</sup> entre junho e outubro. A menor concentração encontrada em 2022 foi de 1 µg.m<sup>-3</sup>, em dezembro, e a maior foi de 49 µg.m<sup>-3</sup>, em junho.

Figura 3 - Concentração de MP<sub>2,5</sub> no inverno e média por dia da semana em 2022

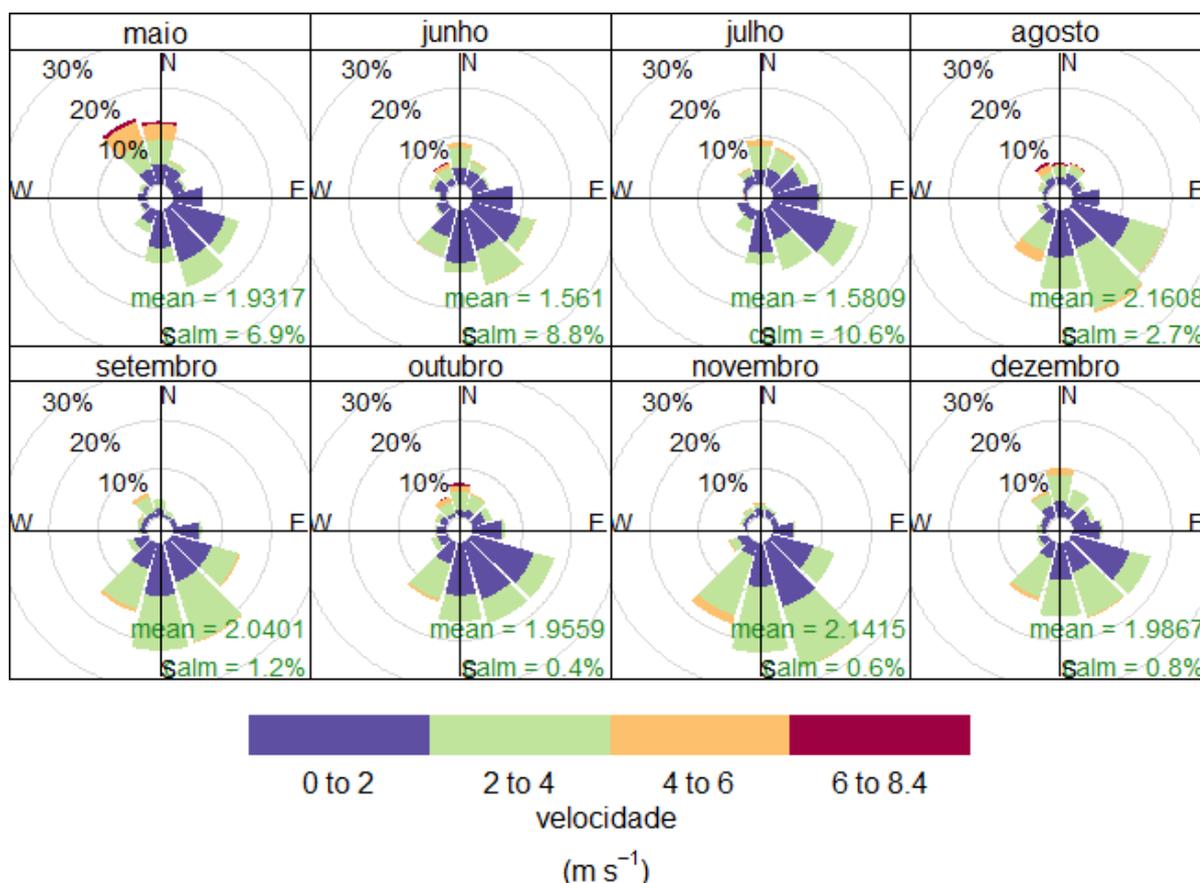


média com intervalo de confiança de 95%

Fonte: Autor

A Figura 3 mostra que dentre os meses de inverno, o mês de junho foi o que teve as maiores concentrações seguido pelo mês de julho. Além disso, há diferenças entre a média das concentrações dependendo do dia da semana: quinta e sexta-feira são os dias com maiores registros da concentração de MP<sub>2,5</sub>.

Figura 4 - Direção e velocidade dos ventos observados no ano de 2022



Fonte: Autor

As rosas de ventos foram construídos para o período de 1 de maio a 31 de dezembro de 2022. As figuras indicam ventos predominantes de sul e sudeste. O mês com velocidade média maior foi agosto (2,16 m.s-1) e o menor em junho (1,56 m.s-1). Maio apresentou ventos de noroeste mais intensos provenientes de noroeste e norte.

### Mortalidade por doenças do aparelho respiratório em São Paulo

A taxa de mortalidade por doenças respiratórias (capítulo X da CID-10) em 2022 na cidade de São Paulo foi de 7,67 a cada 100.000 habitantes. Na categoria sexo biológico não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos apresentados: feminino (7,91) e masculino (7,45). Os meses com maiores taxas foram junho (geral: 8,38; fem: 9,37; masc: 7,52) e julho (geral: 9,17; fem: 9,85; masc: 8,57), no mesmo período que foram observadas as maiores concentrações médias de MP<sub>2,5</sub>.

Também é importante destacar que a variável "sexo biológico" é comumente utilizada para marcar gênero, o que é um equívoco. Considerando tanto o gênero quanto o sexo biológico categorias socialmente produzidas, a existência da variável gênero seria importante para compreender melhor grupos de pessoas com marcadores sociais semelhantes (7).

O marcador raça/cor também foi analisado, porém os dados foram invalidados por apresentarem um número elevado de não informados (22,97 % em relação ao total) (6).

Tabela 1 - Taxa de mortalidade segundo sexo biológico na cidade de São Paulo em 2022

Taxa de mortalidade segundo sexo biológico e mês			
Mês (2022)	Sexo	Sexo	Total
	biológico masculino	biológico feminino	
Maio	7,37	8,01	7,68
Junho	7,52	9,37	8,38
Julho	8,57	9,85	9,17
Agosto	8,02	7,15	7,61
Setembro	8,18	8,73	8,43
Outubro	7,11	6,74	6,93
Novembro	6,16	6,83	6,48
Dezembro	6,04	6,01	6,02
Total	7,45	7,91	7,67

Fonte: SIH/SUS

## CONCLUSÃO

Apesar de nenhum dia das coletas apresentarem valores maiores que o limite da meta atual para  $MP_{2,5}$  de  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ , os valores continuam altos quando comparados à próxima meta de  $35\mu\text{g}/\text{m}^3$  e muito superiores ao padrão atual da OMS de  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Maiores concentrações de  $MP_{2,5}$  nos meses de inverno são esperadas por conta da menor precipitação durante esta estação do ano.

Em relação à taxa de mortalidade por doenças respiratórias, não houveram diferenças significativas entre pessoas designadas pelo sexo biológico feminino ou masculino. Os meses com maiores taxas foram junho e julho.

## REFERÊNCIAS

Feng S, Gao D, Liao F, Zhou F, Wang X. The health effects of ambient  $PM_{2.5}$  and potential mechanisms. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2016 Jun 1;128:67-74.

Li T, Zhang Y, Jiang N, Du H, Chen C, Wang J, et al. Ambient fine particulate matter and cardiopulmonary health risks in China. Vol. 136, *Chinese Medical Journal*. Lippincott Williams and Wilkins; 2023. p. 287-94.

Cai Y, Shao Y, Wang C. The Association of Air Pollution With the Patients' Visits to the Department of Respiratory Diseases. *J Clin Med Res.* 2015;7(7):551-5.

Al-Kindi SG, Brook RD, Biswal S, Rajagopalan S. Environmental determinants of cardiovascular disease: lessons learned from air pollution. Vol. 17, *Nature Reviews Cardiology*. Nature Research; 2020. p. 656-72.

de Almeida Piai K, Nogueira T, Kaneshiro Olympio KP, Nardocci AC. Assessment of human health risks associated with airborne arsenic, nickel and lead exposure in particulate matter from vehicular sources in Sao Paulo city. *Int J Environ Health Res.* 2023;

ROMERO, D. E.; CUNHA, C. B. da. Avaliação da qualidade das variáveis epidemiológicas e demográficas do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos, 2002. *Cadernos de Saúde Pública*, v.23, n.3, p.701-714, mar, 2007.

Magno L, Dourado I, Da Silva LAV. Stigma and resistance among travestis and transsexual women in Salvador, Bahia State, Brazil. *Cad Saude Publica.* 2018;34(5).

WHO. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. ISBN: 9789240034228. 2021;

Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União, 21 nov 2018, seção 1.

São Paulo. Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo 23 abr 2013.

# **AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR E A OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

**Judith Rodrigues Cardoso**<sup>1</sup>; **William Cossich**<sup>2</sup>; **Adriana Gioda**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de Doutorado. Departamento de Química - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rua Marquês de São Vicente, 225 - Edifício Cardeal Leme, Gávea, Rio de Janeiro/RJ;<sup>2</sup>Meteorologista. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Rua Júlio do Carmo, 251, Centro, Rio de Janeiro/RJ;<sup>3</sup>Docente. Departamento de Química - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rua Marquês de São Vicente, 225 - Edifício Cardeal Leme, Gávea, Rio de Janeiro/RJ

## **RESUMO**

Nevoeiros são fenômenos que resultam em significativa restrição de visibilidade e, conseqüentemente, apresentam impactos em diversas atividades humanas, principalmente as associadas ao setor de transportes. Estudos anteriores destacam a relevância de processos físicos e químicos e suas interações para a formação dos mesmos. Dentre fatores importantes para tal, é possível citar a concentração de poluentes na atmosfera, contribuindo para disponibilidade de núcleos de condensação. Assim, o principal objetivo do trabalho proposto é realizar uma investigação preliminar da relação entre a composição química da atmosfera e eventos de restrição de visibilidade no município do Rio de Janeiro. Para tal, foram utilizados registros de nevoeiros obtidos através de mensagens METAR dos aeródromos do Galeão (SBGL), Santos Dumont (SBRJ) e Base Aérea de Santa Cruz (SBSC) e dados horários de concentração de poluentes das estações operadas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente da cidade do Rio de Janeiro (SMAC). Os poluentes considerados nessa análise foram material particulado, hidrocarbonetos (metano, não metanos e totais), óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre e ozônio e o período estudado corresponde aos anos entre 2012 e 2021. A partir de tais informações, foram empregadas análises estatísticas para obter um maior entendimento acerca dos padrões dessas variáveis e das relações entre as mesmas. Os resultados obtidos apontam que, de maneira geral, dias com registro de ocorrências de nevoeiro na cidade do Rio de Janeiro estão associados a concentrações médias de poluentes atmosféricos superiores quando comparadas a dias em que o fenômeno não foi observado. Adicionalmente, SBGL destaca-se como a localidade em que há uma maior correlação entre a ocorrência de nevoeiros e os parâmetros de qualidade do ar no município.

**PALAVRAS-CHAVE:** nevoeiro; visibilidade; qualidade do ar; Rio de Janeiro;

## **AGRADECIMENTOS**

Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro (SMAC) e Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET).

# RELAÇÃO ENTRE ENOS, REGISTROS DE PNEUMONIA EM CRIANÇAS E MATERIAL PARTICULADO EM BELÉM-PA

**Luis Carlos Martins Monteiro Junior**<sup>1</sup>; **Gleiciane Gomes de Assunção**<sup>1</sup>; **Jessica Nayara Siqueira da Silva**<sup>1</sup>; **Rafael Palácios**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente de graduação. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

As variações climáticas e a poluição do ar têm desempenhado um papel significativo na saúde pública e no clima urbano, especialmente em regiões tropicais como a capital Belém-PA. O objetivo deste trabalho foi analisar a interrelação entre os eventos ENOS a concentração de material particulado (PM<sub>2.5</sub>) e as internações de crianças por pneumonia. Utilizou-se estatística descritiva combinando com gráficos de linha para examinar essas relações. A análise foi realizada para o período de 2003 a 2022. Os resultados indicaram associações positivas entre eventos (ENOS) El Niño Oscilação Sul e aumentos nas taxas de internação por pneumonia, especialmente durante períodos com maiores concentrações de PM<sub>2.5</sub> e variações extremas na temperatura e precipitação. Os casos de internações por pneumonia foram influenciados principalmente por fatores locais, como poluição e micrometeorologia. Esse estudo conclui que o El Niño pode ampliar os riscos de doenças respiratórias como pneumonia em áreas tropicais, sugerindo uma conexão entre fenômenos climáticos e saúde pública. Esse estudo contribui na mitigação dos efeitos ENOS sobre a saúde, necessário para elaboração de estratégias para a proteção da saúde.

**PALAVRAS-CHAVE:** Material Particulado; El Niño; Doenças respiratórias;;

## INTRODUÇÃO

Os efeitos da poluição têm sido reconhecidos amplamente desde tempos antigos. Entretanto, foi durante a Revolução Industrial que a poluição começou a afetar a população em uma escala significativa. O rápido crescimento das áreas urbanas em todo o mundo resultou em um aumento substancial no consumo de energia e, conseqüentemente, nas emissões de poluentes originadas da queima de combustíveis fósseis tanto por fontes fixas, como as indústrias, quanto por fontes móveis, como os veículos automotores (Arbex et al., 2012).

O Brasil sofre intensamente com as emissões de gases e partículas provenientes da queima de biomassa. Essas emissões influenciam significativamente o balanço radiativo, o clima, a química atmosférica, a visibilidade e a saúde das pessoas expostas a altas concentrações dessas partículas. Essas influências se estendem da escala local até às escalas regional e global (Artaxo et al., 2006).

Os poluentes primários liberados pelos veículos podem se transformar em poluentes secundários na atmosfera, como o ozônio troposférico e o peroxiacetilnitrato (PAN), sob certas condições meteorológicas que promovem reações fotoquímicas. Essas substâncias são conhecidas por causarem uma série de danos à saúde humana. Além disso, a emissão global de dióxido de carbono proveniente da queima de combustíveis fósseis, tem contribuído significativamente para o aumento do efeito estufa, sendo apontada como uma das principais causas das mudanças climáticas intensas observadas nas últimas cinco décadas (Silva et al., 2012).

A Amazônia Oriental e especificamente o município Belém, Capital do estado do Pará, carece de estudos que avaliem os efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população, isso devido à falta de monitoramento da qualidade do ar. Uma forma alternativa de realizar esses estudos diagnósticos é utilizar estimativas de satélite ou produtos de reanálise.

## **OBJETIVOS**

Esse estudo teve como objetivo analisar as relações entre os eventos de ENOS e os registros de pneumonia em crianças no município de Belém-PA. Essa análise também considerou as variações da concentração de material particulado fino (PM2.5).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado no município de Belém, capital do estado do Pará, situado na região Norte do Brasil (Figura 1). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), Belém abriga uma população aproximada de 1.303.403 de habitantes e distribuídos em uma área de 1.059,466 km<sup>2</sup>, resultando em uma densidade demográfica de 1.230,25 habitantes por km<sup>2</sup>. A economia local é diversificada, destacando-se nos setores de comércio, serviços e indústria. A cidade de Belém possui um clima tropical úmido, caracterizado por altas temperaturas e elevados índices de precipitação ao longo do ano.

Este estudo descritivo investigou o impacto do Fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) sobre os casos de pneumonia em Belém-PA, no período dos anos de 2003 a 2022. Os dados foram obtidos de diversas fontes confiáveis, para concentração de material particulado MP 2,5 incluindo o MERRA-2 (Modern-Era Retrospective Analysis and Research and Application, Version 2), dados de internações por pneumonia do DATASUS, informações do Ministério da Saúde (MS) sobre saúde pública e dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para Belém-PA. Os dados históricos do Oceanic Niño Index (ONI) utilizados neste estudo foram obtidos da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), que monitora e fornece informações sobre o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

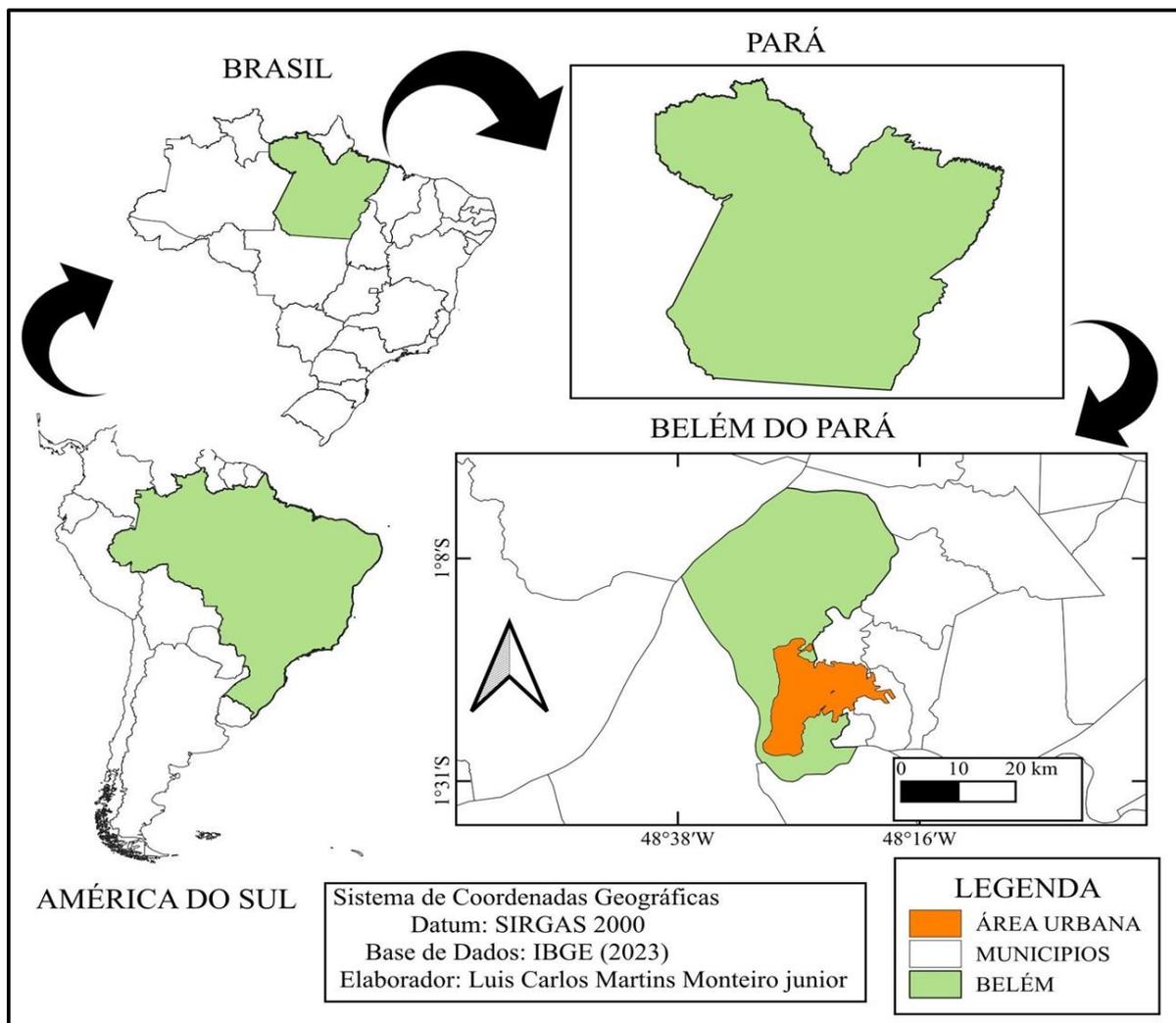


Figura 1. Localização da área de estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A série temporal de temperatura de 2003 a 2022 e demais parâmetro meteorológicos é mostrada na Figura 2. Observa-se que os valores máximos de temperatura ultrapassaram  $30^{\circ}\text{C}$  nos anos de 2003 e 2004, enquanto os valores mínimos foram em torno de  $25,5^{\circ}\text{C}$  no mesmo período. Ao comparar a série temporal de temperaturas do período de 2003 a 2022 com os dados do Boletim Agrometeorológico de 2003, observa-se que as temperaturas máximas ultrapassaram  $30^{\circ}\text{C}$  nos anos de 2003 e 2004, enquanto as temperaturas mínimas ficaram em torno de  $25,5^{\circ}\text{C}$ . No trabalho similar, as médias mensais das temperaturas máximas em 2003 variaram de  $30,7^{\circ}\text{C}$  em fevereiro e março a  $33,0^{\circ}\text{C}$  em agosto e novembro. As temperaturas mínimas variaram de  $23,1^{\circ}\text{C}$  em julho a  $23,9^{\circ}\text{C}$  em abril. Comparando com os valores médios de 1967 a 2002, as temperaturas máximas foram inferiores aos valores do período médio em fevereiro, março e outubro de 2003, mas superiores nos demais meses. Já as temperaturas mínimas foram superiores em todos os meses do ano quando comparadas à série histórica (Bastos; Pacheco, 2004).

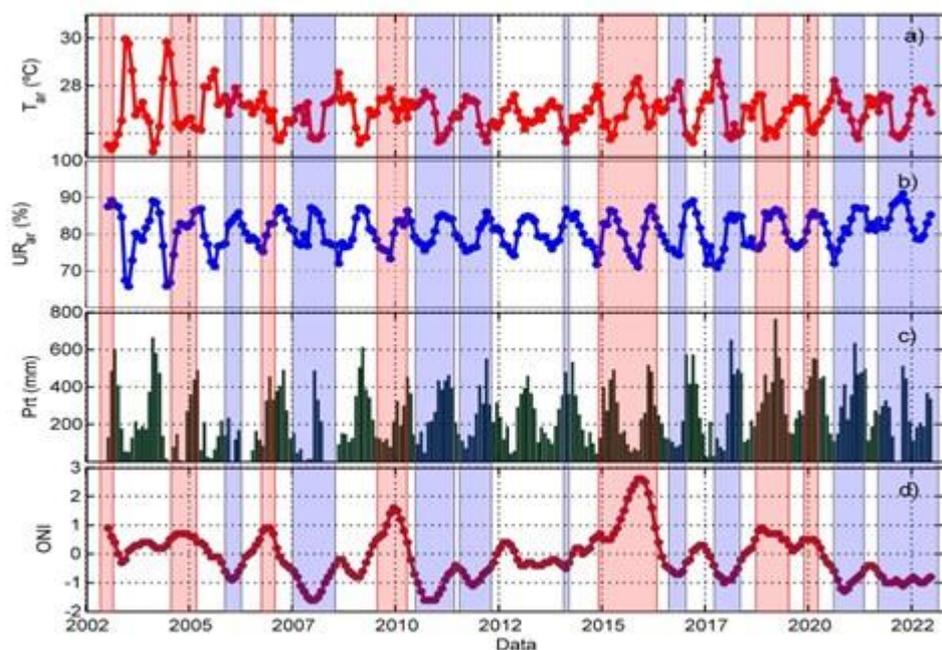


Figura 2. Série temporal da temperatura do ar mensal (a), umidade relativa mensal (b), acumulado de precipitação (c) e ONI (d).

A Tabela 1 mostra as médias anuais para a concentração de PM<sub>2.5</sub> e os parâmetros micrometeorológicos analisados. A concentração média anual de PM<sub>2.5</sub> variou ao longo dos anos, com um valor médio anual mais alto registrado em 2016 (11,54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e um valor médio anual mais baixo em 2018 (9,66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). A temperatura média anual oscilou entre 26,46 °C em 2007 e 27,24 °C em 2005, demonstrando uma variação relativamente estável ao longo do período analisado. A umidade relativa do ar apresentou variações significativas, variando de 78,87% em 2008 a 84,03% em 2021, indicando um aumento gradual ao longo dos anos. A precipitação média anual exibiu grande variabilidade, com valores mínimos de 125,48 mm em 2006 e máximos de 355,65 mm em 2019. Os dados sugerem uma distribuição irregular ao longo dos anos, influenciada por eventos climáticos sazonais.

Tabela 1 - Comparação entre a propagação de material particulado e os parâmetros meteorológicos (temperatura, UR, precipitação)

Ano	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temperatura (°C)	Umidade	
			Relativa (%)	Precipitação (mm)
2003	10,06	27,08	80,16	233,68
2004	11,00	27,05	79,88	230,71
2005	10,03	27,24	79,67	201,31
2006	10,19	27,23	80,54	125,48
2007	11,19	26,46	82,24	193,65
2008	10,36	27,08	78,87	139,05

Ano	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Umidade	
			Relativa (%)	Precipitação (mm)
2009	10,23	26,76	80,49	268,00
2010	9,89	27,18	80,42	232,93
2011	9,68	26,69	80,20	266,83
2012	11,28	26,60	80,11	255,11
2013	10,20	26,78	80,67	250,91
2014	10,55	26,75	80,35	252,35
2015	11,29	26,95	79,39	229,66
2016	11,54	27,16	80,17	230,50
2017	10,84	27,16	79,15	242,66
2018	9,66	26,60	80,89	336,85
2019	10,60	26,80	81,26	355,65
2020	10,09	26,98	80,67	338,15
2021	10,13	26,91	84,03	349,28
2022	10,06	27,08	80,16	233,68

A Figura 3 mostra as relações entre os registros de internação em crianças (< 9 anos) durante os anos 2003-2022 e concentração de PM2.5 para as diferentes classes de ENOS. Observa-se um aumento significativo de 400 casos de registros de internações por pneumonia em crianças no ano de 2007. Entre os anos de 2012 a 2019, nota-se uma queda progressiva desses registros. As variações na concentração de material particulado PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ao longo dos anos de 2003 a 2022. Os anos de 2004, 2006 e 2016 destacam-se como períodos de maior concentração de PM2.5. O ano de 2019 registrou valores acima de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , enquanto os anos de 2003, 2005, 2007, 2008, 2009, 2011, 2013, 2014, 2017, 2018 e 2020 apresentaram os menores valores de PM2.5.

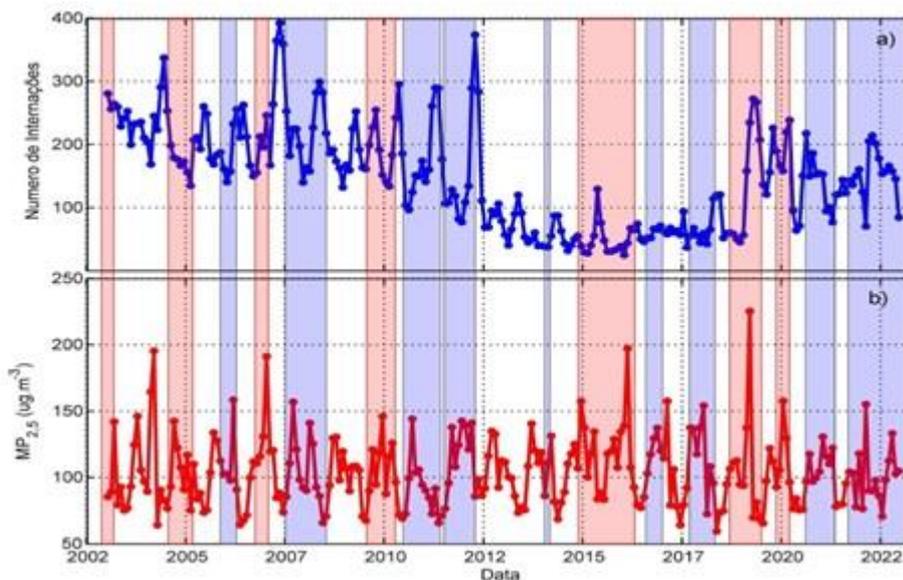


Figura 3. Relação entre os registros de internação por pneumonia em crianças menores de 9 anos e concentração de PM2.5 para as diferentes classes de ENOS.

## CONCLUSÃO

Este estudo investigou o impacto dos eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre os registros de pneumonia em Belém do Pará, analisando a interação entre variáveis meteorológicas e a saúde pública ao longo de 2003 a 2022. Os resultados evidenciaram uma relação positiva entre para o El Niño e a incidência de internações hospitalares por pneumonia, influenciada principalmente em condições de alta concentração de PM2.5 e condições meteorológicas extremas. Durante os eventos de El Niño, observou-se um aumento nas temperaturas e uma diminuição na umidade relativa e precipitação, resultando em níveis elevados de PM2.5. Esse cenário contribuiu para um incremento nas taxas de hospitalizações por pneumonia em crianças.

## REFERÊNCIAS

Arbex, Marcos Abdo et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 38, n. 5, p. 643-655, 2012.

Artaxo, Paulo et al. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 3a, p. 168-22, 2006.

Bastos, Therezinha Xavier; Pacheco, Nilza Araújo. Boletim Agrometeorológico 2003. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63618/1/Oriental-Doc208.PDF>

# ANÁLISE DO TRANSPORTE DE POLUENTES ENTRE AS REGIÕES METROPOLITANAS DE SÃO PAULO, CAMPINAS E BAIXADA SANTISTA

**Natasha Murgu Valdambri<sup>1</sup>; Flávia Noronha Dutra Ribeiro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Doutoranda. Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo (EACH/USP). Rua Arlindo Bétio, 1000 - Ermelino Matarazzo, São Paulo - SP, 03828-000;<sup>2</sup>Docente. Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo (EACH/USP). Rua Arlindo Bétio, 1000 - Ermelino Matarazzo, São Paulo - SP, 03828-000

## RESUMO

Este trabalho investiga o impacto da brisa marítima no transporte da pluma de poluentes entre as regiões metropolitanas de São Paulo, Campinas e Baixada Santista. Para tanto, foi utilizado o modelo meteorológico *Weather Research and Forecasting* (WRF) com dois domínios: um cobrindo todo o estado de São Paulo com dimensões de 150 × 150 km e espaçamento horizontal de 5 km, e outro com dimensões de 271 × 271 km e espaçamento horizontal de 1 km, centrado em -23,21° S e -46,44° W. A abordagem adotada para investigar o transporte de poluentes entre as três regiões metropolitanas do Estado de São Paulo consiste na utilização de traçadores inertes e constantes, alocados em áreas centrais dentro de cada região, para simular a dispersão e o transporte da pluma de poluentes sem interferências nas reações químicas atmosféricas, com o objetivo de compreender como esse transporte pode influenciar as concentrações de poluentes secundários, como o O<sub>3</sub>. Observamos que, durante o dia, a brisa marítima facilita o transporte da pluma de poluentes da Baixada Santista em direção a São Paulo, enquanto à noite, a direção do transporte muda e não reflete mais a brisa marítima, mas às vezes a brisa terrestre. Este estudo revela que a brisa marítima desempenha um papel significativo na dinâmica da pluma de poluentes, impactando tanto o transporte horizontal quanto vertical dos poluentes. Esses resultados contribuirão para uma compreensão mais aprofundada do impacto das brisas marítimas no transporte de poluentes e, por consequência, na qualidade do ar, permitindo uma análise detalhada de como esses fenômenos influenciam as concentrações atmosféricas de poluentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** dispersão de poluentes; brisa marítima; qualidade do ar; transporte atmosférico;

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES (Código 001), ao CNPq (Concessão nº 306889/2022-6) e ao Programa de Sustentabilidade da EACH/USP pelo apoio e financiamento deste estudo.

## Distribuição Temporal e Espacial de Poluentes Atmosféricos e Focos de Incêndio no Pantanal: Um Estudo de 2016 a 2021

**Natasha Murgu Valdambri**<sup>1</sup>; **Débora Souza Alvim**<sup>2</sup>; **Flavia Noronha Dutra Ribeiro**<sup>3</sup>; **Mariana Consiglio Kasemodel**<sup>2</sup>; **Cassio Aurelio Suski**<sup>4</sup>; **Dirceu Luís Herdies**<sup>5</sup>; **João Hass Megal**<sup>6</sup>; **Monica Tais Siqueira D'Amelio**<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda. Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo (EACH/USP). Rua Arlindo Béttio, 1000 - Ermelino Matarazzo, São Paulo - SP, 03828-000

<sup>2</sup>Docente. Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo (EEL/USP). Estrada Municipal do Campinho, s/n - Pte. Nova, Lorena - SP, 12602-810;<sup>3</sup>Docente. Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo (EACH/USP). Rua Arlindo Béttio, 1000 - Ermelino Matarazzo, São Paulo - SP, 03828-000 ;<sup>4</sup>Docente. Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - Câmpus Itajaí. Av. Ver. Abrahão João Francisco, 3899 - Ressacada, Itajaí - SC, 88307-303;<sup>5</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Cachoeira Paulista (INPE) .

Rodovia Presidente Dutra, km 40 - SP/RJ, 12630-970 ;<sup>6</sup>Engenheiro Ambiental. Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo (EEL/USP). Estrada Municipal do Campinho, s/n - Pte. Nova, Lorena - SP, 12602-810;<sup>7</sup>Docente. Universidade São Francisco (USF) - Câmpus Itatiba. Av. Sen. Lacerda Franco, 360 - Centro, Itatiba - SP, 13250-400

### RESUMO

Os incêndios no Pantanal têm um impacto profundo no meio ambiente, alterando a composição da troposfera devido às emissões antropogênicas de gases. Este estudo visa analisar os padrões espaciais de poluentes atmosféricos, como monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), carbono negro (BC), carbono orgânico (OC) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), além da profundidade óptica de aerossol, focos de incêndio e *Fire Radiative Power* (FRP) no Pantanal entre 2016 e 2021, usando dados de sensoriamento remoto e reanálises. Os focos de incêndio atingiram o pico de poluentes entre junho e novembro, principalmente de agosto a outubro. Esse aumento foi mais significativo nos últimos três anos (2019-2021), especialmente em 2020, com as concentrações médias de CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, BC e OC subindo em 29%, 31%, 50%, 52% e 50%, respectivamente. Em 2021, apesar de uma precipitação média mensal 48% maior comparada a 2016-2020, houve o maior valor de FRP e o segundo maior número de focos de incêndio e concentração de poluentes. O ano de 2020 apresentou um número recorde de focos de incêndio e os maiores níveis de poluentes da região para o período estudado. Entre 2019 e 2021, observou-se um aumento notável nas concentrações de poluentes durante a estação seca, tendência não verificada entre 2016 e 2018. O aumento no número de focos de incêndio durante este período não pode ser explicado pela precipitação, indicando que se deve ao aumento das queimadas. É essencial expandir o monitoramento das concentrações de poluentes, focos de incêndio e FRP para avaliar o impacto do desmatamento e queimadas na poluição atmosférica. Os graves impactos ambientais e de saúde decorrem das mudanças na composição atmosférica, e o desmatamento no Pantanal tem efeitos duradouros e potencialmente irreversíveis sobre a biodiversidade. Portanto, é crucial adotar ações preventivas e monitorar de forma contínua, com a participação ativa da população e das autoridades competentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição atmosférica; Queimadas; Pantanal; Qualidade do Ar;

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES VEICULARES PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA: ATUALIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM SISTEMA DE MODELAGEM

**Daniela de Azeredo França Jauer <sup>1</sup>; Marcelo Félix Alonso <sup>2</sup>; Karla Maria Longo <sup>3</sup>; Angel Domínguez Chovert <sup>1</sup>; Saulo Ribeiro de Freitas <sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. Centro de Excelência em Estudos, Monitoramento e Previsões Ambientais do Cerrado. Goiânia - GO, Brasil;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas - RS, Brasil;<sup>3</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos - SP, Brasil

## RESUMO

Os inventários de emissões correspondem a ferramentas muito úteis para o monitoramento e o controle das emissões de poluentes, subsidiando políticas públicas que buscam garantir padrões de qualidade do ar recomendados e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, são de grande importância para a modelagem numérica da qualidade do ar, que pode fornecer uma contribuição relevante aos estudos sobre os impactos dos poluentes atmosféricos, tanto em áreas locais quanto remotas. Este trabalho tem como objetivo a preparação de um inventário de emissões veiculares para a Região Metropolitana de Goiânia (RMG) e a sua inserção no sistema de modelagem atmosférica regional BRAMS (*Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*), a fim de também implementar a previsão numérica da qualidade do ar para a RMG e adjacências, no âmbito do Centro de Excelência em Estudos, Monitoramento e Previsões Ambientais do Cerrado (CEMPA-Cerrado). Para tal, tem sido realizada uma atualização do inventário de emissões veiculares para a Região Metropolitana de Goiânia, de ano base 2016, com base em dados da frota veicular do Departamento Estadual de Trânsito de Goiás (DETRAN-GO) para essa área de interesse, além de dados provenientes de outras fontes, como o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para diversos parâmetros. Ainda, a distribuição espacial destas emissões será efetuada, considerando-se também a classificação viária, por meio da utilização de um banco de dados com mapas de ruas e rodovias de Goiânia e do estado de Goiás provenientes do Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) do estado de Goiás e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), visando à caracterização dessa região metropolitana em termos de emissões de poluentes no componente PREP-CHEM-SRC do BRAMS, que é uma ferramenta numérica robusta para a geração de campos de emissões de gases traço e aerossóis.

**PALAVRAS-CHAVE:** poluentes atmosféricos; fontes móveis; poluição do ar;;

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), através do projeto N° 202110267001027 (Centro de Estudos, Monitoramento e Previsões Ambientais com foco no desenvolvimento socioeconômico sustentável do Cerrado brasileiro (CEMPA-Cerrado), e à Fundação de Apoio à Pesquisa (FUNAPE) pelo apoio financeiro.

## **Análise do monitoramento da qualidade do ar na Baixada Fluminense**

**Gabriela Souza de Abreu Cobucci**<sup>1,3</sup>; **Eduarda Oliveira Pereira**<sup>1</sup>; **Marianna Ribeiro de Souza Schliesing**<sup>1,4</sup>; **Maíra de Souza Santana**<sup>1</sup>; **Josie Batista Bastos Carvalho**<sup>2</sup>; **Thiago Fonseca da costa**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Técnico . Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Rua Lúcio Tavares, 1045-Centro, Nilópolis. RJ.;<sup>2</sup>Setor Administrativo. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Rua Lúcio Tavares, 1045-Centro, Nilópolis. RJ.;<sup>3</sup>Graduanda . Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Rua Lúcio Tavares, 1045-Centro, Nilópolis. RJ.;<sup>4</sup>Graduanda. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro;<sup>5</sup>Doutorando . Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro

### **RESUMO**

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é caracterizada por uma topografia complexa, com maciços rochosos, presença do mar, alta densidade urbana e um número elevado de indústrias e veículos, fatores que afetam a qualidade do ar, evidenciados pelas ultrapassagens aos padrões da Organização Mundial de Saúde (OMS). O objetivo deste estudo é avaliar o impacto à saúde a partir das concentrações de ozônio dos anos de 2020 e 2021 reportadas por uma estação de monitoramento de qualidade do ar comparando com os padrões estipulados pela diretriz da OMS. Este estudo utilizou dados de monitoramento da qualidade do ar, obtidos na plataforma SIGQAr do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), da estação Vila São Luiz, localizada na Baixada Fluminense, no Rio de Janeiro. Foi analisada a concentração de ozônio e os parâmetros meteorológicos: radiação solar global, umidade relativa do ar, velocidade do vento, pressão atmosférica, radiação ultravioleta e temperatura. Observou-se o padrão médio do ciclo diurno da concentração do O<sub>3</sub>, atentando-se para o pico que ocorre durante as primeiras horas da tarde, entre 12 e 14 horas, horário de maior concentração do poluente. Após a obtenção dos valores dos máximos diários, médias mensais e anuais, foram gerados gráficos comparando os dados com os valores-guia da OMS. Em 2020 e 2021, foram registradas 38 e 37 ultrapassagens do padrão final na estação Vila São Luiz. Logo pode-se concluir que a proximidade com a rodovia Washington Luiz, contribui para as emissões de precursores do ozônio (NO<sub>x</sub> e COVs), elevando sua concentração mesmo durante o lockdown. Esse cenário agrava os riscos de efeitos crônicos e agudos à saúde, especialmente em grupos vulneráveis, intensificando os problemas relacionados à poluição do ar.

**PALAVRAS-CHAVE:** ozônio troposférico; qualidade do ar; OMS; poluição atmosférica;

# 9. Agrometeorologia

# ESTUDO DA VARIABILIDADE DA UMIDADE E TEMPERATURA DO SOLO NA PARCELA DO PROJETO ESECAFLOR NA FLONA DE CAXIUANÃ.

**Alex Nascimento Leal <sup>1</sup>; João de Athaydes Silva Junior <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bolsita. Universidade Federal Do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110; <sup>2</sup>Docente. Universidade Federal Do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

## RESUMO

Este estudo analisa a variabilidade da temperatura e da umidade do solo na Flona de Caxiuanã, localizada na Amazônia, e suas interações com o clima e a cobertura vegetal. O solo, como principal fonte de armazenamento e troca de energia térmica da Terra, desempenha um papel crucial na regulação da temperatura e da umidade, influenciando diretamente o desenvolvimento ecológico e o ciclo de água. Os dados foram coletados pelo projeto ESECAFLOR, que simula condições de seca e analisa seus efeitos sobre os fluxos de água e dióxido de carbono em uma floresta tropical. Observou-se que a temperatura média do solo varia de acordo com a profundidade e o horário, sendo maior nas camadas superficiais durante o dia devido à absorção da radiação solar. A umidade do solo, por outro lado, é influenciada pela cobertura florestal, que minimiza a evaporação durante o dia. As análises mostraram que as variações horárias, mensais e sazonais de temperatura e umidade do solo estão de acordo com as condições climáticas normais da região, sem apresentar anomalias significativas nas variações horárias e mensais das variáveis durante o período de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Temperatura do solo; Umidade do solo; Flona de Caxiuanã; Amazônia;

## INTRODUÇÃO

Segundo Varejão e Silva (2006) a superfície do solo se aquece principalmente por absorção de energia solar. Quer durante o dia, quer à noite, ocorrem trocas de calor entre a superfície do solo e a atmosfera, tanto por condução quanto por irradiação. A temperatura do solo, tanto à superfície como em qualquer nível mais abaixo, pode variar no espaço e com o tempo. Uma vez que o fluxo de calor no solo é condicionado, principalmente pela absorção de energia solar à superfície, a oscilação da temperatura do solo apresenta um ciclo diário e outro anual, que, embora com certa defasagem, acompanham os respectivos movimentos aparentes do Sol.

Os perfis de temperatura e umidade dos solos dependem, entre outros fatores, das características físicas dos mesmos e das trocas de calor e vapor de água com a atmosfera. Essas trocas, por sua vez, dependem do clima e da cobertura vegetal local. Os comportamentos térmicos e hídricos do solo, naturalmente, apresentam variações devido ao pulso diário do fluxo de radiação solar incidente na superfície, dos eventos de precipitação pluviométrica e das variações sazonais e anuais dessas variáveis meteorológicas.

## OBJETIVOS

Analisar a variabilidade horária, mensal e sazonal das variáveis de temperatura e umidade do solo para uma parcela do projeto ESECAFLOR (Estudo da Seca da Floresta) na Flona de Caxiuanã.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperatura e umidade do solo a serem utilizados neste trabalho foram obtidos através das medidas em campo, realizadas continuamente pelo projeto ESECAFLOR (Estudo da Seca da Floresta) parte integrante do "Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (LBA)". O experimento ESECAFLOR simula uma seca e procura entender os seus efeitos sobre os fluxos de água e dióxido de carbono em uma Floresta Tropical Amazônica., fato parecido à influência

de um evento de El Niño (COSTA et al, 2003). O ESECAFLORE é desenvolvido na Estação Científica Ferreira Pena (ECFPn), administrada pelo Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã- FLONA, localizado no município de Melgaço (010 42'30" S; 510 31' 45" W; a 60 metros de altitude) Mesorregião do Marajó no Estado do Pará, estando distante cerca de 400 km a Oeste da capital paraense, Belém/PA (COSTA et al, 2003).

A coleta de dados de temperatura do solo foi realizada por 03 (três) sensores de temperatura do solo (108 Temperature Probe), instalados em dois poços medindo 0,8m x 1,8m x 5m, e 05 (cinco) sensores de medidas de umidade do solo (Reflectômetro de Domínio Temporal - CS 616), localizados próximos as torres nas parcelas de controle e exclusão do projeto ESECAFLORE/LBA. As profundidades utilizadas em relação à umidade do solo foram Superfície, 50 cm, 100 cm, 250 cm e 400 cm. Em relação à temperatura do solo, as profundidades utilizadas foram de 5 cm, 20 cm e 50 cm, respectivamente. Foi utilizado em cada sistema de coleta de dados automático, (datalogger) da Campbell Scientific, modelo CR1000, alimentado com energia fotovoltaica e programado para coletar e armazenar as informações em intervalos horários.

Os dados coletados passaram por uma rigorosa análise de consistência, e após esse procedimento, os mesmos foram organizados e analisados através da planilha eletrônica, sendo o período do estudo os anos de 2020, 2021 e 2022 e para a analisar a variabilidade das variáveis de temperatura do solo e umidade do solo para a Flona de Caxiuanã de acordo com sazonalidade da chuva, sendo os meses de dezembro a junho considerados como o período chuvoso, o mês de junho sendo considerado o mês de transição para o período menos chuvoso que se inicia no mês de julho e se encerra no mês de novembro.

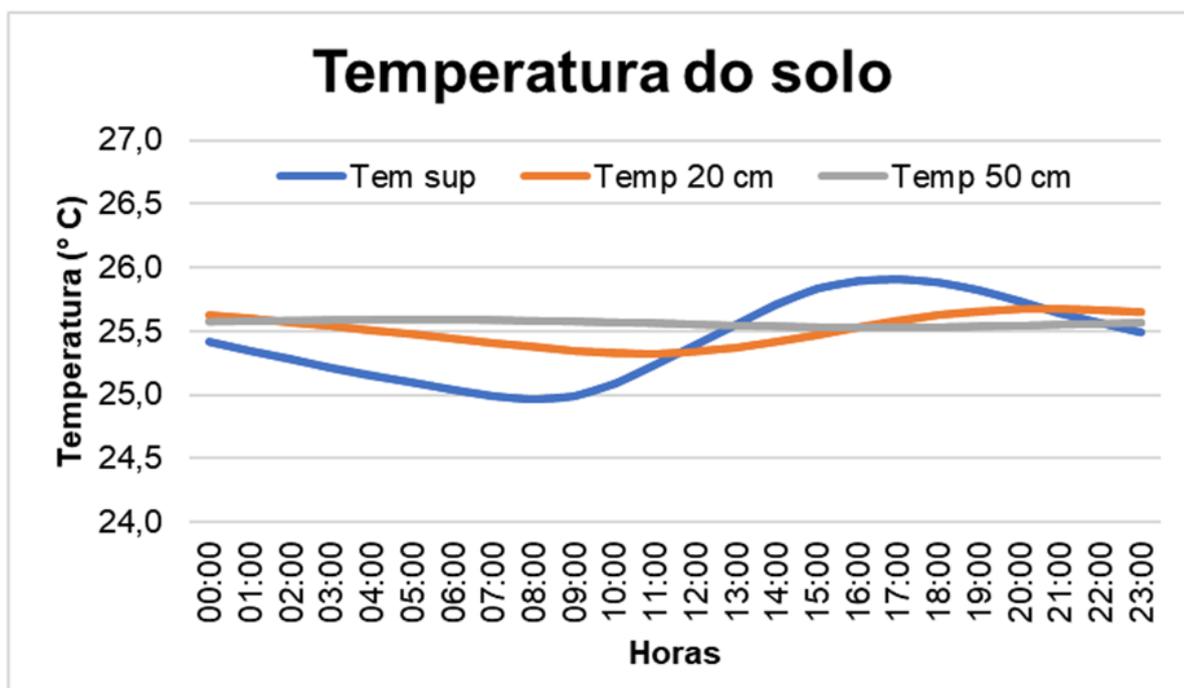
## **Área De Estudo**

A FLONA de Caxiuanã abrange cerca de 33.000 ha, englobando rios e floresta, deste último tem-se em maior parte floresta de terra firme e em sua minoria floresta alagada de Várzea e Igapó e pequenas porções de manchas de vegetação de savana não florestal (LISBOA, 1997), quase intocáveis pelo homem, como resposta a isto se configura uma baixa densidade demográfica na região. O solo predominante de Caxiuanã foi classificado como latossolo amarelo distrófico com altura média das árvores de 40 metros (MORAES et al, 1997).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Variabilidade horaria da temperatura do solo**

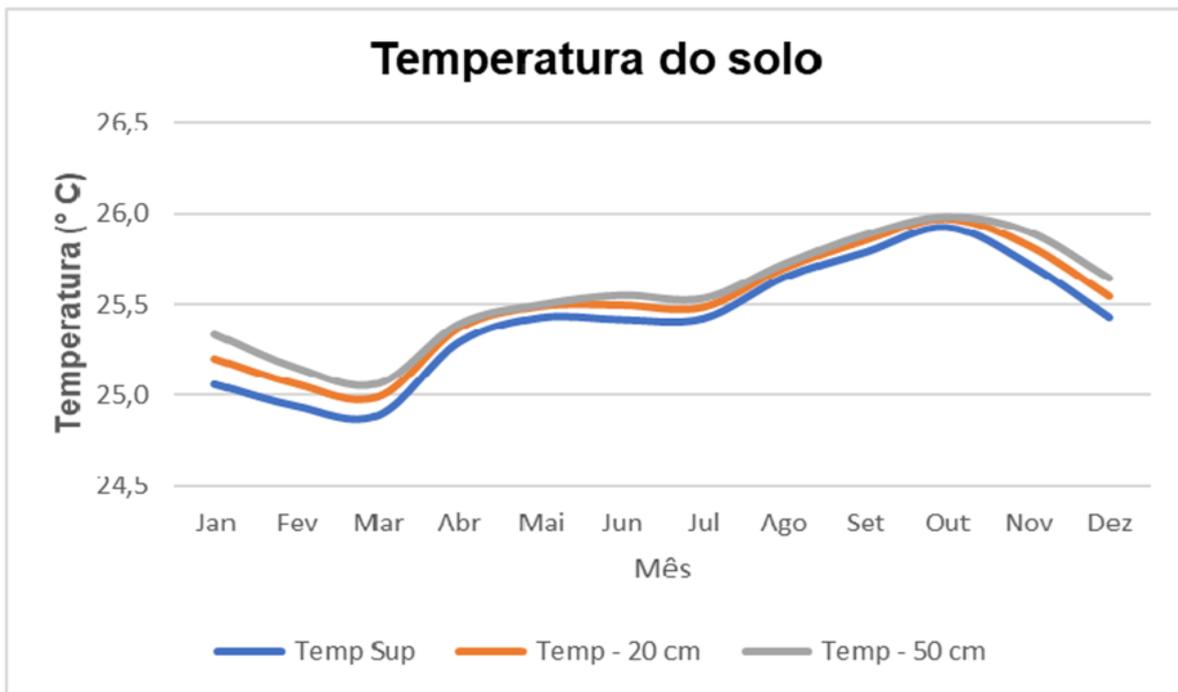
Observa-se que a temperatura horaria do solo (gráfico 1) variou com a profundidade e com o horário, apresentando uma maior variação nas camadas mais próximas da superfície ao longo das horas e uma menor variação nas camadas mais profundas. Isso ocorre porque o calor é transportado no solo por condução, que não é uma forma eficiente de propagação de energia no solo. Assim, durante o período do nascer do sol, é comum que a temperatura seja maior nas camadas mais profundas do solo, uma vez que a superfície está mais fria, gerando um gradiente de temperatura que ocasiona um fluxo de energia do nível mais profundo para a superfície. Ao longo do dia, pode-se notar a inversão desse fluxo de energia, com a camada superficial ficando mais aquecida e transferindo o calor para as camadas mais profundas. Esse aquecimento é gerado pela radiação solar difusa e direta que atinge a superfície do solo da floresta.



**Gráfico 1. Temperatura média horaria do solo**

### **Variabilidade mensal e sazonal da temperatura do solo**

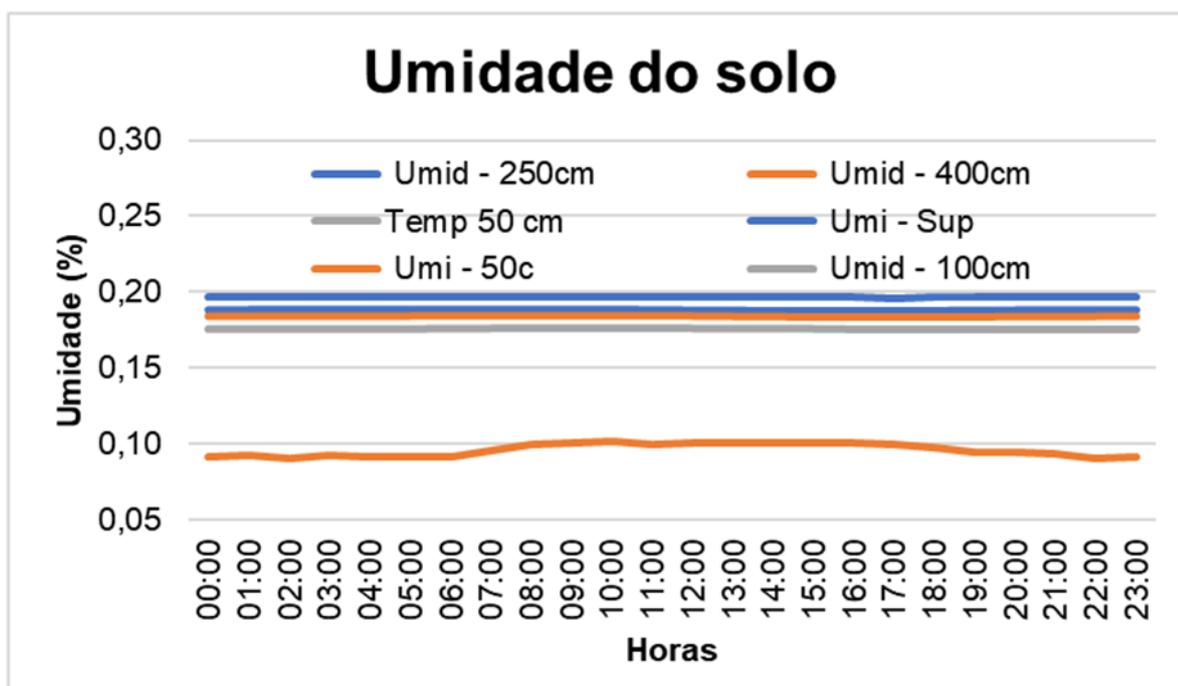
A análise da variabilidade mensal (gráfico 2) foi realizada através da média anual da temperatura do solo para os níveis da superfície e para as profundidades de 20 e 50 cm. Considerando os meses de dezembro a junho como o período chuvoso para a Flona de Caxiuanã, observa-se que as menores temperaturas do solo em todos os níveis coincidem com o período de maior ocorrência de precipitação da região. Essa menor temperatura ocorre devido à maior presença de umidade no solo, resultante das precipitações. As maiores temperaturas, por sua vez, estão diretamente associadas ao período menos chuvoso. Nota-se no gráfico um aumento da temperatura do solo para ambos os níveis analisados a partir do mês de junho, mês que inicia a transição do período mais chuvoso para o período menos chuvoso, esse aumento da temperatura do solo se estende até novembro, mês que encerra o período menos chuvoso na Flona de Caxiuanã. A diminuição da ocorrência de precipitações nesse período é a causa do aumento da temperatura.



**Gráfico 2. Variabilidade mensal da temperatura do solo.**

#### **Variabilidade horária da umidade do solo**

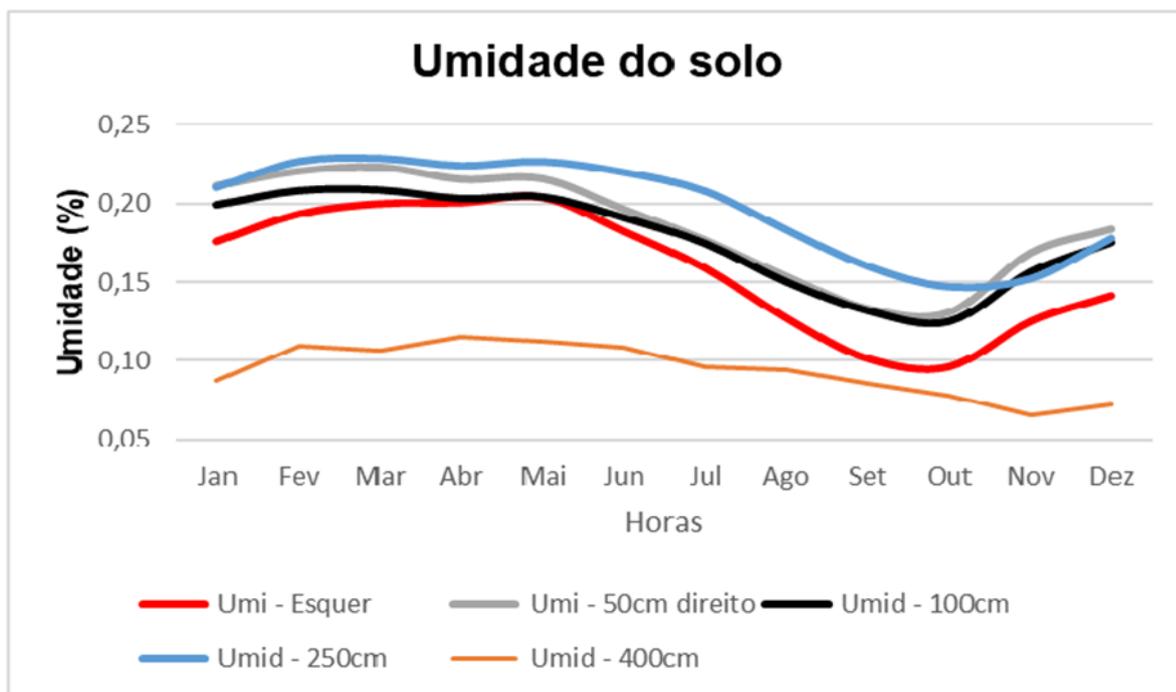
A análise da variabilidade horária da umidade foi realizada para os níveis da superfície do lado esquerdo da parcela do solo da Flona de Caxiuanã, 50 cm do lado direito da parcela de solo da floresta, 100, 250, e 400 centímetros de profundidade. Presentes no gráficos 3, observa-se que as camadas mais superficiais não apresentaram grandes variações ao longo do dia. Os fatores que explicam essa menor variação da umidade do solo nas profundidades mais próximas da superfície e na própria superfície são, principalmente, a densa cobertura das árvores, que impede que a radiação solar direta, alcance o solo da floresta, reduzindo assim a evaporação da água durante o período diurno. Além disso, a evapotranspiração das árvores e plantas contribui para aumentar a umidade do ar próximo ao solo, evitando grandes trocas de água do solo para o ar ao longo do dia.



**Gráfico 3. Variabilidade média horária da umidade do solo**

#### **Variabilidade mensal e sazonal da umidade do solo**

Observa-se no gráfico 4 que o período chuvoso corresponde aos meses de dezembro a junho em que a umidade do solo está mais alta, devido à maior ocorrência de precipitações e às características da floresta, como a cobertura da copa das árvores, a presença de material orgânico com capacidade de retenção de água no solo e a evapotranspiração das plantas e árvores, que contribuem para uma maior umidade relativa do ar. O microclima estável também favorece a maior presença de água no solo, resultando em uma umidade mais elevada nas camadas mais próximas à superfície. Esses mesmos fatores contribuem para a manutenção de água no solo durante o período menos chuvoso, que começa em julho e encerra no mês de novembro, quando se nota no gráfico a diminuição da umidade nos diferentes níveis do solo.



**Gráfico 4. Variabilidade mensal da umidade do solo**

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que as variações da temperatura média horária e da média da umidade horária do solo não apresentaram anomalias positivas ou negativas. Os resultados se mostram consistentes com as características climáticas e do solo durante o período de estudo na Flona de Caxiuanã-PA.

Os resultados da variabilidade sazonal da temperatura e umidade do solo para o período chuvoso e menos chuvoso apresentaram dados dentro do normal, consistentes com a variação da ocorrência de precipitação, presença de água no solo, aumento e diminuição da temperatura do ar. Não ocorreram anomalias positivas ou negativas durante o período de estudo na Flona de Caxiuanã-PA.

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa sua sincera gratidão à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) e à Universidade Federal do Pará (UFPA) pelo apoio técnico, bem como pela concessão da bolsa que possibilitou a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

COSTA, A.C.L., 2003. Variações sazonais dos componentes do balanço de radiação e energia na reserva florestal de caxiuanã. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET), Santa Maria-RS.

COSTA, J.P.R.; LOUREIRO, R.S., 2000. Variabilidade média mensal de variáveis meteorológicas em Caxiuanã: área de floresta tropical da Amazônia. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET), Rio de Janeiro- RJ. CD-ROM, p. 2326- 2330.

COSTA, R.F.; COSTA, A.C.L.; MEIR, P.; MALHI, Y.S.; FISHER, R.A.; BRAGA, A.P.; OLIVEIRA, P.J.; SILVA JUNIOR, J.A.; GONÇALVES, P.H.L.; COSTA, J.M.N.; VALE, R.L.; SOTTA, E.D.; COHEN, J.C.P.; RUIVO, M.L.; SILVA, R.B.C.; ANDRADE, V.M.S.; GRACE, J.,

2003. Projeto LBA/ESECAFLOR em Caxiuanã: Características, Atividades e Resultados. Estação Científica Ferreira Penna: dez anos de pesquisa na Amazônia, Caxiuanã. Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), 2003, CD-ROM.

DAVIDSON EA, DE ARAUJO AC, ARTAXO P, BALCH JK, FOSTER BROWN I, BUSTAMANTE MMC, COE MT, DEFRIES RS, KELLER M, LONGO M, ET AL. 2012. The Amazon basin in transition. *Nature* 481: 321-328.

GEIGER, R. 1980 Manual de Micrometeorologia. Calouste Gulbenkian. Lisboa.

HOREI, J.D.; HAHMANN, A.N.; GEISLER, J.E., 1989. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *Journal of Climate*. , 2(11), 1388 - 1403.

LISBOA, P. L. B., SILVA A. S. L, ALMEIDA, S. S. Florística e estrutura dos ambientes. In: Lisboa P.L.B. (Ed). Caxiuanã: Pesquisa e desenvolvimento sustentável CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, p. 163-193, 1997.

MORAES, J.C.; COSTA, J.P.R.; ROCHA, E.J.P.; SILVA, I.M.O., 1997. Estudos Hidrometeorológicos na Bacia de Caxiuanã, Melgaço/PA. Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG)-Belém/PA. pp 85 a 97.

OLIVEIRA, M.C.F.; COSTA, A.C.L.; COSTA, J.P.R.; PALHETA, M.C.P.; PEREIRA, M.G.P., 2000. Comportamento médio horário e mensal dos elementos meteorológicos sobre floresta, em Caxiuanã, Melgaço- PA. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET), Rio de Janeiro/RJ, CD-ROM, p. 2441- 2446.

VAREJÃO-SILVA, M.A., 2006. Meteorologia e Climatologia, Versão Digital 2. Recife-PE. Disponível em <[www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf)>.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R., 1991. Meteorologia básica e aplicações. Universidade federal de Viçosa-UFV, Viçosa/MG, imprensa Universitária 449 p.

WMO-No. 8, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. 7ª Edição, Switzerland, 2008, 681p.

## Caracterização sazonal da produtividade do coqueiro-anão-verde nas condições climáticas do Nordeste Paraense

**Gabriel Siqueira Tavares Fernandes**<sup>1</sup>; **Maryelle Kleyce Machado Sousa**<sup>1</sup>; **Leandro Monteiro Navarro**<sup>2</sup>; **Luis Roberto da Trindade Ribeiro**<sup>2</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>2</sup>Discente de graduação. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió Utinga, Belém - PA

### RESUMO

Nos últimos anos, a produção de coco na região amazônica brasileira tem se destacado. No entanto, o clima continua sendo um fator limitante para esse cultivo, especialmente em relação à disponibilidade hídrica. Nesse contexto, objetivou-se identificar o efeito sazonal nos componentes de rendimento associados ao cultivo de coco na região do nordeste do estado do Pará. O experimento foi conduzido na Fazenda Reunidas Sococo no município de Santa Izabel do Pará, entre agosto de 2020 a dezembro de 2022, considerando uma área irrigada e outra conduzida sem irrigação. Foram instaladas uma torre micrometeorológica em cada área, estas equipadas com sensores de temperatura do ar, umidade relativa, umidade do solo e precipitação pluviométrica. Os componentes de produtividade do coqueiro foram obtidos e caracterizados a partir de frutos colhidos a cada 21 dias, de 20 plantas por área, avaliando massa (g) total de fruto, do albúmen líquido e sólido, do endocarpo, do epicarpo + mesocarpo e número total de frutos do cacho n°20. Os dados foram analisados e a diferença de média entre os períodos chuvoso (PC) e menos chuvoso (PMC) foi analisada por teste-t de Student. Ao comparar os componentes de produtividade encontrados nas duas áreas, em função do período do ano, o tratamento não irrigado apresentou os maiores percentuais de alteração sazonal, todos significativos ( $p < 0,05$ ) pelo teste t de Student, com exceção da massa do epicarpo + mesocarpo. Nessa área, a massa total de frutos foi cerca de 3,45% maior na estação chuvosa, quando comparada à estação menos chuvosa, com valores de 2059,28 e 1988,18 g, respectivamente. Na área irrigada, por outro lado, houve um aumento de 2,73% na massa média dos frutos no PMC, aumentando de 1873,8 g para 1925,12 g. A massa de albúmen líquido, o principal componente da produção, que está diretamente associado ao fragmento do fruto que é o foco comercial, foi significativamente maior em 14,39% na estação chuvosa (358,82 g), quando comparada à estação menos chuvosa (307,18 g), na área de sequeiro. Apesar da suplementação hídrica, o cultivo irrigado também apresentou uma redução na massa de albúmen líquido de 8,42% na estação menos chuvosa, com redução de 312,90 g para 286,54 g, mas essa redução foi aproximadamente 6% menor do que a da área não irrigada. Assim, o tratamento não irrigado apresentou os maiores percentuais de alteração sazonal. Nesse sentido, a presença de irrigação nesse cultivo contribui para a minimização de perdas sazonais na produtividade, uma vez que as plantas não são submetidas ao déficit hídrico que ocorre no período menos chuvoso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fruticultura amazônica; *Cocos nucifera* L. var '*nana*'; Rendimento; Disponibilidade hídrica;

### AGRADECIMENTOS

A Sococo Agroindústrias da Amazônia S/A, pelo financiamento da pesquisa, pela concessão da área experimental e pela logística. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor (Edital n° 12/2020, processo 154794/2021-0) e bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

## Determinação do coeficiente de cultura do coqueiro-anão-verde em consórcio com kudzu tropical na Amazônia Oriental

**Gabriel Siqueira Tavares Fernandes**<sup>1</sup>; **Mateus Diógenes Pantoja Aguiar**<sup>2</sup>; **Breno Rodrigues de Miranda**<sup>2</sup>; **Luis Roberto da Trindade Ribeiro**<sup>2</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió Utinga, Belém - PA;<sup>2</sup>Discente de graduação. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió Utinga, Belém - PA;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió Utinga, Belém - PA

### RESUMO

Apesar dos elevados totais pluviométricos que ocorrem no Nordeste Paraense, essa região dispõe de um período caracterizado como "menos chuvoso" que possui duração de quatro meses. Este período pode comprometer o desenvolvimento de alguns cultivos agrícolas sensíveis ao déficit hídrico, como o coqueiro, resultando na necessidade de irrigação. Nesse contexto, objetivou-se determinar o coeficiente de cultivo (Kc) para o cultivo de coqueiro-anão-verde em consórcio com kudzu tropical na região do nordeste do estado do Pará. O experimento foi conduzido na Fazenda Reunidas Sococo no município de Santa Izabel do Pará, entre abril de 2022 a fevereiro de 2024, em um cultivo comercial de coqueiro-anão-verde com a presença de kudzu tropical [*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth], como cultivo de cobertura abrangendo a região de entrelinhas e entre plantas. Foi instalada uma torre micrometeorológica na área, equipada com sensores de temperatura do ar e umidade relativa a 0,7 e 2,1 m acima do dossel, além de radiação global, saldo de radiação e precipitação pluviométrica. Cerca de 2 km na área experimental, instalou-se uma estação meteorológica para caracterização da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith. A evapotranspiração real do cultivo foi quantificada pelo método da razão de Bowen, baseado no princípio de conservação de energia, pela razão entre o calor latente e calor latente de vaporização. O coeficiente de cultivo foi obtido pela razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência. O Kc médio encontrado foi de 0,94 com mínimo de 0,72 no mês de março e máximo de 1,08 no mês de novembro, evidenciando a menor demanda hídrica no período chuvoso do ano (dezembro a julho) e maior no menos chuvoso (agosto a novembro). Os resultados são de suma importância para o manejo adequado de recursos hídricos na região amazônica, resultando em melhorias na eficiência de irrigação e maximização da produtividade do coqueiro-anão-verde.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fruticultura amazônica; Manejo da irrigação; *Cocos nucifera* L.; *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.;

### AGRADECIMENTOS

A Sococo Agroindústrias da Amazônia S/A, pelo financiamento da pesquisa, pela concessão da área experimental e pela logística. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor (Edital n° 12/2020, processo 154794/2021-0) e bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

## Dinâmica de água no solo para o cultivo de *Theobroma cacao* na região de Altamira, Pará.

**Leandro Monteiro Navarro**<sup>1</sup>; **Matheus Lima Rua**<sup>1</sup>; **Hugo Afra Lopes**<sup>2</sup>; **Vivian Dielly da Silva Farias**<sup>3</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150;<sup>2</sup>Discente . Universidade Federal do Pará. 030, R. Cel. José Porfírio;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Pará . 030, R. Cel. José Porfírio;<sup>4</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150

### RESUMO

A disponibilidade hídrica impacta a produtividade e sustentabilidade das plantações, afetando crescimento e qualidade dos frutos. O Objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica sazonal da água no solo em cultivo de *Theobroma cacao* na região de Altamira, Pará. O experimento foi executado no município de Altamira, em um cultivo comercial de cacau, entre maio/2023 e junho/2024. Segundo Köppen, o clima da região é do tipo Am, caracterizado por um clima tropical úmido, com precipitações pluviométricas de 2.331 mm. Foram obtidos dados de conteúdo volumétrico de água no solo através de sensores tipo TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) instalados em uma torre micrometeorológica, nas profundidades de 10, 30 e 50 cm próximo a planta. Para o cálculo do armazenamento de água no solo, foi utilizada a regra do trapézio. A capacidade de água disponível do solo (CAD) determinada em função da capacidade de campo é de 150 mm. Os dados foram divididos e analisados em dois períodos: período chuvoso de dezembro a maio (PC) e período menos chuvoso de junho a novembro (PMC). Durante o PMC, foram caracterizados dois subperíodos: um sem irrigação (PMCSI) e outro com irrigação (PMCI). Foi realizada análise estatística descritiva para avaliar as variações no armazenamento de água no solo em cada períodos de análise. No PMCI, o armazenamento médio foi de 126,91 mm dia<sup>-1</sup> ( $\pm$  9,04), evidenciando uma redução de aproximadamente 2,65% em relação ao PC que apresentou armazenamento médio de 130,36 mm dia<sup>-1</sup> ( $\pm$  13,02). Já no PMCSI, o armazenamento médio diminuiu para 93,44 mm dia<sup>-1</sup> ( $\pm$  10,83), representando reduções de 26,37% em comparação com o PMCI e de 28,33% em relação ao PC. A CAD é um indicador crucial da quantidade de água no solo. Durante o PMC, a irrigação mostrou-se fundamental para manter níveis adequados de armazenamento hídrico. Os dados obtidos sublinham a importância da irrigação na preservação da CAD em períodos secos, garantindo a sustentabilidade hídrica do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** TDR; Umidade do solo; Gestão hídrica;;

### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022-FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

# PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM PLANTIO DE CACAU (*THEOBROMA CACAO*) EM CONDIÇÕES IRRIGADAS E NÃO IRRIGADAS NO SUDESTE DO PARÁ

**Luis Roberto da Trindade Ribeiro**<sup>1</sup>; **Leandro Monteiro Navarro**<sup>1</sup>; **Pablo de Oliveira Lima**<sup>3</sup>; **Vivian Dielly da Silva Farias**<sup>4</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsistas. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA; <sup>2</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estrada Principal da Ufra, 2150 - Curió Utinga, Belém - PA; <sup>3</sup>bolsista. Universidade Federal do Pará campus II. 030, R. Cel. José Porfírio - Recreio, Altamira - PA; <sup>4</sup>Docente. Universidade Federal do Pará campus II. 030, R. Cel. José Porfírio - Recreio, Altamira - PA

## RESUMO

O entendimento da produtividade de água de uma cultura é fundamental para o manejo eficiente da irrigação, possibilitando a redução de desperdício hídrico e custos de produção. Dessa forma, o presente estudo objetiva avaliar a produtividade do cacauzeiro - seminal em resposta à evapotranspiração da cultura (ETc) em condição irrigada e não-irrigada, cultivado a pleno sol nas condições climáticas da região transamazônica. A área experimental foi equivalente a 2 talhões de 1ha cada nas dependências da Fazenda Cobre, localizado no município de Vitória do Xingu, durante os meses de setembro de 2023 até julho de 2024. Foi adotado um delineamento experimental inteiramente casualizado com dois tratamentos (irrigado e não-irrigado), sendo o tratamento com irrigação correspondendo à devolução diária de água perdida pela evapotranspiração de referência, foram adotadas 12 plantas em cada unidade amostral, totalizando 24 repetições. A evapotranspiração de cultura (ETc) foi calculada a partir do método de balanço de água no solo através do perfil de conteúdo volumétrico de água no solo (TDR). As variáveis de produtividade foram número de frutos (NF), número de amêndoas por fruto (NAF), peso de amêndoas frescas (PAF) e peso de amêndoas secas (PAS). A produtividade da água (PA) foi determinada pela razão entre a produção e ETc. As médias de PA foram comparadas pelo teste-t de Student ( $p < 0,05$ ). A partir dos testes de média, constatou-se que as plantas sob irrigação apresentaram maiores médias de NF (4 frutos/m<sup>3</sup>), PAF (427g/m<sup>3</sup>) e PAS (171g/m<sup>3</sup>), quando comparados com o tratamento não-irrigado que foram 3 frutos/m<sup>3</sup>, 292g/m<sup>3</sup> e 126g/m<sup>3</sup>, respectivamente. Já a média de NAF foi maior na área não-irrigada (5 amêndoas/m<sup>3</sup>) em comparação com o tratamento irrigado (4 amêndoas/m<sup>3</sup>). Evidenciou-se com esses resultados que a irrigação proporcionou maior números de frutos por planta com maior peso de amêndoas.

**PALAVRAS-CHAVE:** ETc; produção; TDR;;

## AGRADECIMENTOS

A Fazenda Cobre pela concessão da área experimental e pela logística. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós- Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho

# **Análise da variabilidade climática nas áreas de aptidão agrícola das culturas do abacaxi e cacau no Estado do Pará**

**Pâmela Lorena Ribeiro Ávila<sup>1</sup>; Antonio José da Silva Sousa<sup>2</sup>; David Nogueira Santos<sup>3</sup>; Francisco Bezerra Das Chagas<sup>1</sup>; Cendy Monteiro Dias<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Técnica em Gestão de Meio Ambiente - Meteorologia. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Tv. Lomas Valentinas, 2100;<sup>2</sup>Coordenador - NMH. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Tv. Lomas Valentinas, 2100;<sup>3</sup>Gerente - GETEM. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Tv. Lomas Valentinas, 2100

## **RESUMO**

Este estudo apresenta uma análise do zoneamento agroclimático das culturas do cacau e abacaxi no estado do Pará, Brasil, com ênfase na gestão ambiental e desenvolvimento sustentável. Utilizando critérios climáticos específicos, como temperatura e precipitação, o estudo identifica áreas aptas e inaptas para o cultivo dessas culturas em cenários climáticos normais, secos e chuvosos. Os resultados mostram que, enquanto o abacaxi é amplamente apto a todo o território paraense sob todos os cenários, o cacau apresenta maior variabilidade. Em anos normais, 13,57% do território é apto ao cultivo do cacau, reduzindo para 6,62% em anos secos e aumentando sutilmente em anos chuvosos. A análise destaca que a principal limitação para o cultivo do cacau na porção leste do Pará é a deficiência hídrica, com períodos prolongados de baixa pluviosidade. A integração desses dados ao planejamento agrícola é essencial para promover uma gestão ambiental eficiente e o desenvolvimento sustentável. Ferramentas de zoneamento agroclimático, combinadas com políticas públicas como o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, podem direcionar investimentos para práticas agrícolas mais resilientes, otimizando o uso dos recursos naturais e minimizando os impactos ambientais. A gestão sustentável da agricultura contribui para a segurança alimentar, preservação da biodiversidade e saúde dos ecossistemas, garantindo a viabilidade econômica e ecológica das culturas agrícolas no Pará.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abacaxi; Cacau; Zoneamento Agroclimático; Pará;

## **INTRODUÇÃO**

As variações no clima fazem com que ele seja o principal fator de risco na produção. As adversidades climáticas afetam direta e/ou indiretamente a produção agrícola, dentre elas destaca-se: a seca, responsável por deficiências hídricas, principalmente quando associada a longos períodos de estiagem, constituindo uma das principais causas das quebras de safra de grãos no país; os chamados estresses abióticos; o excesso de precipitação; a baixa luminosidade (fotoperíodo); e temperaturas extremas. Todas essas variáveis podem, em alguma fase do ciclo da cultura, reduzir significativamente a produtividade e a produção de sementes de qualidade.

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS/PA), por meio de seu Núcleo de Monitoramento Hidrometeorológico, tem realizado estudos voltados para o apoio e suporte à agricultura no estado do Pará. Este estudo integra uma série de pesquisas planejadas para as principais culturas desenvolvidas no estado, com foco no abacaxi e cacau, devido à sua importância econômica e de produção no estado, bem como o papel de destaque que o Pará ocupa a nível nacional.

O estado do Pará tem implementado diversas políticas públicas visando fortalecer a agricultura sustentável e promover a gestão ambiental. Programas como o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) e iniciativas estaduais focadas na recuperação de áreas degradadas e no incentivo à agroecologia são exemplos de esforços para integrar a sustentabilidade nas práticas agrícolas. Através de incentivos fiscais, crédito rural facilitado e assistência técnica, essas políticas visam não só aumentar a produtividade, mas também assegurar que o desenvolvimento agrícola ocorra de forma harmoniosa com a preservação ambiental. A promoção de tecnologias agrícolas

sustentáveis e a educação ambiental para os agricultores são pilares fundamentais dessas políticas, buscando equilibrar a produção agrícola com a conservação dos ecossistemas locais.

No contexto da Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, o zoneamento agroclimático assume um papel fundamental. Ferramentas agrometeorológicas como o zoneamento agroclimático auxiliam na adoção de estratégias para definição das melhores regiões de cultivo, minimizando as adversidades climáticas e promovendo a sustentabilidade ambiental. Além disso, o planejamento agrícola permite a adoção de estratégias mais precisas, otimizando os investimentos, minimizando os riscos e viabilizando o acesso ao seguro e crédito rural concedidos pelo governo (Sedyiama et al. 2001).

O Estado do Pará, atual maior produtor de cacau do país e um dos maiores produtores de abacaxi, enfrenta desafios relacionados à variabilidade climática, que impactam a produtividade agrícola. Ferramentas de zoneamento agroclimático são essenciais para identificar áreas aptas para o cultivo, considerando cenários de seca, normais e chuvosos, contribuindo para a gestão eficiente dos recursos naturais e promovendo práticas agrícolas sustentáveis.

Este estudo visa analisar a variabilidade climática nas áreas de aptidão agrícola das culturas do abacaxi e cacau no Estado do Pará, com foco em práticas de sustentabilidade e gestão ambiental. Através da utilização de dados meteorológicos consistentes e de alta resolução, este trabalho busca oferecer uma visão detalhada dos cenários climáticos e suas implicações para a produção agrícola sustentável, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico e a conservação ambiental.

### **Contexto Histórico, Econômico E Exigência Climáticas Do Cacau**

Existem controversas sobre o início da domesticação do cacau. Alguns pesquisadores acreditam que esta ocorreu há mais de três mil anos, no México, sendo os Olmeca os pioneiros no cultivo e processamento de suas amêndoas (Porro, 1997). Entretanto, outros autores sugerem que foram os maias os responsáveis pela introdução dos cacauzeiros na Mesoamérica, e tinham o cacau como um produto relevante em sua economia (Silva Neto e Lima, 2017).

No Brasil, embora o cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) compusesse uma parcela significativa do revestimento florestal amazônico, e já fizesse parte da cultura indígena, as primeiras ações para sua exploração econômica na região amazônica só começaram a ganhar impulso durante o período colonial (Martins, 2013). A história tem registrada na década de 1960 como início do ciclo do cultivo deliberado do cacau na região amazônica brasileira, especialmente em cercanais de Belém (Almeida, 2017).

Rosário et al. (1978), afirmam que, embora alguns estudiosos acreditem que foi apenas durante o ciclo da borracha que a sociedade amazônica se desenvolveu, sendo o cacau o verdadeiro impulsionador da Amazônia no período da estruturação da vida urbana da região. Segundo dados históricos, a economia cacauzeira na região foi crescendo gradativamente até que se tornou o principal produto de exportação, correspondendo a 90,6% de todas as exportações no período de 1730 e 1744 (Rosario, 1986). Atualmente, o polo da Transamazônica configura-se como uma das maiores regiões produtoras do País. O estado do Pará sozinho produziu na safra de 2019 mais de 129 mil toneladas (IBGE, 2019) e detém o município com maior produtividade do Brasil, Medicilândia, e atualmente o Pará é o maior produtor de cacau no país, conforme ranking da produção descrito na tabela 1.

Tabela 1. Ranking da produção do cacau a nível nacional e regional.

Ranking	Unidade Federativa	Quantidade Produzida (t)	%	Municípios (PA)	Quantidade Produzida (t)	%
1°	Pará	128.961	49,71	Medicilândia	44.738	34,69
2°	Bahia	113.039	43,57	Uruará	17.437	13,52
3°	Espírito Santo	11.051	4,26	Anapu	8.730	6,77
4°	Rondônia	5.105	1,97	Brasil Novo	8.045	6,24
5°	Amazônia	663	0,26	Placas	7.766	6,02
6°	Mato Grosso	491	0,19	Altamira	6.731	5,22
7°	Minas Gerais	105	0,04	Vitoria do Xingu	5.204	4,04
8°	Roraima	10	0,001	Senador José Porfírio	4.658	3,61
9°				Tucumã	3.680	2,85
10°				Pacajás	3.563	2,76

Fonte: IBGE 2019

A maior parte dos cultivos de cacau situam-se na faixa equatorial entre as latitudes de 15°N e 15°S, portanto, em regiões onde ocorrem variações climáticas relativamente pequenas durante o ano, especialmente em termos de temperatura do ar, radiação solar e fotoperíodo (Scerne e Carvalho, 1983). a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica são os dois elementos climáticos que mais influenciam o crescimento e a produção do cacau (Souza et al., 2009).

O cacau é extremamente exigente a água, segundo Hardy (1961), a quantidade anual de chuva para o cacau deve ser superior a 1200 mm anuais, sendo a quantidade ótima entre 1800 a 2500 mm ao ano (Silva Neto e Lima, 2017). Em regiões com precipitação pluviométrica abaixo de 1200 mm anual faz-se necessário a irrigação da cultura.

Souza et al., (2009), estipularam que as temperaturas médias ideais para o cultivo do cacau devem ser entre 21,5°C e 29,5°C, sendo que médias entre 22°C e 28°C são fundamentais para garantir boa florada e frutificação.

### Contexto Histórico, Econômico E Exigência Climáticas Do Abacaxi

O abacaxizeiro (*Ananas spp.*) é uma planta tropical, com grande importância mundial. No período colonial ganhou grande destaque e foi expandido para o resto do mundo após conquistar o paladar dos europeus (Souza, et al. 2017). O nome popular desta frutífera faz referência ao aroma que exala, de origem indígena "iuaka'ti" significa "fruta cheirosa". Em outras culturas o fruto chegou a ser comparado a outros frutos e por um tempo foi chamado de "pineapple".

Apesar disso, ainda não foi possível determinar com certeza a origem do abacaxi e sua domesticação, no entanto, acredita-se que teve início na própria região de origem, ou adjacente a ela. Estudos apontam que o centro de origem é o Brasil Central e sul, norte da Argentina e Paraguai, numa área limitada por 15° N e 30° S de latitude e 40° L e 60° W de longitude. Pesquisas referentes à distribuição do gênero *Ananas*, apontam que o seu local de origem é Amazônica, uma vez que o maior quantitativo

de espécies se encontra nesta região (Pereira e Melo, 2020). Assim, a região Norte do Brasil pode ser considerada um segundo centro de diversificação desse gênero.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2020), a produção mundial de abacaxi em 2017, foi de 27,4 milhões de toneladas, com crescimento de 12,52% na produção no período de 2012 a 2017. E neste mesmo período a produção foi de 155 milhões de toneladas do fruto, conforme a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2019).

No Brasil, a planta pode ser cultivada em praticamente todo o território. Até 2018, estimou-se que a produção atingiu cerca de 11,9 bilhões de frutos e que grande parte da produção é proveniente das regiões Norte e Nordeste - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019). Só o estado do Pará, representou 68,20% de tudo o que foi colhido na região. Assim, o maior produtor do fruto no estado do Pará é o município de Floresta do Araguaia, em 2019 representou 73,73% do total produzido no estado, seguido de Conceição do Araguaia e Salvaterra na ilha do Marajó (Tabela 2).

**Tabela 2.** Ranking da produção do abacaxi a nível nacional e regional.

Ranking	Unidade Federativa	Quantidade Produzida (t)	%	Municípios (PA)	Quantidade Produzida (t)	%
1°	Pará	311.947	19,28	Floresta do Araguaia	230.00	73.73
2°	Paraíba	307.116	18,98	Conceição do Araguaia	25.459	8,16
3°	Minas Gerais	179.287	11,08	Salvaterra	12.584	4,03
4°	Rio de Janeiro	116.109	7,18	Rio Maria	9.000	2,89
5°	Tocantins	85.634	5,29	Cachoeira do Arari	3.609	1,16
6°	São Paulo	82.536	5,1	Mojú dos Campos	2.400	0,77
7°	Amazonas	72.314	4,47	São Félix do Xingu	1.920	0,62
8°	Alagoas	71.598	4,43	Almeirim	1.680	0,54
9°	Rio Grande do Norte	68.839	4,26	Moju	1.440	0,46
10°	Espírito Santo	50.307	3,11	São João da Ponta	1.200	0,38

Fonte: IBGE 2019

No que diz respeito a exigência climática, o abacaxizeiro apresenta ótimo crescimento e melhor qualidade do fruto com temperaturas médias diárias entre 14°C a 22°C, temperaturas superiores a 32°C reduzem o crescimento da planta e, com insolação elevada, podem causar queimas em frutos. A precipitação é um elemento climatológico de grande importância para a cultura do abacaxi. A variação na precipitação, nas várias regiões produtoras de abacaxi do mundo, é mais marcante que a observada em relação à temperatura. O abacaxizeiro tanto é cultivado em áreas de precipitação em torno de 500 a 600 mm (África do Sul e Itaberaba/BA, Brasil), quanto em áreas onde essa precipitação atinge 3.078 mm (Costa Rica), ou mesmo, até 4.000 mm (Py et al., 1987).

O abacaxizeiro é tido como uma planta com necessidades hídricas relativamente reduzidas, se comparada com outras plantas cultivadas. Como consequência de sua baixa transpiração e uso eficiente de água (UEA), esta planta mantém um alto índice de área foliar (> 7) e bons níveis de

produtividade durante longos períodos, mesmo sob condições de baixa precipitação (Ekern, 1965; Malézieux, 1991; Zhang et., 1997).

## **OBJETIVOS**

Em meio aos inúmeros estudos já realizados acerca do zoneamento das culturas e tendo conhecimento das adversidades climáticas que tanto influenciam a produtividade dos diversos cultivares produzidos no Estado. Neste sentido, faz-se necessário analisar os diversos cenários climáticos com variação anual, sabendo que regularmente presenciamos a variação entre anos normal, chuvosos e secos em termos pluviométricos. Deste modo, esta pesquisa tem como objetivo analisar as áreas aptas para o cultivo do cacau e abacaxi em condições de sequeiro quando analisando os cenários secos, normais e chuvosos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Dados**

O Estado do Pará possui uma grande defasagem na espacialização de suas estações meteorológicas de superfície além de falhas em suas series histórica de dados. Neste contexto, faz-se necessário a utilização de uma base de dados mais consistente e com melhor resolução espacial. Em virtude desta problemática, optou-se por utilizar no presente trabalho o conjunto de dados de reanálise do ERA5-land, que fornece uma visão consistente da evolução das variáveis meteorológicas ao longo de várias décadas em uma resolução espacial aprimorada de 9km (0.1° x 0.1°), em uma grade gaussiana reduzida. As variáveis meteorológicas utilizadas são temperatura e precipitação mensal para o período de 1991 a 2020. Além dos dados de temperatura e precipitação também foi utilizado o mapa digital da capacidade de água disponível (CAD) para solos brasileiros, confeccionado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a Universidade Federal do Paraná (UFPR), com representatividade para as culturas permanentes e temporária que possuem profundidade efetiva máxima do sistema radicular entre 0 e 120 cm, conforme a metodologia descrita e disponível na homepage mapa.

## **METODOLOGIA**

### **Dados**

O Estado do Pará exibe significativa defasagem na distribuição de suas estações meteorológicas de superfície e apresenta falhas consideráveis em suas séries históricas de dados. Para superar esse desafio, é fundamental utilizar uma base de dados mais consistente e com melhor resolução espacial. Neste estudo optou-se por utilizar o conjunto de dados de reanálise produzido pelo Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo, o ERA5-land, que fornece uma visão consistente das variáveis meteorológicas ao longo de décadas, com uma resolução espacial de 9 km (equivalente a 0.1° x 0.1°) em uma grade gaussiana reduzida. As variáveis que deram embasamento ao estudo foram temperatura e precipitação diária, no qual foi construída a climatologia para o período de 1991 a 2020. Além disso, utilizou-se o mapa digital da Capacidade de Água Disponível (CAD) para solos brasileiros, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a Universidade Federal do Paraná (UFPR), que considera culturas permanentes e temporárias com profundidade efetiva máxima do sistema radicular entre 0 e 120 cm.

## **METODOLOGIA**

Os passos para a elaboração do zoneamento agroclimático de uma grande região envolvem a definição dos objetivos, a escala geográfica do estudo, a caracterização das exigências climáticas das culturas a serem zoneadas, o levantamento climático da região estudada com confecção de cartas climáticas básicas e o preparo das cartas finais de zoneamento.

Nessa vertente, a área de estudo para aplicação do zoneamento agroclimático, para as culturas do cacau e do abacaxi, é o Estado do Pará, localizado geograficamente entre 46°O e 58°O, e 3°N e 10°S. É o segundo maior Estado da região amazônica em extensão territorial, com mais de 1,2 milhões de km<sup>2</sup> (IBGE, 2020), possuindo uma economia bastante diversificada, sendo constituída principalmente pela agricultura, pecuária, indústria e extrativismo. Assim como todas as regiões tropicais do globo, o Pará é caracterizado pela abundância de radiação solar recebida durante o ano todo, o que acarreta pouca variação da temperatura do ar na faixa equatorial (Silva Neto; Lima, 2017). Segundo a classificação de Köppen apresentada por Alvarez et al. (2013), o território paraense é caracterizado por apresentar clima tropical chuvoso (Af e Am), com médias anuais de temperatura acima dos 26°C e quantidade de chuva média anual acima de 1.600mm.

a fase inicial do zoneamento envolveu a criação de uma climatologia temperatura e precipitação e o recortes desta variáveis e do CAD para a área de estudo, e assim criar mapas raster com a utilização do software ArcGIS. Destaca-se, que metodologia de zoneamento foi baseada em informações de temperatura e déficit hídrico, calculadas por meio do balanço hídrico climatológico especializado pixel a pixel no ArcGIS, seguindo a abordagem proposta por Santos (2015). Essa metodologia também foi aplicada por Medeiros et al. (2021) no boletim informativo de zoneamento agroclimático das principais culturas temporárias no Estado do Pará. Os parâmetros relacionados a faixa de aptidão e categorização dos cenários são discretizados nos tópicos abaixo.

### Faixas De Aptidão Do Zoneamento Agroclimático Das Culturas

A análise dos fatores climáticos leva em consideração as informações colhidas em revisões bibliográfica, ressaltando que embora as variáveis da umidade relativa do ar, radiação solar e o vento interfiram nos mecanismos fisiológicos do cacau e abacaxi elas não inspiram limitações ao cultivo. Diferente da temperatura e precipitação que se apresentam como duas variáveis meteorológicas importante para o crescimento e produção destas culturas. Deste modo, os parâmetros adotados para definição das diferentes faixas de aptidão climática do cacau e abacaxi em regime de sequeiro, foram semelhantes aos determinados para o zoneamento agrícola de risco climático adotado pelo MAPA (tabela 3).

Tabela 3. Faixas de aptidão agroclimática do abacaxi e cacau

<b>Faixa de aptidão Agroclimática - ABACAXI</b>			
	Temperatura média anual (Ta)	Deficiência hídrica (Da)	Índice Hídrico (Ih)
Apta	Ta > 19°C	Da > 0mm	Ih ≥ -5
Apta com restrição	Ta > 19°C	Da = 0mm	-20 < Ih < -5
Inapta	Ta < 19°C	Da < 0 mm	Ih ≤ -20
<b>Faixa de aptidão Agroclimática - CACAU</b>			
	Temperatura média anual (Ta)	Deficiência hídrica (Da)	
Apta	21°C ≤ Ta ≤ 28°C	Da ≤ 250mm	
Apta com restrição	18°C ≤ Ta < 21°C	250 < Da ≤ 350mm	
Inapta	18°C > Ta > 28°C	Da > 351 mm	

Fonte: Adaptado MAPA

## Classificação do Cenários Climáticos

Objetivando, ter um conhecimento mais aprofundado em relação a aptidão agroclimática das culturas do cacau e abacaxi em relação as variações climáticas, optou-se por analisar a área de estudo nos diversos cenários climáticos: com pouca chuva - anos secos, chuvas dentro da normalidade - anos normais ou regulares e com muita chuva - anos chuvosos, seguindo de forma análoga a metodologia aplicada por Xavier e Xavier (1999). Neste sentido, a discriminação dos cenários pluviométricos foi estimada a partir dos percentis dos totais de precipitação anual, sendo classificado como: anos seco, os anos que apresentavam valores igual ou menor que o P35, anos normal ou regular aqueles cuja os valores eram maiores que os P35 e menor que o P65 e anos chuvosos os com valores iguais ou acima do P65, conforme pode ser observado na tabela 4. Deve-se mencionar que os valores descritos na tabela 4, são valores médios referente a toda área de estudo.

Tabela 4. Classificação dos anos dentro das categorias de cada cenário climático.

Classificação	Limiar de Precipitação	Anos dentro de cada categoria
Anos "Seco"	$\leq 2055.2$ mm/ano	1991, 1992, 1993, 1997, 1998, 2002, 2007, 2012, 2014, 2015, e 2016
Anos "Normais ou regulares"	$> 2055.2$ mm/ano e $< 2280$ mm/ano	1994, 1995, 2001, 2003, 2010, 2017, 2019 e 2020
Anos "Chuvosos"	$\geq 2280$ mm/ano	1996, 1999, 2000, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2011, 2013 e 2018

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

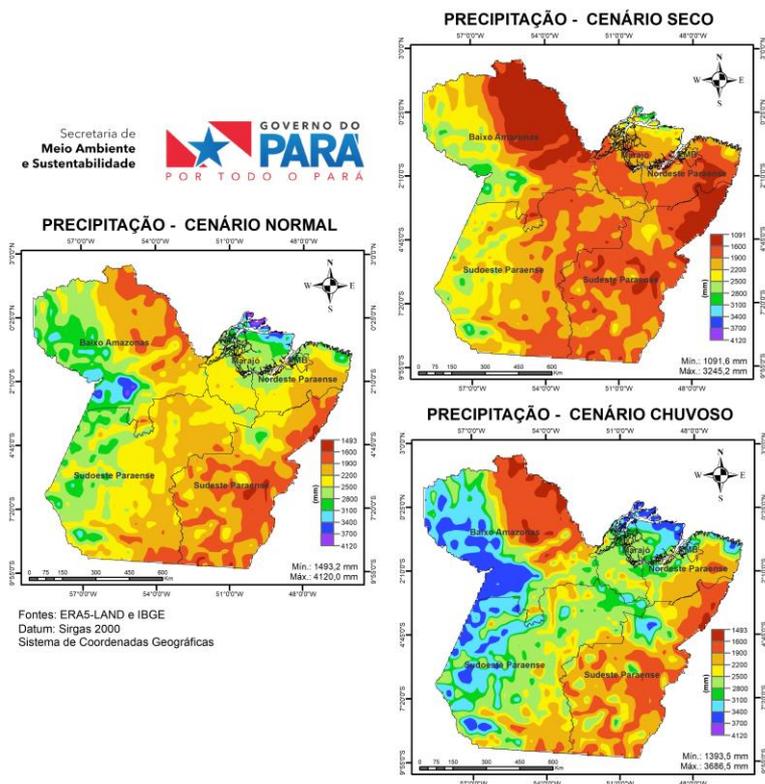
### Cenários Climáticos

Ter conhecimento sólido das possíveis alterações que venham ocorrer no cenário climático, são de grande valia para a população deste planeta, especialmente para os produtores agrícolas que são fortemente impactados por condições de tempo anômalas como: secas, geadas, altas temperaturas, ventos intensos etc. Deste modo, ter a maior gama de conhecimentos relacionada as condições de tempo, clima, vegetação e relevo favorecem a capacidade e habilidade dos sistemas agrícolas em enfrentar e superar condições adversas, como clima desfavorável, epidemias, oscilações de mercados e de custos de produção (MAVI E TUPPER, 2004).

As chuvas no Estado Pará exibem regime pluviométrico com períodos distintos dentre suas mesorregiões, em virtude de seu extenso espaço territorial. Neste sentido, podemos destacar que o período chuvoso, na porção sul do Estado, se inicia na final da primavera e perdura até o verão, enquanto na faixa norte ocorre entre o verão e outono, com maior concentração das chuvas entre os meses de fevereiro, março e abril.

O acumulado médio anual das chuvas, apresentado na figura 1, exibe o comportamento dos acumulados médios das chuvas categorizado em cenário normal (climatologia), seco e chuvoso. Em anos considerados normais, espera-se totais anuais de chuva variando entre 1493,2 mm/ano e 4120mm/ano, como os maiores valores observados ao norte do arquipélago do Marajó e oeste do Baixo Amazonas, já os menores acumulados são perceptíveis em grande parte dos municípios da região sudeste e leste da Calha Norte.

**Figure 1.** Climatologia da precipitação anual para os cenários climáticos: seco, normal e acima no Estado do Pará, para o período de 1991 a 2020.



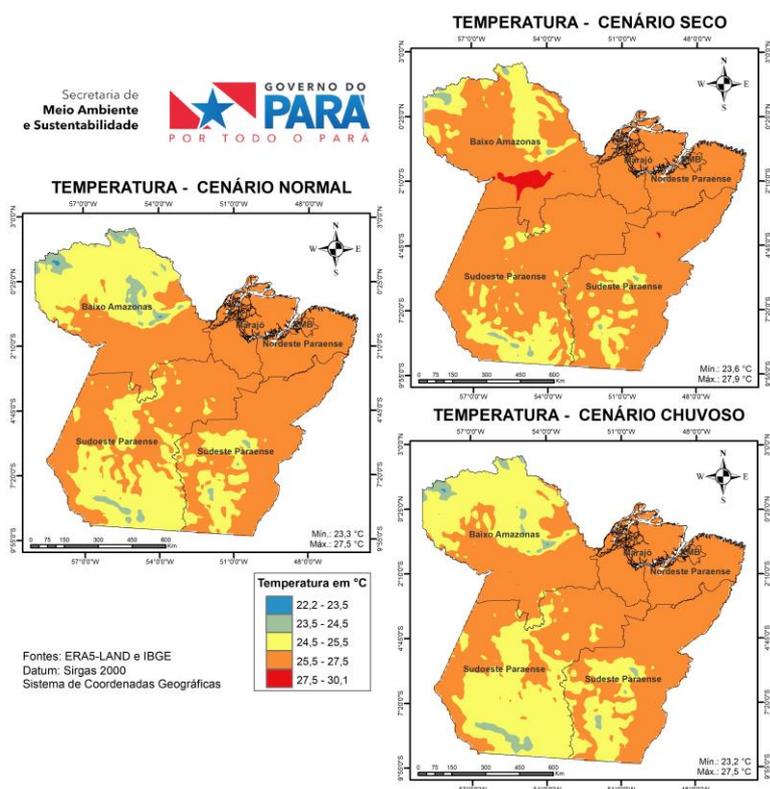
**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do ERA5-Land.

Por outro lado, quando analisamos os cenários seco e chuvoso verificamos a disparidade nos acumulados com No Marajó os máximos (acima de 3700mm/ano) são observados próximos a faixa litorânea com redução gradativa em direção a porção sul com média de 2800mm/ano, enquanto a região Sudeste apresenta a maior porção territorial com chuvas acima de 2200 mm/ano. As regiões Sudoeste e Baixo Amazonas.

Ao se analisar o cenário seco, com chuvas abaixo da média, observa-se o predomínio das chuvas com acumulados abaixo de 2200 mm/ano e áreas mais chuvosa situadas no oeste do Pará e litoral do Marajó com acumulado chegando em torno de 3100 mm//ano. No cenário chuvoso, os maiores acumulados de chuva de são observados na porção oeste entre as regiões Sudoeste e Baixo Amazonas, Calha Norte com totais acima de 3400 mm/ano. E de modo geral, verifica-se um aumento dos acumulados de chuva e conseqüentemente a redução das áreas com chuvas abaixo de 1900 mm/ano.

O Pará exibe média climática de temperatura em variando entre 24,5°C e 27,5°C, com exceção de pequenas áreas com temperaturas abaixo de 24 nos municípios do sudeste, sudoeste e Baixo Amazonas.

Figure 2. Climatologia da temperatura anual para os cenários climáticas: seco, normal e acima no Estado do Pará, para o período de 1991 a 2020.



**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do ERA5-Land.

## Balanco Hídrico E Classificação Climática

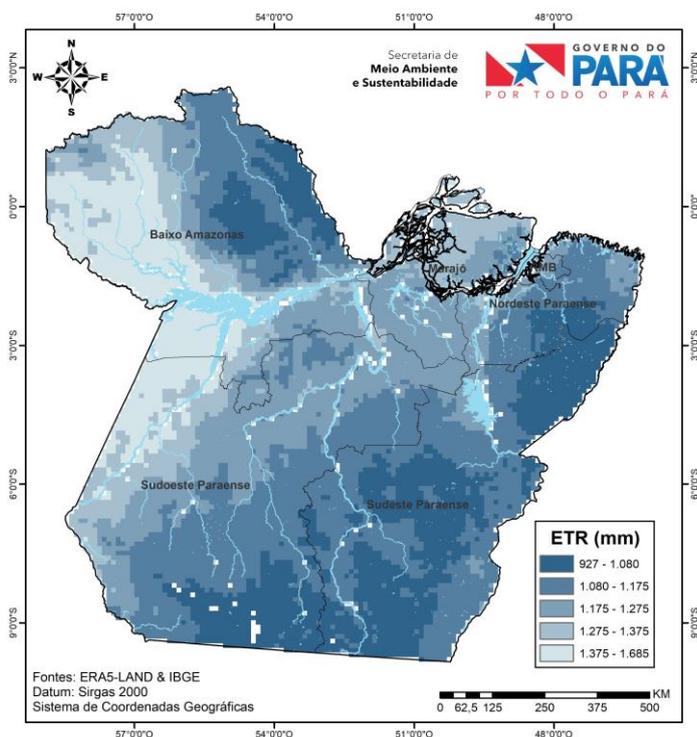
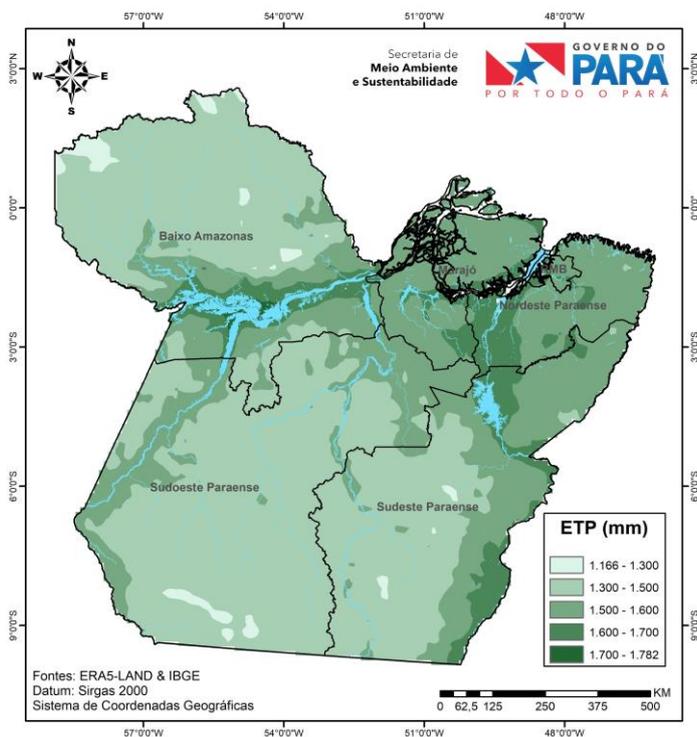
A delimitação do clima de uma região é crucial não apenas para estabelecer indicadores do potencial do meio físico, mas também para identificar áreas homogêneas do ponto de vista socioeconômico. Isso contribui significativamente para o planejamento e desenvolvimento de atividades sustentáveis e viáveis na região. A água é um recurso essencial para o desenvolvimento das culturas; sua falta ou excesso pode impactar a produção agrícola de uma localidade ou região.

Segundo Matos et al. (2014), o uso do balanço hídrico é de suma importância, pois considera fatores como a textura física do solo, a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas e o movimento de água no solo ao longo do ano. O método de classificação climática de Thornthwaite é amplamente utilizado devido à sua eficiência em detectar pequenas variações espaciais climáticas, com base em dados de temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial (ETP). Este método é considerado mais eficiente para esse fim do que a classificação de Köppen (Cunha & Martins, 2009).

Os mapas de balanço hídrico foram estimados a partir dos mapas de temperatura e precipitação em um cenário normal, permitindo observar as condições médias do Estado. A Figura 2 apresenta os mapas de Evapotranspiração Potencial anual (ETP) e Evapotranspiração Real anual (ETR). A ETP expressa a quantidade de água que sai do sistema por meio da evaporação do solo e da transpiração de uma cultura de referência, e está diretamente relacionada à temperatura e ao fotoperíodo. Esta variável é essencial para quantificar a demanda hídrica da atmosfera de uma região. Observa-se que os maiores valores de ETP ocorrem nas áreas com temperaturas mais elevadas e próximas a corpos hídricos.

Por outro lado, a ETR está diretamente relacionada à ETP e à precipitação, com valores variando entre 927 e 1685 mm/ano. Os maiores valores de ETR são observados nas áreas com maiores volumes de chuva, indicando uma relação direta entre precipitação e a evapotranspiração real das culturas.

Figure 3. Mapa da distribuição espacial da Evapotranspiração Potencial anual - ETP (mapa a esquerda) e Evapotranspiração Real anual - ETR (mapa a direita) considerando o CAD com representatividade para as culturas permanentes e temporária com profundidade efetiva máxima do sistema radicular entre 0 e 120 cm.



**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do ERA5-Land.

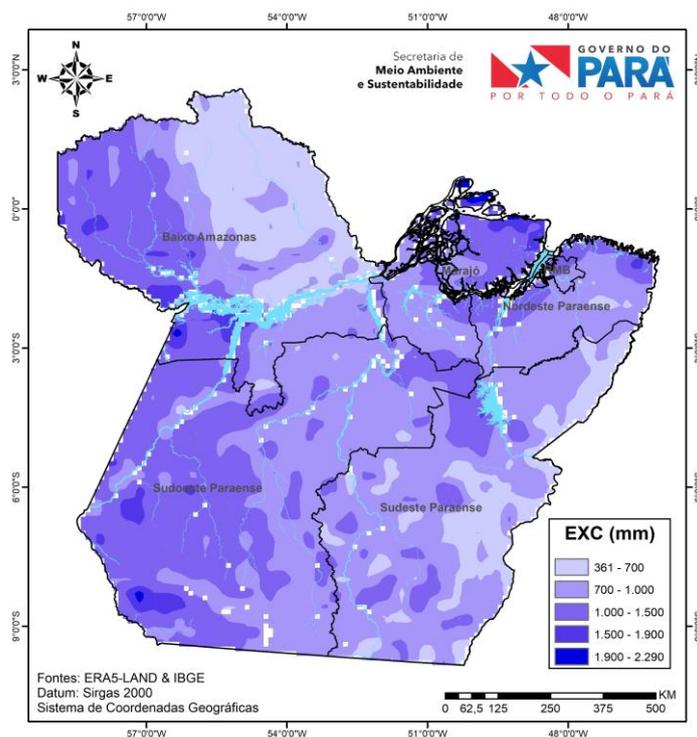
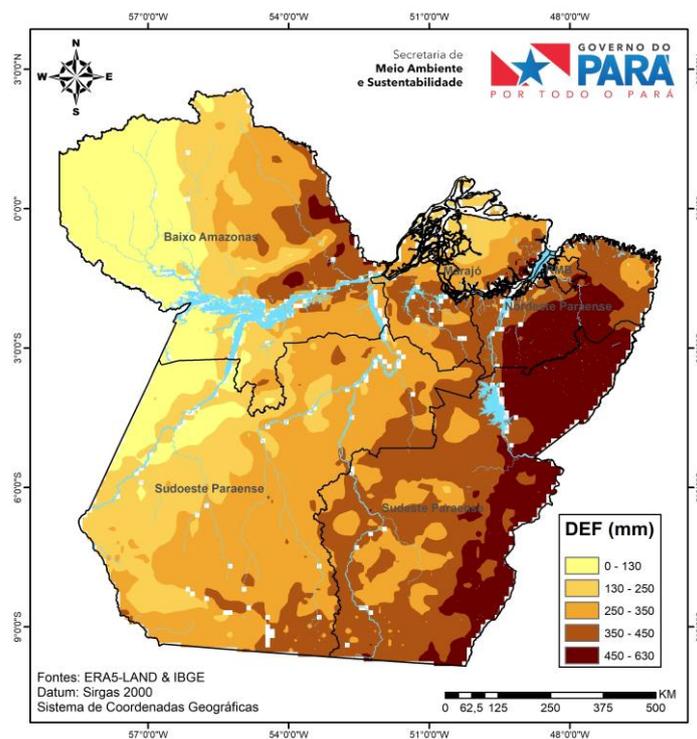
As variáveis deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) são subprodutos do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) e possuem uma relação direta com a precipitação e a

evapotranspiração potencial (ETP). A DEF ocorre quando  $(P-ETP) < 0$ , enquanto o EXC é observado quando  $(P-ETP) > 0$  (Pereira et al. 2002).

A Figura 4 apresenta os mapas de excedente e deficiência hídrica anual para o Estado do Pará. A análise do mapa de deficiência hídrica indica que os maiores valores estão situados na porção leste, abrangendo as mesorregiões Sudeste, Nordeste, Região Metropolitana de Belém e grande parte do Marajó e Baixo Amazonas, com DEF variando entre 250 e 630 mm/ano. Dessa forma, podemos concluir que, embora o Pará apresente uma estação chuvosa com precipitações abundantes, o período menos chuvoso favorece a presença de DEF em quase todo o Estado.

Por outro lado, o EXC exibiu os maiores valores na porção oeste, Marajó, Região Metropolitana de Belém, litoral nordeste e pontos isolados no Sudeste, com valores variando entre 1000 e 2290 mm/ano. Essas áreas coincidem com as regiões que apresentam os maiores volumes de chuva.

Figure 4. Mapa da distribuição espacial da Deficiência hídrica anual - DEF (mapa a esquerda) e Excedente hídrico anual - EXC (mapa a direita) considerando o CAD disponibilizado pela ANA para a elaboração do Balanço Hídrico do Estado do Pará.



**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do ERA5-Land e mapa vetorial do CAD.

A classificação climática é essencial para fornecer uma visão geral das características climáticas e temporais de qualquer região. Segundo Oliveira e Oliveira (2019), a classificação climática visa identificar zonas com características climáticas relativamente homogêneas em uma determinada região de estudo, fornecendo informações valiosas sobre as condições climáticas, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente da região.

No caso do Pará, a região é classificada como tendo um clima megatérmico (A'), com evapotranspiração potencial (ETP) maior que 1140 mm/ano. As áreas destacadas em tons de verde

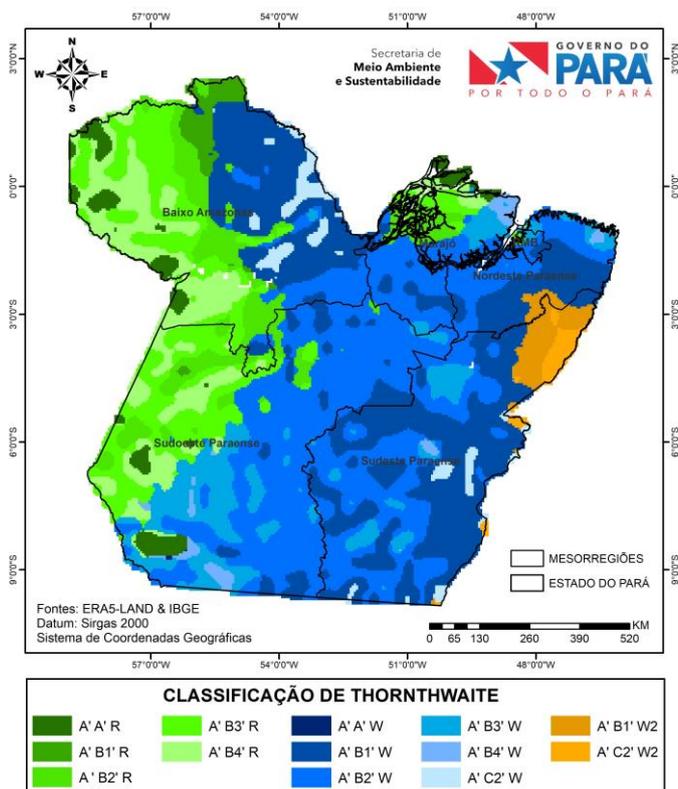
na porção oeste das regiões sudeste, Marajó e Baixo Amazonas representam zonas classificadas como megatérmicas, super úmidas (A') ou úmidas (B1, B2, B3 e B4), com pouca ou nenhuma deficiência hídrica (R).

As áreas representadas em tons de azul, abrangendo grande parte das regiões sudoeste, sudeste, nordeste, Marajó e a Região Metropolitana de Belém, são identificadas como tendo clima megatérmico, super úmido (A'), úmido (B1, B2, B3 e B4) ou úmido e subúmido (C2), com moderada deficiência hídrica (W).

Por fim, as áreas em tons de laranja, situadas entre as regiões sudeste e nordeste, são classificadas como megatérmicas (A'), úmidas (B1) ou úmidas e subúmidas (C2), com grande deficiência hídrica (W2).

Observa-se que a classificação de Thornthwaite resultou em uma classificação mais detalhada, exibindo 13 tipos climáticos distintos dentro do Estado. Esta classificação minuciosa permite um melhor planejamento e desenvolvimento das atividades agrícolas, contribuindo para a sustentabilidade e a viabilidade da produção agrícola na região.

Figure 5. Classificação Climática de segundo Thornthwaite, no período de 1981-2020, para o Estado do Pará.



**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do ERA5-Land e mapa vetorial do CAD.

### Zoneamento Agroclimático Do Cacau Para O Estado Do Pará

Como mencionado na análise climática do Estado, o Pará apresenta em sua maior porção territorial médias anuais de temperatura entre 24,5°C e 27,5°C, consideradas ideais para a cultura do cacau. Dessa maneira, pelo critério de temperatura média anual, o estado paraense é plenamente apto ao desenvolvimento do cacau. No que concerne ao critério hídrico para o cenário normal (regular), o cacau em plantio de sequeiro necessita de acumulados de chuva acima de 1200 mm ao ano, com distribuição mensal em torno de 100 mm/mês. Observa-se que grande parte das regiões Sudeste e

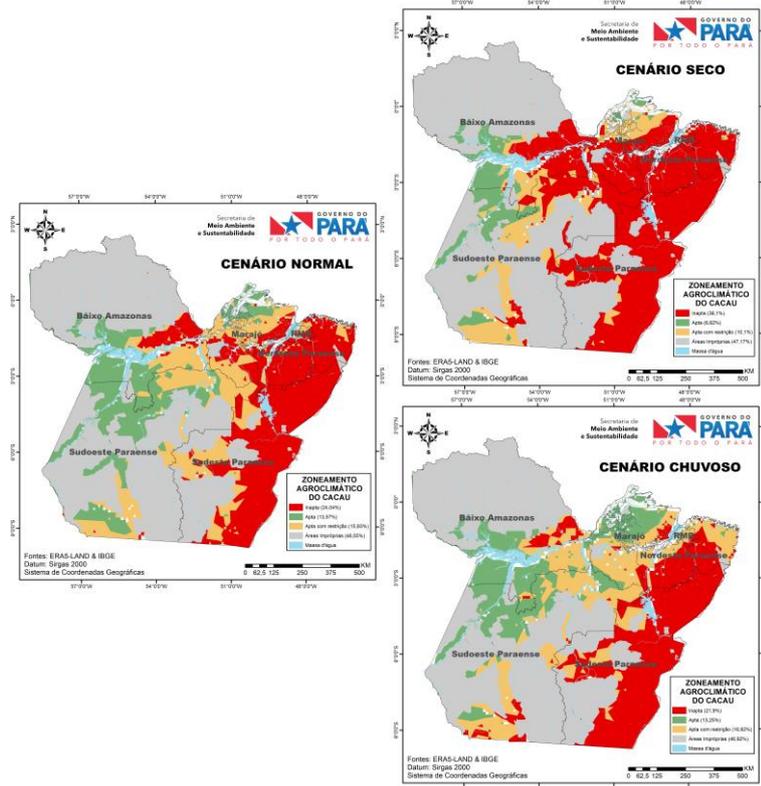
Nordeste são inaptas, exibindo pequenas regiões aptas com restrição hídrica ao plantio do cacau. Por outro lado, a mesorregião sudoeste é a que exibe as maiores áreas aptas e aptas com restrição hídrica, seguida das regiões do Baixo Amazonas e Marajó. Vale ressaltar que dos mais de 1,2 milhões km<sup>2</sup> do território paraense, 46,55% desta extensão é classificada como áreas impróprias por serem áreas protegidas (Unidades de conservação, Terras indígenas, Áreas quilombolas e Áreas militares). Sendo assim, em anos com chuvas regulares, o Pará tem 29,4% do seu território com áreas aptas e aptas com restrição ao plantio. Em anos secos, as áreas com aptidão climática reduzem para aproximadamente 16,7%, e em anos chuvosos sobem para 30,17%.

Nota-se que o principal motivo para a porção leste do Pará permanecer inapta ao plantio do cacau é a questão hídrica, uma vez que esta área apresenta mais de três meses consecutivos com índices pluviométricos abaixo de 80 mm/mês, sendo este um fator limitante ao cultivo do cacau nessas áreas. Destaca-se que os cenários seco e chuvoso indicam como o território paraense se comporta frente às variações climáticas, modulando a irregularidade das chuvas tanto quantitativamente quanto espacialmente sobre os municípios e, conseqüentemente, gerando um aumento/redução nas áreas aptas. Contudo, a forma como se comporta o aumento/redução das áreas aptas pode ser utilizada como uma ferramenta de suporte técnico para auxiliar no manejo da cultura.

Os resultados deste estudo são fundamentais para informar as políticas públicas voltadas à agricultura no Estado do Pará. A implementação de programas como o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) e outras iniciativas estaduais focadas na recuperação de áreas degradadas e no incentivo à agroecologia podem se beneficiar diretamente dos dados apresentados. Por exemplo, a identificação de áreas aptas e inaptas ao cultivo do cacau pode orientar a alocação de recursos e investimentos em infraestrutura agrícola, promovendo o uso eficiente da terra e a sustentabilidade ambiental. Além disso, esses resultados podem informar programas de crédito rural e seguros agrícolas, garantindo que os recursos sejam direcionados para regiões com maior potencial produtivo e menor risco climático.

A promoção de tecnologias agrícolas sustentáveis e a educação ambiental para os agricultores também são pilares dessas políticas, buscando equilibrar a produção agrícola com a conservação dos ecossistemas locais. O zoneamento agroclimático, como o realizado neste estudo, é uma ferramenta crucial para orientar essas políticas, permitindo identificar as áreas mais adequadas para o cultivo do cacau e orientar investimentos em práticas agrícolas mais resilientes às variações climáticas. Em resumo, a utilização de dados de zoneamento agroclimático nas políticas públicas pode otimizar a produção agrícola, promover o desenvolvimento sustentável e contribuir para a segurança alimentar no estado do Pará. Dessa forma, o planejamento baseado em zoneamento agroclimático torna-se uma estratégia vital para enfrentar os desafios climáticos e ambientais, assegurando a viabilidade e a sustentabilidade da agricultura no Pará.

Figure 6. Zoneamento agroclimático do Estado do Pará para a cultura do Cacau destacando os



cenários seco, regular e chuvoso.

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do ERA5-Land e mapa vetorial do CAD

### Zoneamento Agroclimático Do Abacaxi Para O Estado Do Pará

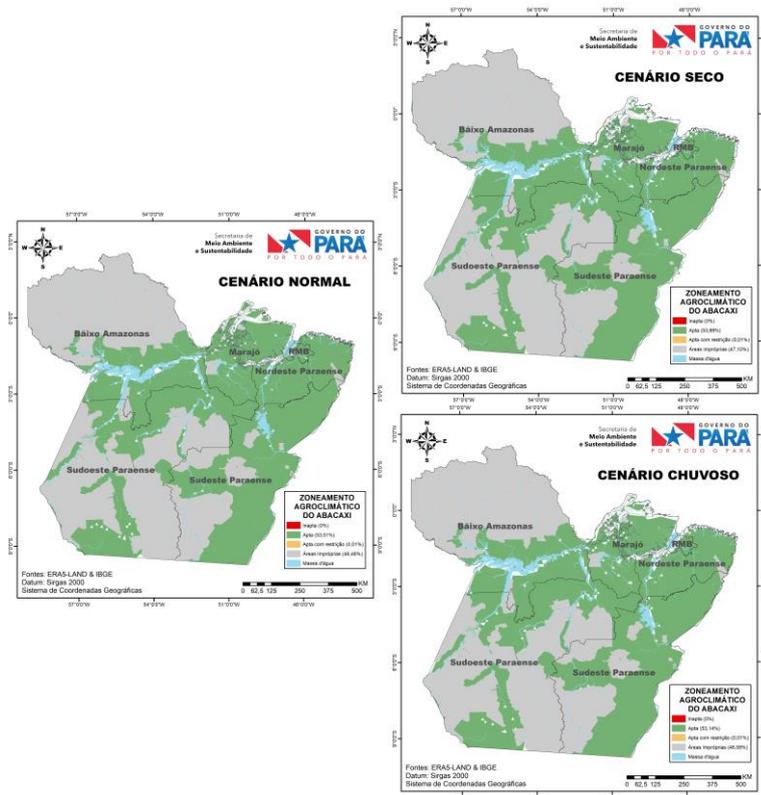
A cultura do abacaxi é de característica tropical aceitando temperaturas elevadas e sendo bem tolerante no quesito de chuva. Deste modo, ao realizar o cruzamento das informações climáticas com as necessidades do abacaxi, definidas nas faixas de aptidão agroclimática, constatou-se que independente das variações que podem vir a ocorrer nos diversos cenários estudados (seco, normal e chuvoso), o abacaxi sobre plantio de cerqueiro poderá ser cultivado em todo território paraense, com exceção das áreas impróprias.

Vale ressaltar, que embora o abacaxizeiro seja planta com capacidade de resistir bem a períodos secos, seu cultivo comercial sem uso de irrigação tende a ser bem variado e afetando diretamente os custos de produção, riscos de perdas de fruto e prejuízos econômicos para o produtor. Segundo Reinhardt (2015) períodos secos prolongados, como ocorrem no Cerrado brasileiro com cerca de três a cinco meses de chuvas bastante reduzidas, dificultam o cultivo comercial de abacaxi, mas a experiência tem mostrado que este é viável, pois as plantas sobrevivem durante o período seco e tendem a recuperar o crescimento e vigor no início da época chuvosa seguinte, permitindo a posterior indução da floração e a colheita de frutos de tamanho e qualidade adequados antes do próximo período seco.

Segundo Cunha et al. (2009), o abacaxizeiro tem necessidades hídricas relativamente reduzidas, se comparado a culturas anuais. Os autores citam as características típicas de planta xerófila como fator de baixa transpiração e uso eficiente da água pela cultura, além do metabolismo MAC (metabolismo ácido das crassuláceas) de assimilação do CO<sub>2</sub>.

A irrigação é necessária em áreas com um período de três meses consecutivos com chuvas inferiores a 15 mm/mês ou de quatro meses com menos de 25 mm/mês ou, ainda, cinco meses com chuvas inferiores a 40 mm/mês (CARVALHO, 1998).

Figure 7. Zoneamento agroclimático do Estado do Pará para a cultura do abacaxi destacando os cenários seco, regular e chuvoso.



**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do ERA5-Land e mapa vetorial do CAD.

## CONCLUSÃO

Este estudo apresenta de maneira ilustrativa informações técnicas para os produtores de cacau e abacaxi do estado do Pará, funcionando assim como mais uma ferramenta para o planejamento da produção dessas culturas no Estado. A análise das condições climáticas na realização do planejamento e implementação de qualquer cultura é um fator decisivo para alcançar bons resultados de produtividade e viabilidade econômica.

As culturas do cacau e abacaxi são frutas tropicais com características distintas em relação às demandas hídricas e, por este motivo, respondem de maneira diversa quando analisadas as áreas aptas para o cultivo segundo seus critérios climáticos. O zoneamento agroclimático do cacau apresentou variações significativas em sua área disponível para plantação visando bons rendimentos de safra entre os cenários seco, chuvoso e normal. As áreas aptas para o plantio reduziram de 13,57% para 6,62% do território paraense entre os cenários normal e seco, respectivamente. Comparando os cenários normal e chuvoso, houve um aumento sutil, mas visível, nas áreas aptas, especialmente nas regiões do Marajó, Nordeste Paraense e norte do Sudoeste.

A análise das áreas aptas para o cultivo do abacaxi se manteve constante nos três cenários, indicando que todo o território paraense é apto à plantação do abacaxi pelos critérios climáticos. Deve-se ressaltar que um pouco mais de 46% da extensão territorial do Pará é composta por áreas inapropriadas para o plantio por estarem inseridas em Unidades de Conservação, Terras Indígenas, Áreas Quilombolas e Áreas Militares.

A inclusão de dados de zoneamento agroclimático é essencial para uma gestão ambiental eficiente e para o desenvolvimento sustentável da agricultura no Pará. Ferramentas como essa permitem um

planejamento agrícola que considera as variabilidades climáticas, otimizando o uso dos recursos naturais e minimizando os impactos ambientais. Políticas públicas que incentivem a agricultura sustentável e a preservação ambiental, como o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), podem se beneficiar diretamente desses dados para promover a recuperação de áreas degradadas, incentivar a agroecologia e direcionar investimentos de forma mais eficiente.

A gestão ambiental integrada ao planejamento agrícola pode ajudar a garantir a sustentabilidade a longo prazo, preservando a biodiversidade e os recursos hídricos, essenciais para a produção agrícola. O desenvolvimento sustentável na agricultura não apenas melhora a viabilidade econômica das culturas, mas também assegura que as práticas agrícolas não comprometam a saúde dos ecossistemas locais. Dessa forma, o planejamento agrícola baseado em zoneamento agroclimático torna-se uma estratégia vital para enfrentar os desafios climáticos e ambientais, promovendo uma agricultura mais resiliente e sustentável no Pará.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de manifestar nosso reconhecimento à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS) e ao Núcleo de Monitoramento Hidrometeorológico pela colaboração no desenvolvimento do estudo de zoneamento agroclimático das culturas de cacau e abacaxi. A dedicação e o trabalho da equipe de meteorologistas e colaboradores foram essenciais para a realização desta análise detalhada, que contribuirá significativamente para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável no Pará. Agradecemos à SEMAS pelo apoio contínuo e compromisso com o meio ambiente.

## **REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA PARÁ <https://agenciapara.com.br/noticia/22042/>

ALMEIDA, C. M. V. C. Avanços no melhoramento genético do cacaueiro na Amazônia brasileira. In: MENDES, F. A. T. (Ed.). A cacauicultura na Amazonia: história, genética, pragas e economia. Belém: CEPLAC/SUEPA, 2007. p.55-100.

CARVALHO, A. M. Irrigação no abacaxizeiro. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 58-61, 1998.

CUNHA, G. A. P.; REINHARDT, D. H.; ALMEIDA, O. A.; SOUZA, L. F. S. Abacaxi. In: MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 15-32.

FAPASA, Boletim Agropecuário do Estado do Pará 2015. Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará, n. 1, 2015.

FÉRES, J. G.; REIS, E.; SPERANZA, J. Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 27, Foz de Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ANPEC, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal 2018. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 18/082021.

MARTINS, A. C. de S. Introdução. In: SILVA NETO, P. J.; MATOS, P. G. G.; MARTINS, A. C. de S.; SILVA, A. Manual técnico do cacaueiro para a Amazonia brasileira. Belém, PA: CEPLAC, 2013, p. 12-19.

- MAVI, H.S.; TUPPER, G.J. Agrometeorology - Principles and application of climate studies in agriculture. New York: Food Products Press. 2004. 364p.
- MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009
- PORRO, A. Cacau e chocolate: dos hieróglifos maias a cozinha ocidental. In: Anais do museu paulista. São Paulo, n. 5, p 279-284, jan/dez 1997.
- PY, C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISSON, C. The pineapple: cultivation and uses. Paris: G. P. Maisonneuve et Larose et A. C. C. T., 1987.
- REINHARDT, D. H. R. C. Manejo do solo - água - planta em plantios de abacaxi. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2015.
- ROSÁRIO, J. U. Amazonia processo civilizatório: Apogeu do Grão-Pará. Belém: Universidade Federal do Pará. 1986, p. 166.
- ROSÁRIO, M.; PERRUCHO, T.; FOWLER, R. L.; SALES, J. C. Cacau: historia e evolução no Brasil e no mundo. Ilhéus, Ba. CELAC/Divisão de comunicação.
- SANTANA, A. C. et al. Evidências do mercado de produtos da pequena produção na região da transamazônica e BR-163 no estado do Pará. Revista de estudos sociais, v.17, p.186-215,2015.
- SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.; SANTOS, A.R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N.; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, p.501-509, 2001. Número especial Zoneamento Agrícola.
- SILVA NETO, P. J.; LIMA, E. L. Aspectos gerais da cultura do cacauzeiro. In MENDES, F. A. T. A cacauicultura na Amazonia: história, genética, pragas e economia. Belém, PA, CEPLAC/SUEPA, 2017, p. 9-54.
- SOUZA, F. V. D.; SOUZA, E. H.; PÁDUA, T. R. P.; FERREIRA, F. R. Abacaxizeiros (*Ananas* spp.) cultivados e silvestres. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2017. <Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1095063/1/7ddc230c2f7aAbacaxi03a.pdf>>
- XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Caracterização de períodos secos e ou excessivamente chuvosos no estado do Ceará através da técnica dos quantis: 1964-1998. Revista Brasileira de Meteorologia, v.14, n 2, p. 63-78, 1999.

# Influência de diferentes elementos meteorológicos nas fases de desenvolvimento e relação com parâmetros de produtividade do fruto do coqueiro-anão-verde (*Cocos nucifera* L.) submetido a diferentes regimes hídricos

**Miguel Gabriel Moraes Santos**<sup>1</sup>; **Juliane Samara da Costa Dias**<sup>2</sup>; **Samily Lisboa Gomes**<sup>3</sup>; **Leandro Monteiro Navarro**<sup>4</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Pós-Graduação (Mestrado). Universidade Federal Rural da Amazônia. Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 - Terra Firme, Belém - PA, 66077-830;<sup>2</sup>Graduanda (Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia. Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 - Terra Firme, Belém - PA, 66077-830;<sup>3</sup>Graduanda (Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural da Amazônia. Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 - Terra Firme, Belém - PA, 66077-830;<sup>4</sup>Bolsista. Universidade Federal Rural da Amazônia. Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 - Terra Firme, Belém - PA, 66077-830;<sup>5</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 - Terra Firme, Belém - PA, 66077-830

## RESUMO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma espécie cultivada em condições meteorológicas de temperatura e umidade relativa do ar médias de 27 °C e 80%, e pluviometria anual acima de 1.500 mm. A produção do fruto do coqueiro ocorre de forma contínua durante o ano, estando em diversas fases de desenvolvimento na mesma planta e são diversos os fatores que influenciam a formação dos frutos, podendo citar as condições meteorológicas, as quais são capazes de comprometer a produtividade final dos frutos e da água de coco. O trabalho objetivou analisar as relações de influência dos elementos meteorológicos: temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (uz), déficit de pressão de vapor (DPV), radiação solar (Rg) e precipitação pluviométrica (PP) + lâmina de irrigação, nas fases de desenvolvimento do fruto do coqueiro submetido a diferentes regimes hídricos, e suas relações com parâmetros de produtividade de fruto e água de coco. O experimento foi realizado no município de Santa Isabel do Pará-Pa, região caracterizada com clima do tipo "Am". O plantio foi instalado no ano de 2016, utilizando a cultivar anão-verde e a área conta com uma torre micrometeorológica, assim como possui um sistema de irrigação por microaspersão. O manejo da irrigação foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ETc) e os regimes hídricos adotados corresponderam a: Sequeiro, 50%, 100% e 125% da ETc, aplicados no período menos chuvoso da região. Para todos os regimes hídricos, observou-se relações positivas dos elementos meteorológicos analisados, exceto a UR, na formação do fruto nas fases 1 e 5 com o resultado de massa de fruto e volume de água por hectare. Em contrapartida, foi observada relações positivas para UR e negativa para todos os outros elementos nas fases 9 e 10. Da mesma forma, os regimes hídricos proporcionaram relações negativas nas primeiras fases (entre 1 e 4) e positiva nas fases finais (entre 8 e 10), com exceção do regime hídrico de 125% da ETc.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Cocos nucifera*; irrigação; evapotranspiração;;

## AGRADECIMENTOS

A Sococo Agroindústrias da Amazônia S/A, pelo financiamento da pesquisa, pela concessão da área experimental e pela logística. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós- Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

## PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A PRODUTIVIDADE DO CACAU (*Theobroma cacao* L.) EM ALTAMIRA-PA

**Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>1</sup>; **Gabriel Siqueira Tavares Fernandes**<sup>4</sup>; **Joao Vitor de Nóvoa Pinto**<sup>4</sup>; **Luís Paulo Alves Portugal**<sup>3</sup>; **Hugo Afra Lopes**<sup>3</sup>; **Kamila Oliveira Rodrigues**<sup>3</sup>; **Pablo de Oliveira lima**<sup>3</sup>; **Vivian Dielly da Silva Farias**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 Bairro: Terra Firme Cep: 66.077-830 Cidade: Belém-Pará-Brasil; <sup>2</sup>docente. Universidade Federal do Pará, campus Altamira. ua Coronel José Porfírio, 2515 - Bairro Centro - CEP 68372-040- Altamira - Pará; <sup>3</sup>bolsista. Universidade Federal do Pará, campus altamira. ua Coronel José Porfírio, 2515 - Bairro Centro - CEP 68372-040- Altamira - Pará; <sup>4</sup>Bolsista. Universidade Federal Rural da Amazônia. Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 Bairro: Terra Firme Cep: 66.077-830 Cidade: Belém-Pará-Brasil

### RESUMO

O Brasil é o 6º maior produtor mundial de cacau (*Theobroma cacao* L.) e o Pará ocupa a posição de maior produtor nacional. Em função disso torna-se necessário estudos de prospecção sobre o futuro da cadeia produtiva diante de cenários de mudanças climáticas na região. Um experimento de campo vem sendo realizado desde janeiro de 2023 em Vitória do Xingu, noroeste do estado do Pará, em um plantio comercial de 10ha de cacau seminal (*Theobroma cacao* L.) a pleno sol para a obtenção de parametros agronomicos e agrometeorologicos. Uma torre micrometeorológica de 10 m de altura foi instrumentada com sensores para o monitoramento meteorologico e determinação da evapotranspiração da cultura (ETm) por meio da razão de bowen. A produtividade da água (PA) da cultura foi obtida a partir da produção total de amêndoas (Pam) em relação a evapotranspiração da cultura. Cenários futuros para região foram obtidos através do portal de projeções do INPE para o município de Altamira, considerando o cenário RCP8.5 gerado pelo modelo ETA. A produtividade obtida entre janeiro de dezembro de 2023 atingiu 2,1 kg/planta (2,3Ton/ha) com o uso da irrigação, superior à media da região (955kg/ha). A evapotranspiração total acumulada no ano foi de 6.795 litros/planta (756 mm), resultando em uma produtividade da água de 0,25 gramas de amendoas para cada litro evapotranspirado. Para o cenário futuro entre 2011 e 2040, os meses com deficiencia hidrica devem mudar de junho a novembro, para maio a dezembro. Há um aumento na ETm da cultura em função do aumento da demanda atmosférica, mas ao considerarmos a disponibilidade de água ocorre uma redução de até cerca de 500mm na evapotranspiração real total anual do cacau. Em casos onde a irrigação nao seja adotada, reduções de até 200 gramas de amendoas por planta podem ser esperadas. Diante dos cenários obtidos, conclui-se que futuro da cacauicultura na região poderá ter um aumento considerável em cenários futuros desde que seja acompanhada do aumento do uso da irrigação ou a manutenção de práticas conservacionistas como o consorcio ou a inserção em sistemas agroflorestais por uma possivel preservação da agua no solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** cacau; produtividade da agua; evapotranspiração;;

### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de produtividade do primeiro autor (processo 311681/2022 - 0) e financiamento de pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), á Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057)

## ESTIMATIVA DOS COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA EM CULTIVO DE CACAU EM ALTAMIRA, PARÁ

### RESUMO

Os componentes do balanço de energia são indicadores da dinâmica hídrica em ecossistemas agrícolas, influenciando a evapotranspiração e a disponibilidade de água no solo. Entender as trocas de massa e energia no sistema solo-planta-atmosfera, via partição do saldo de radiação, é crucial para manejo hídrico e produtividade. Este trabalho visa estimar o balanço de energia no cultivo de cacau em Altamira, Pará. Os sensores para monitoramento das variáveis meteorológicas foram instalados em uma torre metálica para medir precipitação, radiação solar, saldo de radiação, temperatura do ar e umidade relativa a 0,7 e 2,1 m acima do dossel da cultura e umidade do solo. A evapotranspiração foi determinada usando valores positivos do fluxo de calor latente entre 7h e 17h ( $R_n - G > 0$ ) medido pelo método da razão de Bowen. O experimento ocorreu entre junho e novembro de 2023 (período seco). Os fluxos de calor sensível (H) e latente (LE) variaram de 27,44 a 328,54  $W m^{-2}$ , com média de 187,05  $W m^{-2}$ , e de 19,91 a 209,19  $W m^{-2}$ , com média de 135,78  $W m^{-2}$ , respectivamente. O particionamento de energia para H, LE e do solo (G) foi de 59%, 38% e 3%, respectivamente. A maior fração direcionada para H ocorreu devido à redução de chuvas e aumento da radiação solar, afetando a disponibilidade de água no solo. O teor volumétrico de água no solo variou de 0,17 a 0,25, com média de 0,22, permanecendo entre o ponto de murcha permanente (PMP) 0,18  $m^3 m^{-3}$  e a capacidade de campo (0,30  $m^3 m^{-3}$ ), sugerindo condição hídrica estável. Contudo, ocasionalmente, o volume de água no solo caiu abaixo do PMP, indicando estresse hídrico e redução da transpiração das plantas. Consequentemente, a maior parte da energia foi usada para aquecer o ar e a superfície, potencialmente comprometendo o crescimento e a produtividade das plantas. Isso destaca a importância da gestão hídrica eficiente para garantir condições microclimáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dinâmica hídrica; Evapotranspiração; Razão de Bowen;;

### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

# ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO CACAUEIRO PELO MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO NO SOLO NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DO XINGU, PARÁ

**Matheus Lima Rua** <sup>1</sup>; **Joshuan Bessa da Conceição** <sup>2</sup>; **Sandra Andrea Santos Silva** <sup>3</sup>; **Vivian Dielly da Silva Farias** <sup>4</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza** <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Discente de pós-graduação. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará;<sup>2</sup>Discente de graduação. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará;<sup>3</sup>Discente de graduação. Universidade Federal do Pará. Altamira, Pará;<sup>4</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. Altamira, Pará;<sup>5</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará

## RESUMO

Compreender a demanda hídrica de uma cultura é essencial, pois sua determinação depende da localização, das condições atmosféricas e da disponibilidade de água no solo. Objetivou-se determinar a evapotranspiração do cacau em condições de cultivo irrigado e não irrigado no município de Vitória do Xingu - Pará. O estudo foi conduzido em um plantio comercial de cacau híbrido (*Theobroma cacao*), em uma área de 2 hectares a pleno sol, durante os meses de setembro de 2023 a julho de 2024. Em cada tratamento foram instalados uma torre, nas quais foram abrigados sensores para mensuração de precipitação pluviométrica e conteúdo volumétrico de água no solo. A evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) foi calculada a partir do método de balanço hídrico do solo. Foi aplicado o delineamento inteiramente casualizado com parcela subdividida, com dois tratamentos, irrigado e não irrigado (delimitado em 1 hectare cada) e dois períodos de acompanhamento, chuvoso e menos chuvoso. Os dados coletados foram submetidos a teste de normalidade e homoscedasticidade, e por não atender os pressupostos da ANOVA, realizou-se o teste de Kruskal-Wallis e Wilcoxon-Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ). Com base nos resultados dos testes de Kruskal-Wallis e Wilcoxon-Mann-Whitney, constatou-se que houve diferença significativa entre os períodos analisados em ambos os tratamentos. A ET<sub>c</sub> no tratamento irrigado (IR) foi maior durante o período menos chuvoso (PMC) (3,70 mm.dia<sup>-1</sup>; ±0,55), em comparação ao período chuvoso (PC) (3,43 mm.dia<sup>-1</sup>; ±0,69). No tratamento não irrigado (NIR), a ET<sub>c</sub> foi maior durante o PC (3,39 mm.dia<sup>-1</sup>; ±0,76), em comparação ao PMC (1,35 mm.dia<sup>-1</sup>; ±0,24), devido à menor disponibilidade hídrica neste período. Na comparação entre os tratamentos, não houve diferença significativa durante o PC, apenas no PMC, onde a ET<sub>c</sub> foi maior no IR. Isso evidencia que a irrigação garantiu a suplementação hídrica do cacau durante o PMC, favorecendo o processo de evapotranspiração.

**PALAVRAS-CHAVE:** demanda hídrica; umidade do solo; fruticultura Amazônica;

## AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós- Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

## SIMULADOR DE PRECIPITAÇÃO PORTÁTIL

Luciano Fleischfresser <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente. Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, CEP: 87301-899, Campo Mourão, PR, Brasil.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

### RESUMO

Para determinar experimentalmente o balanço hídrico em amostras de telhado verde, um simulador portátil de chuva semelhante ao utilizado por Bettella, D'Agostino e Bortolini (2018) foi construído. O reservatório elevado tem capacidade para 75 litros ( $50 \times 50 \times 30 \text{ cm}^3$ ) e possui 73 agulhas na base para simular a precipitação. São utilizadas agulhas de 1,20 x 25 mm (18G x 1"), podendo ser utilizadas também agulhas de outras especificações. Elas foram inseridas em furos localizados nos vértices de 9 octógonos concêntricos, defasados de 45° alternativamente, criando um núcleo de precipitação mais denso ao redor do centro da base, e que se torna mais esparso na medida em que se afasta radialmente para as laterais. O recipiente onde a amostra de telhado verde é colocada tem base inclinada para direcionar o fluxo aos drenos localizados na face frontal, os quais alimentam um reservatório de acumulação. A amostra de telhado verde é composta de 3 camadas a saber: uma camada de drenagem, o substrato, e a vegetação de cobertura. O reservatório de acumulação é apoiado em uma balança digital que registra o peso da água drenada, enquanto a amostra de telhado verde é apoiada em uma segunda balança digital para inferir o peso d'água remanescente na amostra. Com graduação entre 5 e 25 litros em intervalos de 5 litros no reservatório elevado, o simulador produz taxas de precipitação entre 60 e 130 milímetros por hora. A estrutura é montada sobre rodas para permitir sua movimentação para locais a céu aberto em que a alimentação de água e a rede elétrica estejam disponíveis, além do uso tradicional dentro do laboratório.

**PALAVRAS-CHAVE:** acumulação; drenagem; infiltração;;

## Lisímetro de lençol freático de carga constante de baixo custo

**Ranyelli Cunha de Figueiredo <sup>1</sup>; Luiz Antonio Candido <sup>2</sup>; Andressa Gregolin Moreira <sup>5</sup>; Oséias Neemias de Lima <sup>3</sup>; Marcelo Crestani Mota <sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Av. Bem-Te-Vi, 8-406 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-001; <sup>2</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Av. Bem-Te-Vi, 8-406 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-001; <sup>3</sup>Acadêmico de Agronomia. Faculdade Marechal Rondon. Av. Mal. Rondon, 10058 - Setor Industrial, Vilhena - RO, 76980-000; <sup>4</sup>Pesquisador e Docente do curso de Agronomia. Faculdade Marechal Rondon. Av. Mal. Rondon, 10058 - Setor Industrial, Vilhena - RO, 76980-000; <sup>5</sup>Docente do curso de Agronomia. Faculdade Marechal Rondon. Av. Mal. Rondon, 10058 - Setor Industrial, Vilhena - RO, 76980-000

### RESUMO

A evapotranspiração é um componente fundamental para compreender a demanda hídrica da cultura, podendo ser mensurada por equipamento in situ e por equações micrometeorológicas com Penman-Monteith. Os lisímetros são equipamentos que possibilitam a medida direta dessa evapotranspiração, todavia, sua fabricação e instalação é onerosa. Em virtude disso, esse trabalho propõe a fabricação de um lisímetro de lençol freático de carga constante de baixo custo (LB), a fim de medir a evapotranspiração da cultura da soja em sistema de plantio direto durante a safra de 2021/2022 em Vilhena-Rondônia. O desempenho da evapotranspiração proveniente do LB foi validada a partir da evapotranspiração de referência diária de Penman-Monteith da FAO (PM-FAO), aplicando-se estatística descritiva e análise de correlação de Spearman. Os resultados apontam que a evapotranspiração LB subestimou a PM nos estádios reprodutivos, comportamento esse associado a eventos extremos de precipitação e a falhas no sistema de drenagem do LB, porém a variabilidade entre as evapotranspirações apresentaram correlação moderada e positiva. Desta forma, o LB é uma alternativa eficiente para a mensuração da evapotranspiração da cultura quando não se dispõe de sistemas célula de carga para monitorar a dinâmica da água em solos cultivados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evapotranspiração; Demanda hídrica; Soja;;

### INTRODUÇÃO

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) quantifica a quantidade de água retirada do solo pela planta (transpiração) somada a água perdida por evaporação do solo, ajuda a entender a demanda hídrica dos cultivos agrícolas. A determinação da ET<sub>c</sub> depende das condições meteorológicas, representadas pela evapotranspiração potencial (ET<sub>o</sub>), do tipo de cultura (com maior ou menor resistência à seca) e da área foliar da planta. Como a área foliar da cultura varia ao longo do tempo, a ET<sub>c</sub> é ajustada por um coeficiente conhecido como coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>). Este coeficiente é função do índice de área foliar (IAF) da cultura, que varia conforme o crescimento e desenvolvimento da planta. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), o método Penman-Monteith é recomendado como padrão para a determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) (Allen et al., 1998). Este método é utilizado como referência para validar outros métodos de cálculo da ET<sub>o</sub>.

A ET<sub>o</sub> representa a transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera sob condições padronizadas. A cultura de referência utilizada é uma cultura hipotética, geralmente uma superfície de grama, cujas características são selecionadas para refletir de forma aproximada as condições gerais de demanda hídrica das culturas de um determinado local e período (CARVALHO, et al. 2011).

O K<sub>c</sub> coeficiente de ajuste ou coeficiente de cultura, é função do índice de área foliar (IAF) da cultura, que varia como seu crescimento e desenvolvimento, ele serve como uma agregação das diferenças físicas e fisiológicas entre as culturas, um fator adimensional, determinado experimentalmente e que relaciona a evapotranspiração da cultura de referência ET<sub>o</sub> com a da cultura ETC (ALLEN, R. G.; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

Os lisímetros (ou evapotranspirômetros) representam a alternativa direta e com maior precisão para a estimativa da evapotranspiração. Esses equipamentos consistem em uma caixa impermeável que contém um volume de solo, permitindo uma análise detalhada de alguns componentes do balanço hídrico do volume amostrado. Existem três tipos principais de lisímetros utilizados: a) lisímetro de drenagem, adequado para períodos prolongados de observação ( $\pm 10$  dias), baseado no princípio de conservação de massa da água no solo; b) lisímetro de lençol freático constante, equipado com um sistema automático de reposição e registro da água, mantendo o nível do lençol freático constante. Neste tipo a evapotranspiração é determinada pelo volume de água que é adicionado ao sistema para manter esse nível. ; e lisímetro de pesagem, que mede a evapotranspiração durante um intervalo de tempo pela variação na massa de um volume de solo vegetado, confinado por paredes impermeáveis (CAMARGO, 1962; ASSIS, 1978; PEREIRA et al., 2002; CARVALHO et al., 2007; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

Esse equipamento requer uma estruturação experimental rigorosa e uma observação minuciosa das condições de contorno, com o objetivo de minimizar os efeitos advectivos, especialmente durante períodos de deficiência hídrica (PEREIRA et al., 2002). Isso resulta em custos elevados, instalação complexa (envolvendo diversos aparelhos e obras de construção) e manejo que requer medidas diárias de forma sistemática (COSTA, 2004; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). Apesar das dificuldades associadas aos lisímetros, este método é considerado o mais preciso e é reconhecido como o padrão para a medição da evapotranspiração das culturas (AMORIM, 1998; MATERÁN, 2006; BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Diante disso, este trabalho visou desenvolver um lisímetro de baixo custo para a estimativa da evapotranspiração na cultura da soja.

## OBJETIVOS

Avaliar o desempenho do sistema de lisímetro de baixo custo para medir a evapotranspiração da cultura da soja, comparando-o com o método tradicional de estimativa (Penman-Monteith) para verificar a precisão e a viabilidade econômica do sistema proposto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### • Local de estudo

O experimento foi conduzido, entre outubro de 2021 e fevereiro de 2022, no campo experimental da Faculdade Marechal Rondon (FARON), localizado em Vilhena-RO ( $60^{\circ}05' O$  e  $12^{\circ}46' S$ , altitude de 600 m), na mesorregião do Cone Sul de Rondônia. Esta região é caracterizada pelo clima Am, segundo a classificação de Köppen, indicando um clima tropical de monções com uma curta estação seca durante o inverno (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado e relevo plano (CRESTANI MOTA et al., 2024).

A medida de evapotranspiração foi realizada na cultivar de soja HO CRISTALINO 83HO113 TP IPRO que é amplamente conhecida na região, demonstrando adaptabilidade às características da macrorregião sojícola 4 e edafoclimática 402 (Kaster e Farias, 2011). A qual compreende o Centro-Oeste de Mato Grosso e o Sudeste de Rondônia.

### • Lisímetro de lençol freático com carga constante de baixo custo

O consumo de água pela soja, quando cultivada com cobertura de palhada de milho, foi medido utilizando um lisímetro de lençol freático com carga constante, conforme a metodologia proposta por Santos et al. (2015). O equipamento é constituído por três componentes (FIGURA 1).

- Uma caixa de polietileno (c) de 600 L, diâmetro de 1,25 m e profundidade de 0,6 m, apresentando  $1,23 \text{ m}^2$ , foi preenchida com solo idêntico ao utilizado na semeadura experimental, comportando um total de 12 plantas dispostas em 3 linhas, separadas por 0,5 m

(FIGURA 1b). O componente foi colocado de forma nivelada sobre uma trincheira escavada com um trator escavadeira, sendo o solo removido em três camadas sucessivas de 0,2 m de espessura (0-0,2m; 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m), as quais foram identificadas e armazenadas no próprio local. Na parte inferior da caixa, a 0,1 m de profundidade, foi colocada uma camada de brita, seguida de areia grossa, e o restante do volume foi preenchido com solo retirado da escavação, respeitando a ordem dos horizontes conforme a condição natural. A parte inferior da caixa possui um tubo de PVC de 20 mm de diâmetro, que permite sua conexão ao tanque intermediário. Para cada camada completada, o solo recebeu uma leve compactação para promover uma melhor acomodação no interior caixa;

- Um tanque intermediário (e), confeccionado a partir de uma bombona plástica com capacidade volumétrica de 30 L e medidas de 0,4 m de altura, 0,38 m de comprimento e 0,4 m de diâmetro. Na parte superior do tanque, foram realizadas duas aberturas: uma para a passagem de uma mangueira plástica de 12,7 mm, que conduz a água do tanque medidor para o tanque intermediário, e outra para a instalação de uma bóia mecânica, que permite ajustar a altura do lençol freático no tanque evapotranspirométrico (i).
- Um tanque medidor (f), confeccionado em plástico, medindo 0,6 m de altura e 0,20 m de diâmetro, com uma tampa removível na parte superior. Este tanque apresenta uma saída de 12,7 mm diâmetro conectada ao tanque intermediário, além de uma tomada para uma mangueira transparente de 10 mm de diâmetro, que permite realizar leituras da variação da altura de água para determinação da evapotranspiração. Para isso, uma fita métrica foi inserida no tanque, ao lado da mangueira transparente, possibilitando a medição da altura de água consumida, que é subtraída da leitura do dia anterior e convertida em milímetros de evapotranspiração por meio da Equação (1)

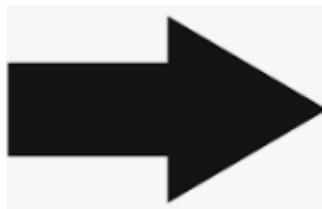
Em que:

⇒

- Etc é evapotranspiração máxima diária da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);
- D1 o diâmetro do tanque medidor (m);
- D2 o diâmetro do tanque evapotranspirométrico (m);
- L1 a leitura do dia (mm);
- L2 a leitura do dia anterior (mm).

Eq. (5)

As medições foram realizadas diariamente às 8 horas da manhã. Após cada medição, o tanque medidor era reabastecido, estabelecendo como limiar para a medição da evapotranspiração diária a lâmina evaporada do dia em questão. Dessa forma a EQUAÇÃO 1 assumiu a seguinte configuração (EQUAÇÃO 2):



Eq. (6)

Em que:

- Etc é evapotranspiração máxima diária da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);
- D1 o diâmetro do tanque medidor (m);

- D2 o diâmetro do tanque evapotranspirométrico (m);
- L a leitura do dia (mm).

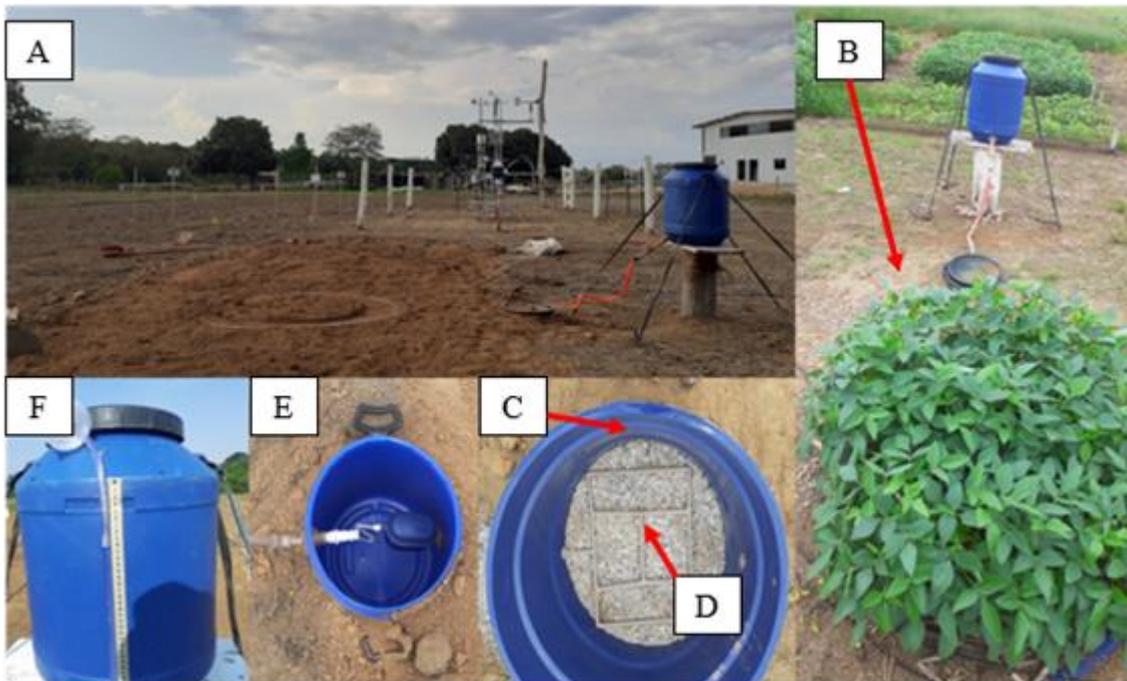
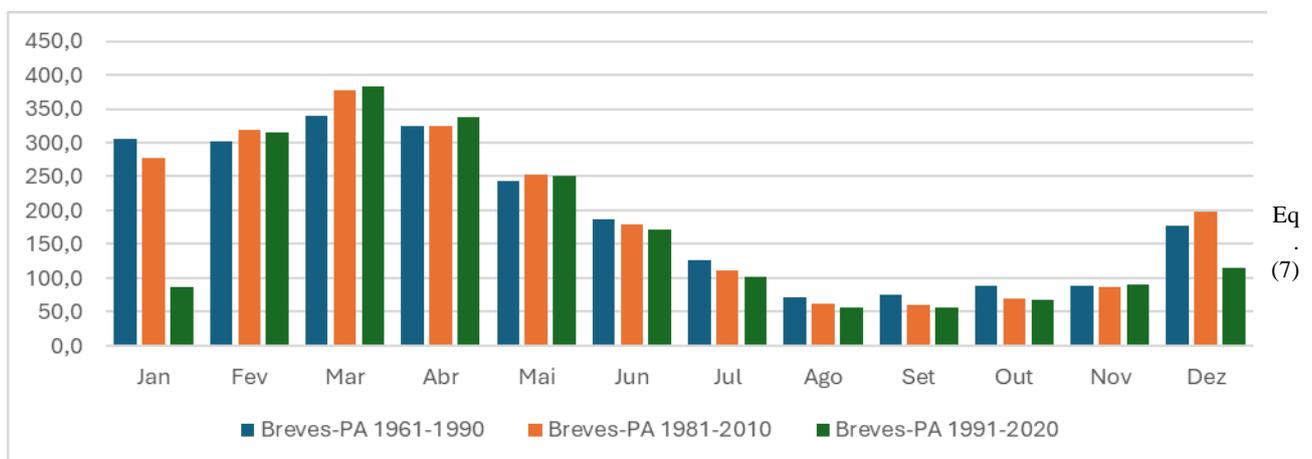


Figura 1: Representação esquemática de um lisímetro de lençol freático de carga constante. (a) Disposição dos componentes do sistema de lisímetro no campo, (b) sistema de lisímetro com a cultivar, (c) caixa de polietileno, (d) sistema de drenagem por gravidade, (e) tanque intermediário e (f) tanque medidor.

#### • Evapotranspiração de Referência diária pelo método Penman-Monteith FAO

Com o objetivo de avaliar comparativamente o desempenho do lisímetro de baixo custo (LB) em relação ao método tradicional de estimativa de evapotranspiração potencial (ET<sub>o</sub>), Penman-Monteith da FAO (PM-FAO), foram realizadas estimativas da evapotranspiração da cultura (EQUAÇÃO 3) utilizando o software Sistema para Manejo de Agricultura Irrigada (SMAI), disponível em <https://clima.feis.unesp.br/smai.php>, desenvolvido pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). O software SMAI calcula a Evapotranspiração de Referência Diária pelo método de Penman-Monteith FAO e foi aplicado ao período entre 15 de outubro de 2021 (data de semeadura do experimento) e 12 de fevereiro de 2022 (data de colheita do experimento).



Sendo:

- Kc o coeficiente de cultivo, que varia ao longo do ciclo de crescimento da cultura (é adimensional).

Os dados meteorológicos diários utilizados para o cálculo da ETo foram obtidos por meio de sensores instalados na torre micrometeorológica da Faculdade Marechal Rondon (FARON). Esses sensores medem a temperatura e a umidade máxima e mínima do ar, a velocidade do vento, a radiação global incidente e a pressão atmosférica. Durante a modelagem pelo SMAI, o fluxo de calor no solo (G) foi assumido como zero. Os valores de Kc foram ajustados para os diferentes estádios de desenvolvimento da soja durante o experimento e estão especificados a Tabela 1 do estudo.

Tabela 1. Coeficiente da cultura (Kc) de acordo com os estádios fenológicos da soja ao longo da safra 2021/2022.

Estádio	Intervalo de dias	Coeficiente Kc
semeadura-R1	42 dias	0,35
R1-R3	10 dias	0,75
R3-R5	18 dias	1,075
R5-R7	33 dias	0,75
R7-R8	17 dias	0,45

#### • Análise Estatística

Foi realizada uma análise descritiva para cada medida de evapotranspiração, incluindo a avaliação das médias, desvios padrão e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, utilizando o software Jamovi, versão 2.3 (<https://www.jamovi.org>). O teste Shapiro-Wilk indicou a não normalidade das séries ( $p > 0,05$ ), e, portanto, aplicou-se a estatística de correlação de Spearman para quantificar o grau de associação entre as medidas de evapotranspiração obtidas pelo LB e as estimadas pelo método de PM-FAO.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a safra 2021/2022, a distribuição da precipitação ocorrida na região do Cone Sul de Rondônia foi elevada e constante, associadas à atuação do fenômeno La Niña, que intensifica a precipitação e potencializa a ocorrência de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) na Amazônia Meridional. Como resultado, não houve períodos de déficit hídrico, com apenas 5 dias seguidos sem precipitação entre os estádios reprodutivos R3 e R5 (FIGURA 2A).

As evapotranspirações medidas pelo LB foram subestimadas em 2,16 mm em relação às estimadas pelo método de PM-FAO (FIGURA 2B), principalmente durante os estádios reprodutivos, quando se espera um aumento da evapotranspiração devido ao uso da água para o enchimento de grãos. Esse comportamento pode estar relacionado aos excessos de precipitação, que elevaram a saturação do solo adjacente ao sistema do LB fazendo com que a evapotranspiração medida se mantivesse constante, em torno de 1,5 mm durante todo o ciclo de desenvolvimento da soja (FIGURA 2B). Em contrapartida, nota-se que as estimativas de evapotranspiração modeladas pelo método de PM-FAO através do SMAI conseguiram capturar a flutuabilidade dos picos máximos e mínimos de evapotranspiração, sobretudo entre os dias 55 e 70 após a semeadura, em que ocorreram as maiores evapotranspirações do período (início do R1-R2 e R3-R6, com ? 8 mm/dia) (FIGURA 2B).

O solo da área experimental, com alto teor de argila (68%) e maior capacidade de retenção de água, pode ter agido como barreira para a drenagem da água, resultando na permanência da mesma no

sistema (Figura 1D), o que reduziu a necessidade de água do tanque intermediário(Figura 1E). Embora haja uma diferença na magnitude das evapotranspirações, o coeficiente de correlação de Spearman (R) indica uma monotonicidade moderada ( $R_s = 0,28$ ) (COHEN, 1992) entre as medidas de evapotranspiração pelo LB e estimadas pelo método de PM-FAO.

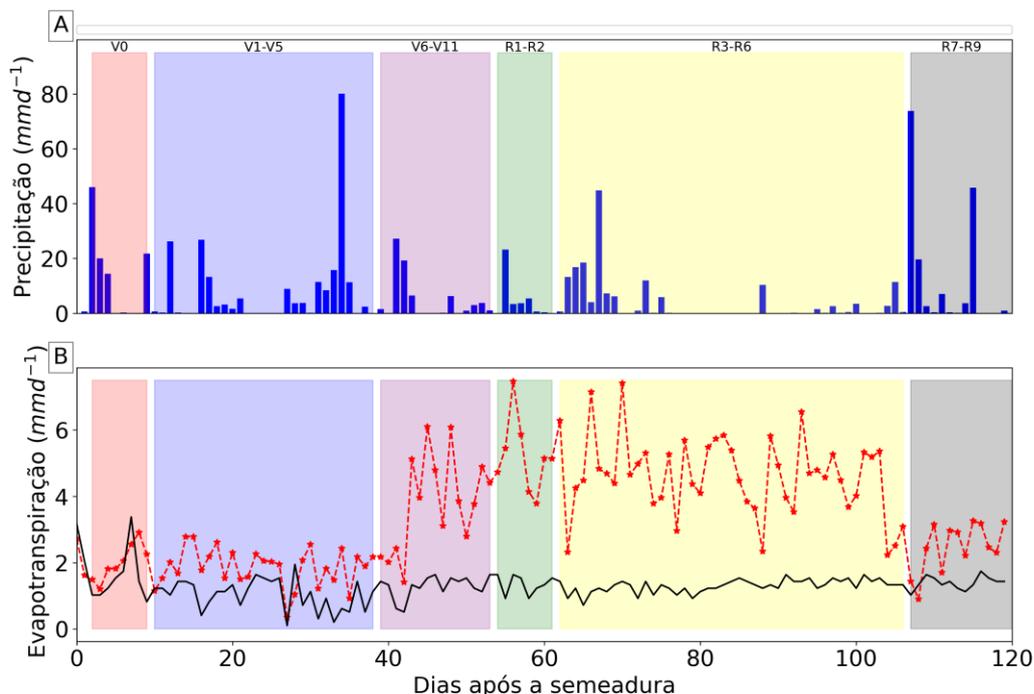


Figura 2: Associação da precipitação diária e das evapotranspirações LB e PM-FAO. (A) Precipitação diária (mm/d) e (B) evapotranspiração diária (mm/d) PM-FAO em tracejado vermelho e LB em linha preta.

## CONCLUSÃO

A evapotranspiração obtida pelo lisímetro de lençol freático de carga constante revela a necessidade de ajustes em seu sistema de drenagem, uma vez que, em condições de volumes excessivos de precipitação como os registrados na safra de 2021/2022, o sistema não apresentou desempenho eficiente na drenagem. No entanto, o LB conseguiu acompanhar a variabilidade da evapotranspiração, conforme indicado pela correlação moderada e positiva. Portanto, é esperado que melhores resultados sejam obtidos com a implementação de uma metodologia mais eficiente para a drenagem do sistema, quando consideradas as características de solos argilosos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Faculdade Marechal Rondon (FARON) e à Fazenda São Carlos em nome do seu gerente, o Agrônomo Fabrício da Costa Czarnobay. Estendo também meus agradecimentos ao Agrônomo Carlos Eduardo Barbosa de Souza, à Embrapa CNPTIA, à EMBRAPA-Vilhena (Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia, Setor de Pesquisa e Desenvolvimento), ao Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente (PPG-CLIAMB/INPA), ao Laboratório de Modelagem Climática (LMC/INPA), e às financiadoras da pesquisa CNPq (131461/2020-6), CAPES e FAPEAM/POSGRAD, por todo suporte e auxílio disponibilizado para a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, Richard G. Crop evapotranspiration. FAO irrigation and drainage paper, v. 56, p. 60-64, 1998.
- ALVARES, C. et al. Mapa de classificação climática de köppen para o brasil. Meteorologische Zeitschrift, v. 6, p. 711-728, 2013.
- AMORIM, M. C. d. Avaliação da eficácia do lisímetro de lençol freático constante, do tanque classe "a" e do modelo de penman-monteith(fao) para estimativa da evapotranspiração de referência(eto). 1998.
- ASSIS, F. de. O uso do evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre evapotranspiração medida e estimada. [S.l.]: ESALQ, 1978.
- BERNADO, S. S.; MANTOVANI, A. EC Manual de Irrigação. [S.l.]: Viçosa: Editora UFV, 2006.
- CAMARGO, A. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no estado de são paulo. Bragantia, SciELO Brasil, v. 21, p. 163-213, 1962.
- CARVALHO, D. F. et al. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. Engenharia Agrícola, SciELO Brasil, v. 27, p. 363-372, 2007.
- CARVALHO, Luiz Gonsaga de et al. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, p. 456-465, 2011.
- COHEN, Jacob. Statistical power analysis. Current directions in psychological science, v. 1, n. 3, p. 98-101, 1992.
- COSTA, S. Desenvolvimento e calibração de um mini-tanque evaporimétrico. 2004. 80f. Tese (Doutorado) - Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa . 2004
- KASTER, M.; FARIAS, J. R. B. Regionalização dos testes de VCU-Valor de Cultivo e Uso de cultivares de soja-terceira aproximação. 2011.
- MATERÁN, F. J. V. Tecnologia do irrigâmetro® aplicada em minilísímetro e lisímetro com lençol freático constante para determinação da evapotranspiração de referência. Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- MOTA, Marcelo Crestani et al. CROPGRO-soybean model-Validation and application for the southern Amazon, Brazil. Computers and Electronics in Agriculture, v. 216, p. 108478, 2024.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Meteorologia agrícola. LCE 306, 2007.
- PEREIRA, A. R. et al. Problemas operacionais com lisímetro de pesagem durante a estação chuvosa e em dias secos com rajadas de vento. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 10, n. 1, p. 51-56, 2002.
- SANTOS, C. S. d. et al. Construção, instalação e calibração de lisímetro de lençol freático de carga constante na região semiárida de pernambuco. Revista Brasileira 5 de Agricultura Irrigada-RBAI, v. 9, n. 5, p. 292-299, 2015.

## VARIABILIDADE MENSAL DO PODER EVAPORANTE DO AR EM CULTIVO DE COQUEIRO-ANÃO-VERDE EM SANTA IZABEL, PARÁ

**Juliane Samara da Costa Dias**<sup>1</sup>; **Miguel Gabriel Moraes Santos**<sup>2</sup>; **Samilly Lisboa Gomes**<sup>3</sup>; **Mateus Diógenes Pantoja Aguiar**<sup>4</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA; <sup>2</sup>Mestrando em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA; <sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA; <sup>4</sup>Graduando em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA; <sup>5</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA

### RESUMO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.), é cultivado majoritariamente em regiões tropicais, caracterizadas por distinções sazonais que afetam a disponibilidade hídrica para a cultura. Sob essas condições, as taxas de evapotranspiração do coqueiro são afetadas. Dentre os fatores que podem influenciar a evapotranspiração, destaca-se a demanda atmosférica por vapor de água, que é diretamente controlada pelo poder evaporante do ar ( $E_a$ ). Desse modo, objetivou-se analisar a variabilidade do poder evaporante do ar em cultivo de coqueiro-anão-verde no município de Santa Izabel - PA. O estudo foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos coletados no período compreendido entre os meses de janeiro a dezembro de 2023, em um plantio comercial de coco. Foi instalada na área experimental uma torre micrometeorológica instrumentada com sensores de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento. A partir dos dados meteorológicos, obteve-se o poder evaporante do ar, determinado pelo déficit de pressão de vapor (DPV) e a função empírica da velocidade do vento -  $f(U)$ . Durante o período avaliado, obteve-se média de temperatura do ar de 26,35°C, umidade relativa de 89,47%, DPV de 0,22 kPa, e velocidade do vento de 0,70 m s<sup>-1</sup>. O  $E_a$  médio para a área do cultivo foi de 0,84 mm dia<sup>-1</sup>, com menor valor no mês de fevereiro (0,34 mm dia<sup>-1</sup>) e, maior valor observado no mês de outubro (1,53 mm dia<sup>-1</sup>). Os resultados obtidos elucidam a relação entre o poder evaporante do ar e o estado da atmosfera, indicando que quanto mais seca a atmosfera, maior será a demanda evaporativa. Observa-se que os menores valores estão associados ao período chuvoso (dezembro a julho), enquanto os maiores valores são registrados no período de menor precipitação (agosto a novembro). Esse comportamento influencia diretamente as taxas de evapotranspiração, elevando o coeficiente de cultura durante os períodos de alta demanda atmosférica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evapotranspiração; Déficit de pressão de vapor; Demanda atmosférica; Fruticultura tropical;

### AGRADECIMENTOS

A Sococo Agroindústrias da Amazônia S/A, pelo financiamento da pesquisa, pela concessão da área experimental e pela logística. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós- Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

## RENDIMENTO DE *Beta vulgaris* L. SUBMETIDA A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

**Jean Carlos dos Reis** <sup>1,2</sup>; **Aline Moreira da Silva** <sup>2</sup>; **Erick Rodrigues Oliveira** <sup>2</sup>; **Carolina Camilo Marques** <sup>2</sup>; **Thaís Helena de Araujo** <sup>3</sup>; **Maria Gabriela de Queiroz** <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais . Av. José Cândido da Silveira, 1500 - Horto Florestal, Belo Horizonte- MG;<sup>2</sup>Estudante . Universidade do Estado de Minas Gerais . Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos - MG;<sup>3</sup>Docente . Universidade do Estado de Minas Gerais . Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos - MG

### RESUMO

As hortaliças destacam-se por apresentarem ciclos precoces e permitirem a utilização de pequenas áreas para sua implantação. Dentre as espécies olerícolas, há grande representatividade da beterraba (*Beta vulgaris* L.), podendo ser produzida sob diferentes condições ambientais, com melhores rendimentos quando cultivada em estações frias. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais, em Passos, Minas Gerais. Objetivou-se avaliar a produtividade da raiz tuberosa, submetida a irrigação plena, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições e três tratamentos, sendo: pleno sol (testemunha), tela sombrite preto com 50% de sombreamento, e cobertura plástica do tipo mulching dupla face preto e branco. As parcelas tinham dimensões de 3,0 x 1,20 m e espaçamento de 0,30 x 0,30 m entre plantas, totalizando dezoito plantas, dispostas em três linhas dentro do canteiro. A colheita foi realizada aos 76 dias após o transplântio de forma manual. Foram aplicadas diariamente lâminas de aproximadamente 8 mm em todos os tratamentos. Foram analisadas as seguintes variáveis de crescimento: massa fresca parte aérea e número de raízes por cova e, peso fresco das raízes tuberosas. A normalidade dos dados foi realizada com o teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Como resultado, a aplicação de mulching mostrou-se mais vantajoso aos demais tratamentos. Para a massa fresca da parte aérea este tratamento foi estatisticamente superior aos demais, ocorrendo 701 kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto o sombrite resultou 554 kg ha<sup>-1</sup>, e o testemunha resultou em 491 kg ha<sup>-1</sup>. Para o peso médio da raiz, obteve 191 kg.ha<sup>-1</sup>, o mulching não se diferenciou dos demais, sendo de 242 Kg.ha<sup>-1</sup> o sombreamento, e 170 kg.ha<sup>-1</sup> o testemunha. Tal resultado indica que coberturas plásticas criam um microambiente altamente propício para o desempenho ideal da planta, resultando em melhorias substanciais na produtividade e na qualidade das folhas destinadas ao consumo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Beterraba; Mulching; Raiz tuberosa;;

### AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro do Processo APQ-01937-21, Edital Nº 001/2021 - DEMANDA UNIVERSAL.

## EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE *Beta vulgaris L.* SUBMETIDA A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

**Jean Carlos dos Reis**<sup>1,2</sup>; **Aline Moreira da Silva**<sup>2</sup>; **Marcela Silveira Ferreira Valdo**<sup>2</sup>; **Yasmin Aparecida Perciliano**<sup>2</sup>; **Thaís Helena de Araujo**<sup>3</sup>; **Maria Gabriela de Queiroz**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais . Av. José Cândido da Silveira, 1500 - Horto Florestal, Belo Horizonte - MG;<sup>2</sup>Estudante. Universidade do Estado de Minas Gerais . Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos - MG;<sup>3</sup>Docente . Universidade do Estado de Minas Gerais . Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos - MG

### RESUMO

A Eficiência no uso da água (EUA) de plantas de beterraba (*Beta vulgaris L.*) foi analisada em um experimento instalado na Fazenda Experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais, em Passos-MG, no período de julho a outubro de 2023. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições e três tratamentos, sendo: pleno sol (testemunha), tela sombrite preto com 50% de sombreamento, e cobertura plástica do tipo mulching dupla face preto e branco. As parcelas tinham dimensões de 3,0 x 1,20 m e espaçamento de 0,30 x 0,30 m entre plantas, totalizando dezoito plantas, dispostas em três linhas dentro do canteiro. Foram aplicadas diariamente lâminas de aproximadamente 8 mm em todos os tratamentos, que ao final do ciclo totalizaram 630 mm, somados a 114,8 mm de precipitação pluviométrica. A colheita foi realizada aos 76 dias após o transplântio de forma manual, analisando o número de raízes por cova e peso fresco das raízes tuberosas. A normalidade dos dados foi realizada com o teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). A EUA pelas plantas teve valores iguais a 0,32; 0,26 e 0,23  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ , para os tratamentos com uso de sombreamento artificial, mulching e pleno sol, nesta ordem. Não houve diferença significativa entre os dados. De toda forma verifica-se que o uso de técnicas de cultivo protegido resulta em melhores rendimentos para o produtor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Beterraba; Mulching; Raiz tuberosa;;

### AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro do Processo APQ-01937-21, Edital Nº 001/2021 - DEMANDA UNIVERSAL.

## **Análise da variabilidade do déficit de pressão de vapor em cultivo de coqueiro-anão-verde em Santa Izabel do Pará**

**Samilly Lisboa Gomes**<sup>1</sup>; **Miguel Gabriel Moraes Santos**<sup>3</sup>; **Juliane Samara da Costa Dias**<sup>4</sup>; **Breno Rodrigues de Miranda**<sup>2</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia . Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>2</sup>Bolsista. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>3</sup>Mestrando em Agronomia . Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>4</sup>Graduanda em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>5</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA

### **RESUMO**

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma frutífera que exerce um importante papel socioeconômico no país. O cultivo do coqueiro ocorre principalmente em regiões de clima tropical e, no Brasil, os locais de predominância da cultura apresentam períodos de chuvas e períodos menos chuvosos ou secos durante o ano. Dentre os elementos que promovem influência na evapotranspiração das culturas, o déficit de pressão de vapor (DPV) se destaca, visto que corresponde como um indicativo da demanda atmosférica por vapor d'água. Desse modo, objetivou-se com este trabalho analisar a variabilidade do DPV em um plantio de coqueiro no município de Santa Izabel do Pará, durante o período chuvoso e menos chuvoso. Foram utilizados dados coletados no período de janeiro a dezembro de 2023, obtidos com o auxílio de uma torre micrometeorológica instrumentada com sensores de temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (U2). O DPV foi calculado de acordo com a equação de Tetens e os dados foram analisados com o uso da estatística descritiva. Durante o ano de 2023, observou-se médias de Tar, UR, U2 e DPV equivalentes a 26,36°C (± 1,24); 89,45% (± 4,96); 0,71 m s<sup>-1</sup> (± 0,38) e 0,37 kPa (± 0,19), respectivamente. Durante o período chuvoso do ano foi observado, para as mesmas variáveis, médias equivalentes a 25,70°C (± 1,07); 92,47% (± 3,54); 0,51 m s<sup>-1</sup> (± 0,18) e 0,25 kPa (± 0,13) e, durante o período menos chuvoso do ano, 27,28°C (± 0,79); 85,27% (± 3,35); 0,98 m s<sup>-1</sup> (± 0,42) e 0,54 kPa (± 0,14). Com base nos resultados observados, houve aumento de 116% no DPV do período menos chuvoso em relação ao período chuvoso, demonstrando haver uma maior demanda atmosférica do ar por vapor d'água em consequência de maiores Tar e U2, e menor UR. Dessa forma, os resultados encontrados permitem entender acerca do comportamento da cultura sob tais condições, visto que há influência direta na evapotranspiração do coqueiro em virtude da elevada demanda atmosférica nesse período.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cocos nucifera; Evapotranspiração; Fruticultura amazônica;

### **AGRADECIMENTOS**

A Sococo Agroindústrias da Amazônia S/A, pelo financiamento da pesquisa, pela concessão da área experimental e pela logística. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós- Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

# Acessos ao balanço de energia em larga escala com uso conjunto de parâmetros obtidos por sensoriamento remoto e grades de dados climáticos na região de crescimento agrícola do SEALBA

**Antônio Heriberto de Castro Teixeira**<sup>1</sup>; **Janice Freitas Leivas**<sup>3</sup>; **Celina Maki Takemura**<sup>3</sup>; **Edlene Aparecida Monteiro Garçon**<sup>4</sup>; **Inajá Francisco de Souza**<sup>1</sup>; **Ana Flávia Maria Santos Azevedo**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor. Universidade Federal de Sergipe. Aracaju, Sergipe;<sup>2</sup>Bolsista. Universidade Federal de Sergipe. Aracaju, Sergipe;<sup>3</sup>Pesquisadora. Embrapa Territorial. Campinas, São Paulo;<sup>4</sup>Analista. Embrapa Territorial. Campinas, São Paulo

## RESUMO

O algoritmo SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) foi aplicado com imagens MODIS e grades de dados climáticos para o período de 2007 a 2021, objetivando-se a implementação de um sistema de monitoramento dos componentes do balanço de energia, nos biomas Mata Atlântica (MA) e Caatinga (CT), dentro da região de crescimento agrícola SEALBA, Nordeste do Brasil. Diferenças significativas na partição do saldo de radiação ( $R_n$ ) nos fluxos de calor latente ( $\lambda E$ ), sensível ( $H$ ) e no solo ( $G$ ), promoveram distintas condições de umidade na zona das raízes, representadas pela fração evaporativa [ $E_f = \lambda E / (R_n - G)$ ]. Considerando os dados históricos, os valores de  $R_n$  não apresentaram grandes significativas entre os biomas, com médias anuais de 9,40 e 9,50 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, para MA e CT, respectivamente. Entretanto, respectivamente para MA e CT, as médias anuais para  $\lambda E$  foram 5,10 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e 4,00 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>; para  $H$  elas foram 3,80 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e 5,00 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>; e para  $G$  elas fora 0,50 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e 0,40 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, produzindo valores médios para  $E_f$  de 0.60 e 0.50 for para os biomas MA e CT, respectivamente, evidenciando maiores níveis de umidade na zona das raízes para o primeiro bioma. Comparando os resultados da  $E_f$  para os últimos quatro anos na série de dados, pôde-se concluir que as condições de umidade na zona das raízes apresentam grandes variações ao longo dos anos em ambos os biomas. Essas análises são importantes para as políticas de recursos hídricos visto que elas mostram períodos e regiões viáveis para a agricultura dependente de chuvas, bem como necessidades de irrigação para a agricultura irrigada, permitindo um manejo racional de água na agricultura enquanto fornecem suporte para minimização dos conflitos hídricos com outros setores.

**PALAVRAS-CHAVE:** partição de energia; fração evapotranspirativa; Floresta Atlântica; Caatinga;

## INTRODUÇÃO

### INTRODUCTION

Climate and land-use changes affecting the energy balance components have been detected worldwide making geotechnologies powerful tools for monitoring these components, to subsidize policies for rational environmental management (Teixeira et al., 2017a, b, 2021). Understanding the effects of these changes is critical for ecological restoration (Zhang et al. 2021), demanding large-scale studies to support sustainable explorations of the natural resources (Almeida et al., 2023).

Accounting the energy balance components, the net radiation ( $R_n$ ) is the difference between incoming and outgoing energy fluxes of both short and long wavelengths, being partitioned into latent ( $\lambda E$ ), sensible ( $H$ ), and ground ( $G$ ) heat fluxes, and the magnitudes of these partitions are dependent on solar radiation levels and the root-zone moisture conditions. Quantifying  $\lambda E$  is outstanding, because it represents the energy used for evapotranspiration, which is the main water use from any agroecosystems. On one hand, although evapotranspiration is related to agricultural production, increases of its rates means less water availability for other water user. On the other hand, the magnitude of  $H$  may indicate warming or cooling conditions (Teixeira et al., 2017a, b, 2021). Teixeira et al. (2017b) showed that the replacement of natural vegetation in Southeast Brazil by sugarcane

reduced  $\lambda E$  and increases H, while when this replacement is with coffee, the opposite situation was verified, increasing  $\lambda E$  and dropping H. Quantifying these components is meaningful to assess the dimension of environmental impacts (Zhang et al., 2021).

In the coastal Brazilian biomes, inside the Northeast region, the ecosystems are experiencing environmental impacts because of deforestations; burnings; air, water and soil pollutions, as well intensive agricultural crops replacing the natural vegetation (Lewinsohn and Prado, 2005; Mariano et al., 2018). This is the case of SEALBA, acronym for the agricultural growing region involving the states of Sergipe (SE), Alagoas (AL) and Bahia (BA), with mixed agroecosystems within the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) biomes. These impacts demand large-scale energy balance studies to support the rational agricultural managements to minimize the consequences of these impacts. Agriculture in SEALBA has increased over the last years, and these land use changes, together climate alterations, affect the available energy partitions into  $\lambda E$  and H, what can increase water consumptions and warming conditions.

The delimitation of the agricultural potential for SEALBA was based on the average totals of precipitation ranging between 450 and 1400 mm, from April to September. According to Procópio et al. (2019), these rainfall amounts could supply water for several crops (grains, fruits, sugar cane, forestry, and pasture). However, to know the real water availabilities for agriculture, besides rainfall as input, the output, i.e., water fluxes represented here by  $\lambda E$  in energy units, must be also considered. In the SEALBA coastline, is the AF biome and more to the west side is the CT biome, both experiencing replacements of their natural vegetation by agricultural crops. Despite their aptitude for agriculture when water is available, this fast replacement, together with climate changes, can contributes to increase environmental impacts. The use of long-term energy balance data may be suitable for policy decision-making under these conditions.

Some field energy balance studies were done by different methods in the AF and CT biomes (Marques et al., 2020; Pereira et al., 2010; Silva et al., 2017; Teixeira et al., 2008). However, time specific point measurements are not suitable for large-scale long-term accountings, because of strong spatial and temporal variations on the energy exchanges between surfaces and the lower atmosphere. Few efforts have been carried out for monitoring the energy balance components along the years inside these biomes considering a long data series for average conditions. These analyzes can help to understand the responses of natural vegetation and agricultural crops to the negative environmental impacts.

Considering operational aspects of the Penman-Monteith equation was considered for elaboration of the SAFER (Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving) algorithm, by using simultaneous field and remote sensing measurements in Northeast Brazil to estimate the energy balance components (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2008). The reason for the SAFER's choice in the current research, besides its applicability, other important advantage, regarding other algorithms, is that in its newer version there is no need of the thermal bands, being possible to use only the red and near infrared bands, more easily available (Consoli and Vanella, 2014). In addition, the thermal bands of the MODIS sensor used in the current research, having a spatial resolution of 1 km, means that the images should cover more mixed surface types, when comparing with the 250-m spatial resolution of its red and near infrared bands.

## **OBJETIVOS**

### **OBJECTIVES**

Aiming to implement an operational monitoring system for biomes experiencing climate and land-use changes, taking the SEALBA region as a reference, we tested the latest version of the SAFER algorithm, by using MODIS MOD13Q1 reflectance products and long-term weather data from 2007 to 2021 at the same satellite 16-day timescales, to retrieve the dynamic of the energy balance

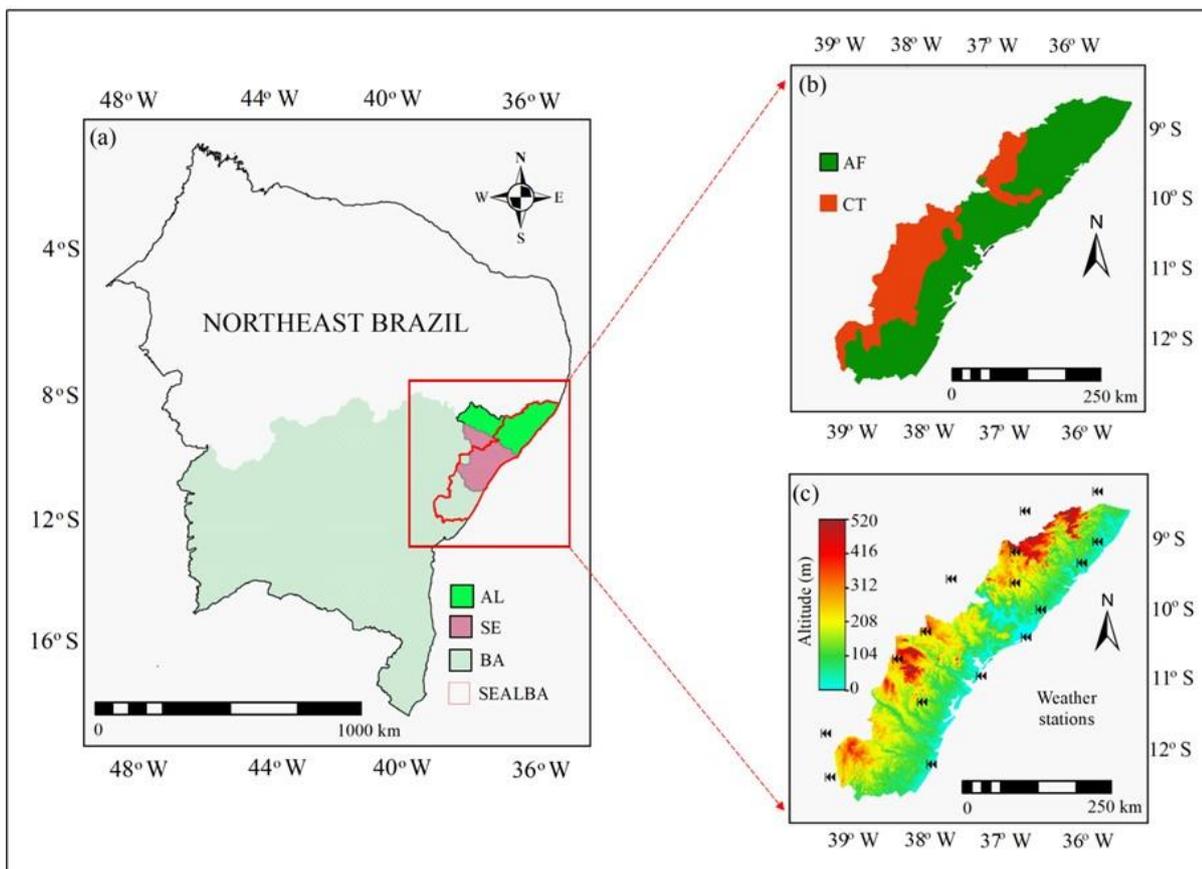
components along the years. The authors believe that the success of applications for this specific region within Northeast Brazil may encourage replications of the methods in other environmental conditions with probably simple calibrations of the modelling equations.

## MATERIAL E MÉTODOS

### MATERIAL AND METHODS

#### Biomes and data set

Figure 1 shows the location of the SEALBA agricultural growing region within the Brazilian states of Sergipe - SE, Alagoas - AL, and Bahia - BA, in Northeast Brazil (Figure 1a); biomes involved by the region (Figure 1b) according to the Geographic and Statistical Brazilian Institute (IBGE. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)); and altitudes together with the 17 weather stations used (Figure 1c) from the National Meteorological Institute (INMET. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inmet>).



**Figure 1.** Location of the SEALBA agricultural growing region in Northeast Brazil, involving the states of Sergipe - SE, Alagoas - AL, and Bahia - BA (Figure 1a); the biomes within the region (Figure 1b); and altitudes together with the weather stations (Figure 1c).

Considering the MODIS pixel size of 250 m, 33% of SEALBA is in Sergipe - SE (2.0 Mha), 37% is in Alagoas - AL (2.3 Mha), and 30% is in Bahia - BA (1.9 Mha), totaling 6.2 Mha (Figure 1a), involving the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) biomes (Figure 1b). The areas in AF, with 3.9 Mha accounted, mostly below 275 m of altitude, occupies 63% of the SEALBA, in a portion closer to the coastline. The areas in CT, with 2.3 Mha accounted, are located further to the west side, being the majority above 275 m of altitude, representing 37% of SEALBA (Figures 1b and 1c).

The AF biome is characterized by forest vegetation, involving dense and open rain forests, semi-deciduous season forests, and ecosystems associated with the coastal lowlands. The climate is tropical humid but contrasting with mixed microclimates involving natural and anthropized areas. The AF environmental conditions are affected by moist air masses coming from the Atlantic Ocean, promoting high both air temperature and air humidity together with well distributed rainfall throughout the year (Francisquini et al., 2020).

The CT biome has species composed of trees and bushes with characteristics that allow environmental adaptations. These species are under high air temperatures but at low air humidity levels, with some drought periods throughout the year, developing resilience with increasing aridity (Almagro et al., 2017).

Both biomes, within the SEALBA agricultural growing region, have been experiencing fast replacement of their natural vegetation by crops as grains, fruits, sugar cane, forestry, and pasture (Procópio et al., 2019).

The input weather data for the large-scale energy balance modelling were incident global solar radiation ( $R_G$ ); air temperature ( $T_a$ ), air relative humidity (RH), and wind speed ( $u$ ); for the calculation of reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) and (Allen et al., 1998) and the latent heat fluxes -  $\lambda E$ , applying the SAFER (Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving) algorithm (Teixeira et al. 2017a, b; 2021). Through a geographic information system (GIS), these data were layered with the remote sensing parameters, contributing to a better spatial characterization of the energy balance components.

The bands 1 and 2 from the MODIS sensor (MOD13Q1 reflectance product) were downloaded from the site of EARTHDATA App EEARS (<https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appears/>) and used together with the weather stations from INMET. The MODIS MOD13Q1 reflectance product, has spatial and temporal resolutions of 250 m and 16 days, respectively, giving 23 free-cloud images in a year, which together with the gridded weather data, allowed to model the average dynamics of the energy balance components in a year taking the long-term period from 2007 to 2021, allowing to quantify anomalies for specific periods from 2018 to 2021, in the AF and CT biomes inside the SEALBA agricultural growing region.

### Large-scale energy balance modelling

All the regression coefficients of the SAFER's equations applied from 2007 to 2021, described in the next sections, were determined by simultaneous satellite and field measurements in Northeast Brazil, involving natural vegetation and irrigated crops under strong contrasting thermohydrological conditions (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2008).

After clipping the MODIS reflectance images for the SEALBA region, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated and incorporated in the modelling steps as a surface cover and root-zone moisture remote-sensing indicator:

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (1)$$

where  $\rho_1$  e  $\rho_2$  are respectively the MODIS reflectance from bands 1 (red) and 2 (near infra-red).

The pixel values of the surface albedo ( $\alpha_0$ ) were acquired as:

$$\alpha_0 = a + b\rho_1 + c\rho_2 \quad (2)$$

where a, b, and c are regression coefficients, which in the Northeast of Brazil, were 0.08, 0.41, and 0.14, from simultaneous remote sensing and field measurements, involving distinct irrigated crops and natural vegetation, under strong contrasting hydrological conditions (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2008).

For estimation of the daily surface temperature ( $T_0$ ) pixel values, without the MODIS thermal bands, this was done considering the short and long-wave radiation balance components. The remote sensing parameters and weather data were combined, through the Stefan-Boltzmann principle for the emitted both atmosphere and surface radiations.

Net radiation ( $R_n$ ) was estimated through the Slob equation (De Bruin, 1987):

$$R_n = (1 - \alpha_0)R_G - a_L \tau_{sw} \quad (3)$$

where  $\tau_{sw}$  is the short-wave atmospheric transmissivity calculated as the ratio of the incident global solar radiation measured by pyranometers ( $R_G$ ) to that at the top of the atmosphere ( $R_{TOP}$ ) calculated by astronomic parameters, while  $a_L$  is a regression coefficient up scaled through to the mean air temperature ( $T_a$ ) pixel values.

$$a_L = a_T T_a + b_T \quad (4)$$

being  $a_T$  and  $b_T$  for the Northeast Brazil were found as 6.8 and -40, respectively (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2008).

The atmospheric emissivity ( $\varepsilon_A$ ) was calculated according to Almeida et al. (2023):

$$\varepsilon_A = a_A (\ln \tau_{sw})^{b_A} \quad (5)$$

where  $a_A$  and  $b_A$  are regression coefficients are 0.94 and 0.11, respectively, for the Brazilian Northeast region (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2008).

The surface emissivity ( $\varepsilon_0$ ) was estimated according to Teixeira, 2010:

$$\varepsilon_0 = a_0 \ln NDVI + b_0 \quad (6)$$

where  $a_0$  and  $b_0$  are regression coefficients, which were reported as 0.06 and 1.00 for the Northeast Brazil (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2008).

Following the physical principle of the Stefan-Boltzmann' low, for the emitted radiation from atmosphere and from the ground surfaces (Teixeira et al., 2021),  $T_0$  was estimated as:

$$T_0 = \frac{\sqrt[4]{R_G(1-\alpha_0) + \sigma \epsilon_a T_a^4 - R_n}}{\sigma \epsilon_0} \quad (7)$$

where  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  is the Stefan-Boltzmann constant.

To estimate the latent heat flux ( $\lambda E$ ), the ratio of the actual (ET) to reference ( $ET_0$ ) evapotranspiration ( $ET_0$ ), was first modeled for the satellite overpass time (subscript sat):

$$\left( \frac{ET}{ET_0} \right)_{\text{sat}} = \exp \left[ a_{\text{sf}} + b_{\text{sf}} \left( \frac{T_0}{\alpha_0 \text{NDVI}} \right) \right] \quad (8)$$

where the regression coefficients  $a_{\text{sf}}$  and  $b_{\text{sf}}$  found for the Brazilian Northeast were 1.90 and -0.008 (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2008).

Eq. 8 does not work for water bodies or mixture of land and water ( $\text{NDVI} < 0$ ); thus, the concept of equilibrium evapotranspiration (Raupasch, 2001) is introduced in the SAFER algorithm for pixels under these conditions, with the equilibrium latent heat fluxes ( $\lambda E_{\text{eq}}$ ), at daily timescale, considered as:

$$\lambda E_{\text{eq}} = \left( \frac{\Delta (R_n - G)}{\Delta + \gamma} \right) \quad (9)$$

where  $\Delta$  is the slope of the curve relating the saturation vapor pressure ( $e_s$ ) and  $T_a$ ,  $\gamma$  is the psychrometric constant, and  $G$  is the ground heat fluxes estimated according to Teixeira (2010):

$$G = [a_G \exp(b_G \alpha_0)] R_n \quad (10)$$

being  $a_G$  and  $b_G$  regression coefficients, found to be 3.98 and -25.47, respectively, for the Northeast Brazil (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2008).

Considering that the satellite overpass values of the  $ET/ET_0$  fraction does not differ so much from the daily ones (Allen et al. 2007), throughout conditional functions applied to the NDVI values, the daily  $\lambda E$  pixel values were estimated considering the daily averages of the calculated reference evapotranspiration from the net of weather stations ( $ET_{0-24}$ )

$$\lambda E = 2.45 \left( \frac{ET}{ET_0} \right)_{\text{sat}} ET_{0-24} \text{ or } \lambda E_{\text{eq}} \quad (11)$$

being  $ET_{0-24}$  calculated by using the gridded daily weather data on  $R_G$ ,  $T_a$ , RH, and  $u$  (Allen et al., 1998) and 2.45 a unit conversion factor.

To close the simplified energy balance equation, the sensitive heat flux (H) was estimated as a residue, having recovered all the other energy balance components (Teixeira et al., 2017a, b, 2021):

$$H = R_n - \lambda E - G \quad (12)$$

To infer the root-zone moisture conditions, the evaporative fraction (Ef) was estimated as:

$$Ef = \frac{\lambda E}{R_n - G} \quad (13)$$

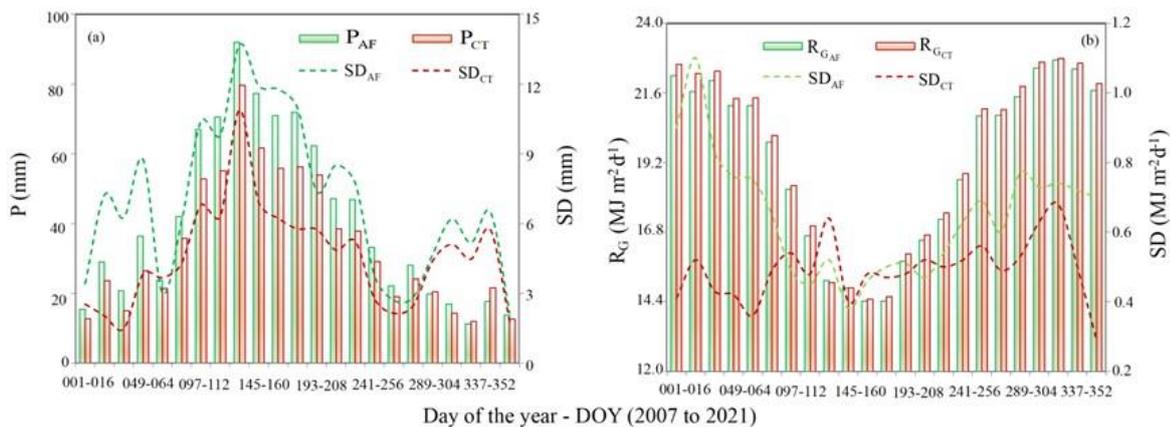
All the energy balance analyzes were done for the SEALBA region, classifying the biomes Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT), to consider the behaviors of their different agroecosystems under varying environmental conditions over the years studied.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### RESULTS AND DISCUSSION

#### Long-term weather drivers

As for the energy balance partitions the main weather drivers are precipitation (P) and incident solar global radiation ( $R_G$ ), to characterize the average environmental conditions, Figure 2 shows their long-term average pixel values from 2007 to 2021, and standard deviations (SD), for the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) within SEALBA, at the MODIS reflectance 16-day timescale, in terms of Day of the Year (DOY).



**Figure 2.** Average pixel values and standard deviations (SD) for precipitation - P (a) and global solar radiation -  $R_G$  (b), at the MODIS reflectance 16-day timescale, for the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) biomes, within the SEALBA agricultural growing region, in terms of Day of the Year (DOY), regarding the period 2007 to 2021.

From Figure 2a, rainfall is concentrated in the middle of the year for both biomes, AF and CT, with the high amounts for the first one. The highest P pixel values occur from April to July (DOY 097-208), when the 16-day average totals are above 60 mm for AF, and higher than 50 mm for CT. The lowest ones, with totals below 15 mm for both biomes, are from November to January (DOY 305-

016), which limit water fluxes from surfaces to the lower atmosphere. Regarding the annual scale, the mean total in CT, accounting  $780 \text{ mm yr}^{-1}$ , is 83% of that for AF ( $936 \text{ mm yr}^{-1}$ ). The largest spatial variations between biomes are for AF, where the SD values represent 17% of the annual P, while for CT the corresponding percentage is 14%.

The  $R_G$  average values show an inverse tendency along the year when compared with that for P. The highest  $R_G$  levels are from October to March (DOY 289-065), with averages above  $21.0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  for both biomes, which together with lower rainfall amounts are in favor for warmer conditions. The lowest  $R_G$  rates happen at the middle of the year in June (DOY 161-176), when dropped to below  $14.5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . However, much lower differences on  $R_G$  values arise between AF and CT when comparing to the P ranges, with the average  $R_G$  for AF being 99% of that for CT. Similar  $R_G$  spatial variations between biomes are detected in the middle of the year, when SD accounts only for 3% of the average pixel values, but the highest SD occur in AF outside this period, mainly at the start of the year, when it represents 4-5% of the average values against 2% for CT.

Drops in precipitation together with increasing solar radiation levels at the start and at the end of the year in SEALBA contribute for depletion of root-zone moisture through  $\lambda E$ , promoting reduction of vegetation activity, and then, increasing H rates (Sun et al., 2015).

### 3.2. Long-term energy balance

Figure 3 presents the average pixel values and standard deviations (SD) for net radiation -  $R_n$  (Figure 3a) and its partition into latent -  $\lambda E$  (Figure 3b), sensible - H (Figure 3c), and ground - G (Figure 3c) heat fluxes, at the MODIS 16-day timescale, for the long-term period from 2007 to 2021 in terms of Day of the Year (DOY). Data are classified for the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) biomes, within the SEALBA agricultural growing region.

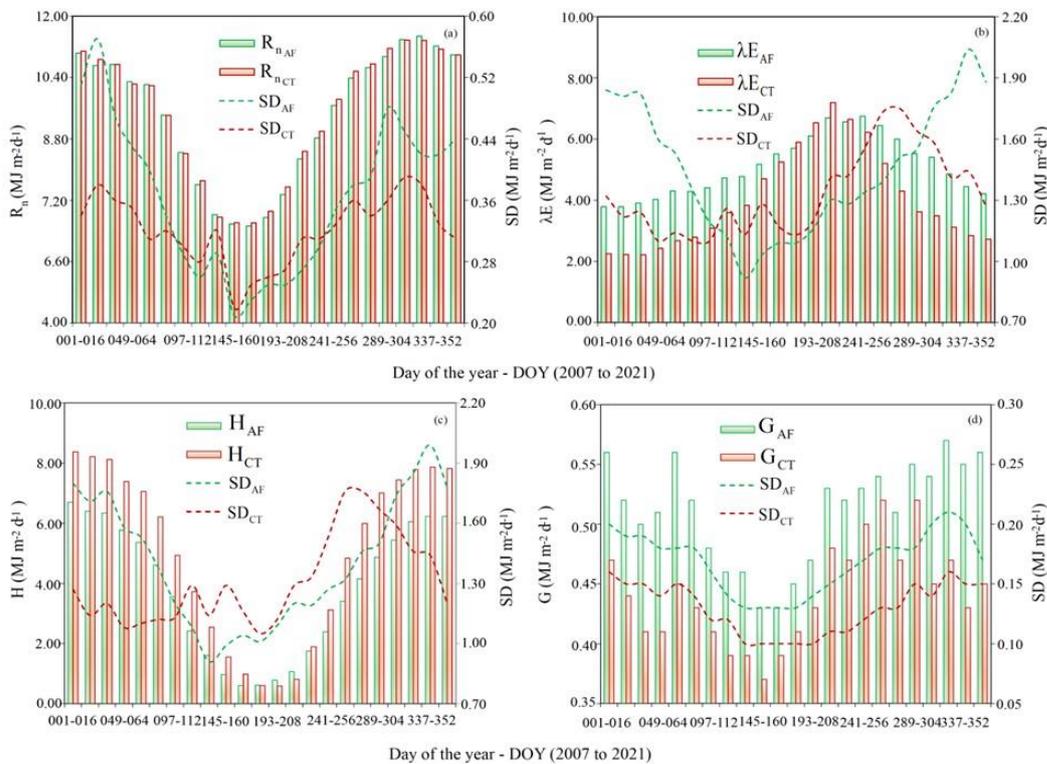


Figure 3. Average values and standard deviations (SD), of the energy balance components at the 16-day MODIS timescale in terms of Day of the Year (DOY), for the long-term period from 2007 to 2021. Data are classified for the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) biomes, within the SEALBA

agricultural growing region. (a) net radiation -  $R_n$ ; (b) latent heat flux -  $\lambda E$ ; (c) sensible heat flux -  $H$ ; (d) ground heat flux -  $G$ .

The  $R_n$  values follow those for  $R_G$  (Figure 3a), ranging from 6.50 to 11.50  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , with the highest averages at the start and at the end of the year, while the lowest ones at the middle of the year, for both AF and CT, however slightly higher for the second biome. At the annual scale, the  $R_n$  rates in AF were 99% of those for CT, with the largest spatial variations for the first biome at the start of the year, according to the SD values. Crossing Figures 2b and 3a, the ratio  $R_n/R_G$  ranges from 0.44 from May to June (DOY 145-160) to 0.52 from August to September (DOY 241-256). During this last period occur conditions of higher available energy, at the end of the rainy season, when the root-zones are still under good moisture conditions, favorable for  $\lambda E$ .

From energy balance measurements from 2011 to 2012 in AF within the Brazilian Southeast region, Funari and Filho (2014) found daily  $R_n$  between 4.00 to 15.00  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  from May to December, yielding  $R_n/R_G$  values from 0.40 to 0.68. Through Landsat measurements in CT within Northeast Brazil, Teixeira et al. (2017a) reported  $R_n$  values from 8.90 to 11.40  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , resulting in a  $R_n/R_G$  ratio range from 0.41 to 0.47. These previous results for both AF and CT biomes, are inside of our results.

Regarding the  $R_n$  partition into  $\lambda E$ , stronger differences between the AF and CT biomes arise (Figure 3b). The largest  $\lambda E$  rates are for AF at the start and at the end of the year, outside the rainy periods (see also Figure 2a). The average  $\lambda E$  along the year is between 3.80 and 6.80  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  for AF and from 2.20 to 7.20  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  for CT, with average annual values of 5.10  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  and 4.00  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , respectively, being the rates for AF 26% higher than those for CT. However, from June (DOY 177) to August (DOY 224), the end the rainy season, the CT species present larger  $\lambda E$  rates than those for AF, period when the root-zone moisture is not limited for both biomes. The highest  $\lambda E$  spatial variations happen at the start (January to March, DOY 001-064) and at the end (November to December, DOY 305-352) of the year, in both biomes, when the SD values surpass 50% of the average pixel values. At the annual scale SD represents 33% of the average  $\lambda E$  for CT, while this percentage is 28% for AF. The annual  $\lambda E/R_n$  values were 0.54 and 0.43 for AF and CT, respectively, however, inside the rainy period this ratio is higher than 0.80 for both biomes, indicated the best root-zone moisture conditions for rainfed agriculture, while outside this period this ratio falls to 34% and 20% for AF and CT, respectively, meaning higher water stress conditions for CT and irrigation needs for agricultural crops.

Applying the water balance method in remnant AF after a prolonged drought, Rodrigues et al. (2021) reported an ET range corresponding to  $\lambda E$  values from 3.43 to 4.42  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , like our detected values for the driest conditions for this biome at the start and at the end of the year. From micrometeorological measurements in AF, Guauque-Mellado et al. (2022) reported higher  $\lambda E/R_n$  values from 0.86 to 0.88, but the authors neglected the fraction of  $R_n$  partitioned into  $G$ . However, also from micrometeorological measurements in AF, Funari and Filho (2014) found daily  $\lambda E/R_n$  values between 0.47 to 0.65, inside our range. From energy balance measurements in CT, Silva et al. (2017) found average  $\lambda E$  ranging from 2.40  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , during the dry period, to 4.80  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  inside the rainy season, yielding respective  $\lambda E/R_n$  values of 0.23 to 0.41. Campos et al. (2019), also applying the same techniques in CT, reported  $\lambda E/R_n$  annual values of 0.20, like our ranges for this biome. However, from microclimate measurements in CT, Marques et al. (2020) reported average  $\lambda E$  values between 0.49 and 0.74  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  under the driest conditions till a range from 4.17 to 6.37  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , during the rainy season. The higher values from this last previous study represent good root-zone moisture conditions, like our values during the rainy period, however their lower end values are lower, as their study was carried out in drier semiarid areas, more to the west side of the CT biome.

The highest  $H$  are at the start and at the end of the year for both biomes, AF and CT (Figure 3c), with average pixel values above 6.00  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  in AF and higher than 8.00  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  in CT, from January

to February (DOY 001-048). High H at low P (see also Figure 2a), lead to a reduction of available water resources (Huang et al., 2017; Yang et al., 2016). The lowest H rates, with averages below  $1.00 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  occur during the rainy season, in the middle of the year, from June to July (DOY 161-208). Although in general CT presents higher H values than those for AF, there is a short period when they are slightly lower, from June to August (DOY 177-224). At the annual scale CT presents a daily average H of  $5.00 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , 32% higher than that for AF ( $3.80 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). More H spatial variations happen in AF than in CT, with SD representing 37 e 26% of the average values, respectively, at the annual scale. Inside the rainy period the H/R<sub>n</sub> ratio drops to below 0.20 in both biomes, indicated good conditions for rainfed agriculture, while outside this period, at the start and at the end of the year, this ratio is above 0.55 and 0.75 for AF and CT, respectively, meaning higher warming and water stress conditions for CT.

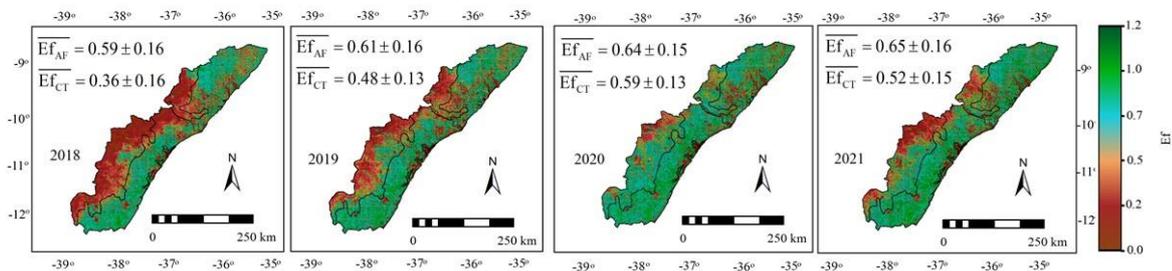
From field energy balance measurements in AF inside the Brazilian Southeast region, Guauque-Mellado et al. (2022) reported H/R<sub>n</sub> ranging from 12 to 14%, much lower than our ratios in Northeast Brazil. However, also from micrometeorological measurements in AF inside in the same region, Funari and Filho (2014) found daily H rates between  $1.10$  to  $6.90 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , from May to December, yielding H/R<sub>n</sub> values from 0.25 to 0.42, inside our ranges. The H values for CT in the current study are larger than those reported by Teixeira et al. (2021) from Landsat measurements in irrigated lemon crop in CT, who found annual averages of  $2.82 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ,  $1.53 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , and  $0.19 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  under drip, micro sprinkler, and pivot irrigation systems, respectively. These last lower values can be explained by the frequent occurrence of heat advection from the hotter areas at the vicinities of irrigated plots (Console and Papa, 2013). However, Campos et al. (2019), also from energy balance measurements in CT, reported H/R<sub>n</sub> annual values of 0.50, like our average value of 0.53.

Among the energy balance components in the SEALBA agricultural growing region, G is the lowest one (Figure 3d). Although its amplitude is not large, there are differences between the biomes, being the minimum average values  $0.43$  and  $0.37 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  for AF and CT, respectively, happening from May to June (DOY 145-160), while the corresponding maximums are  $0.57 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  in AF, from November to December (DOY 321-336) and  $0.52 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  in CT, from October to November (DOY 289-304). At the annual scale, the average G in AF is 16% higher than that for CT. The SD values for AF represent 33% of the mean pixel value, while for CT this percentage is 29%. The lower G rates for CT may be explained by the fact that being at daily scales, and as the soil cover is lower than for AF, much long wave radiation is emitted at night, similarly to deserts. Regarding the G/R<sub>n</sub> ratio, it was very small for both biomes, ranging from 0.04 to 0.07, with this high end being for the AF biome.

From energy balance measurements in AF inside the Brazilian Southeast region, Funari and Filho (2014) found daily G values between  $0.30$  to  $2.40 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  from May to December, yielding G/R<sub>n</sub> from 0.03 to 0.24. The high end of this range is much larger than our ones for AF, but their rates involved urban areas of the big São Paulo city. However, Silva et al. (2017) reported average G values of  $0.33$  and  $0.35 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  for the dry and wet seasons for CT in the Brazilian Northeast, yielding an average low G/R<sub>n</sub> value of 0.03. Under dry and wet conditions in CT, Campos et al. (2019) measured G ranging from  $-0.80$  to  $6.50 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , with corresponding G/R<sub>n</sub> values between  $-0.04$  to  $0.04$ . The negative values, at shorter timescales, mean heat advection from the warmer vicinities of the measured area (Teixeira et al., 2021).

Having the pixel values for  $\lambda E$  and the available energy ( $R_n - G$ ),  $E_f$  was calculated classifying the biomes AF and CT (Eq. 13) and considered representative of the root-zone moisture conditions. The long-term annual  $E_f$  values (2007-2021) were 0.60 for AF and 0.48 for CT, being the highest values in 2020, when the average for the SEALBA agricultural growing region was 0.62, while the lowest ones happened in driest year 2018, when it was 0.48.

To have an idea of a large-scale energy balance monitoring system, Figure 4 shows the spatial distributions, averages, and standard deviations (SD) of the annual evaporative fraction (Ef) values for the last four years of the data set (2018, 2019, 2020, and 2021), classifying the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) within the SEALBA agricultural growing region.



**Figure 4.** Spatial distributions, averages, and standard deviations of the annual pixel values for the evaporative fraction (Ef), regarding the last four years of the data set (2018, 2019, 2020, and 2021), classifying the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) biomes within the SEALBA agricultural growing region.

Following Figure 4, the root-zone moisture levels were extremely variable along the year from 2018 to 2021, with the Ef values for AF were 8% to 64% larger than those for CT, being the highest values for both biomes in the wettest year of 2021, when the average for the SEALBA agricultural growing region was 0.62, while the lowest ones happened in driest year 2018, when it was 0.48. These mean Ef pixel values indicated good root-zone moisture for rainfed agriculture from 2019 to 2021, mainly for the AF biome, as they were above 0.60.

Increasing Ef means higher root-zone moisture levels for vegetation (Teixeira et al., 2021), while lower ones identify water stress (Lu et al., 2011). According to Yuan et al. (2016), these effects reducing vegetation growth, are related to low root-zone moisture conditions, but also biomass production depends also on the available energy (Zhang et al., 2021). Zhou and Zhou (2009), reported that air humidity and the available energy, were the most important variables for the root-zone moisture variations in a reed marsh in Northeast China. However, Ef values in plants under non-optimum moisture levels, are also influenced by the stomatal regulation (Mateos et al., 2013), mechanism much noticed for the CT species.

It is concluded that latent and sensible fluxes, and then the root-zone moisture conditions, may strongly vary among years and seasons, for both Brazilian biomes inside the SEALBA agricultural growing region. However, water availability to the root zones is higher for AF than that for CT, as changes in vegetation canopies strongly vary between their species, according to environmental conditions, and canopy changes are higher in CT than in AF during water stress events.

Overall, the energy balance modelling with the MOD13Q1 reflectance product, can be used to investigate the anomalies on the water availability conditions along the years in distinct biomes. These analyzes are important for water policies as they may show suitable periods and places for rainfed agriculture as well as the irrigation needs for irrigated agriculture along specific seasons of a year, allowing rational agricultural water management while helping to minimize competitions among other water users.

These long-term energy balance analyses are important for environmental policies because they picture the patterns of the energy fluxes among distinct biomes within the agricultural growing region of SEALBA. From the  $R_n$  average pixel values, one can know the available energy to the surfaces, while quantifying its average partitions into  $\lambda E$ ,  $H$ , and  $G$  allow to support natural resources

management and to create rational criteria for managements of rainfed and irrigated agricultural, while helping to minimize competitions among other water users.

## CONCLUSÃO

### CONCLUSION

We confirmed the suitability of applying the SAFER algorithm through the union of MODIS images and net of agrometeorological stations for large-scale monitoring of energy and water balance components and their anomalies using long series of satellite images and weather data for distinct biomes, under conditions of climate and land-use changes. Our specific analyzes involved the Atlantic Forest (AF) and Caatinga (CT) biomes within the coastal agricultural growing zone in the Northeast Brazil, limited by the states of Sergipe (SE), Alagoas (AL), and Bahia (BA), acronym for SEALBA.

In both SEALBA biomes, net radiation ( $R_n$ ) values follow the solar radiation levels, with the highest rates at the start and at the end of the year, while the lowest ones are at the middle of the year, however slightly higher for CT than for AF. However, significant differences on partitions of the net radiation ( $R_n$ ) into latent ( $\lambda E$ ), sensible (H), and ground (G) fluxes between the biomes, promoted distinct root-zone moisture conditions, represented by the evaporative fraction ( $E_f$ ).

The largest  $\lambda E$  and lowest H values are for AF at the start and at the end of the year, outside the rainy periods, being the  $\lambda E$  rates for AF 26% higher than those for CT, while for H the values for CT were 32% above those for AF, at the annual scale. Among the energy balance components, G is the lowest one, however, being the values in AF 16% above those for CT. The lower G for CT may be explained by the fact that being at daily scales, and as its soil cover is lower than that for AF, much long wave radiation from their species is emitted at night, similarly to deserts. Energy balance computations yielded  $E_f$  values higher for AF than for CT, evidencing moister root-zone conditions for the first biome.

These energy and water balance assessments being carried out year after year, throughout a monitoring system, may support water policies as they picture suitable periods and places for rainfed agriculture as well as the irrigation needs for irrigated agriculture, allowing rational agricultural water management while minimizing water competitions among other water users.

## AGRADECIMENTOS

### ACKNOWLEDGEMENTS

To the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), for funding the project "Monitoring the balances of energy, water, and carbon, with geotechnologies in the SEALBA region, grant number 311532/2021-7

## REFERÊNCIAS

### REFERENCES

Allen, RG, Pereira, LS, Raes, D., Smith, M. Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, 300 pp., 1998.

Almagro, A.; Oliveira, PTS; Nearing, MA Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil. **Scientific Reports** , vol. 7, 8130, 2017.

- Almeida, SLH de, Souza, JBC, Pilon, C., Teixeira, AH de C., Santos, AF dos, Sysskind, MN, Vellidis, G., Silva, RP da., 2023. Performance of the SAFER model in estimation peanut maturation. **European Journal of Agronomy** , vol. 147, 126844, 2023.
- Campos, S., Mendes, KR, Silva, LL da, Mutti, PR, Medeiros, SS, Amorim, LB, Santos, CAC dos, Perez-Marin, AM, Ramos, TM, Marques, TV, Lucio, PS, Costa , GB, Santos e Silva, CM, Bezerra, BG. Closure and partitioning of the energy balance in a preserved area of ??a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Agricultural and Forest Meteorology** , vol. 271, 398-412, 2019.
- Consoli, S., Papa, R. Corrected surface energy balance to measure and model the evapotranspiration of irrigated orange orchards in semi-arid Mediterranean conditions. **Irrigation Science** , vol. 31, 1159-1171, 2013.
- Consoli, S., Vanella, D. Comparisons of satellite-based models for estimating evapotranspiration fluxes. **Journal of Hydrology** , vol. 513, 475-489, 2014.
- De Bruin HAR From Penman to Makkink, in: Hooghart, JC (Ed.), Proceedings and Information: TNO Committee on Hydrological Sciences, v. 39. Gravenhage, The Netherlands, pp. 5-31, 1987.
- Francisquini, MI, Lorente, FL, Pessenda, LCR, Junior, AAB, Mayle, FE., Cohen, MCL, França, MC, Bendassolli, JA, Giannini, PCF, Schiavo, JA, Macario, K. Cold and humid Atlantic Rainforest during the last glacial maximum, northern Espírito Santo state, southeastern Brazil. **Quarterly Science Review** , vol. 244, 106489, 2020.
- Funari, FL, Filho, AJP Energy balance in a patch of the Atlantic Forest in São Paulo City, Brazil. **Journal of Water Resources** , vol. 6, 805-812, 2014.
- Guauque-Melado, D., Rodrigues, A., Terra, M., Yanagi, S., Diotto, A.; de Mello, C. Evapotranspiration under drought conditions: the case study of a seasonally dry Atlantic Forest. **Atmosphere** , vol. 13, 871, 2022.
- Lewinsohn, T. M.; Prado, PI How many species are there in Brazil? **Conservation Biology** , vol. 19, 619-624, 2005.
- Lu, N., Chen, S., Wilske, B., Sun, G., Chen, J. Evapotranspiration and soil water relationships in a range of disturbed and undisturbed ecosystems in the semiarid Inner Mongolia, China. **Journal of Plant Ecology** , vol. 4, 49-60, 2011.
- Mariano, D. A.; Santos, C. A. C. dos; Wardlowa, B. D.; Anderson, M. C.; Schiltmeyera, A. V.; Tadessea, T.; Svoboda, M. D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 213, 129-143, 2018.
- Marques, T.V., Mendes, K, Mutti. P., Medeiros, S., Silva, L., Perez-Marin, A.M., Campos, S., Lúcio, P.S., Lima, K., Reis, J. dos, Ramos, T.M., Silva, D.F. da, Oliveira, C.P., Costa, G.B., Antonino, A.C.D., Menezes, R.S.C., Santos e Silva, C.M., Bergson, B. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from seasonally dry tropical forests (Caatinga) in the Brazilian Semiarid. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 287, 107957, 2020.
- Mateos, L., González-Dugo, M.P., Testi, L., Villalobos, F.J. Monitoring evapotranspiration of irrigated crops using crop coefficients derived from time series of satellite images. I. Method validation. **Agricultural Water Management**, v. 125, 81-91, 2013.

- Pereira, D.R, Mello, C.R. de, Silva, A.M. da, Yanagi, S.N.M. Evapotranspiration and estimation of aerodynamic and stomatal conductance in a fragment of Atlantic Forest in Mantiqueira range region, MG. **Cerne**, v. 16, 32-40, 2010.
- Procopio, S. de O, Cruz, M.A.S., Almeida, M.R.M. de, Jesus Junior, L.A. de, Nogueira Junior, L.R., Carvalho, H.W.L. de. SEALBA: região de alto potencial agrícola no Nordeste brasileiro. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. (Embrapa Tabuleiros Costeiros, Documentos, 221), 2019.
- Raupasch, M.R. Combination theory and equilibrium evaporation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 127, 1149-1181, 2001.
- Rodrigues, A.F., Mello, C.R. de, Terra, M.C.N.S., Beskow, S. Water balance of an Atlantic Forest remnant under a prolonged drought period. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, e008421, 2021.
- Silva, P. F. da, Lima, J. R. de S., Antonino, A. C. D., Souza, R., Souza, E. S. de, Silva, J. R. I., Alves, E. M. Seasonal patterns of carbon dioxide, water, and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 147, 71-82, 2017.
- Sun, Y., Fu, R., Dickinson, R., Joiner, J., Frankenberg, C., Gu, L., Xia, Y., Fernando, N. Drought onset mechanisms revealed by satellite solar-induced chlorophyll fluorescence: Insights from two contrasting extreme events. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 120, 2427-2440, 2015.
- Teixeira, A. H. de C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco River basin (Brazil) using remote sensing and Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v. 2, 1287-1319, 2010.
- Teixeira, AH de C.; Bastiaanssen, WGM; Ahmad, MD; Moura, MSB; Bos, MG Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology** , vol. 362, 110-127, 2008.
- Teixeira, AH, de C, Leivas, JF, Hernandez, FBT, Franco, RAM Large-scale radiation and energy balances with Landsat 8 images and agrometeorological data in the Brazilian semiarid region. **Journal of Applied Remote Sensing** , vol. 11, 016030, 2017a.
- Teixeira, AH, de C, Leivas, JF, Ronquim, CC, Silva, GB The Use of MODIS Images to Quantify the Energy Balance in Different Agroecosystems in Brazil. In: Rustamov, RB, Hasanova, S., Zeylanova, MH (Eds.). **Multi-purposeful application of geospatial data** ( 1 ed., pp. 105-121) IntechOpen Limited, London, 2017.
- Teixeira, AH de C.; Leivas, JF; Struiving, TB; Reis, JBRS; Simão, FR Energy balance and irrigation performance assessments in lemon orchards by applying the SAFER algorithm to Landsat 8 images. **Agricultural Water Management** , vol. 247, 1- 9, 2021.
- Yuan, W., Cai, W., Chen, Y., Liu, S., Dong, W., Zhang, H., Yu, G., Chen, Z., He, H., Guo, W., Liu, D., Liu, S., Xiang, W., Xie, Z., Zhao, Z., Zhou, G. Severe summer heatwave and drought strongly reduced carbon uptake in Southern China. **Science Reports** , vol. 6, 18813, 2016.
- Zhang, G., Su, X., Singh, VP, Ayantobo, O. Appraising standardized moisture anomaly index (SZI) in drought projection across China under CMIP6 forcing scenarios. **Journal of Hydrology: Regional Studies** , vol. 37, 100898, 2021.

Zhou, L.; Zhou, G. Measurement and modeling of evapotranspiration over a reed (*Phragmites australis*) marsh in Northeast China. **Journal of Hydrology** , vol. 372, 41-47, 2009.

## **Impactos das mudanças climáticas no cultivo e consumo do tomate-cereja.**

**Ana Clara Batista Loponi <sup>1</sup>; João Guilherme dos Santos Caramês <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Discente. Ilum Escola de Ciência. Rua Lauro Vannucci, 1020 - Fazenda Santa Cândida, Campinas - SP, 13087-548

### **RESUMO**

As mudanças climáticas, especialmente o aumento da temperatura, impactam significativamente o ciclo de vida e a qualidade do tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), uma cultura sensível às condições ambientais. Este estudo propõe investigar como o aumento da temperatura média afeta desde a germinação das sementes, o uso de nutrientes no solo, como fósforo, potássio e cálcio, até o crescimento vegetativo, especialmente seu teor de clorofilas e a produção de frutos. Além disso, o projeto visa investigar as alterações químicas, nutritivas e organolépticas do fruto ao realizar a quantificação de antioxidantes, como licopeno e  $\beta$ -caroteno, a análise de macronutrientes, como proteínas, sólidos solúveis, carboidratos, fibras, lipídeos e cinzas, além do conteúdo úmido e de Vitamina C, acidez titulável e pH. No Brasil, especificamente na região de Campinas no estado de São Paulo, já se observa um aumento significativo na temperatura média, o que acentua os desafios para a agricultura, incluindo o cultivo de tomate-cereja. A avaliação do estresse hídrico busca entender os efeitos adversos da elevação da temperatura em relação à perda do conteúdo de água nas plantas e como isso pode afetar sua disponibilidade. Com isso, os resultados serão submetidos a testes de hipótese, a depender da distribuição, independência e variância dos dados obtidos, para validar a hipótese de que as diferentes condições climáticas que afetarão a região até 2050 são capazes de alterar as características do tomate-cereja. Assim, o estudo visa contribuir para uma compreensão mais aprofundada dos efeitos das mudanças climáticas na produção agrícola, com potenciais implicações na segurança alimentar e na qualidade dos alimentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aquecimento Global; Temperatura; Produção Agrícola; Segurança Alimentar; Estresse Hídrico

### **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão aos pesquisadores, alunos e colaboradores do Centro Nacional de Pesquisa Engenharia Materiais (CNPEM) e da Ilum Escola de Ciência, cujas contribuições são essenciais para o desenvolvimento deste projeto. Além do apoio externo para análises químicas, de pesquisadoras da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) na Unicamp.

# CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO BALANÇO HÍDRICO EM CULTIVO DE CACAU EM CENÁRIO CLIMÁTICO FUTURO NA AMAZÔNIA

Joshuan Bessa da Conceição <sup>1</sup>; Luis Roberto da Trindade Ribeiro <sup>2</sup>; Gabriel Siqueira Tavares Fernandes <sup>3</sup>; Vivian Dielly da Silva Farias <sup>4</sup>; Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduando. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>2</sup>Graduando. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>3</sup>Doutorando. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA;<sup>4</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110;<sup>5</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA

## RESUMO

As mudanças climáticas representam um desafio global, afetando severamente atividades agrícolas, como a cacauicultura, sobretudo no que se refere à disponibilidade hídrica. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar espacialmente o balanço hídrico histórico e futuro em cultivo de cacau na microrregião de Altamira. Os cenários climáticos analisados abrangem os anos de 1961 a 1990 para o período histórico e, a projeção futura de 2011 a 2040, baseados em modelagem climática. As projeções foram obtidas do Portal de Projeções Climáticas do Brasil, utilizando o modelo regional Eta e o modelo global MIROC5, com uma resolução de 20 km em formato matricial. O balanço hídrico climatológico foi calculado conforme a metodologia de Thornthwaite & Mather. Os resultados obtidos evidenciam que no cenário histórico há um período com presença déficit hídrico de até 200 mm entre os meses de maio e novembro, com uma pequena área nessa condição na porção norte da microrregião no mês de dezembro. Os demais meses são caracterizados pela ocorrência de excedente hídrico, atingindo valores superiores a 300 mm em fevereiro e março. Ao analisar a projeção climática, nota-se que há uma mudança na duração e intensidade do período de déficit, incorporando a porção mais sul da região no mês de abril e maior expansão espacial no mês de dezembro. O excedente durante os meses chuvosos cai bruscamente, atingindo valores máximos em torno de 200 mm no mês de março. Dessa forma, os dados indicam redução de chuvas, aumento da evapotranspiração e intensificação do déficit hídrico, comprometendo a produção de cacau na região, afetando não apenas a economia local, mas também a oferta global de cacau. Assim são necessárias ações como o desenvolvimento de variedades resistentes à seca, práticas agrícolas sustentáveis com agroflorestas e sistemas de irrigação eficientes podem ser cruciais para garantir a continuidade da produção de cacau frente às adversidades climáticas previstas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Disponibilidade Hídrica; *Theobroma cacao*; Modelagem Climática; Fruticultura Amazônica;

## AGRADECIMENTOS

Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós- Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

# CALENDÁRIO METEOROLÓGICO PARA MANEJO AMBIENTAL: DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE BAIXO CUSTO PARA COMBATE E REDUÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

**Filipe Gomes Saraiva<sup>1</sup>; Giordani Rafael Conceição Sodré<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Discente do curso de Meteorologia. Universidade Federal do Pará. Belém - Pará - Brasil;<sup>2</sup>Dr. em Ciências Ambientais / Meteorologista da Faculdade de Meteorologia / Professor do Programa de Pós-graduação em Riscos e Desastres Naturais na Amazônia (PPGGRD). Universidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

## RESUMO

A utilização do fogo com método de limpeza do solo está atrelada a cultura de manejo da terra no Brasil, sobretudo pelo caráter econômico. Sua prática sem o controle adequado é responsável por grande parte dos incêndios florestais no país. A redução das queimadas tem sido o objetivo dos principais órgãos ambientais do Brasil, porém os métodos, geralmente punitivos, não têm apresentado o resultado esperado, sendo que a cada ano o país atinge recordes de números de focos de calor. Dentro desta perspectiva propomos a criação de um calendário de manejo responsável do fogo no campo que, baseado nas condições meteorológicas locais, indique o melhor período para que, caso necessário, essa prática seja aplicada de forma segura, evitando que o fogo se alastre para a floresta. Utilizando dados de uso e cobertura de solo, focos de queimadas e precipitação diária foi possível determinar o tipo de cobertura de solo e o mês em que se originaram as primeiras queimadas em cada microrregião do estado, identificando qual localidade do estado do Pará se inicia as primeiras queimadas no período seco. Esta informação foi ajustada com os dados de precipitação, servindo de base para a construção do calendário de manejo. Os resultados apontaram a pastagem como a forma de cobertura de solo onde mais se originam queimadas nas microrregiões do Pará, sendo o baixo amazonas a área onde os primeiros focos são observados. Foi identificado a média de dias secos necessários para o surgimento das primeiras queimadas em cada microrregião do Pará. O processo de validação do calendário foi realizado no município de Paragominas e na microrregião de Castanhal mostrando-se eficiente e fácil de ser empregado, constituindo uma importante ferramenta de baixo custo a ser utilizado como mais um recurso no processo de controle e combate aos incêndios florestais.

**PALAVRAS-CHAVE:** queimadas; cobertura de solo; precipitação; Amazônia;

# CALENDÁRIO AGRÍCOLA DO SORGO SENSÍVEL AO FOTOPERÍODO EM QUATRO REGIÕES PRODUTORAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Jessimara de Faria Marques <sup>1</sup>; Yasmin Aparecida Perciliano <sup>2</sup>; Thalles Leite Da Cunha <sup>2</sup>; Jean Carlos dos Reis <sup>2</sup>; Maria Gabriela de Queiroz <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma. Nutrien Soluções Agrícolas. Av. Comendador Francisco Avelino Maia, 1677 - Canjeranus, Passos - MG;<sup>2</sup>Estudante. Universidade do Estado de Minas Gerais. Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos ? MG;<sup>3</sup>Docente. Universidade do Estado de Minas Gerais. Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos ? MG

## RESUMO

Algumas cultivares de sorgo possui sensibilidade ao fotoperíodo, sendo que o ciclo da cultura e, ou as mudanças de fases podem ser retardadas quando as exigências fotoperiódicas não ocorrem. Assim, o objetivo deste trabalho foi criar um calendário agrícola que determine a melhor época de semeadura do sorgo com base no fotoperíodo (N) para quatro municípios produtores do grão em Minas Gerais, sendo: Passos, localizada na região Sul de Minas; Capinópolis, no Alto Paranaíba; Iturama, no Triângulo Mineiro e Unai, no Sudeste de Minas. O calendário agrícola foi baseado no ciclo produtivo do sorgo de 120 dias, sendo que a sensibilidade ao N para cultivares sensíveis acontece no momento da indução floral, que ocorrem entre 30 a 40 dias após a emergência do sorgo. Com os dados de latitude, dia do ano, declinação solar e ângulo horário foi determinado o fotoperíodo para cada dia do ano nas 4 localidades. Em seguida, utilizou o limite de 12,9h de luz como sendo referência para induzir a floração, e determinaram-se os dias do ano em que o N foi inferior a este valor. Para o município de Passos, considerado 30 dias para indução floral, a semeadura deve ocorrer entre 04 de janeiro a 08 de outubro, se considerar 40 dias para indução, semeadura de 25 de dezembro a 28 de setembro. Em Capinópolis, a semeadura deve iniciar em 27 de dezembro a 17 de dezembro, e finalizar em 16 de outubro ou 06 de outubro para os respectivos 30 e 40 dias para indução floral. Do mesmo modo, em Iturama temos como calendário de semeadura o período de 01 de janeiro estendendo-se até 11 de outubro, para cultivares sensíveis de sorgo com indução floral aos 30 dias após emergência. E por fim, em Unai a semeadura tem início em 03 de dezembro até 20 de outubro, para cultivares sensíveis de sorgo com indução floral aos 40 dias após emergência. O planejamento indicando épocas de semeadura favoráveis ao sorgo sensível ao fotoperíodo nos quatro municípios variou de dezembro a outubro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Época de semeadura; fotoperiodismo; indução floral;;

## AGRADECIMENTOS

À UEMG, pela bolsa do Programa Institucional de Apoio à Pesquisa (PAPQ/UEMG), Edital N° 01/2024 - Demanda Induzida

# DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CAFEIROS SUBMETIDOS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DA ALTA MOGIANA

**Lorena Flávia Silva <sup>1</sup>; Thalles Leite da Cunha <sup>1,2</sup>; Carolina Camilo Marques <sup>1</sup>; Jade Maria Muniz Garcia <sup>1</sup>; Jose Henrique Bueno Reis <sup>1</sup>; Leandro Simão de Andrade <sup>3</sup>; Maria Gabriela de Queiroz <sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Estudante. Universidade do Estado de Minas Gerais. Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos - MG;<sup>2</sup>Bolsista. Universidade do Estado de Minas Gerais. Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos - MG;<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo. Fundação Procafé.. Estrada de Acesso Ao Bagre III, 2750 - Jardim Marambaia, Franca - SP;<sup>4</sup>Docente. Universidade do Estado de Minas Gerais. Av. Juca Stockler, 1130 - Belo Horizonte, Passos - MG

## RESUMO

A cadeia produtiva do café no Brasil é crescente e de grande expressão econômica para o país. Porém, está sujeita a alguns desafios ao longo dos anos, tais como o aumento de temperatura, longos períodos de estiagem e precipitações abaixo do esperado. Assim, o trabalho tem como objetivo avaliar a resposta quanto ao crescimento de cafeeiros submetidos a diferentes lâminas de irrigação. O estudo foi conduzido em parceria com a Fundação Procafé, na Fazenda Experimental de Franca - SP, região da Alta Mogiana, o delineamento adotado foi em blocos ao acaso, composto por 5 tratamentos de reposição das lâminas de irrigação em: 0%, 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração potencial, com 2 repetições. Duas áreas de café foram monitoradas, a primeira cultivada com o Mundo Novo IAC 379/19 e, a segunda com o Catuaí Amarelo IAC 62. Avaliou-se número de nós e comprimento do ramo plagiotrópico (cm) a partir do travamento do inverno de 2022, altura de plantas (m) e diâmetro do caule (mm) em 4 plantas por parcela, das cultivares de café ao longo de 8 meses. A normalidade dos dados foi realizada com o teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade, e quando houve diferença significativa foi aplicada a análise de regressão com o teste "t" à 5% de probabilidade. Como resultado, devido a ocorrência de precipitações pluviométricas na região superiores a ETP, obteve-se pouca diferença nas lâminas de água aplicadas entre os tratamentos, tendo o acumulado de 1831mm, 1909mm, 1947mm, 1986mm, 2025mm, para os tratamentos 0%, 50%, 75%, 100% e 125%, nesta ordem. E, consequentemente as cultivares responderam do mesmo modo, com crescimento semelhante, porém, obteve-se diferença significativa apenas para o Mundo Novo IAC 379/19 nas variáveis número de nós e comprimento do ramo, sendo os melhores valores apresentados para o sequeiro (0%ETo - 1831mm) em média de 9 nós e 24,5 cm, para os demais tratamentos, os valores foram de 7; 6; 6 e 7 número de nós e, 17; 14; 14 e 16 cm para o comprimento do ramo nos tratamentos de 50; 75; 100 e 125%ETo, respectivamente. Isso demonstra que toda a exigência hídrica da cultura foi atendida pelo bom volume pluviométrico do ano de 2023 na região da Alta Mogiana. Para o período analisado, apenas a cultivar Mundo Novo IAC 379/19 foi superior no tratamento que recebeu 1831 mm, valor que atende a necessidade hídrica do café, logo, não foi possível identificar o efeito das diferentes lâminas de irrigação aplicadas com base em percentuais da ET no crescimento das cultivares de café analisadas, fazendo-se necessário dá continuidade ao experimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** cafeicultura irrigada; Coffea arabica; crescimento evapotranspiração;;

## AGRADECIMENTOS

À UEMG, pela bolsa do Programa Institucional de Apoio à Pesquisa (PAPQ/UEMG), Edital Nº 16/2023.

# INTERCOMPARAÇÃO ENTRE ETo FAO-56 OBTIDA DE DADOS INMET COM ERA5-LAND E GRID DE DADOS METEOROLÓGICOS DO BRASIL: ANÁLISE PRELIMINAR COM ESTAÇÕES DO ESTADO DA PARAÍBA

**GLÁUCIO DE MENESES SOUSA**<sup>1</sup>; **Bernardo Barbosa da Silva**<sup>2</sup>; **GABRIEL KAUAN PEREIRA CAVALCANTE**<sup>3</sup>; **MARIA LUIZA DE FREITAS SILVA**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de doutorado . Universidade Federal de Campina Grande . Rua Aprígio Veloso;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Campina Grande. Rua Aprígio Veloso;<sup>3</sup>Discente . Universidade Federal de Campina Grande. Rua Aprígio Veloso;<sup>4</sup>Discente. Universidade Federal de Campina Grande. Rua Aprígio Veloso

## RESUMO

A evapotranspiração de referência - ETo segundo a FAO-56 é reconhecida mundialmente como o modelo mais preciso de estimativa da ETo. Essa importante variável agrometeorológica tem sido empregada, juntamente com o coeficiente de cultura - Kc, no manejo de cultivos irrigados no Brasil e no exterior. No entanto, o emprego da ETo FAO-56 tem sido dificultado em virtude da falta de dados meteorológicos que alimentam a sua determinação, que são: temperatura do ar máxima - Ta,max (°C) e mínima diárias - Ta,min (°C), temperatura do ponto de orvalho - Td (°C), radiação solar global diária - Rs (MJ/m<sup>2</sup>) e velocidade do vento média diária - u<sub>10m</sub> (m/s), todas essas variáveis hoje disponíveis nas estações meteorológicas automáticas - EMAs da rede INMET. Atualmente, pesquisadores da UFCG estão fazendo uso de dados de reanálise do ERA5-Land para gerar sobre todo o território brasileiro, com resolução de 0.1° x 0.1°, ou seja, de cerca de 10 km, dados da ETo, na tentativa de dar suporte aos irrigantes nas diferentes regiões do Brasil. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a representatividade dos dados da ETo obtidos com dados ERA5-Land e o Grid de Dados Meteorológicos de Xavier et al. (2022), com aqueles derivados da rede automática do INMET, de todas as nove EMAs localizadas no estado da Paraíba, no período de 2010 a 2017. Foram empregadas as seguintes métricas estatísticas para avaliar os resultados: Erro Absoluto Médio - EAM (mm), Erro Relativo Médio - ERM (%), Raiz do Erro Quadrático Médio - REQM (mm) e coeficiente de determinação - R<sup>2</sup>. Em todas as EMAs o coeficiente de determinação situou-se entre 0,655 e 0,711, o EAM entre 0,83 (Campina Grande-PB) e 1,12 mm (Monteiro-PB), enquanto a REQM apresentou valores ligeiramente superiores aos do EAM. Os resultados sugerem que os dados do ERA5-Land e do Grid de Dados Meteorológicos podem ser empregados na ausência dos dados do INMET.

**PALAVRAS-CHAVE:** radiação solar global; déficit de pressão de vapor; agrometeorologia; saldo de radiação;

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa PQ ao segundo autor, e pela bolsa de doutorado ao primeiro autor.

## Uso de Protetores Solares para a Redução da Temperatura dos Frutos de Melancia

**Leonardo Raasch Hell**<sup>1</sup>; **Andressa Racaneli Sian**<sup>2</sup>; **Marta Simone Mendonça Freitas**<sup>3</sup>;  
**Marcos Antonio Dell'Orto Morgado**<sup>4</sup>; **Leonardo Martineli**<sup>1</sup>; **Cátia Aparecida Simon**<sup>5</sup>;  
**Evandro Chaves de Oliveira**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Técnico. Instituto Federal do Espírito Santo. Rodovia BR-259, Km 70 - Zona Rural - Caixa Postal 256 | Colatina - ES | CEP: 29717-000 - Brasil;<sup>2</sup>Bolsista. Instituto Federal do Espírito Santo. Rodovia BR-259, Km 70 - Zona Rural - Caixa Postal 256 | Colatina - ES | CEP: 29717-000 - Brasil;<sup>3</sup>Docente. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. CCTA/Laboratório de Fitotecnia. Av. Alberto Lamego, 2000 UENF/CCTALFIT 28013602 - Campos dos Goytacazes, RJ - Brasil;<sup>4</sup>Docente. Instituto Federal do Espírito Santo. Rodovia BR-259, Km 70 - Zona Rural - Caixa Postal 256 | Colatina - ES | CEP: 29717-000 - Brasil;<sup>5</sup>Docente. FAESA Centro Universitário. Av. Rui Barbosa, 94 - Centro, Linhares - ES, CEP: 29900-070 - Brasil

### RESUMO

A região Noroeste do Espírito Santo possui um clima desfavorável ao cultivo de hortaliças de fruto, como a melancia, devido às altas temperaturas e intensa radiação solar. Para mitigar esses efeitos, é essencial adotar estratégias de manejo que ajudem as plantas a superar o estresse térmico. Este estudo teve como objetivo avaliar o uso de protetores solares de plantas na redução da temperatura dos frutos de melancia nessa região. O experimento foi realizado na Área Experimental do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Itapina, em Colatina - ES, com clima Tropical Aw, utilizando a variedade de melancia Crimson Sweet. A unidade experimental consistiu em quatro linhas de 30 m, totalizando 120 plantas, com cinco tratamentos e quatro repetições: sem tratamento (controle), papel protetor, Sombryt, Surround e Sugard. Os frutos foram pulverizados com protetores solares semanalmente após atingirem de 3 a 5 kg. A temperatura dos frutos foi medida semanalmente na parte superior dos frutos, em dias de céu claro, e quatro dias após a aplicação dos produtos, utilizando um termômetro portátil Digital Infravermelho (-50° a 380°C). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram uma diferença significativa na temperatura média dos frutos entre os diferentes protetores e o controle. O uso de papel protetor resultou na menor temperatura média dos frutos (37,70°C), indicando melhor cobertura e menor estresse térmico. As temperaturas médias dos frutos para o Sombryt, Surround e Sugard foram de 45,23°C, 43,49°C e 45,63°C, respectivamente, diferindo estatisticamente do controle (50,49°C), onde os frutos estavam desprotegidos e expostos diretamente à radiação solar. Conclui-se que a aplicação de protetores solares foi eficaz na redução da temperatura dos frutos de melancia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Citrullus lanatus; Sombryt; Surround; Sugard; Estresse Térmico

### AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES)

Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)(link is external)

# SAZONALIDADE, INTENCIDADE E FREQUÊNCIA RELATIVA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM UM POMAR DE *Citrus latifolia* (Yu. Tanka) Tanaka NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO, PA

**Jadson de Jesus Rodrigues de Pinho**<sup>1</sup>; **Paulo Arthur Silva Pardim**<sup>2</sup>; **Tayssa Menezes Franco**<sup>3</sup>; **Jheny Thayná de Souza Favacho**<sup>4</sup>; **Marcus José Alves de Lima**<sup>5</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA;<sup>2</sup> Bolsista PIBIC. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA;<sup>3</sup>Bolsista Pós-graduaçãp. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Belém-PA;<sup>4</sup>Bolsista PIBIC. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA;<sup>5</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA;<sup>6</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Belém-PA

## RESUMO

A limeira ácida Tahiti vem se destacando no Brasil, o quinto maior produtor em 2022 (FAO, 2024). As Regiões Sudeste e Norte lideram na produção, com mais de 1,3 milhão e 111,8 mil toneladas, respectivamente. No Norte, o Pará é o maior produtor, com 78,6% do total (IBGE, 2024). A diferença em relação ao Sudeste, no entanto, é significativa. Elementos meteorológicos afetam a produção. A irregularidade das chuvas, pode impactar o cultivo em regiões com latitude próximo a 0° com alta energia disponível, induzindo floradas indesejadas ou aumento da incidência de fungos, resultando na queda de flores e frutos devido à alta umidade. Analisou-se a frequência relativa (FR), a variabilidade horária (VH) e a intensidade da precipitação (IC) no cultivo de lima ácida Tahiti em Capitão Poço, PA. Havia uma torre de monitoramento microclimático no pomar (1°47'28.7"S, 47°05'51.96"O), com um pluviômetro a 6 m de altura. As leituras foram realizadas a cada 10 segundos, com médias gravadas a cada 10 minutos, de julho de 2023 a junho de 2024. A FR e a VH média sazonal foram calculadas para os períodos chuvoso (PC) e menos chuvoso (PMC), utilizando o método de Spiegel (1972). A IC foi classificada segundo Minuzzi e Sediyaama (2004). O PC ocorreu de dezembro a maio, com maior precipitação em março (739 mm), e o PMC de junho a novembro, com ausência de chuva em agosto. No PC, destacou-se o chuvisco com 26,9% chuvisco, e a estiagem com 16,3% de estiagem. No PMC, sobressaíram-se a estiagem com 72%, e chuvas leves a moderadas com 7,8% cada. No PC, a maior precipitação ocorreu entre 15h e 18h, enquanto no PMC, entre 14h e 22h, com pico às 17h. Para o período de entressafra (agosto a novembro), sugere-se irrigação para garantir condições ideais de produção. A ausência de chuvas durante a madrugada pode favorecer a irrigação nesse horário. No PC, os 16% de estiagem podem indicar necessidade de irrigação suplementar, conforme a viabilidade econômica, visto que os preços do limão tendem a diminuir.

**PALAVRAS-CHAVE:** NODESTE PARAENSE; LIMÃO TAHITI; CHUVA; MICROCLIMA;

## AGRADECIMENTOS

À FAPESPA e ao CNPQ pelas bolsa de iniciação científica.

À Universidade Federal Rural da Amazônia pelo ensinamento e apoio durante a pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Palanta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAM).

À Fazenda Lima Cítrós pela área de pesquisa e apoio em máquinas, instrumentos e mão de obra para a manutenção e condução da pesquisa.

## Variabilidade do Saldo de Radiação medido e estimado para ambiente de pomar em Cuiarana no município de Salinópolis-PA

**Josiel Junior Dos Santos**<sup>1</sup>; **Darlan Ricardo Castro Ferreira**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Discente . UFPA. Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil.

### RESUMO

Radiação solar é maior fonte de energia para a Terra, principal elemento meteorológico e um dos fatores determinantes do tempo e do clima. Além disso, afeta diversos processos: físicos (aquecimento/evaporação), bio-físicos (transpiração) e biológicos (fotossíntese). Onde o ecossistema tem a necessidade de receber a mesma para que haja os processos normalmente tanto físicos quanto meteorológicos, tendo em vista que todos os seres vivos necessitam dessa energia para que haja vida. Podendo observar que as plantas tem como sua principal fonte de alimentação a radiação solar para que façam a fotossíntese, evapotranspiração e a produção do fruto. Nesse sentido esse estudo teve como objetivo analisar o Saldo de Radiação medido e o estimado em pomares de mangueiras no município de Salinópolis- PA, no período de 3 dias. Nesse trabalho foram utilizados para obter o saldo de radiação medido equipamentos saldo radiômetros (Piranometro, termômetro), e para obter o estimado utilizou-se usando a equação de Brunt envolvendo a Lei de Stefan-Boltzman ( $R_n = BOC + BOL$ ). Os resultados mostram que o saldo de radiação do pomar em relação a radiação global teve uma variação de 90% a 88% tanto no medido quanto no estimado, com isso conclui-se que o pomar tem-se um ótimo aproveitamento da radiação global que incide na atmosfera terrestre, logo observa-se que o mesmo necessita da radiação para o desenvolvimento da flora local, e para realização dos seus processos biológicos. Até mesmo para o desenvolvimento do fruto (manga) e a colheita do mesmo, para a sustentabilidade do local.

**PALAVRAS-CHAVE:** Variabilidade; Saldo de Radiação; Estimado; Medido;

# INFLUENCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS SOBRE O PODER EVAPORANTE DO AR, EM UM CULTIVO DE *Citrus latifolia* (Yu. Tanka) Tanaka EM UMA REGIÃO DO NORDESTE PARAENSE

**Paulo Arthur Silva Pardim**<sup>1</sup>; **Jadson de Jesus Rodrigues de Pinho**<sup>2</sup>; **Jheny Thayná de Souza Favacho**<sup>3</sup>; **Tayssa Menezes Franco**<sup>4</sup>; **Marcus José Alves de Lima**<sup>5</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA;<sup>2</sup> Bolsista. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA;<sup>3</sup>Bolsista. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA;<sup>4</sup>Bolsista de Pós-graduação. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Belém-PA;<sup>5</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA;<sup>6</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Belém-PA

## RESUMO

A produção de limão Tahiti se destaca no Brasil, com São Paulo e Pará como principais produtores, respectivamente. Enquanto São Paulo possui infraestrutura avançada e investimentos, o Pará enfrenta desafios. O clima tropical úmido da Amazônia oferece boas condições para o cultivo da limeira ácida. No entanto, as altas temperaturas e o período menos chuvoso (PMC) podem impactar o poder evaporante da atmosfera e a evapotranspiração da cultura. Este estudo analisou a variabilidade do poder evaporante do ar (Ea), déficit de pressão de vapor (DPV), temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluvial (PP) em um cultivo de limeira ácida Tahiti em Capitão Poço, PA. Na área de estudo, localizada a 1°47'28.7"S, 47°05'51.96"O, havia uma torre micrometeorológica com pluviômetro, termo-higrômetro e anemômetro a 2 m acima da copa. Dados foram coletados de julho de 2023 a junho de 2024, com leituras a cada 10 segundos e médias gravadas a cada 10 minutos. O DPV foi calculado pela metodologia de Tetens (1930), o Ea pelo método de Penman-Monteith (1948) e os demais elementos por estatística descritiva. O período chuvoso (PC), com 75% da precipitação anual, ocorreu de dezembro a maio, e o PMC, com 25% da precipitação anual, de julho a novembro. A umidade relativa média foi de 90% no PC e variou de 87% a 75% no PMC. A temperatura máxima aumentou de 33,2°C a 36,0°C no PMC. O DPV e o Ea aumentaram no PMC, com Ea variando de 1,09 a 2,9 mm/dia, e de 0,58 a 1,43 mm/dia no PC. O estudo revelou que as variabilidades no Ea, DPV, Tar, UR e PP podem afetar a evapotranspiração da limeira ácida. No PC, a UR e a PP abundante resultaram em menor demanda evaporativa. No PMC, a redução da UR e o aumento da Tar máxima elevaram o DPV e o Ea, indicando necessidade de ajuste na irrigação. A análise desses fatores destaca a importância de estratégias adaptadas às condições climáticas variáveis, otimizando a produção e a sustentabilidade do cultivo da limeira ácida Tahiti na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** LIMÃO TAHITI; PRECIPITAÇÃO PLUVIAL; TEMPERATURA; EVAPOTRANSPIRAÇÃO;

## AGRADECIMENTOS

À Fazenda Lima Cítrós, pela concessão da área experimental, máquinas, equipamentos agrícolas e pela logística.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de iniciação científica do primeiro autor e pela bolsa de doutorado da terceira autora e pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057).

À Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela concessão da bolsa de iniciação científica do segundo autor

Ao grupo de pesquisa ISPAAM e ao programa de Pós-graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia pelo suporte na realização deste trabalho.

# DESEMPENHO DE MODELOS ALTERNATIVOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O ESTADO DE PARÁ

Tayssa Menezes Franco <sup>1</sup>; Gloria Milena Rojas Plazas <sup>2</sup>; Marcus José Alves de Lima <sup>3</sup>; Vandeilson Belfort Moura <sup>4</sup>; Rubens Alves de Oliveira <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de Pós-graduação. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Belém-PA; <sup>2</sup>Bolsista de Pós-graduação. Universidade Federal de Viçosa. UFV, Viçosa-MG; <sup>3</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Capitão Poço-PA; <sup>4</sup>Pós graduando. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA, Belém-PA; <sup>5</sup>Docente. Universidade Federal de Viçosa. UFV, Viçosa-MG

## RESUMO

O crescimento populacional e a intensificação da industrialização aumentam a demanda por alimentos e, conseqüentemente, o consumo de recursos hídricos, exigindo um planejamento hídrico rigoroso. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é crucial para o manejo da irrigação, mas sua estimativa precisa exige dados climáticos nem sempre disponíveis. Além do método de Penman-Monteith, amplamente recomendado pela FAO, outros modelos são considerados. A aplicação de métodos empíricos, que demandam menos variáveis, surge como uma alternativa viável para otimizar a gestão hídrica em cenários de escassez de informações climáticas. O presente trabalho teve como objetivo comparar oito métodos de estimativa de ET<sub>o</sub> com o método de Penman-Monteith (FAO-56), em escalas diária e semanal, para o Estado do Pará. Foram utilizadas séries históricas dos dados climáticos obtidos por estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) de 1990 a 2020, localizadas em nove cidades do Pará. Os modelos alternativos de estimativa de ET<sub>o</sub> testados foram: Hargreaves e Allen (HG), Benevides e Lopez (BL), Jensen e Haise (JH), Tanner e Pelton (TP), Turc (TC), Jobson (JB), Makkink (MK) e Linacre (LIN). A comparação entre os modelos alternativos e o modelo padrão de Penman-Monteith foi realizada por meio de índices estatísticos, como o erro percentual absoluto médio (MAPE), a raiz do erro quadrático médio normalizado (RSMEn), o erro absoluto médio (MAE) e o índice de concordância de Willmott (d). Os dados passaram por teste de consistência para verificação de possíveis erros, e as análises estatísticas foram realizadas com o programa R. De maneira geral, os melhores modelos alternativos de ET<sub>o</sub> para o Estado do Pará foram BL, TP, TC e MK, pois apresentaram maiores exatidão e acurácia para as cidades analisadas. Por outro lado, os modelos HG, JH, LIN e JB tiveram os piores desempenhos, não apresentando exatidão e acurácia suficientes para uso prático na estimativa de ET<sub>o</sub> no Pará.

**PALAVRAS-CHAVE:** EFICIÊNCIA HÍDRICA; MODELOS EMPÍRICOS; MODELAGEM AGROCLIMÁTICA;;

## INTRODUÇÃO

O constante crescimento populacional tem relação direta com a demanda por alimentos que juntamente com o nível de industrialização tem acarretado o aumento do consumo dos recursos hídricos em escalas regionais e locais, isso por sua vez exige um nível maior de planejamento e uso racional e ecológico da água (Tanaka et al. 2016). Entre os diferentes usos desses recursos, a irrigação é uma das atividades com maior consumo de água.

Diante disso, a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) está relacionada ao efeito da demanda atmosférica sobre as exigências hídricas das plantas, sendo estimada a partir dos elementos do clima. Por isso uma determinação precisa da ET<sub>o</sub> é de fundamental importância para um bom manejo da irrigação (Alencar et al. 2011). Souza et al. (2011) descreveram a ET como sendo um processo dependente da disponibilidade energética, da demanda atmosférica, da disponibilidade de água do solo e de fatores fisiológicos da planta (Souza et al. 2011).

Alencar et al. (2011) informam que estimativas exatas da evapotranspiração são cruciais para comprovar as modificações temporais sobre a necessidade de irrigação, aperfeiçoar a alocação dos recursos hídricos e ponderar o efeito do uso da terra e oscilações na gestão do balanço hídrico.

Nos últimos tempos a comunidade científica mundial tem destacado nos mais variados meios de comunicação, a importância vital da preservação e da exploração sustentável dos recursos naturais (Lima et al. 2019). Nessa lógica, para o bom desenvolvimento dos processos agrícolas, a evapotranspiração é particularmente necessária para o balanço hídrico, conhecimento de alocação e monitoramento de recursos hídricos.

Contudo, diversas regiões sofrem com escassez de estações de acompanhamento meteorológico e histórico consolidado. Inúmeras indagações carecem de ser comumente abordadas para tais regiões, e conjuntos de dados espaciais cada vez melhor delineados, poderiam formar uma importante concepção sobre a linha de base de dados (Althoff et al. 2020; Linke et al. 2019). No Brasil, é notável uma gestão competente da água e um planejamento contínuo são afetados perante o desprovimento de dados climáticos. Mencionando o Estado do Pará, observa-se inconstância pluviométrica ocasionada pelos distintos sistemas atmosféricos atuantes na região. Em razão do contraste das precipitações verificadas, é pertinente o desenvolvimento de pesquisas que possibilitem analisar as peculiaridades regionais, fornecendo orientações mais acertadas, sobretudo para o setor da agricultura que é altamente condicionado pelo calendário pluviométrico (Menezes et al. 2015).

A compreensão da precisão dos distintos modelos de ETo aplicados em diferentes condições agronômicas e climáticas, possui bastante utilidade para o manejo da irrigação, pois quanto melhor manejada passa a garantir elevação na produtividade e melhoria na qualidade dos produtos finais. Definir um método que seja eficaz como padrão da FAO56- PM, e seja mais fácil de aplicar em campo é primordial para a área de agrometeorologia.

Analisando a atual conjuntura das mudanças climáticas globais e seus impactos no meio ambiente, exemplificando, tem se tornado uma preocupação constante da humanidade (Andrade et al. 2020). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) sugeriu o método de Penman Monteith (PM) (Allen et al. 1998), também conhecido como FAO56-PM. Esse método tem ótima precisão na estimativa de ETo, se mostra eficiente em diferentes condições climáticas e em inúmeros locais do mundo. Entretanto, esse método padrão requer certa quantidade de variáveis climáticas como temperatura do ar e umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento" (Aparecido et al. 2020).

Alencar et al. (2011) informam que diante da enorme variedade de modelos, existem aqueles que possuem uma boa base física e teórica, porém requerem vários parâmetros que sempre estão indisponíveis para uso, como o método de Penman Monteith. Em contrapartida, há aqueles menos complexos, exigindo apenas a temperatura do ar (Holdridge) e, adicionalmente, a latitude do lugar (Hargreaves e Samani).

Na literatura encontram-se métodos empíricos da ETo com entrada mínima de dados, a exemplo Thornthwaite (1948) e Camargo (1971) que são utilizados com mais frequência e requerem apenas dados temperatura do ar (Santos et al. 2018; Gharbia et al. 2018; Moraes et al. 2018). A medida que Jensen-Haise (1963) e Makkink (1957) são baseados na radiação solar, os quais solicitam apenas os dados de temperatura máxima e mínima do ar. Em geral, os métodos para estimar a ETo na bibliografia são em escala diária. Os principais métodos projetados em escala mensal são Camargo, Linacre, Hamon, Romanenko, Lungeon e Thornthwaite (Aparecido et al. 2020).

Como dito anteriormente, algumas variáveis de entrada nem sempre estão disponíveis ou não tem precisão e qualidade para uma determinada região, substancialmente em países em desenvolvimento. Outro empecilho é a exigência de alto custo na instalação e manutenção de estações meteorológicas

automatizadas. No Brasil, a maioria das estações viabilizam apenas os dados de temperatura do ar e precipitação pluvial, que colocam em risco a aplicação do método padrão da FAO56-PM (Santos et al. 2018; Mokhtari et al.2018; Valiantzas, 2018).

Carvalho et al. (2015) reforçam que em virtude das restrições inerentes ao método, o uso de modelos físicos?matemáticos tem se tornado caminho prático para a estimativa da ETo. De posse dos resultados de incontestáveis estudos conduzidos nas últimas décadas, a equação combinada de Penman Monteith, modificada por Allen et al. (1998), é a que melhor representa os fatores físicos e fisiológicos que dominam o processo da evapotranspiração. O uso de métodos empíricos em todos os dados climáticos disponíveis pode ser uma alternativa para os agricultores no cultivo de safras sob irrigação (Moraes et al. 2018).

## OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa foi identificar métodos alternativos de Evapotranspiração de Referência para o Estado do Pará comparando 8 métodos de estimativas sendo eles: Hargreaves e Allen, (2003), Benevides e Lopez (1970), Jensen e Haise (1963), Tanner e Pelton (1960), Turc (1961), Jobson (Bowie et al., 1985), Makkink (1957) e Linacre (1977); com o método padrão de Penman Monteith em diferentes escalas de tempo para o Estado do Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

Segundo a classificação climática de Koppen, o estado de Pará possui três tipos climáticos: o tipo Am (tropical de monção), presente no 66,6 % do território estadual, sendo este o clima predominante; o tipo Af (clima equatorial) presente no 28,4 % do estado; e o tipo Aw (tropical de savana), presente no 4,9 % do estado (Alvares et al. 2013).

Os dados climáticos foram obtidos da rede de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizados em 8 Cidades do Estado do Pará (Figura 1A e 1B), com série histórica de 10 anos (1990 a 2020), contendo informações de temperatura máxima e mínima (°C), insolação (horas de luz), velocidade do vento ( $m.s^{-1}$ ), e umidade relativa (%). Os dados meteorológicos passaram por testes de consistência para verificação de possíveis erros.

As coordenadas geográficas das estações meteorológicas utilizadas no estudo são apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1. Coordenadas geográficas das estações meteorológicas usadas no estudo.

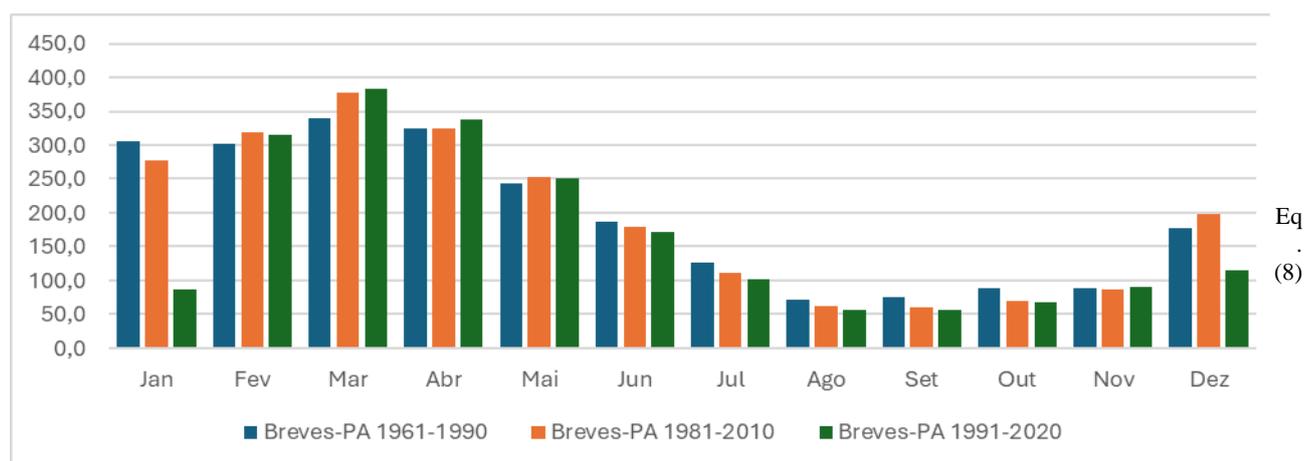
Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Altamira	-3.21	-52.21	101.51
Belém	-1.44	-48.44	7.13
Conceição do Araguaia	-8.26	-49.26	179.02
Itaituba	-4.28	-55.99	24.5
Marabá	-5.37	-49.13	101.66
Monte Alegre	-2.00	-54.08	100.52
Porto de Moz	-1.75	-52.24	13.08

São Félix do Xingu	-6.63	-51.98	195.98
Tucuruí	-3.76	-49.67	27.83

A Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) utilizada para avaliação dos modelos simplificados foi obtida com o método de Penman-Monteith (PM), parametrizado pelo Boletim FAO 56 (Allen et al. 1998). Como os dados meteorológicos são limitados, foi estimada a radiação solar global pelo modelo de Bristow & Campbell (1984), com coeficientes regionalizados por Tanaka (2013). Nesse contexto, foram avaliados 8 modelos de estimativa da ET<sub>o</sub>, sendo eles, Modelo 1: Hargreaves (Hargreaves e Allen, 2003) (HG), Modelo 2: Benevides e Lopez (1970) (BL), Modelo 3: Jensen e Haise (1963) (JH), Modelo 4: Tanner e Pelton (1960) (TP), Modelo 5: Turc (1961) (TC), Modelo 6: Jobson (Bowie et al. 1985) (JB), Modelo 7: Makkink (1957) (MK), Modelo 8: Linacre (1977) (LIN).

A comparação entre os modelos de estimativa de ET<sub>o</sub> e o modelo FAO-56 (PM) foi realizada em escala temporal diária e semanal, usando as seguintes medidas estatísticas: o Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE), a Raiz do Erro Quadrático Médio Normalizado (RSME<sub>n</sub>), o Erro Absoluto Médio (MAE) e o índice de concordância de Willmott (d) (1985). O MAPE (%) avaliou a acurácia dos modelos de estimativa em relação ao modelo de PM, representando no quanto a estimativa esteve próxima do valor observado. Foi calculado utilizando a Equação (1) e as escalas de acordo com Aparecido et al. (2020).

(Eq. 1)



Em que: ET<sub>Pesti</sub> é a Evapotranspiração Potencial estimada; ET<sub>Pobsi</sub> é a Evapotranspiração Potencial observada; N é o número de dados e MAPE é dado em %

O RMSE e MAE são estatísticas de erros que permitem representar as diferenças médias entre os valores estimados e os valores observados (de Oliveira et al. 2015). O RMSE (Equação 2) fornece informação em relação à dispersão dos dados, permitindo avaliar como foi o espalhamento ou ajustamento das estimativas dos modelos alternativos em relação ao modelo de PM. Sempre tem valor positivo e quanto menor, melhor a qualidade dos valores estimados (Santos et al. 2014). Para processar o RSME<sub>n</sub> foi utilizada a Equação (3) (Han; Shao; Horton, 2010).

(Eq. 2)

⇒ Eq. (9)

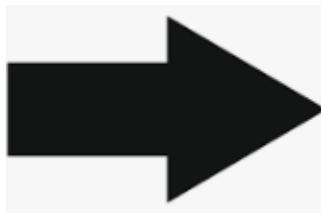
(Eq. 3)

⇒ Eq. (10)

Em que: ET<sub>oest</sub>: evapotranspiração de referência estimada; ET<sub>oPM</sub>: evapotranspiração de referência por Penman e Monteith; N: quantidade de dados; ET<sub>oPM</sub>: Média da evapotranspiração de referência por Penman e Monteith; RSME<sub>n</sub> em %.

Para o cálculo do MAE foi utilizada a Equação (4)

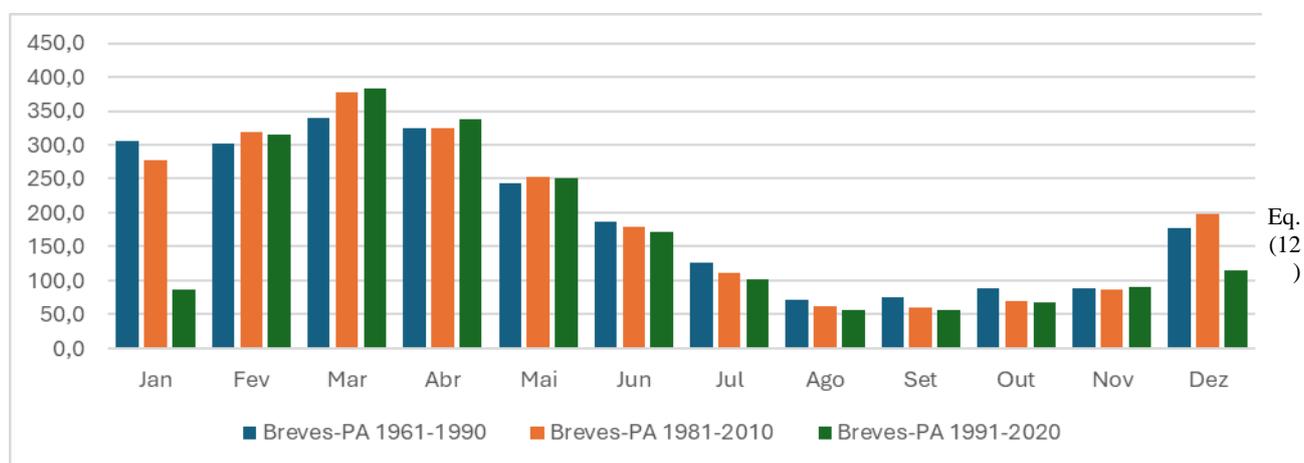
(Eq. 4)



Eq. (11)

O índice de concordância de Willmott (d) (Equação 5) é dado por uma aproximação matemática que avalia a exatidão. O valor de d reflete o afastamento dos valores estimados em relação aos valores observados, variando de zero (nenhuma concordância) até a unidade (concordância perfeita) (de Oliveira et al. 2015; Han; Shao; Horton, 2010). Mediante o d foi avaliada a exatidão dos modelos de estimativa em relação ao modelo de PM.

(Eq. 5)



As análises estatísticas, bem como a limpeza dos dados meteorológicos foram feitas através do programa estatístico r.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ETo em escala diária

A Fig. 1 mostra o desempenho geral (para todas as cidades) dos modelos alternativos de evapotranspiração de referência (ETo) em escala diária ( $\text{mm.dia}^{-1}$ ), e observou-se que alguns apresentaram menor desempenho quando levou-se em consideração o índice de concordância (d) entre os valores do modelo observado (Penman e Monteith - PM) e os valores estimados (modelos alternativos), sendo eles Jensen e Haise (JH), Hargreaves (HG), Jobson (JB) e Linacre (LIN) com valores de concordância de 0,26; 0,31; 0,51 e 0,51 respectivamente. Além do mais, os modelos anteriormente citados, também, apresentaram maior erro percentual (RSMEn), sendo Jensen e Haise (JH: 145%), Hargreaves (HG: 95,8%), Linacre (LIN: 37,8%) e Jobson (JB: 37,2%) (Figura 1).

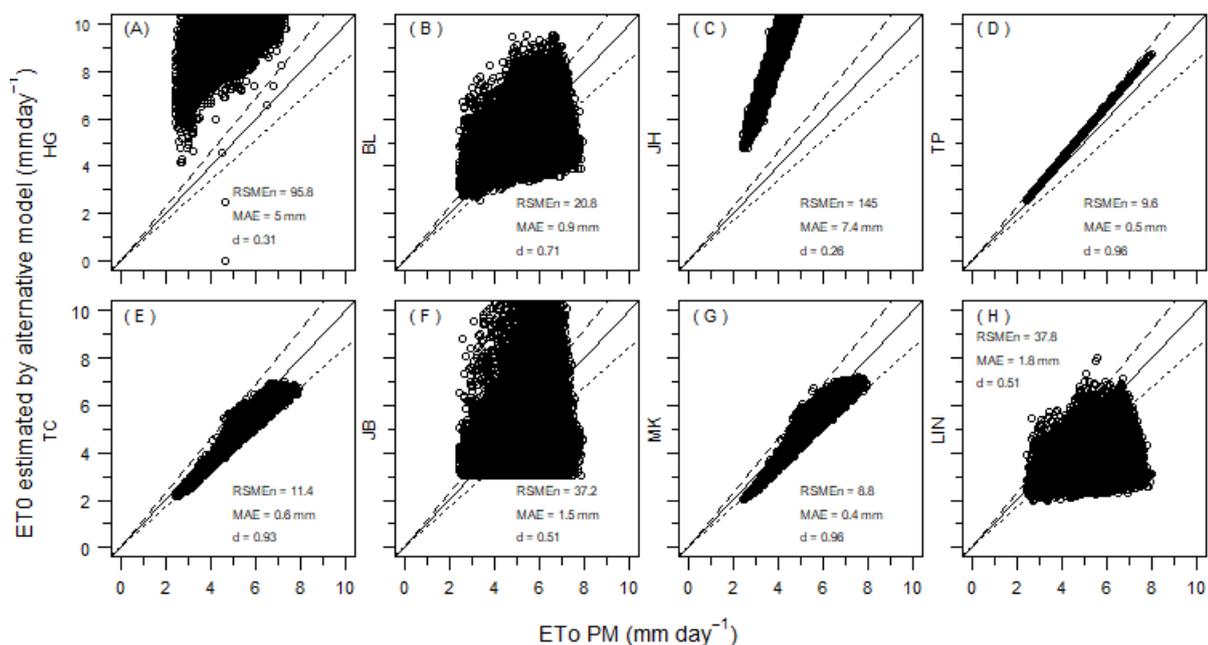


Fig. 1 Análise gráfica e desempenho estatístico entre os dados diários de evapotranspiração de referência ETo (em  $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) dos modelos (A) Hargreaves, (B) Benevides-Lopez, (C) Jensen-Haise, (D) Tanner-Pelton, (E) Turc, (F) Jobson, (G) Makkink e (H) Linacre, em relação Penman e Monteith (PM), através do Erro Quadrático Médio Normalizado (RSMEn), Erro Absoluto Médio (MAE, na unidade  $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e índice de Concordância de Willmott (1981).

Para elucidar o quanto em  $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$  corresponde os erros acima, observamos que os valores de erro absoluto médio (MAE) foram Jensen e Haise (JH:  $7,4 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ), Hargreaves (HG:  $5 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ), Linacre (LIN:  $1,8 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e Jobson (JB:  $1,5 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ). Diante disso, esses modelos não são recomendados para estimativa da ETo para o Estado do Pará. O método de HG, também, superestimou os valores de ETo quando comparado ao método de PM em ( $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) no trabalho de Alencar et al. (2011). Resultados semelhantes foram encontrados na pesquisa de Tanaka et al. (2016), nos quais obtiveram superestimação pelo método de HG de  $2,89 \text{ mm}$  por dia.

Diante dos resultados acima Fig. 1, percebe-se que os melhores modelos alternativos de ETo para o Estado do Pará em escala diária foram Tanner e Pelton (TP (d : 0,96), (RSMEn : 9,6 %), (MAE :  $0,5 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ )), Makkink (MK (d : 0,96), (RSMEn : 8,8 %), (MAE :  $0,4 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ )), Turc (TC (d : 0,93), (RSMEn : 11,4 %), (MAE :  $0,6 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ )), Benevides e Lopez (BL (d : 0,71), (RSMEn : 20,8 %), (MAE :  $0,9 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ )).

É importante ressaltar que os quatro modelos acima têm em suas equações variáveis de temperatura, quando não sozinha, está acompanhada da umidade relativa do ar, da radiação solar global ou do saldo de radiação, isso quer dizer que modelos com base na temperatura são notadamente significativos bem como aqueles que utilizam dessa variável com outras que são habitualmente aferidas na maioria das estações meteorológicas (Ferreira et al. 2019).

A Tabela 2, traz uma visão mais detalhada (para cada cidade) do desempenho estatístico dos métodos alternativos de evapotranspiração de referência (ETo) (em escala diária) em relação ao método de Penman-Monteith (PM) considerando a acurácia (erro absoluto percentual médio, MAPE (%)),

verificou-se que os modelos de Hargreaves (HG) e Jensen e Haise (JH) possuem elevados valores máximos e mínimos respectivamente de HG: 118,8% e 83,12 e JH: 142,69% e 126,41%.

Tabela 2. Desempenho estatístico dos métodos de ETP na escala diária em relação ao Método Penman-Monteith (PM), considerando a acurácia (Erro absoluto percentual médio, MAPE (%)). (BL) Benevides-Lopez, (HG) Hargreaves, (JB) Jobson, (JH) Jensen-Haise, (LIN) Linacre, (MK) Makkink, (TC) Turc e (TP) Tanner-Pelton.

Cidades	Acurácia dos modelos (MAPE %) dos Modelos alternativos de estimativa da ETo em Escala Diária							
	HG	BL	JH	TP	TC	JB	MK	LIN
Monte Alegre	83,12	17,30	140,65	9,18	9,15	40,78	5,91	25,70
Porto de Moz	94,00	16,59	133,46	9,13	12,25	31,08	9,73	32,51
Belém	95,11	15,97	131,70	9,18	12,01	23,85	9,22	36,91
Altamira	105,01	14,41	137,81	9,16	10,71	22,20	8,80	29,76
Tucuruí	106,65	17,89	137,48	9,11	11,18	23,32	9,58	30,43
Itaituba	104,36	16,72	134,96	9,13	12,33	31,76	10,92	35,35
Marabá	107,65	17,78	142,69	9,09	9,21	18,92	7,66	23,67
São Félix do Xingu	118,80	16,65	126,41	8,92	11,57	21,73	10,05	31,85
Conceição do Araguaia	113,26	19,56	138,83	9,12	10,23	24,76	9,17	31,88
Max	118,8	19,56	142,69	9,18	12,33	40,78	10,92	36,91
Mín	83,12	14,41	126,41	8,92	9,15	18,92	5,91	23,67
Média	103,11	16,99	136,00	9,11	10,96	26,49	9,00	30,90

Cor cinza escuro (valores de MAPE > 60 %), cinza médio (valores de MAPE >20% e <60%), cor cinza claro (valores de MAPE <20%).

Ainda analisando a (Tabela 2) o modelo de Linacre (LIN) e de Jobson (JB) demonstraram MAPE (%) intermediário com máximos e mínimos respectivamente de LIN: 36,91% e 23,7% e JB de 40,78% e 18,92%. É importante ressaltar que o modelo de JB se sobressaiu para a cidade de Marabá, ficando está com o menor erro absoluto, em relação às demais cidades.

Diante disso, entre os 8 modelos alternativos testados apenas 4 foram muito bons para todas as cidades, sendo eles com seus respectivos valores de máximo e mínimo: Benevides e Lopez com 19,46% e 14,41%; Makkink com 10,92% e 5,90%; Turc com 12,33% e 9,15%; Tanner e Pelton com 9,18% e 8,92%. para o resultado de Makkink, resultados semelhantes foram encontrados por.

Essa variação do desempenho dos modelos entre as cidades pode ter ocorrido por que segundo Souza et al. (2011) a estimativa da ETo para um mesmo modelo varia entre regiões úmidas, semi úmidas ou áridas, pois a sazonalidade da ETo é influenciada pela variação da quantidade de vapor d'água na atmosfera local, que, por sua vez, está relacionada à nebulosidade e sofre influência direta do balanço de radiação entre ondas curtas e longas, com reflexos sobre o balanço (Carvalho et al., 2015).

### ETo em Escala Semanal

Com base na (Figura 2) fica evidenciado o desempenho geral (para todas as localidades) dos modelos alternativos de evapotranspiração de referência (ETo) em escala semanal ( $\text{mm.sem}^{-1}$ ), nota-se que alguns modelos obtiveram menor desempenho considerando índice de concordância (d) entre os valores do modelo observado (Penman-Monteith - PM) e os valores estimados (modelos alternativos), sendo eles Jensen e Haise (JH) e Hargreaves (HG), com valores de concordância de 0,55 e 0,68, na devida ordem. Além disso, os modelos citados acima, ainda, apresentaram maior erro percentual

(RSMEn), sendo Jensen e Haise (JH: 160,8%) e Hargreaves (HG: 106,7%) Fig. 2. Entretanto, conforme às inferências de Da Silva Moraes et al. (2018), de todos os parâmetros avaliados em sua pesquisa, o método de JH apresentou o melhor desempenho para a estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Aquidauana, em Mato Grosso do Sul.

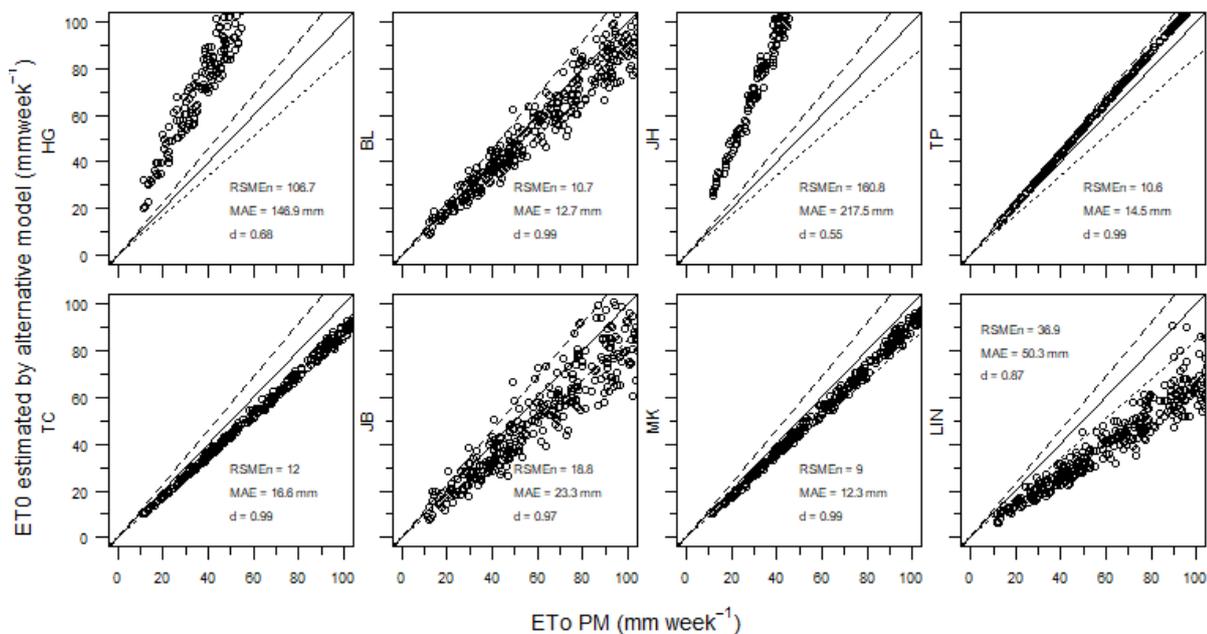


Fig. 2 Análise gráfica e desempenho estatístico entre os dados diários de evapotranspiração de referência  $ET_0$  ( $\text{mm.sem}^{-1}$ ) dos modelos (A) Hargreaves, (B) Benevides-Lopez, (C) Jensen-Haise, (D) Tanner-Pelton, (E) Turc, (F) Jobson, (G) Makkink e (H) Linacre, em relação Penman e Monteith (PM), através do Erro Quadrático Médio Normalizado (RSMEn), Erro Absoluto Médio (SEA, na unidade  $\text{mm.sem}^{-1}$ ) e índice de Concordância de Willmott (1981).

A nível de informação, os valores de erro absoluto médio (MAE) foram Jensen e Haise (JH:  $217,5 \text{ mm.sem}^{-1}$ ) e Hargreaves (HG:  $146,7 \text{ mm.sem}^{-1}$ ). Nesse sentido, os modelos supracitados, não são recomendados para estimativa da  $ET_0$  para o Estado do Pará. Os valores estão de acordo com o trabalho de Alencar et al. (2011), onde os resultados apontaram superestimação pelo método de Hargreaves-Samani para três localidades no Norte de Minas Gerais, apresentando maiores valores de erro absoluto médio e raiz do erro quadrático médio. Ferreira et al. (2019) em pesquisa para estimar a evapotranspiração de referência no Brasil com limitação dados meteorológicos, informam em seus resultados que as maiores subestimação de  $ET_0$  foram observadas no nordeste brasileiro, este comportamento é possivelmente explicado pelo baixo relativo umidade, alta duração do sol e alta velocidade do vento típica da região.

Em estudo envolvendo avaliar a estimativa da  $ET_0$ , para a região Sudeste do Brasil, a partir de dados meteorológicos limitados, de Carvalho et al. (2015) constaram que o método Hargreaves-Samani superestimou a  $ET_0$ , na maioria das estações meteorológicas, e, dessa forma, não foi adequado às condições da região estudada, possivelmente pela circunstância do modelo ter sido elaborado em ambiente de clima árido.

Ainda em referência a Fig. 2, identifica-se que os modelos alternativos com valores superiores de  $ET_0$  para o Estado do Pará foram Tanner e Pelton (TP ( $d:0,99$ ), (RSMEn :  $10,6\%$ ), (MAE :  $14,5 \text{ mm.sem}^{-1}$ )), Makkink (MK ( $d:0,99$ ), (RSMEn:  $9\%$ ), (MAE :  $12,3 \text{ mm.sem}^{-1}$ )), Turc (TC ( $d : 0,99$ ),

(RSMEn : 12%), (MAE : 16,6 mm.sem<sup>-1</sup>), Benevides Lopez (BL (d : 0,99), (RSMEn : 10,7 %), (MAE : 12,7 mm.sem<sup>-1</sup>).

A Tabela 3, especifica para cada localidade, o desempenho estatístico dos métodos alternativos de evapotranspiração de referência - ETo (escala semanal) em relação ao método de Penman-Monteith (PM) considerando a acurácia (erro absoluto percentual médio, MAPE (%)), verificou-se que os modelos de Jensen e Haise (JH) Hargreaves (HG) dispõem de elevados MAPE (%) com valores máximos e mínimos de JH: 142,87% e 126,44% e HG: 119,3% e 80,2%, respectivamente.

Tabela 3. Desempenho estatístico dos métodos de ETP na escala semanal em relação ao Método Penman-Monteith (PM), considerando a acurácia (Erro absoluto percentual médio, MAPE (%)). (BL) Benevides-Lopez, (HG) Hargreaves, (JB) Jobson, (JH) Jensen-Haise, (LIN) Linacre, (MK) Makkink, (TC) Turc e (TP) Tanner-Pelton.

Cidades	Acurácia dos modelos (MAPE %) Alternativos de Estimativa da ETo em Escala Semanal							
	HG	BL	JH	TP	TC	JB	MK	LIN
Monte Alegre	80,20	14,09	141,05	9,25	9,17	36,18	5,35	25,45
Porto de Moz	91,36	13,33	133,88	9,19	12,38	31,96	9,59	33,52
Belém	92,44	14,36	132,07	9,25	12,14	24,01	9,10	38,28
Altamira	102,21	10,78	138,21	9,23	10,92	20,71	8,72	30,79
Tucuruí	104,33	13,84	137,48	9,18	11,45	22,60	9,54	31,90
Itaituba	100,80	13,35	135,31	9,23	12,62	33,43	10,82	37,47
Marabá	104,76	12,96	142,87	9,18	9,38	16,00	7,29	24,10
São Félix do Xingu	119,30	13,92	126,44	9,00	11,75	21,37	9,97	33,28
Conceição do Araguaia	109,57	16,33	138,87	9,25	10,39	20,99	8,80	34,04
Max	119,3	16,33	142,87	9,25	12,62	36,18	10,82	38,28
Mín	80,2	10,78	126,44	9	9,17	16	5,35	24,1
Média	100,55	13,66	136,24	9,20	11,13	25,25	8,80	32,09

Cor cinza escuro (valores de MAPE > 60 %), cinza médio (valores de MAPE >20% e <60%), cor cinza claro (valores de MAPE<20%).

Ainda observando a Tabela 3, o modelo de Linacre (LIN) e de Jobson (JB) denotaram MAPE (%) intermediário com valores máximos e mínimos de LIN: 38,28% e 24,1% e JB de 36,18% e 16%, respectivamente. É primordial salientar que considerando o modelo de JB para todas as localidades, foi constatado um índice favorável para a cidade de Marabá, tendo como consequência a verificação de um menor erro absoluto.

Perante o exposto, em consideração aos 8 modelos alternativos testados apenas 4 foram satisfatórios para todas as localidades, sendo os valores respectivos de máximo e mínimo para BL (16,33% e 10,78%); MK (10,82% e 5,35%); TC (12,62% e 9,17%) e TP (9,25% e 9%), citando o estudo de Gharbia et al. (2018), o valor de MAPE considerando o método de HG foi superior ao obtido nesse estudo, sendo 24,8%.

Dos Santos et al. (2020) relatam que as estimativas de ETo pelo método PM-FAO, proporcionaram uma análise da dinâmica da ETo na Mesorregião do Baixo São Francisco, que foram significativas para a identificação de padrões ocorridos na região.

## CONCLUSÃO

De maneira geral, os melhores modelos alternativos de evapotranspiração de referência para o Estado do Pará foram Benevides - Lopez (BL), Tanner - Pelton (TP), Turc (TC) e Makkink (MK) pois apresentaram maiores exatidões e acurácias para as cidades analisadas. Em uma visão mais detalhada, verificou-se que para a estimativa de evapotranspiração diária os modelos alternativos que tiveram maior acurácia (MAP, %) e exatidão (d) foram TP, MK, TC e BL, sendo que este último demonstrou menor exatidão entre esses quatro modelos. Por outro lado, em escala semanal, o modelo de BL teve sua exatidão elevada (d: 0,99) e alta acurácia se equiparando aos modelos alternativos de TP, MK e TC. Diante disso, também foi verificado que os modelos Hargreaves (HG), Jensen - Haise (JH), Linacre (LIN) e Jobson (JB) tiveram os piores desempenhos e não apresentaram exatidão e acurácia suficientes para utilização prática na obtenção da evapotranspiração de referência para o Estado do Pará.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, L. P. DE et al. Comparação de diferentes métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 337-343, 2011.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998. ALMOROX, J.; QUEJ, V.H.; MARTÍ, P. Global performance ranking of temperature-based approaches for evapotranspiration estimation considering Köppen climate classes. **Journal of Hydrology**, v. 528, p. 514-522, 2015
- ALTHOFF, D. et al. ETo-Brazil: A Daily Gridded Reference Evapotranspiration Data Set for Brazil (2000-2018). **Water Resources Research**, v. 56, n. 7, p. 0-2, 2020.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, R. G. et al. Mapeamento espaço-temporal da evapotranspiração na bacia do rio Paracatu utilizando imagens MODIS e o algoritmo SAFER. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1729-1739, 2020.
- APARECIDO, L. E. de O et al. Accuracy of Potential Evapotranspiration Models in Different Time Scales. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. 1, 63-80, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786351026>
- BENEVIDES, J.G.; LOPEZ, D. Formula para el caculo de la evapotranspiracion potencial adaptada al tropico (15° N-15° S). **Agronomia Tropical, Maracay**, v. 20, n. 5, p. 335-345, 1970.
- BOWIE, G.L.; MILLS, W.B.; PORCELLA, D.B.; CAMPBELL, C.L.; PAGENKOPF, J.R.; RUPP G.L.; JOHNSON, K.M.; CHAN, P.W.H.; GHERINI, S.A.; CHAMBERLIN, C.E. **Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling**. EPA, v. 600, p. 3-85, 1985.
- BRISTOW, K.L.; CAMPBELL, G.S. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.31, p.159-166, 1984. DOI: 10.1016/0168-1923(84)90017-0.
- CAMARGO, A. P. DE; SENTELHAS, P. C. **Performance evaluation of different potential evapotranspiration estimating methods in the State of São Paulo, Brazil** *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 1997.

CAMARGO, A. P. DE; SENTELHAS, P. C. **Performance evaluation of different potential evapotranspiration estimating methods in the State of São Paulo, Brazil** *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 1997.

DA SILVA MORAES, T. et al. Comparative performance of empirical methods to estimate the reference evapotranspiration in Aquidauana, MS, Brazil. **Científica**, v. 46, n. 2, p. 143-150, 2018.

DE CARVALHO, D. F. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 1-11, 2015.

DE OLIVEIRA, J. P. B. et al. Espacialização da erosividade das chuvas no Brasil a partir de séries sintéticas de precipitação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, p. 558-563, 2015.

DOS SANTOS, T. V. et al. Estimation of evapotranspiration in the mesoregion of the lower são francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. Special Issue, p. 981-993, 2020.

FERREIRA, L. B. et al. Estimation of reference evapotranspiration in Brazil with limited meteorological data using ANN and SVM - A new approach. **Journal of Hydrology**, v. 572, n. March, p. 556-570, 2019.

GHARBIA, S. S. et al. Spatially distributed potential evapotranspiration modeling and climate projections. **Science of the Total Environment**, v. 633, p. 571-592, 2018.

HAN, X. W.; SHAO, M. A.; HORTON, R. Estimating van Genuchten Model Parameters of Undisturbed Soils Using an Integral Method. **Pedosphere**, v. 20, n. 1, p. 55-62, 2010.

HARGREAVES, G.H.; ALLEN, R.G. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 129, n. 1, p. 53-63, 2003.

JENSEN, M.E.; HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division-ASCE**, v. 4, n. 1, p. 15-41, 1963

LIMA, E. DE P. et al. Temporal-spatial Control of the difference between Precipitation and Evapotranspiration in Paracatu Sub-basins. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n. 6, p. 617-622, 2019.

LINACRE, E. T. A. Simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. *Agricultural Meteorology*, v. 18, n.1, p. 409-424, 1977

LINKE, S. et al. Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution. **Scientific Data**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2019.

MAKKINK, G. F. Testing the Penman formula by means of lysimeters. **Journal of the Institution of Water Engineers**, v. 11, p. 277-288, 1957.

MENEZES, F. P.; FERNANDES, L. L.; DA ROCHA, E. J. P. O uso da estatística para regionalização da precipitação no Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, 2015.

MOKHTARI, A.; NOORY, H.; VAZIFEDOUST, M.; BAHRAMI, M. Estimating net irrigation requirement of winter wheat using model-and satellite-based single and basal crop coefficients. **Agricultural water management**, v. 208, p. 95-106, 2018.

- SANTOS, C. M. et al. Modelagem da Irradiação Solar Global Média Horária Mensal (Hgh) para Quatro Localidades de Alagoas/Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 79-88, 26 jun. 2014.
- SANTOS, D.P.; SANTOS, C.S.; SILVA, L.M.; SANTOS, M.A.L.; SANTOS, C.G. Performance of methods for estimation of table beet water requirement in Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 189-193, 2018.
- SOUZA, A.P. de; CARVALHO, D.F. de; SILVA, L.B.D. da; ALMEIDA, F.T. de; ROCHA, H.S. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.219-228, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000100001.
- TANAKA, A. et al. Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. *Pesq. agropec. bras.* Brasília, v.51, n.2, p.91-104, fev. 2016 DOI: 10.1590/S0100-204X2016000200001.
- TANNER, C.O.; PELTON, W.L. Potential evapotranspiration estimates by the approximate energy balance method of Penman. **Journal of geophysical research**, v. 65, n. 10, p. 3391-3413, 1960.
- TANNER, C.O.; PELTON, W.L. Potential evapotranspiration estimates by the approximate energy balance method of Penman. **Journal of geophysical research**, v. 65, n. 10, p. 3391-3413, 1960.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.
- TURC, L. Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date. *Ann. Agron*, v. 12, n. 1, p. 13-49, 1961.
- VALIANTZAS, J. D. Temperature-and humidity-based simplified Penman's ET<sub>0</sub> formulae. Comparisons with temperature- based Hargreaves-Samani and other methodologies. **Agricultural water management**, v. 208, p. 326-334, 2018.
- WILLMOTT, C.J. Some comments on evaluation of model performance, *Bulletin of American Meteorological Society*, v.63, p.1309- 1313, 1982.

## Dinâmica das trocas gasosas em cultivo de coqueiro-anão-verde em sistema irrigado e não irrigado

**Mateus Diógenes Pantoja Aguiar**<sup>1</sup>; **Maryelle Kleyce Machado Nery**<sup>1</sup>; **Breno Rodrigues de Miranda**<sup>1</sup>; **Joshuan Bessa da Conceição**<sup>1</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Poente de Souza**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Trancredo Neves, nº2501;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal Rural Amazônia. Av. Trancredo Neves, nº2501

### RESUMO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma cultura que desempenha importante papel econômico, devido à versatilidade do uso de seus produtos e subprodutos, sendo o Brasil o quarto maior produtor mundial. As regiões em que o cultivo se concentra no Norte do Brasil são caracterizadas por um período de chuvas intensas e outro com chuvas com menor intensidade e frequência, impactando disponibilidade hídrica, trocas gasosas e atividade fotossintética. Assim, este estudo objetivou avaliar a variabilidade sazonal das respostas fisiológicas do coqueiro-anão-verde em condição irrigada e não irrigada no Nordeste Paraense. Os dados foram obtidos na fazenda Reunidas Sococo, localizada no município de Santa Izabel do Pará, em plantio comercial de coqueiro, durante o ano de 2023. Na área experimental foram selecionadas aleatoriamente 5 plantas de coqueiro e com o auxílio do analisador de gás no infravermelho (IRGA) foi realizada medições das trocas gasosas (fotossíntese, transpiração e condutância estomática). De acordo com os resultados, observou-se que a irrigação favoreceu a fotossíntese, condutância estomática e transpiração no intervalo de tempo entre 13:00 e 16:00 horas, com um valor médio de 7,62 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, 0,11 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e 1,84 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente. Comparado com o cultivo não irrigado, houve um aumento respectivo de 23%, 50% e 51%, proporcionando melhor desempenho fisiológico durante o período menos chuvoso. Análises de correlação entre variáveis meteorológicas revelaram interações complexas, destacando a importância de fatores como a temperatura do ar e a umidade relativa na regulação estomática e na eficiência das trocas gasosas. Conclui-se que a oferta hídrica no período chuvoso contribui nas condições fisiológicas do coqueiro e que a irrigação é uma prática essencial para manter a produtividade no período menos chuvoso.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Cocos nucifera* L.; Sazonalidade; Respostas fisiológicas;;

### AGRADECIMENTOS

A Sococo Agroindústrias da Amazônia S/A, pelo financiamento da pesquisa, pela concessão da área experimental e pela logística. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAm e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

## **Sistema hidropônico para o cultivo de coentro (*Coriandrum sativum L.*) utilizando água oriunda da piscicultura, em Parauapebas, Pará**

**Rafael Ferreira da Costa <sup>1</sup>; Leonardo Vaz Pereira <sup>1</sup>; Giovanni de Angeli Santos Isidoro Pulegio <sup>2</sup>; Mateus Mesquita dos Santos <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas. Rodovia PA 257 km 13, 68515-000, Parauapebas, Pará; <sup>2</sup>Discente de Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas. Rodovia PA 257 km 13, 68515-000, Parauapebas, Pará

### **RESUMO**

Hortaliça amplamente utilizada em todas as regiões do país, o coentro (*Coriandrum sativum L.*) vem sendo cultivado, principalmente por agricultores familiares. O cultivo hidropônico, técnica de produção sem uso do solo e, com fornecimento de nutrientes via solução nutritiva, tem sido uma excelente alternativa para o aumento da produtividade de cultivos hortícolas. O reuso da água da piscicultura, como soluções hidropônicas, para fornecimento de nutrientes às hortaliças, pode se apresentar como uma alternativa viável, na redução do consumo hídrico e de fertilizantes minerais. Dessa forma, objetivou-se avaliar o desenvolvimento produtivo de coentro, em resposta à utilização da água residuária (AR) da piscicultura, na formulação de solução nutritiva (SN) em sistema hidropônico. O estudo foi realizado na Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Parauapebas, Pará (6° 04'28" S; 49° 49' 02" O; 233m), nas dependências do projeto Sisteminha/Embrapa/UFRA, durante o último mês do outono de 2023. O delineamento inteiramente casualizado (DIC) foi utilizado no experimento, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram; T1 (100% SN e AR 0%), T2. (66,6% SN e AR 33,3%), T3. (33,3% SN e AR 66,6%) e, T4. (0% SN e AR 100%). O cultivo foi conduzido por 30 dias após a semeadura (DAS), sendo monitoradas diariamente, a temperatura da água (T, °C), o potencial hidrogeniônico (pH) e, a condutividade elétrica (CE, dS.m<sup>-1</sup>) das soluções. Após a colheita (30 DAS), foram avaliadas algumas características das planta de coentro: altura da planta (AP), número de haste por planta (NHPP), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (maço) (MFPA) e massa seca da parte aérea (maço) (MSPA). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey (p<0,05), por meio do programa computacional SISVAR. Os resultados demonstraram que o aumento da concentração de AR na SN reduziu a CE e aumentou o pH da solução. Para as variáveis DC, CR, NHPP e MSPA, a substituição de até 66,6% da SN por AR (T3. AR 66,6%) não afetou o desenvolvimento da cultura. A AP e MFPA apresentaram os melhores resultados com uso de 100% SN (T1. AR 0%), e, a substituição de até 33,3% por AR (T2. AR 33,3%). Conclui-se que, de forma geral, a substituição parcial da SN, em até 66,6% de AR (T3. AR 66,6%) foi eficaz e não prejudicou o desempenho da planta. Esta concentração apresentou-se como uma alternativa viável e econômica para produtores que realizam a integração da agricultura com a piscicultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reúso de água; água residuária; olericultura;;

## Condições climáticas extremas e incêndios no estado de São Paulo, no inverno de 2024 - estudo de caso

**Antoniane Arantes de Oliveira Roque**<sup>5</sup>; **Orivaldo Brunini**<sup>4</sup>; **Gabriel Constantino Blain**<sup>1</sup>; **Romilson Cesar Moraes Yamamura**<sup>5</sup>; **Paulo Cesar Reco**<sup>2</sup>; **Angelica Praela Pantano**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador Científico. Instituto Agronômico - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Avenida Theodureto de Almeida Camargo, 1500, Campinas, SP;<sup>2</sup>Pesquisador Científico. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. São Roque;<sup>3</sup>Engenheiro Agrícola Assistente Técnico de Coordenador. Coordenadoria de Assistência Técnica e - CATI/SAA. Av. Brasil, 2340 Jardim Chapadão, Campinas/SP 13070-178;<sup>4</sup>Diretor. Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola. Avenida Rua Dona Libânia, 2017 ? Centro, CAmpinas, SP ;<sup>5</sup>Técnico de Apoio à Pesquisa Agrícola. Instituto Agronômico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Avenida Theodureto de Almeida Camargo, 1500, Campinas, SP

### RESUMO

O inverno de 2024 no estado de São Paulo, foi marcado pelas altas temperaturas, chegando a 4° C acima das médias históricas assim como umidade relativa do ar extremamente baixa e índice de seca elevado, o que proporcionou um alerta para alta vulnerabilidade e estado máximo de atenção em relação às queimadas. As condições meteorológicas foram obtidas junto ao banco de dados existente na rede meteorológica da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA), coordenada pelo Centro de Informações Agrometeorológicas (Ciiagro), Instituto Agronômico (IAC) e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI). Mais precisamente, no dia 23 de agosto, São Paulo contabilizou um número elevado e incomum de focos de incêndio, ocasionando grandes queimadas com efeitos devastadores ao setor agropecuário, à fauna e flora silvestres, e à população em geral, com plumas de fumaça cobrindo os céus de grande parte do estado. As condições de risco de incêndio foram alertadas desde maio por meio de boletins meteorológicos de órgãos competentes. Algumas regiões do estado contabilizam mais de 140 dias sem registro de chuvas o que se agravou com temperaturas máximas absolutas chegando a 47°C, umidade relativa do ar abaixo de 15% e, com a ocorrência de ventos fortes devido a entrada de frente fria, os focos de incêndio se alastraram com grande velocidade e intensidade. Tais condições hidrometeorológicas induziram a um grave efeito de aumento da vulnerabilidade ambiental, ocasionando sérios incêndios e nuvens de fumaça e partículas suspensas no ar. Foram contabilizados cerca de 3.530 focos de incêndio gerando uma área queimada de aproximadamente 481.290 hectares, impactando diretamente 8.049 propriedades rurais e diversos setores da sociedade. Levando em consideração áreas vegetadas, com matas, florestas e vegetação secundária, a área atingida pelo fogo passou de 65.000 hectares, com formação de pluma de fumaça com área de topo com mais de 17,3 milhões de hectares.

**PALAVRAS-CHAVE:** incêndios; temperaturas; seca; precipitação;

# EVAPORAÇÃO DO SOLO MEDIDA POR MICROLÍSIMETROS EM CULTIVO DE CACAUEIRO (*Theobroma cacao L.*)

Andressa Julia Santos Vasconcelos <sup>1</sup>; Israel Alves de Oliveira <sup>1</sup>; Matheus Lima Rua <sup>2</sup>; Vivian Dielly da Silva Farias <sup>3</sup>; Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Turma Fora de Sede Altamira-PA;<sup>2</sup>Discente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém-PA;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Pará. Rua Coronel José Porfirio S/N Campus II Altamira-PA;<sup>4</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém-PA

## RESUMO

A evaporação do solo constitui um componente do balanço hídrico do solo para quantificar a necessidade de água requerida por uma cultura de interesse em uma determinada região. O objetivo deste trabalho foi medir a evaporação do solo utilizando microlisímetros (ML) em cultivo de cacaueteiro comercial irrigado e não irrigado no município de Vitória do Xingu-PA, no período de setembro/2023 a junho/2024. O clima da área de estudo é classificado por Köppen-Geiger como do tipo Am, temperatura média anual de 27° C e precipitação pluviométrica anual de 2.000 mm. Foram instalados oito microlisímetros, sendo quatro em cada tratamento irrigado e não irrigado dispostos de acordo com a projeção da copa do cacaueteiro. Os ML foram construídos usando tubos de PVC rígido, medindo 100mm de diâmetro, 150mm de comprimento e 2,5mm de espessura da parede proposto por Flumignan, instalados ao nível do solo mantendo às características da área e pesado diariamente às 09:00 h para medição da evaporação pela diferença da variação de massa com auxílio de uma balança de precisão. Para análise estatística dos dados foi aplicado o teste-t de Student ( $p < 0,05$ ) onde o tratamento não irrigado apresentou maior taxa de evaporação medida por ML com 1,27 mm dia<sup>-1</sup>, em comparação ao irrigado 1 mm dia<sup>-1</sup>. O tratamento irrigado apresentou maior diâmetro de copa em relação ao não irrigado, com 9m<sup>2</sup> e 6,5m<sup>2</sup> respectivamente. A exposição do solo à radiação solar no tratamento não irrigado contribuiu para a maior taxa de evaporação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço hídrico; evaporação do solo; cacaueteiro;;

## AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de pesquisa ISPAAAm, a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e Universidade Federal do Pará (UFPA) pelo apoio na execução deste trabalho.

## **CÁLCULO DO ÍNDICE PADRONIZADO DE SECA UTILIZANDO DADOS DO CENTRO DE PREVISÃO CLIMÁTICA AMERICANO**

**Ludmila Bardin Camparotto** <sup>1,3</sup>; **Angélica Praelo Pantano** <sup>2</sup>; **Gabriel Constantino Blain** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pesquisadora Externa/Bolsista. Instituto Agronômico de Campinas (IAC/APTA/SAA). Avenida Theodureto de Almeida Camargo, 1500; <sup>2</sup>Pesquisador. Instituto Agronômico de Campinas (IAC/APTA/SAA). Avenida Theodureto de Almeida Camargo, 1500; <sup>3</sup>Agrometeorologista. Rural Clima. Rua Angelo Trento, 31, Valinhos, SP.

### **RESUMO**

O Índice Padronizado de precipitação (SPI) é mundialmente utilizado para monitorar eventos de seca. Nesse contexto, ressalta-se que a seca agrícola é uma das principais causas de quebra de produtividade e que a escassez de estações meteorológicas com registros meteorológicos de 30 anos limita o uso do SPI em várias regiões do Brasil. Com o objetivo de superar essa dificuldade em regiões cafeeiras, esse estudo comparou valores do SPI estimados com base em dados da estação meteorológica em Mococa, no estado de São Paulo, Brasil, e em dados fornecidos pelo Climate Prediction Center (CPC; <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cpc.globalprecip.html>). A comparação foi baseada em testes de aderência (Anderson-Darling; AD) e normalidade (Shapiro-Wilks; SW), bem como no índice modificado de concordância de Willmott (d). Os resultados indicaram que os dados de precipitação fornecidos pelo CPC podem ser utilizados para calcular o SPI nessa localidade cafeeira em escalas temporais iguais ou superiores à mensal. Nessas escalas, a precisão dos dados do CPC para estimar o SPI foi satisfatória (d ~ 0.8), e os testes AD e SW aceitaram, respectivamente, o ajuste dos dados do CPC à distribuição gamma e a premissa de normalidade das distribuições de frequência do SPI.

**PALAVRAS-CHAVE:** SPI; Café;;;

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Consórcio Pesquisa Café.

# DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS E AVALIAÇÃO DAS CONDICIONANTES CLIMÁTICAS EM ESTADOS DAS REGIÕES CENTRO-OESTE E SUDESTE DO BRASIL

**João Paulo da Silva**<sup>1</sup>; **Luciana Alvim Santos Romani**<sup>2</sup>; **Jurandir Zullo Junior**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutorando. Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas. Av. Candido Rondon 501, Campinas, SP, 13083-875;<sup>2</sup>Pesquisadora. Embrapa Agricultura Digital. Av. Dr. André Tosello 209, Campinas, SP, 13083-886;<sup>3</sup>Pesquisador. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura - Universidade Estadual de Campinas. Av. Dr. André Tosello 209, Campinas, SP, 13083-886

## RESUMO

Definir estratégias para aumento da eficiência produtiva na pecuária passa por conhecer a dinâmica do fenômeno da degradação das pastagens, um dos principais limitadores da atividade cujos efeitos culminam na redução da produção esperada. O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação das pastagens pela penalização do potencial produtivo estimado a partir de modelos de acúmulo de biomassa. Utilizamos séries meteorológicas para estimar a produtividade potencial e, em conjunto com dados de índice de vegetação, a produtividade observada. Em seguida, esses dados também foram utilizados na modelagem do balanço hídrico, posteriormente relacionado com a produtividade observada por satélite em regiões classificadas segundo seu padrão de ocupação e lotação de pastagens. Em áreas espacialmente mais abrangentes, estimar a produtividade potencial com base apenas na temperatura mínima pode ser uma abordagem imprecisa por não conseguir captar toda a variabilidade dos demais fatores de influência, resultando em baixa correlação entre as produtividades potencial e observada ( $r \leq 50\%$ ). Nesses casos, precipitação e parâmetros do balanço hídrico suplantaram tal deficiência e apresentaram maior correlação com a produtividade observada. Nas regiões de maior correlação entre os modelos ( $r \geq 50\%$ ), a produção anual ficou entre 6ton/ha e 7ton/ha, com penalização mediana em relação à produtividade potencial entre ~30% e ~60%. As regiões com maior antagonismo entre produtividade e condições climáticas tiveram entre 300mm e 500mm de deficiência hídrica acumulada. Cerca de 26% do rebanho bovino nacional se encontra em áreas de maior risco para a atividade pecuária em função da deficiência hídrica acumulada (entre 350mm e 500mm anualmente), que por sua vez poderá ser agravada pela intensificação das mudanças climáticas aumentando o risco de degradação. Modelos do potencial produtivo de pastagens em áreas extensas serão mais precisos se outras condicionantes forem consideradas na sua elaboração.

**PALAVRAS-CHAVE:** gramíneas; penalização da produtividade; sensoriamento remoto; modelagem; pecuária

## AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro.

# **ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCOS CLIMÁTICOS NA REGIÃO DO CORREDOR SECO DA AMÉRICA CENTRAL: UMA PROPOSTA DE DISSEMINAÇÃO TECNOLÓGICA**

**João Paulo da Silva<sup>1</sup>; Eduardo Delgado Assad<sup>2</sup>; Jurandir Zullo Junior<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Av. André Tosello, nº 209. Cidade Universitária, Barão Geraldo, Campinas, CEP 13083-886;<sup>2</sup>Pesquisador Associado. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Av. André Tosello, nº 209. Cidade Universitária, Barão Geraldo, Campinas, CEP 13083-886;<sup>3</sup>Pesquisador. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Av. André Tosello, nº 209. Cidade Universitária, Barão Geraldo, Campinas, CEP 13083-886

## **RESUMO**

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos promoveu avanços nas políticas de financiamento agrícola e seguro rural, no Brasil, por órgãos de estado e melhorias no planejamento das atividades por parte dos agricultores. No contexto das mudanças climáticas, essa tecnologia pode promover melhor aproveitamento dos recursos e redução de perdas em outras regiões da Terra, especialmente naquelas econômica e socialmente mais vulneráveis. O objetivo desse trabalho foi adaptar o zoneamento agrícola de riscos climáticos para as condições de países pertencentes à região do Corredor Seco da América Central e implementar uma ferramenta para automatizar sua aplicação e facilitar o uso distribuído pela FAO/ONU. Séries temporais de dados meteorológicos extraídos de estações físicas, distribuídas pelo território dos países pertencentes ao Corredor Seco da América Central fornecidas pela FAO/ONU, e da base Power-Nasa foram organizadas para quantificação das médias em escalas de 5 e 10 dias, para quantificação janela de otimização do plantio com base na sua distribuição de frequência. Os Kc's adotados neste trabalho são representativos das culturas do arroz, milho, feijão e sorgo e foram extraídos dos boletins da FAO. A fronteira de decisão sobre a favorabilidade do período de plantio, diferentemente do modelo brasileiro, considera as três fases de desenvolvimento da cultura. A ferramenta desenvolvida para automatização do modelo de zoneamento agrícola permite a personalização da base de dados meteorológicos utilizada e da parametrização do Kc, que pode ser determinado por literatura científica ou avaliações de campo. Essa ferramenta pode auxiliar o aprimoramento de políticas de seguro e financiamento agrícola e direcionar as etapas de planejamento e plantio, reduzindo perdas, na região do Corredor Seco da América Central. Por permitir a personalização dos dados de entrada, pode ser adaptada para analisar cenários de alteração climática ou inserção de novas culturas nas regiões estudadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** agrometeorologia; modelagem; seguro agrícola; segurança alimentar;

## **AGRADECIMENTOS**

À FAO Mesoamérica, pelo financiamento do projeto.

## **Zoneamento agroclimático para o cultivo de mandioca para o estado de Alagoas**

**Luan Santos de Oliveira Silva**<sup>1</sup>; **Rosiberto Salustiano da Silva Junior**<sup>3</sup>; **Luana do Nascimento Vasconcelos**<sup>2</sup>; **Ewerton de Souza Muniz**<sup>2</sup>; **Brisa Soriano de Andrade**<sup>2</sup>; **Ricardo Ferreira Carlos de Amorim**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando. Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões, UFAL;<sup>2</sup>Bolsista. Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões, UFAL;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões, UFAL

### **RESUMO**

A agricultura é a atividade econômica mais sujeita às condições climáticas. Devido à relevância do clima para a agricultura, o uso de dados agroclimáticos é essencial para que a atividade seja sustentável e economicamente viável. Além da variação de solo, as condições locais, como hídricas, devem ser avaliadas, pois influenciam diretamente o aumento da produtividade. A mandioca é geralmente cultivada por pequenos produtores como uma cultura de subsistência. Chuvas excessivas podem causar apodrecimento das raízes e aumento de doenças e pragas, levando a perdas significativas na produtividade. O método do zoneamento agroclimático combina os principais efeitos fisiológicos provocados pelas condições hídricas e térmicas sobre o desenvolvimento da mandioca, relacionando-as dentro de 5 cenários (totalmente adequado, adequado, regular, restrito e inadequado). As variáveis meteorológicas de temperatura média do ar e precipitação, com resolução espacial de 1° de latitude-longitude, foram coletados diariamente a partir do banco de dados *DailyGridded* (Xavier et al. 2016) para o estado de Alagoas, no período de 2001 a 2020. As características de precipitação e temperatura em toda a região favoreceram o plantio, com acumulados anuais superiores a 600 mm e temperatura na faixa de 23 a 27 °C. Os resultados apontam a mesorregião do agreste como totalmente adequada que, por sua vez, corroboram com os municípios de maior produção na região em estudo. Recomenda-se a expansão do cultivo em áreas de escassez hídrica combinando práticas de manejo voltadas para o controle da água com o uso de sistemas de irrigação, garantindo a distribuição adequada de água nas fases de desenvolvimento. Além disso, investimentos em práticas que melhorem a eficiência dos sistemas de sequeiro, promovendo a infiltração e otimização do uso da água, também devem ser incentivados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Potencial agrícola; agricultura de subsistência; condições hídricas;;

### **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado apoio da FAPEAL - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas e CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

# CAFÉ ARÁBICA NAS MATAS DE MINAS, UMA ABORDAGEM SOBRE OS EFEITOS DO (ENOS) NA PRODUTIVIDADE

**Vanda Maria Sales de Andrade**<sup>1</sup>; **Fábio Daniel Tancredi**<sup>2</sup>; **Williams Pinto Marques Ferreira**<sup>3</sup>; **Valéria Pereira Braz Homci**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG/Sudeste. Vila Gianetti, casa 46 e 47 - Santo Antonio, Viçosa - MG, 36571-000;<sup>2</sup>Pesquisador . Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG/Sudeste. Vila Gianetti, casa 46 e 47 - Santo Antonio, Viçosa - MG, 36571-000;<sup>3</sup>Pesquisador . Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/Café. Vila Gianetti, casa 46 e 47 - Santo Antonio, Viçosa - MG, 36571-000;<sup>4</sup>Pesquisadora/Colaboradora. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA. Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA

## RESUMO

Denominada como cafeicultura de montanha, o café arábica nas Matas de Minas, apresentou um potencial produtivo com crescimento de 26,7% em comparação ao ano anterior (Conab,2024). Porém é observado um impacto nas lavouras de café devido aos efeitos adversos do clima (seca prolongada e aumento no volume de chuva), condições que podem modificar a qualidade e a quantidade da produção deste café. Dentre os fatores que têm contribuído para este cenário são, manejo da cultura, ambientais, e os efeitos climáticos, do qual se destaca o fenômeno climático El Niño-Oscilação Sul (ENOS), que abrange tanto os eventos de El Niño (EN) quanto de La Niña (LN). Segundo Silva (2020), a cultura do café é muito sensível às mudanças meteorológicas. Uma das características do La Niña é apresentar chuvas em abundância e temperaturas mais baixas, e o El Niño pode causar seca prolongada e temperaturas mais altas. Ambos podem influenciar a saúde das plantas, o rendimento das colheitas e a qualidade da bebida. Quais desses fenômenos podem contribuir na produtividade? O objetivo é analisar os efeitos do ENOS na produtividade do café arábica em 5 municípios das Matas de Minas. Utilizou-se dados de produtividade do café em (kg/ha) dos anos de 2013, 2015 e 2021 (Conab) e de ENOS fornecidos pela Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA) e ONI é o principal indicador da NOAA para monitorar EN e LN, onde rastreia as temperaturas médias da superfície do mar (SST) no Pacífico tropical centro-leste entre 120 e 170°W, para os anos de 2013,2015 e 2021. O ano de 2015 (El Niño forte) apresentou a maior produtividade, com destaque para o município de Manhumirim no valor total de 1800 kg/h; no ano de 2021(La Niña), a maior produtividade foi de 1500 kg/h no município de Caratinga e, em 2013, considerou-se um ano de neutralidade dos fenômenos, a produtividade apresentou valores superiores aos dos anos com fenômeno.

**PALAVRAS-CHAVE:** cafeicultura; el niño-oscilação sul; mudanças climáticas.;

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) na condução das pesquisas através do projeto SAFRA, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), na concessão das bolsas.

# **10. Meteorologia de Mesoescala**

## **Balanço do total precipitado em Belém-PA no primeiro semestre de 2024**

**Nataly Nilzete de Oliveira Ferreira**<sup>1</sup>; **Ana Caroline Correa dos Santos**<sup>1</sup>; **Dayanne Fabiola Moura Souza**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal do Pará . R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

### **RESUMO**

O presente trabalho tem o intuito de analisar o total precipitado na cidade de Belém-PA, que se localiza no norte do Brasil, no primeiro semestre de 2024, usando dados retirados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Analisou-se os meses de janeiro a junho que corresponde a uma parte significativa do período mais chuvoso, que se origina pela ITCZ (Zona de Convergência Intertropical) segundo a Embrapa (Empresa de Pesquisa Brasileira de Agropecuária) que historicamente se inicia em dezembro e finaliza em maio, tendo como o seu mês com maior ocorrência de precipitação março. O objetivo desse trabalho é gerar mais informação sobre a precipitação total em Belém-PA de forma clara para maior entendimento da população. A metodologia adotada nesse trabalho se resumiu a coleta de dados de precipitação diária em mm retiradas do INMET, e foi utilizado o Excel para calcular a precipitação total mensal e semestral e a criação de gráficos. O resultado obtido do trabalho foi que durante o primeiro semestre de 2024 precipitou 2484mm na região, tendo como o mês com maior ocorrência março com 537,8mm representando 21,7% em relação ao total precipitado do mês, e seu mês com menor precipitação junho com 231mm representando 9,3% em relação ao total precipitado, enquanto janeiro precipitou no total 506,6mm (20,4%), fevereiro 410,4mm (16,5%), abril 466mm (18,8%), maio 332,2mm (13,4%). Conclui-se que os resultados mostram uma distribuição de chuvas que segue o padrão sazonal previsto pela literatura, com uma diminuição gradual a partir de abril. Esses dados são importantes para entender a dinâmica climática local e fornecer informações acessíveis à população, auxiliando no planejamento e na conscientização sobre o regime pluviométrico de Belém.

**PALAVRAS-CHAVE:** Período mais chuvoso; Regime pluviométrico de Belém; Distribuição de precipitação.;;

# **11. Modelagem Numérica**

## Comparação do downscaling dinâmico dos modelos WRF e MPAS-A de área limitada aplicados à estação chuvosa de Cuba.

**Pedro M. González Jardines**<sup>1</sup>; **Aleida Rosquete Estévez**<sup>1</sup>; **Maibys Sierra Lorenzo**<sup>1</sup>; **Arnoldo Bezanilla Morlot**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente. Instituto de Meteorología. Carretera del Asilo, Casablanca, municipio Regla, La Habana, Cuba.

### RESUMO

A presente pesquisa propõe comparar o downscaling dinâmico usando WRF e MPAS-A de área limitada, a fim de obter previsão subsazonal em Cuba. Os experimentos são focados na estação chuvosa de 2021, cujo comportamento apresenta diferenças em relação à climatologia, considerando também o impacto direto e indireto na ilha de ciclones tropicais. Um domínio de 27 km centrado em Cuba é usado para o WRF, enquanto uma grade uniforme de resolução espacial de 30 km com dimensões semelhantes é usada para o MPAS-A. Em ambos os casos, as parametrizações incluídas na tropical suite são utilizadas trocando Grell-Freitas em vez de Tiedke, uma vez que são levados em conta os estudos de sensibilidade realizados no país. Todas as simulações incluem atualização da temperatura da superfície do mar. Os dados de entrada são obtidos a partir de previsões CFSv2 com resolução espacial de 1° e intervalos de tempo de 6 horas. As comparações incluem simulações iniciadas às 00:00 UTC do início do mês-alvo e 14 dias antes do início do mês-alvo para ambos os modelos, com o objetivo de avaliar o possível impacto do spin-up nas simulações. Para avaliar os resultados, são utilizados registros nacionais de precipitação pluviométrica, combinando-se estratégias de avaliação contínua e dicotômica. Além disso, a reanálise ERA5 também é usada para avaliar a representação dos padrões sinóticos médios por cada um dos modelos. Os resultados sugerem que o MPAS-A excede o custo computacional do WRF em aproximadamente 4 vezes, no entanto, reproduz melhor os fluxos de umidade de baixos níveis. Isso leva a uma melhora na subestimação das médias mensais acumuladas exibidas tanto pelo modelo global quanto pelo WRF. No entanto, mostra uma tendência a apresentar uma superestimação desses fluxos úmidos e, em consequência, da precipitação acumulada mensal.

**PALAVRAS-CHAVE:** redução de escala; subsazonais; WRF; MPAS-A;

### AGRADECIMENTOS

The authors of this research are grateful for the support provided through the project "Building Resilience to Drought in Cuba". This research was carried out thanks to a grant from the International Development Research Center (IDRC), Ottawa, Canada.

# ANÁLISE DA VARIABILIDADE SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NA ZCIT NO OCEANO ATLÂNTICO ENTRE OS MODELOS CLIMÁTICOS ACCESS1.0 (CMIP5) E ACCESS-ESM1.5 (CMIP6)

**Mayana Vitória Oliveira e Sousa**<sup>1</sup>; **Breno Tramontini Steffen**<sup>2</sup>; **Raimundo Vitor Santos Pereira**<sup>2</sup>; **Fernanda Casagrande**<sup>3</sup>; **Ronald Buss de Souza**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube 14-01 - Núcleo Habitacional Presidente Geisel - Bauru - SP/SP - CEP 17033-

360;<sup>2</sup>Discente. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Rod. Pres. Dutra, s/n - Zona Rural, Cachoeira Paulista - SP, 12630-000;<sup>3</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Rod. Pres. Dutra, s/n - Zona Rural, Cachoeira Paulista - SP, 12630-000

## RESUMO

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos sistemas meteorológicos mais influentes na região equatorial, responsável por grande parte da precipitação sobre os oceanos e continentes. Caracteriza-se por uma faixa de nebulosidade que se desloca sazonalmente, afetando os padrões de chuva. Este estudo compara a variabilidade sazonal da precipitação na ZCIT do Atlântico usando os modelos climáticos ACCESS1.0 (CMIP5) e ACCESS-ESM1.5 (CMIP6). Os dados foram adquiridos do Center for Environmental Data Analysis (CEDA) para o período histórico de 1976 a 2005, com resolução de 1.875° por 1.25°, e dados de reanálise do ERA5, com resolução de 0.25°, como referência observacional. Os resultados revelam diferenças significativas entre os modelos e o ERA5. Durante o verão, ambos os modelos mostraram precipitação elevada sobre o Atlântico central, acima de 10 mm/dia. No Norte e Nordeste do Brasil, os valores foram mais baixos, mas ainda superestimados, especialmente no Centro-Oeste e Sudeste. O ACCESS-ESM1.5, subestimou a precipitação na África. No outono, a ZCIT começa a se deslocar mais ao norte, sendo capturada por ambos os modelos, exibindo valores mais realistas no Brasil e oeste da África (~ 7 mm/dia), mas ainda com alta precipitação sobre o oceano. O ACCESS1.0 apresentou uma faixa de precipitação mais espessa, enquanto o ACCESS-ESM1.5 registrou maior precipitação ao leste do Atlântico. No inverno, ambos os modelos representaram bem a baixa precipitação no Brasil, condizente ao regime de secas característico da estação, e com valores próximos aos observados na África. Ambos mostram uma faixa mais espessa de precipitação sobre o oceano, com o ACCESS-ESM1.5 mantendo a melhor correspondência com o ERA5. Na primavera, o ACCESS1.0 teve melhor concordância com a precipitação no Norte e Nordeste do Brasil, enquanto o ACCESS-ESM1.5 subestimou esses valores, mas melhorou no Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, apesar de continuar subestimando na costa africana.

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação; zona de convergência intertropical; sazonalidade; modelos climáticos;

# AVALIAÇÃO DO MODELO REGIONAL CLIMÁTICO PARA A PREVISÃO DE VENTO NO CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA.

**Alexandre Santos de Souza<sup>1</sup>; Cleber Souza Correa<sup>2</sup>; Inácio Malmonge Martin<sup>3</sup>; Felipe do Nascimento Correa<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Militar. Instituto de Aeronáutica e Espaço. Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias São José dos Campos - SP CEP: 12228904 - Brasil;<sup>2</sup>Militar. Instituto de Aeronáutica e Espaço. Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias São José dos Campos - SP CEP: 12228904 - Brasil;<sup>3</sup>Docente. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 Vila das Acácias São José dos Campos - SP CEP: 12228900 - Brasil;<sup>4</sup>Técnico em Meteorologia. Instituto de Aeronáutica e Espaço. Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias São José dos Campos - SP CEP: 12228904 - Brasil

## RESUMO

Este estudo avaliou a previsão intrasazonal do vento à superfície (10 m de altura) na região do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) utilizando O Regional Climate Model RegCM4.7 inicializado com modelo climático global CFSv2, não foram utilizados métodos de perturbação e sim a saída do modelo em datas diferentes que foram comparadas às reanálises obtidas do modelo global ERA5 do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) para os meses de abril de 2019 (parte da estação chuvosa) e outubro de 2019 (parte da estação seca). Foram realizadas 4 (quatro) simulações de vento para cada mês de estudo, com tempo de espera de 1 a 4 meses, utilizando o RegCM4.7 em horários sinóticos, as quais foram comparadas com reanálises do ERA5, utilizado o *software Climate Data Operator* e programação *Shellscript* para sincronização no tempo e interpolação bi-linear dos dados para uma mesma grade de 02.5° de resolução e assim adequar o RegCM à grade do ERA5. Foi utilizado o CDO para cálculos estatísticos de média mensal do campo de vento para a região das coordenadas de latitudes de 01° N a 06° S e longitude de 041° W a 048° W e utilização do *software Grid Analysis and Display System (GrADS)* para visualização, e mais especificamente o CDO também foi utilizado para obtenção das componentes médias de u e v para composição do vento médio mensal e horário no ponto de coordenadas do CLA (02°,15'S e 044°,30'W) e *software EXCEL* para cálculos e gráficos. Para o ponto de coordenadas do CLA, os resultados indicaram subestimação da velocidade média de 2 a 4 ms<sup>-1</sup> e diferenças de até 180° nas direções médias nos horários entre 6 e 15 UTC em abril, já em outubro a diferença foi inferior a 1 ms<sup>-1</sup> na velocidade média e inferior a 10° na direção média predominante. Essas avaliações indicaram a tendência do RegCM em subestimar os ventos médios em abril e melhor desempenho do modelo em outubro para o apoio ao planejamento de operações de lançamento no CLA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelo Climático Regional; Previsão Intrasazonal; Operações de Lançamento de Foguetes; Centro de Lançamento de Alcântara;

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, Dr Inácio Malmonge Martin do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais PG-CTE pelo apoio nas orientações; ao Dr. Cleber Souza Correa pelas simulações do RegCM4.7 orientações sobre o modelo climático, ao Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE, ACA pela disponibilização de dados climatológicos do CLA.

# Previsão de seca no sudoeste da Colômbia usando modelagem de média móvel autorregressiva apoiada por inteligência artificial. Modelo NN-ARMA-X

**Camilo Ocampo Marulanda**<sup>1,2</sup>; **Yesid Carvajal-Escobar**<sup>3</sup>; **Teresita Canchala**<sup>1</sup>; **Wilfredo Alfonso-Morales**<sup>4</sup>; **Cristhian Fernández-Álvarez**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Water Resources, Engineering and Soil Research Group (IREHISA), School of Natural Resources and Environmental Engineering, Universidad del Valle. Cali 25360;<sup>2</sup>Bolsista. Graduate Program in Biometrics and Applied Statistics, Department of Statistics and Informatics, Federal 8 Rural University of Pernambuco. Recife 52171-900;<sup>3</sup>Docente. Water Resources, Engineering and Soil Research Group (IREHISA), School of Natural Resources and Environmental Engineering, Universidad del Valle. Cali 25360;<sup>4</sup>Docente. Perception and Intelligent Systems Research Group (PSI), School of Electrical and Electronics Engineering, Universidad del Valle. Cali 25360;<sup>5</sup>Bolsista. Perception and Intelligent Systems Research Group (PSI), School of Electrical and Electronics Engineering, Universidad del Valle,. Cali 25360

## RESUMO

A seca é um fenômeno que afeta grande parte da população mundial. Um modelo de previsão de seca foi construído para o sudoeste da Colômbia usando estatística multivariada e inteligência artificial. Foram usados dados de precipitação *in situ* e os dados ausentes foram completados usando a análise não linear de componentes principais. Posteriormente, o Índice de Precipitação Padronizado (SPI) foi estimado para estudar a seca, regionalizado usando o método K-means e os Componentes Principais Não Lineares (NLPC) de cada região foram estimados. Os NLPC do SPI foram correlacionados com as variáveis macroclimáticas (VM) oceano-atmosféricas, que têm uma relação assíncrona com a seca na Colômbia. As VM com potencial preditivo foram selecionadas, e o modelo NN-ARMA-X foi construído com base na média móvel integrada autorregressiva. Os resultados da regionalização do SPI mostraram uma divisão entre as Regiões Leste e Oeste da área de estudo. Para cada região, foram obtidas duas NLPCs que explicam 93% da variabilidade do SPI e foram fortemente correlacionadas com seis VM. A sequência metodológica proposta permitiu a previsão da seca com um bom desempenho espacial e temporal, com um valor de 0,94 do coeficiente de correlação de Pearson (PCC) e 0,09 do erro quadrático médio (RMSE) para a Região Leste e 0,88 PCC e 0,19 RMSE para a Região Oeste do sudoeste da Colômbia.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise de componentes principais; variáveis macroclimáticas; SPI;;

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência da Colômbia e ao governo de Nariño pelo financiamento do projeto de pesquisa intitulado "Análisis de eventos extremos de precipitación asociados a variabilidad y cambio climático para la implementación de estrategias de adaptación en sistemas productivos agrícolas de Nariño". Os autores agradecem aos grupos de pesquisa IREHISA e PSI da Universidad del Valle. Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Departamento de Estatística e Informática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio na participação deste evento.

## Impactos da mudança climática sobre a distribuição potencial da monilíase do cacauero nos cenários do CMIP6 até 2100 na Amazônia Oriental

**Vandeilson Belfort Moura**<sup>1</sup>; **Lucionila Pimentel Pantoja**<sup>1</sup>; **Raimundo José Moraes Júnior**<sup>1</sup>; **Tayssa Menezes Franco**<sup>3</sup>; **Juliane Samara da Costa Dias**<sup>3</sup>; **Luis Roberto da Trindade Ribeiro**<sup>3</sup>; **Samilly Lisboa Gomes**<sup>3</sup>; **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FISCAL ESTADUAL AGROPECUÁRIO. Agência de Defesa Agropecuária do Pará . Tv. Mariz e Barros, 1184 - Pedreira. 66080-008 - Belém-PA. ;<sup>2</sup>DOCENTE. Universidade Federal Rural da Amazônia . Av. Tancredo Neves, nº 2501, Terra Firme, Cep: 66.077-830, Belém-PA;<sup>3</sup>DISCENTE. Universidade Federal Rural da Amazônia . Av. Tancredo Neves, nº 2501, Terra Firme, Cep: 66.077-830, Belém-PA

### RESUMO

A monilíase do cacauero (*Moniliophthora roreri*) é a praga que mais ameaça a produção de cacau com perdas de até 100%. O estado do Pará é o maior produtor de amêndoas de cacau do Brasil, e suas áreas produtoras estão vulneráveis com risco iminente de introdução da praga devido ocorrências no estado do Amazonas. É necessário compreender o comportamento da praga em cenários de mudanças climáticas. O objetivo desse trabalho foi analisar os impactos da mudança climática sobre a distribuição potencial da monilíase do cacauero nos cenários do *Coupled Model Intercomparison Project* fase 6 (CMIP6) até 2100 no estado do Pará. A partir do modelo de nicho ecológico com 49 ocorrências de *M. Roreri* na América Tropical, 5 variáveis bioclimáticas das condições atuais e dos cenários SSP1-2.6 e SSP5-8.5 nos períodos 2041-2060 e 2081-2100 do CMIP6 disponíveis no WorldClim, identificou-se possíveis mudanças na distribuição geográfica potencial do patógeno em relação a prevalência atual de cacau. Os cenários indicam aumento da temperatura e redução na precipitação no Pará. Sugere-se uma diminuição de 5,3 e 3,8% na adequação bioclimática no cenário SSP1-2.6, e maiores reduções de 5,7 e 12,12% no SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, respectivamente. A distribuição espacial futura de monilíase mostra no cenário SSP1-2.6, um alto risco em 19,9 e 21,5% das áreas, e um risco médio em 80 e 78,5% nos dois períodos. No SSP5-8.5, áreas de alto risco diminuirão de 19,6 para 13,14% e áreas de risco médio aumentarão de 80,4 para 86,85% nos mesmos períodos. Na região da Transamazônica haverá as maiores perdas de adequação bioclimática. O Marajó, Baixo Amazonas e Sudeste paraense apresentarão os maiores ganhos. Cenários futuros podem auxiliar no planejamento, tomada de decisão e desenvolvimento de estratégias de prevenção, controle sanitário e adaptação, a fim de minimizar os impactos das mudanças climáticas e garantir a sustentabilidade e competitividade da cacauicultura amazônica.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans; *Theobroma cacao*; modelagem de distribuição de espécie;

### AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Agência de Defesa Agropecuária do Pará pelo apoio logístico e disponibilização dos dados; ao CMIP e aos demais centros que disponibilizaram os dados para o estudo; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de produtividade do último autor (processo 311681/2022-0) e financiamento da pesquisa através do projeto Universal (Processo 403902/2021-5), ao projeto da chamada 008/2022 - FAPESPA/CNPq (Processo 2023/158057). Ao grupo de pesquisa ISPAAM e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAgro) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte na realização deste trabalho.

# COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CORREÇÃO DE VIÉS EM DADOS SIMULADOS DO MODELO BRAMS: TEMPERATURA DO AR (2 METROS)

**Milena Pereira Dantas**<sup>1,2,4</sup>; **Haroldo Fraga de Campos Velho**<sup>3</sup>; **Alan Carlos da Costa**<sup>2,5</sup>; **Leandro Rodrigues da Silva Souza**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pós-Doutorado em Ciências Agrárias. Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano . Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural. | Rio Verde - GO | CEP: 75.901-970;<sup>2</sup>Pesquisador. Centro de Excelência em Agricultura Exponencial, CEAGRE. Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural. | Rio Verde - GO | CEP: 75.901-970;<sup>3</sup>Pesquisador. Laboratório de Computação e Matemática Aplicada (LAC), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Av. dos Astronautas, 1758 , São José dos Campos;<sup>4</sup>Pesquisador. Centro de Excelência em Estudos, Monitoramento e Previsões Ambientais do Cerrado (CEMPA-Cerrado). Avenida Esperança, s/n, Câmpus Samambaia, 74.690-900.;<sup>5</sup>Professor. Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano. Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural. | Rio Verde - GO | CEP: 75.901-970

## RESUMO

Esse estudo avalia a eficácia de diferentes métodos de correção de viés nas simulações de temperatura do ar simuladas pelo modelo BRAMS. Foram comparados os métodos de correção de viés Scaling-linear, Delta, Model Output Statistic (MOS) e Redes Neurais Artificiais (RN-MPCA). Foram utilizados dados observados de temperatura do ar em estações meteorológicas no estado de Goiás, Brasil, durante o período de janeiro a dezembro de 2023. Com o objetivo de capturar variações de temperatura e entender melhor como os métodos de remoção de viés se comportam em cada estação do ano. Os resultados mostram que todos os métodos são eficazes em determinados meses, mas nenhum deles é consistentemente eficaz em todas as estações do ano e locais. O método RN-MPCA, em particular, demonstrou grande potencial, mas ainda necessita de ajustes para maximizar seu desempenho.

**PALAVRAS-CHAVE:** simulações; Scaling-linear; Delta; Redes Neurais Artificiais;

## INTRODUÇÃO

O modelo BRAMS foi baseado do Regional Atmospheric Modeling System (RAMS), desenvolvido no CSU/EUA. Foi desenvolvido com o propósito de simular circulações atmosféricas que vão desde ondas em escalas planetárias até grandes turbilhões na camada limite planetária (GRELL, FREITAS, 2014). Apesar do grande desenvolvimento do modelo BRAMS, as simulações ainda apresentam vieses nos resultados. Teutschbein e Seibet (2012) revelaram que grande da presença dos vieses nos resultados das simulações tem sua origem na discretização dos modelos numéricos.

Diversas metodologias são utilizadas para corrigir o viés em simulações de modelos regionais. Essas técnicas variam desde escalonamento simples até abordagens mais complexas, como o Método Delta, Scaling-linear, regressão linear múltipla e através de redes neurais (GETAHUN et al., 2021; HAYKIN, 1998). Luo et al. (2018) compararam diferentes métodos de correção de viés e concluíram que todos os métodos testados melhoraram o desempenho das simulações de temperatura e precipitação no modelo RCM. SHI et al. (2021) aplicaram os métodos de mapeamento quantil e mapeamento quantil delta nas simulações de temperatura e precipitação na China durante o verão e inverno usando o modelo RegCM4, observando que a eficácia dos métodos varia conforme a variável e a estação do ano. Dantas et al. (2022) analisaram três métodos de remoção de viés (Delta, Scaling-linear e Model Output Statistic (MOS)) para simulações de temperatura do ar no centro-oeste, entre janeiro e agosto de 2022. Concluíram que o método scaling apresentou os melhores resultados. Dando continuidade ao trabalho, Dantas et al. (2023) compararam esses métodos com o resultado via redes neurais artificiais para o verão de 2023, os resultados sugerem que as metodologias de Delta, *Scaling-linear* e Redes Neurais são eficazes na correção das previsões do modelo BRAMS para diferentes áreas na região.

As condições climáticas podem variar significativamente de um mês para o outro, mesmo dentro da mesma estação. Por exemplo, a transição do verão para o outono pode apresentar variações bruscas de temperatura. O monitoramento mês a mês permite capturar essas variações e entender melhor como os métodos de remoção de viés se comportam em diferentes condições climáticas.

## OBJETIVOS

Avaliar a eficácia dos métodos de remoção de viés (Delta, Scaling-linear, MOS e Redes Neurais Artificiais (RN-MPCA)) nas previsões de temperatura do ar simuladas pelo modelo BRAMS na região Centro-Oeste do Brasil, por uma análise detalhada mês a mês e uma comparação sazonal para o ano de 2023.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Dados e configuração do modelo BRAMS

A tabela 1 apresenta as principais configurações do modelo BRAMS utilizadas para simular a temperatura do ar na região Centro-Oeste do Brasil.

Tabela 1. Informações sobre a configuração do modelo BRAMS

Características	Configuração	Referências
Resolução Horizontal	320x320 pontos	
Níveis Verticais	45	Souza et al. (2020)
Dados de Cobertura do Solo	MapBiomass	
Parametrização de Cúmulos	Grell e Freitas (2014)	Grell & Freitas (2014)
Microfísica de Nuvens	Esquema de um momento de Thompson e Eidhammer (2014)	Thompson & Eidhammer (2014)
Condições Iniciais e de Contorno	Global Forecast System (GFS)	
Domínio de Integração	Todo o estado de Goiás e parte dos estados vizinhos (55°W-43°W e 9°S-21°S)	

### Dados observados

Observações de temperatura do ar a 2 metros foram coletadas de estações meteorológicas localizadas em aeroportos no estado de Goiás, durante o período de janeiro a dezembro de 2023. A Tabela 2 apresenta as localizações e informações sobre as estações meteorológicas utilizadas.

Tabela 2. Informações sobre as estações meteorológicas

Código aeroportuário	Estações	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
SBBR	Brasília	-15,87	-47,92	1061
SBAN	Anápolis	-16,24	-48,97	1137
SBGO	Goiânia	-16,67	-48,26	741

Métodos de correção de viés: Scaling-linear, delta, Model Output Statistic (MOS) e rede neural utilizando o MPCA (RN-MPCA)

Informações detalhadas sobre os métodos de correção de viés foram fornecidas em Dantas et al. (2022) e Dantas et al. (2023), incluindo uma descrição abrangente de como os dados foram utilizados em cada abordagem. Esses estudos apresentam uma análise aprofundada das técnicas de remoção de viés, como o Scaling-linear, Delta, MOS e RN-MPCA, demonstrando o processo de aplicação e avaliação dos métodos utilizando dados de temperatura observados e previstos pelo modelo BRAMS.

Avaliação dos resultados

O desempenho de cada método de correção de viés é avaliado com base no BIAS e no erro Absoluto Médio (MAE) (SPIEGEL; STEPHENS, 1993).

O BIAS é uma medida que avalia o viés médio nas simulações em relação aos dados observados. Representa a tendência sistemática do modelo em superestimar ou subestimar os resultados. Se o BIAS é igual a zero, isto indica não haver viés nas previsões. A fórmula do BIAS é dada:

⇒ Eq. (13)  
O módulo diferença entre os valores observado e simulado define a precisão da previsão. Assim, a precisão numérica é denotada por MAE e é descrita por:

⇒ Eq. (14)  
em que,  $Y_{oi}$  e  $Y_{si}$  representam os valores observados e simulados no passo no  $i$ -ésimo tempo, respectivamente, e  $\hat{Y}_s$  se refere aos valores médios para as variáveis simuladas, respectivamente, sendo  $N$  o número de observações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1, 2 e 3 mostram o comportamento médio diário mensal e a aplicação dos métodos de remoção de viés da temperatura do ar a 2 metros ( $t_{2mj}$ ) durante o ano de 2023 para as cidades de Brasília, Anápolis e Goiânia, respectivamente. Os resultados médios dos ciclos diurnos revelam que as simulações do modelo BRAMS apresentam uma subestimativa da temperatura do ar (2 metros) para Brasília (Figura 1), Anápolis (Figura 2) e Goiânia (Figura 3), principalmente durante o período de maior aquecimento da superfície (tarde) (SHRESTHA et al., 2019). Os vieses em modelos numéricos de previsão do tempo podem originar-se de várias maneiras: simplificações inadequadas das equações atmosféricas, representações insuficientes de processos físicos complexos e falhas na assimilação de dados observacionais (VAZ, 2021; AVILEZ-VALENTE et al., 2022; YAMAMOTO; SAMBATI; FERREIRA, 2022). Esses vieses comprometem a confiabilidade das previsões, influenciando as decisões que dependem delas. A compreensão desses vieses é fundamental para o processo de aprimoramento contínuo dos modelos, visando à melhoria da precisão das previsões meteorológicas (BAHNG et al., 2020).

Os resultados para Brasília (Figura 1) mostraram que o método MOS (pontos contínuos rosa) apresentou um desempenho significativo na maioria dos meses, sendo dezembro a única exceção com resultados menos favoráveis. Por outro lado, a técnica Delta (linha vermelha) apresentou os melhores resultados durante o final do outono e inverno (maio, junho, julho e agosto). E os piores resultados aconteceram durante o verão. O método Scaling-linear (linha verde) alcançou melhores resultados nos meses de abril, junho, setembro, novembro e dezembro. Com aplicação de redes neurais (linhas tracejadas) em Brasília, nota-se que, nos meses de janeiro, fevereiro, junho, julho, agosto e setembro, obteve a temperatura corrigida mais próxima da observada. Entretanto, é importante observar que em abril, a rede neural com número de funções de avaliação (NFE) de 50 (NFE=50) apresentou resultado constante.

Os resultados de Anápolis (Figura 2) para método Delta (linha vermelha) destacam-se, mostrando que a linha da temperatura corrigida por esse método está mais próxima da observada nos meses de abril, maio, junho, julho, agosto, outubro e dezembro. O método Scaling-linear, por sua vez, demonstra eficácia em agosto, setembro, outubro, dezembro e novembro (fora do horário de aquecimento). Notavelmente, o método MOS (pontos rosa) exibe um desempenho superior durante o verão, aproximando-se mais dos valores observados. As redes neurais (RN) apresentam resultados superiores em quase todos os meses, indicando sua capacidade de aprendizado e adaptação aos padrões climáticos específicos de Anápolis. Vale ressaltar uma peculiaridade nos resultados da RN em dezembro, onde a configuração com NFE=50 mostra-se constante, e em setembro, apenas a configuração com NFE=500 apresenta resultados significativos.

Para Goiânia (Figura 3), o método MOS se destacou ao apresentar os melhores resultados no verão (janeiro e fevereiro). A técnica Scaling-linear (linha verde) demonstrou sua eficácia ao longo do segundo semestre, apresentando os melhores resultados de agosto a dezembro. O método Delta (linha vermelha) mostrou proximidade com as observações nos meses de maio, junho, julho e agosto (parte do outono e inverno). É notável que a rede neural se destacou nos meses de verão. No entanto, é intrigante observar que a rede neural apresentou valores constantes na maioria dos meses, especialmente de agosto a novembro.

Nos experimentos realizados com RN-MPCA, o NFE foi ajustado para corrigir o ciclo diurno da temperatura, sendo observado que em algumas rodadas as previsões permaneceram constantes. Para o NFE baixo, esse comportamento pode ser atribuído à convergência prematura do modelo, onde um NFE insuficiente não permitiu uma otimização adequada, resultando em previsões subótimas. Além disso, configurações inadequadas do algoritmo de otimização e possíveis estagnações em mínimos locais também podem ter contribuído para esse resultado. Estes achados concordam com estudos prévios que destacam a importância do NFE na eficácia do treinamento de RN (Goodfellow et al., 2016). Através da análise desses resultados, fica evidente que o ajuste apropriado do NFE é crucial para capturar com precisão variações do ciclo diurno da temperatura.

Os resultados das avaliações estatísticas dos métodos de correção de viés para as cidades de Brasília, Anápolis, e Goiânia ao longo do ano de 2023 confirmam que a aplicação dessas técnicas contribuiu significativamente para a melhoria da precisão nas previsões de temperatura do ar a 2 metros. Devido ao volume extenso de dados, a tabela não foi mostrada. Para Brasília, o método RN-MPCA demonstrou um desempenho consistente ao longo do ano, apresentou valores de BIAS e MAE baixos, com destaque os meses de verão, onde o BIAS e o MAE foram menores que 1, refletindo uma previsão bastante próxima da observada. O método Delta teve melhor desempenho nos meses de outono e inverno, com o menor MAE em abril ( $0,437^{\circ}\text{C}$ ). O método Scaling-linear mostrou os melhores resultados em meses de verão, com MAEs variando de  $0,8^{\circ}\text{C}$  a  $1,3^{\circ}\text{C}$ . Já as redes neurais (RN), principalmente com NFE=300, se destacaram em janeiro com um MAE de  $0,62^{\circ}\text{C}$ , sendo o mais próximo das observações. Os resultados para Anápolis indicam que o método Delta foi eficaz em meses de verão e outono, apresentando um MAE de  $0,64^{\circ}\text{C}$  a  $1,53^{\circ}\text{C}$ , se aproximando bastante dos valores observados. O MOS também apresentou um bom desempenho, especialmente durante o verão, com destaque em janeiro, onde o BIAS foi  $0,79^{\circ}\text{C}$  e o MAE foi de  $0,93^{\circ}\text{C}$ . As redes neurais também mostraram bons resultados, especialmente em março, com NFE=50, onde o MAE foi  $1,01^{\circ}\text{C}$ , mais próximo das observações. Para Goiânia, o método MOS obteve os melhores resultados durante o verão, com um MAE entre  $1,21^{\circ}\text{C}$  e  $1,70^{\circ}\text{C}$ . O Scaling-linear se destacou no primeiro semestre, especialmente em janeiro a abril. O método Delta foi eficaz durante os meses de verão, onde o MAE foi  $1,70^{\circ}\text{C}$ . As redes neurais, embora com resultados variáveis, mostraram-se eficazes principalmente em dezembro, com o NFE=50 alcançando MAE de  $0,92^{\circ}\text{C}$ .

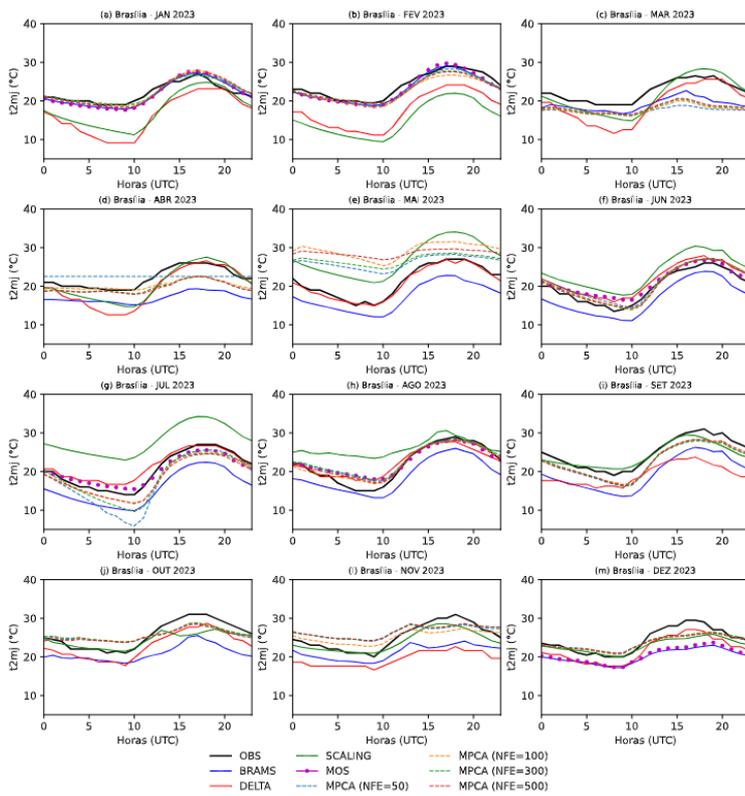


Figura 1. Comparação dos métodos de correção de viés aplicados à temperatura do ar (2m) em Brasília durante o ano de 2023.

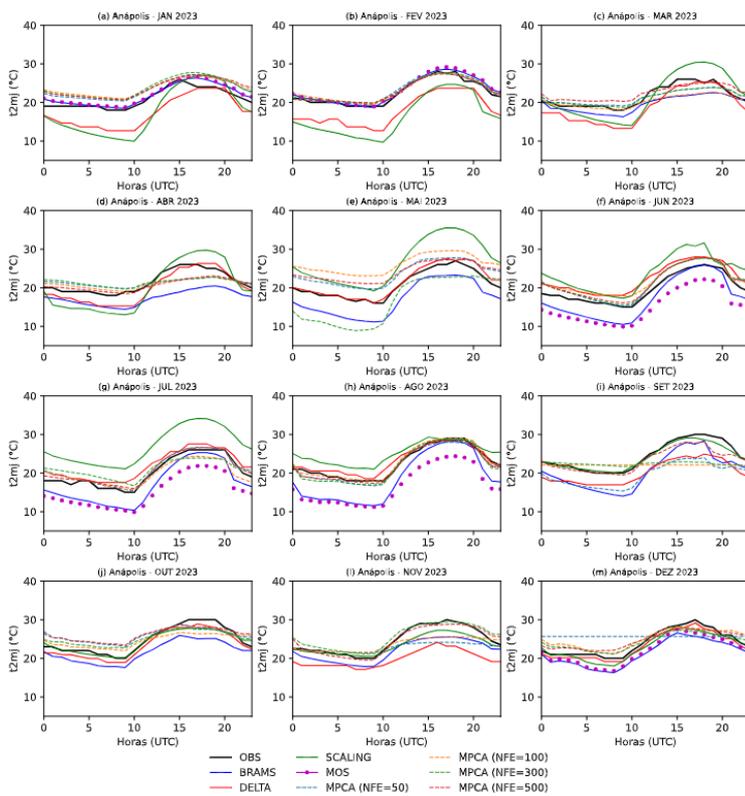


Figura 2. Comparação dos métodos de correção de viés aplicados à temperatura do ar (2m) em Anápolis durante o ano de 2023.

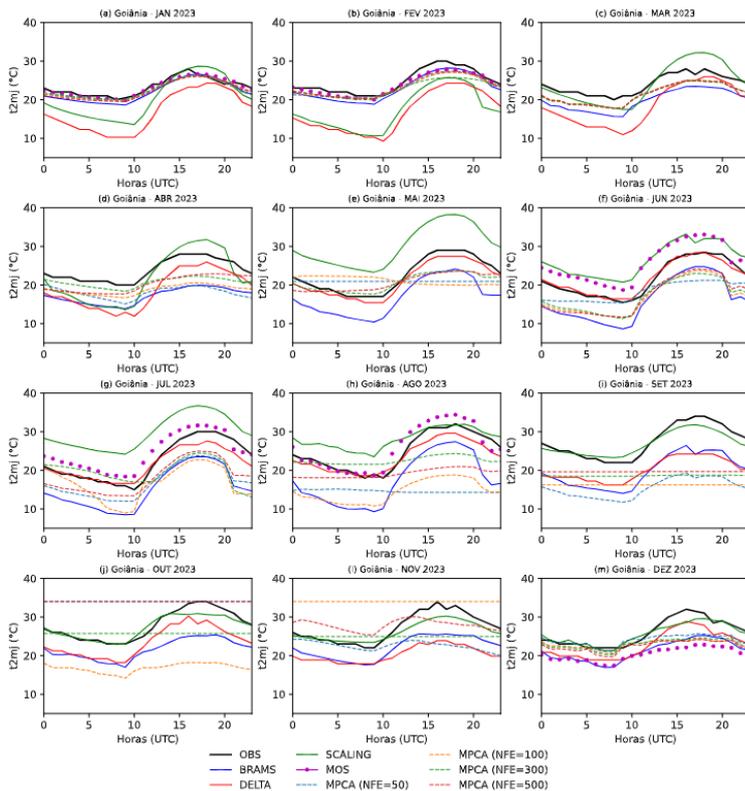
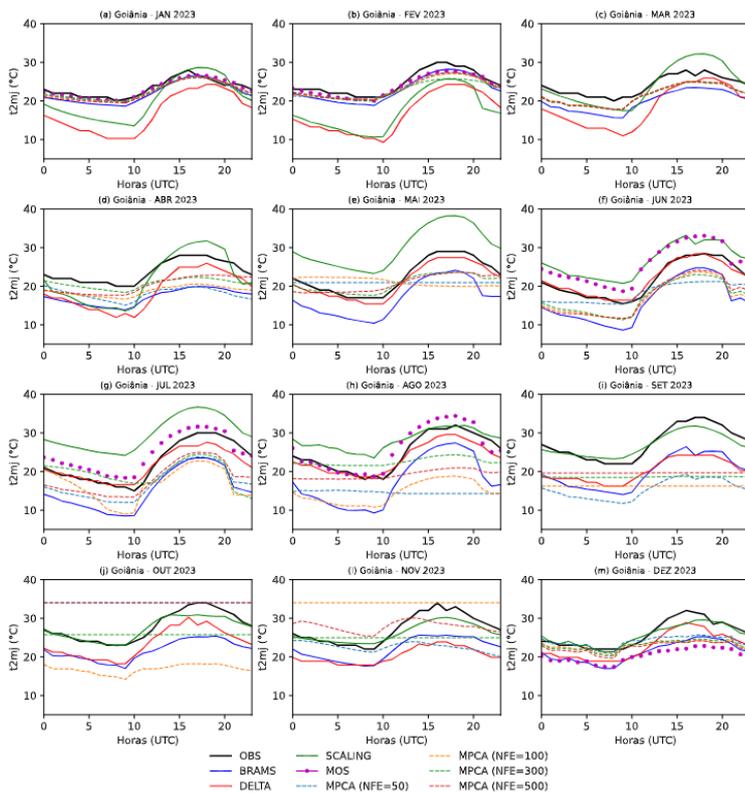


Figura 3. Comparação dos métodos de correção de viés aplicados à temperatura do ar (2m) em Goiânia durante o ano de 2023.

## CONCLUSÃO

Os resultados sugerem não haver um método superior a outro para todas as estações do ano e em todos os locais. Independente da complexidade computacional, cada método apresenta desempenho

diferenciado. OU seja, um ou outro método pode apresentar melhores resultados, dependendo do período do ano e/ou das condições climáticas específicas de cada cidade. As redes neurais mostraram grande potencial, mas também apresentaram variabilidade que necessita de ajustes para maximizar seu desempenho e aqui foi avaliada somente uma classe de rede neural (perceptron de múltiplas camadas: PMC) e há muitas outras arquiteturas a se considerar (redes de base radial, redes recorrentes, para citar outras 2 classes - ver: HAYKIN, 1998), além de diferentes técnicas de treinamento (aqui foi apresentado somente treinamento - ou aprendizado - supervisionado (HAYKIN, 1998)). A estabilidade observada em certas configurações de redes neurais aponta para a necessidade de uma análise mais profunda das configurações e parâmetros utilizados. Essas análises são cruciais para o desenvolvimento e aprimoramento de modelos de previsão do tempo, permitindo uma melhor adaptação às condições locais e temporais.

Uma vez que o desempenho das metodologias dependeram das estações do ano e do local, uma proposta para investigação futura é a aplicação da estratégia de Máquinas de Comitê (MC) - ver HAYKIN, 1998 (Capítulo 7), onde a estimativa de todas as metodologias aqui tratadas seriam valores de entrada para o algoritmo de MC.

## **AGRADECIMENTOS**

Autor HFCV agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento) pelo apoio com bolsa de pesquisa (Proc. 314660/2020-8). A autora MPD agradece a Fapeg pelo financiamento da bolsa de pesquisa. Este trabalho foi possível graças aos recursos computacionais do LaMCAD/UFG. Os autores agradecem ao Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE) e Centro de Excelência em Estudos, Monitoramento e Previsões Ambientais do Cerrado (CEMPA-Cerrado).

## **REFERÊNCIAS**

AVILEZ-VALENTE, P. et al. Desempenhos de uma rede neural recorrente e de um modelo numérico na previsão de níveis de água no estuário do Rio Douro, Portugal. 2022

BAHNG, H. et al. Learning de-biased representations with biased representations. In: PMLR. International Conference on Machine Learning. [S.l.], 2020. p. 528-539.

DANTAS, M. P. et al. Técnica de remoção de viés para o modelo brams na região do centro-oeste. In: XXII Congresso Brasileiro de Meteorologia. [S.l.]: Bauru SP, 2022. p. 880.

Dantas, M. P. Resultados preliminares para remoção de viés por redes neurais para o modelo BRAMS no Centro-Oeste - Brasil. In XIII Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, Alegre- RS, 25-27 de outubro de 2023.

GETAHUN, G. W. et al. Statistical downscaling (delta method) of precipitation and temperature for bilate watershed, Ethiopia. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, Academic Journals, v. 13, n. 1, p. 20-29, 2021

GRELL, G. A.; FREITAS, S. R. A scale, and aerosol aware stochastic convective parameterization for weather and air quality modeling. Atmospheric Chemistry and Physics, Copernicus GmbH, v. 14, n. 10, p. 5233-5250, 2014.

GOODFELLOW, I. et al. Regularization for deep learning. Deep learning, p. 216-261, 2016.

HAYKIN, S., Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall, 1998.

- LUO, M. et al. Comparing bias correction methods used in downscaling precipitation and temperature from regional climate models: a case study from the Kaidu river basin in western China. *Water*, MDPI, v. 10, n. 8, p. 1046, 2018.
- SHI, T. et al. A new method for correcting urbanization-induced bias in surface air temperature observations: insights from comparative site-relocation data. *Frontiers in Environmental Science*, Frontiers Media SA, v. 9, p. 625418, 2021.
- SHRESTHA, A. K. et al. Solar radiation, air temperature, relative humidity, and dew point study: Damak, jhapa, nepal. *International Journal of Photoenergy*, Hindawi, v. 2019, 2019.
- SOUZA, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and earth engine. *Remote Sensing*, MDPI, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.
- SPIEGEL, M. R.; STEPHENS, L. J. *Estatística. coleção schaum. 3ª edição*. Editora Afiliada, São Paulo, v. 2, p. 1, 1993.
- TEUTSCHBEIN, C.; SEIBERT, J. Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of Hydrology*, Elsevier, v. 456, p. 12-29, 2012.
- THOMPSON, G.; EIDHAMMER, T. A study of aerosol impacts on clouds and precipitation development in a large winter cyclone. *Journal of the Atmospheric Sciences*, American Meteorological Society, v. 71, n. 10, p. 3636-3658, 2014.
- VAZ, L. S. d. C. Teste de sensibilidade da pbl (camada limite planetária) no modelo numérico wrf em sinergia com imagens do satélite meteosat para analisar ilhas de calor em fortaleza-ce. Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), 2021.
- YAMAMOTO, R.; SAMBATTI, S. B. M.; FERREIRA, C. C. Correção de viés de previsões meteorológicas com uso do método histogram matching meteorological forecast bias correction. 2022.

# IMPACTO DE SIMULAÇÕES NA ESCALA DE CONVECÇÃO PERMITIDA EM DIFERENTES TIPOS DE CICLONES NO SUL-SUDESTE DO BRASIL

**Matheus Henrique de Oliveira Araújo Magalhães**<sup>1</sup>; **Rosmeri Porfirio da Rocha**<sup>2</sup>; **Geraldo Deniro Gomes**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluno de Graduação. Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP). Rua do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP;<sup>2</sup>Docente. Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP). Rua do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP;<sup>3</sup>Aluno de Doutorado. Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP). Rua do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP

## RESUMO

Este trabalho investigou a habilidade de simulações na escala de convecção permitida (CPM) em reproduzir estruturas de mesoescala associadas aos ciclones que produzem chuva e vento intensos no sul-sudeste do Brasil. Para isto, utilizou-se o modelo WRF, com condições iniciais e de fronteiras dadas pela reanálise do ERA5, para simular o ciclone subtropical Bapo (ocorrido entre 05-10/02/2015) e um ciclone extratropical (entre 13-17/06/2023). Em ambos os casos o domínio de simulação inclui o leste do sudeste brasileiro e o oceano próximo e avaliou-se a simulação das seguintes variáveis meteorológicas: pressão reduzida a nível do mar, ventos a 10 metros, cisalhamento vertical do vento entre 200 e 850 hPa, vento em 850 hPa e precipitação. Em escala local os resultados numéricos foram avaliados através de comparações entre séries temporais simuladas e observadas por diversas estações meteorológicas do INMet. A pressão a nível do mar simulada reporta adequadamente as posições e intensidades dos ciclones, tanto na gênese quanto na maturação, localizando também estruturas de mesoescala inseridos no campo sinótico. O cisalhamento vertical do vento horizontal simulado reafirma a classificação do ciclone Bapo como subtropical devido ao fraco cisalhamento vertical. A evolução com o tempo da chuva simulada na área de interferência destes ciclones, incluindo São Paulo, mostra vários picos de precipitação ocorrendo desde a gênese até a maturação, resultando em acumulados de moderado a forte sobre a região. Por fim, as séries temporais comparando simulações com estações meteorológicas indicam que a simulação captura adequadamente os instantes dos picos e dos mínimos de cada variável (temperatura do ar, umidade relativa, chuva e vento a 10m), embora exista diferenças na intensidade destes extremos para todas as variáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** ciclones subtropicais e extratropicais; chuva e ventos intensos; convecção permitida; WRF; simulações numéricas

## AGRADECIMENTOS

Agradeço o auxílio financeiro fornecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP): processo 2023/12074-0

## **Atualização do Mapa Fotovoltaico utilizando modelo numérico WRF, para o estado de Alagoas.**

**Ewerton de Souza Muniz <sup>2</sup>; Luan Santos de Oliveira Silva <sup>3</sup>; Taiane Alves da Silva <sup>3</sup>; Luana do Nascimento Vasconcelos <sup>2</sup>; Rosiberto Salustiano da Silva Junior <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970; <sup>2</sup>Aluno de Graduação. Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970; <sup>3</sup>Aluno de pós-graduação. Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970

### **RESUMO**

A crescente demanda global por energia limpa e o esgotamento dos combustíveis fósseis têm acelerado a busca por fontes renováveis. Entre essas fontes, a energia solar se destaca por sua abundância, renovabilidade e menor impacto ambiental (Rubbi et al., 2020). O Balanço Energético Brasileiro (BEN) de 2024 revela uma transformação significativa na matriz energética do Brasil, com um aumento considerável na Oferta Interna de Energia (OIE) em relação a 2022. Esse crescimento é impulsionado pela expansão das energias renováveis, que são viáveis e sustentáveis, promovendo uma matriz energética mais equilibrada e alinhada com as metas ambientais globais. O estudo focou no modelo Weather Research and Forecasting (WRF) e sua extensão WRF-Solar, que é específica para aplicações em energia solar. O objetivo foi gerar um mapa fotovoltaico para o estado, utilizando duas versões do modelo: a versão 3.6, com uma base de dados de 8 anos, e a versão 4.5, com dados disponíveis por 3 meses. A escolha pela versão 4.5 se baseou na recomendação dos desenvolvedores do WRF-Solar para utilizar versões superiores à 4.0, visando maior precisão e melhorias nas capacidades do modelo. Os resultados mostraram que o mapa fotovoltaico gerado pelo modelo refletiu adequadamente a distribuição de radiação solar na região. A versão 4.5 apresentou melhores resultados em comparação com os dados observados, mas ambas as versões superestimaram os dados medidos, especialmente durante períodos de alta nebulosidade. Essa superestimação sugere uma limitação do modelo, indicando que ajustes adicionais podem ser necessários para aprimorar a acurácia das previsões em condições de alta nebulosidade. Melhorar essas previsões é crucial para o planejamento e a implementação eficaz de projetos de energia solar, promovendo uma transição mais eficiente para uma matriz energética sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelo; Mapa fotovoltaico; Energia Solar;;

# Representação de áreas inundáveis em modelos climáticos regionais: estudo de caso no Pantanal

**Lindsay Assunção Silva Pimenta** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra, km 40 SP/RJ

## **RESUMO**

Áreas inundáveis desempenham um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas, sequestrando até 30% do carbono atmosférico. Contudo, nas últimas décadas, as mudanças no uso da terra e no clima colocaram o Pantanal e outras áreas inundáveis em risco global, afetando diretamente as populações que dependem dos serviços ecológicos desses habitats. Simular essas áreas é essencial para compreender seus processos físicos e a influência que exercem no clima local. No entanto, essas regiões são mal representadas nos modelos de superfície terrestre, o que significa que ainda não são consideradas em projeções climáticas, deixando sua contribuição em cenários de longo prazo desconhecida. Modelos climáticos regionais permitem reduzir simulações globais para resoluções mais finas, identificando detalhes importantes e conduzindo estudos de impacto. Apesar disso, muitos desafios permanecem, especialmente quanto à precisão dos dados de entrada e à escassez de dados observacionais em áreas remotas. Estudos indicam que áreas inundáveis podem atenuar temperaturas durante ondas de calor por meio do particionamento do balanço de energia e interações com a atmosfera, reduzindo a altura da camada limite e promovendo a formação de nuvens. A preservação dessas regiões é fundamental para mitigar alguns dos impactos das mudanças climáticas. No clima futuro, o Pantanal enfrentará aumentos significativos na temperatura e reduções na precipitação, exacerbando eventos de secas e incêndios florestais. Ações de conservação e manejo sustentável serão essenciais para proteger sua biodiversidade. Este trabalho revisa a representação de áreas inundáveis em modelos de superfície terrestre acoplados a modelos climáticos regionais, avaliando os impactos desses ecossistemas no clima local, com o Pantanal como estudo de caso, além de projeções para mudanças climáticas na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pantanal; Áreas inundáveis; Mudanças climáticas; Modelagem climática regional;

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 através do processo de número 88887.915789/2023-00

# **Análise dos Campos de Precipitação Pluviométrica de um Conjunto de Modelos do CMIP6 para a Região Norte do Nordeste do Brasil**

**Francisco Emerson da Silva Rodrigues<sup>2</sup>; João Victor de Moraes Cavalcante da Silva<sup>3</sup>; Domingo Cassain Sales<sup>4</sup>; Emerson Mariano da Silva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Universidade Estadual do Ceará (UECE). Av. Dr. Silas Munguba, 1700;<sup>2</sup>Bolsista IC UECE. Universidade Estadual do Ceará (UECE). Av. Dr. Silas Munguba, 1700;<sup>3</sup>Bolsista BICT Funcap. Universidade Estadual do Ceará (UECE). Av. Dr. Silas Munguba, 1700;<sup>4</sup>Pesquisador. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Av. Rui Barbosa, 1246, Fortaleza/CE

## **RESUMO**

Neste trabalho foi avaliado o desempenho dos campos de precipitação pluviométrica de vinte modelos climáticos contidos no CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6*), comparando-os com dados obtidos do CMAP (*CPC Merged Analysis of Precipitation*) que foram usados como referência, sobre a região Norte do Nordeste do Brasil, em um período denominado de *historical* que contém trinta anos (1980-2010). Os resultados mostram que a maioria dos modelos capturam os padrões de chuvas na região, apesar de superestimam os dados observados (CMAP). Assim, conclui-se que os modelos climáticos contidos no CMIP6 podem ser usados em estudos climáticos na região, desde que se realizem ajustes nos campos de chuvas a partir dos dados observados.

**PALAVRAS-CHAVE:** CMIP6; CMAP; Chuvas no NEB;;

## **INTRODUÇÃO**

Segundo Dantas et al. (2022), as regiões contidas na região Nordeste do Brasil (NEB) são vulneráveis aos impactos das variabilidades e das mudanças climáticas, em particular aos impactos causados pela qualidade da quadra chuvosa, ou seja, são dependentes da quantidade de chuvas que são observadas no período de fevereiro a maio de cada ano, para a agropecuária e para armazenamento de recursos hídricos na região. Assim, a quantificação correta desta variável atmosférica é essencial para o entendimento da climatologia e da variabilidade climática das chuvas observadas nas diversas regiões contidas no NEB, incluindo a região semiárida (RSANEB).

Os dados produzidos nos modelos climáticos representam ferramentas que podem auxiliar nestes estudos, principalmente, por não apresentarem falhas nas séries de dados disponíveis. Dessa forma, o diagnóstico do desempenho, em particular dos erros de viés dos campos de precipitação do clima presente, ou do passado recente, produzidos nos modelos contidos no CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6*) podem auxiliar os estudos que visam o entendimento da climatologia e das variabilidades climáticas, bem como das projeções climáticas futuras nestas regiões (Liu et al, 2022).

## **OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desempenho dos campos de precipitação de vinte dos modelos climáticos contidos no CMIP6, comparados com os dados obtidos no CMAP (*CPC Merged Analysis of Precipitation*), usados como referencial de observações, na região Norte do NEB.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram usados neste estudo os dados dos campos de precipitação obtidos para a região Norte do NEB de vinte e cinco modelos climáticos contidos no CMIP6, e como referencial de dados observados o conjunto de dados do CMAP, em um período denominado de *historical*, em particular para 30 anos de dados (1981-2010). No tratamento e análise dos dados obtidos (CMIP6 e CMAP) utilizou-se a

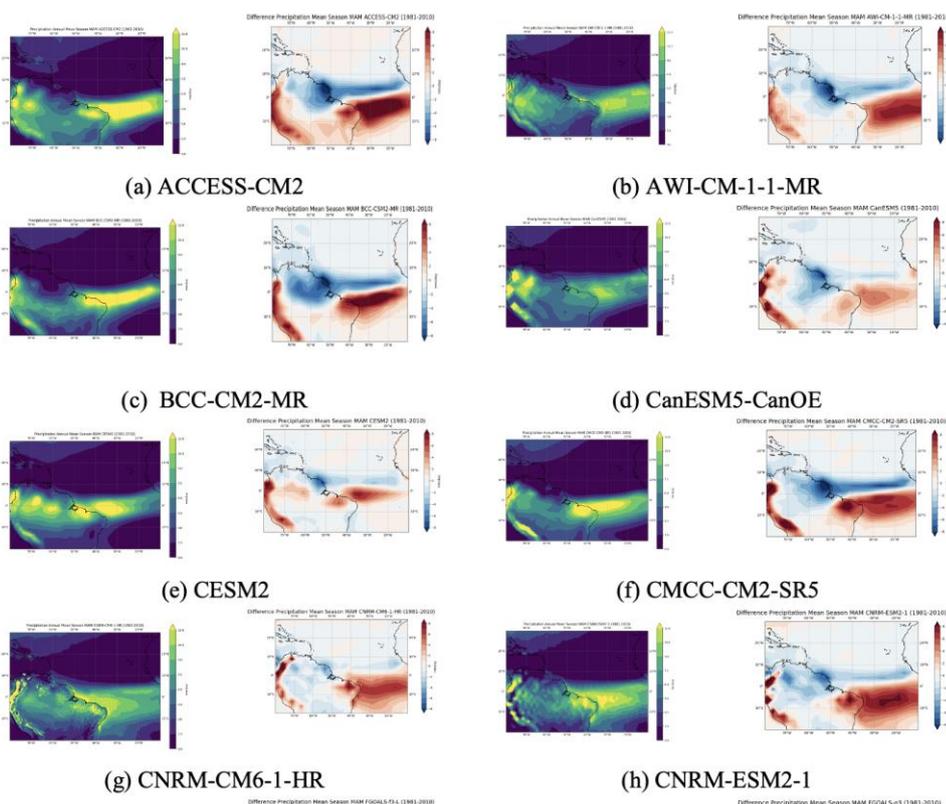
ferramenta de análise e visualização de dados *Python*®, que contém rotinas de análise estatísticas que auxiliam na construção de gráficos do tipo *BoxPlot* que auxiliam na representação da distribuição da variável em estudo por meio da técnica dos *Quartis* que divide uma amostra de dados em quatro partes iguais e avalia a dispersão e a tendência central do conjunto de dados numéricos em estudo.

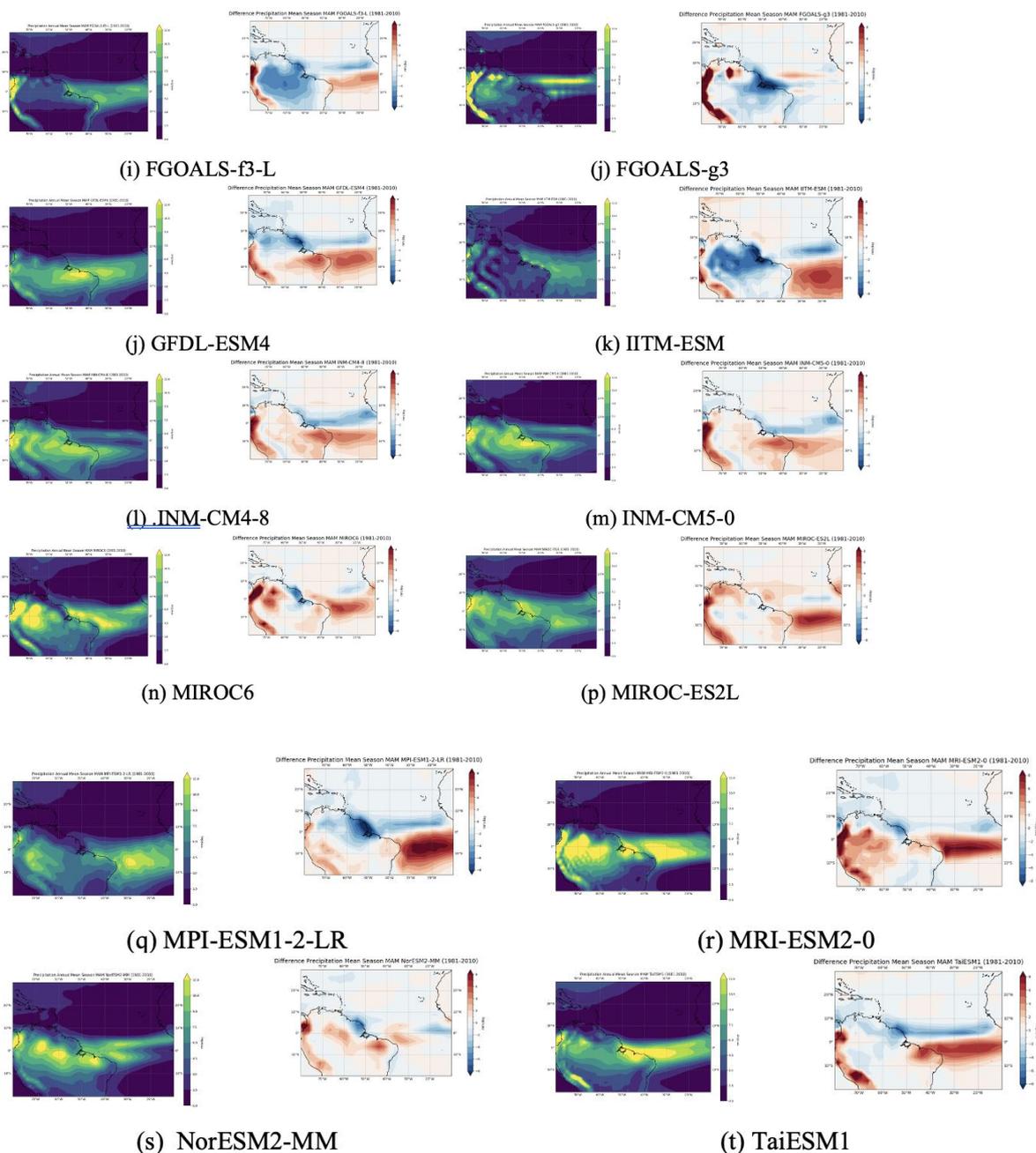
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontra-se os mapas com os campos climatológicos de precipitação pluviométrica (média climatológica) sobre a região Norte do NEB, os mapas apresentados nesta figura mostram o domínio geográfico de influência da ZCIT (Zona de convergência intertropical), principal sistema meteorológico causador de chuvas na região em estudo (Reis Ribeiro et al., 2023), assim, pressupõe-se que a satisfatória representação da ZCIT deve gerar corretos mapas de chuvas para a região em estudo.

Os resultados obtidos mostram que a maioria dos vinte modelos em estudo, quando comparados com os dados do CMAP, apresentam o deslocamento da ZCIT para a região Sul do Oceano Atlântico, fazendo com que apresentem mais chuva nas regiões contidas no Norte do NEB, apenas dois modelos representam a ZCIT completamente ao Norte do Atlântico, mostrando baixos valores de precipitação na região.

Figura 1 - Mapas climatológicos de precipitação pluviométricas (CMIP6) e CMIP6 comparados com o CMAP.

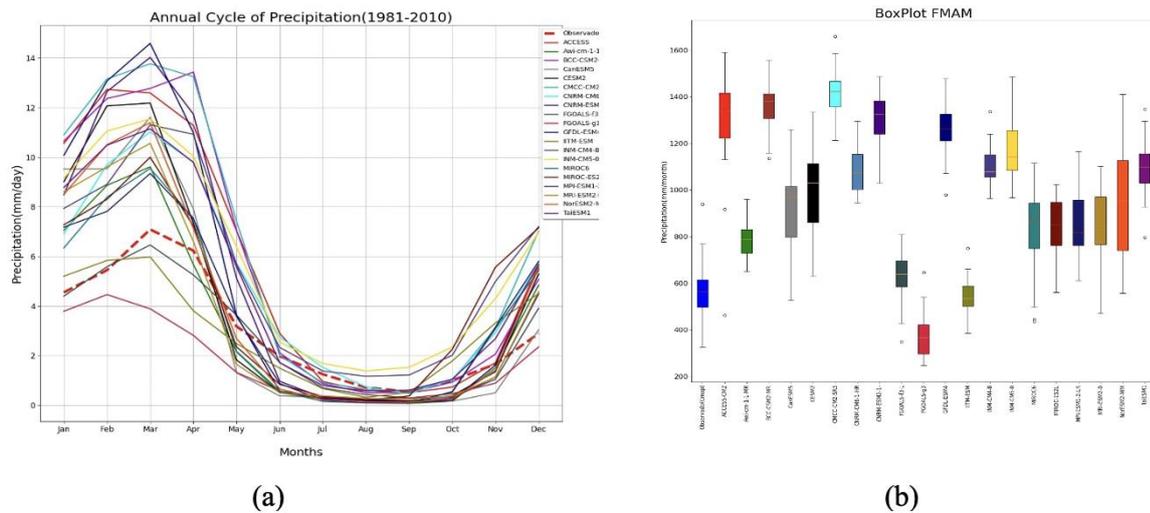




Na Figura 2 são mostradas as séries de dados (climatologia mensal) obtidas dos modelos do CMIP6 e do CMAP, além de um *BloxPlot* que mostra a análise comparativa desses dados numéricos por meio da técnica dos *Quartis*. Concordante com campos apresentados na figura anterior, observam-se que a maioria dos modelos climáticos investigados neste estudo apresentam uma concentração das chuvas no primeiro semestre de cada ano, em particular no período de fevereiro a maio, período da estação chuvosa no Norte do NEB, região onde está localizada a RSANEB.

Em adição, se observa no *BloxPlot* (Figura 2b) que a maioria dos modelos climáticos do CMIP 6 superestima os quantitativos das chuvas médias observadas na região em estudo. No entanto, é possível identificar que para a RSANEB, em que se observa um total médio de até 600 mm/ano, se tem quatro modelos com potencial de uso em estudos climáticos, isto por apresentarem precipitação média próxima dos observados nestas regiões. Nas regiões que apresentam chuvas médias entre 600 e 1.200 mm/ano se encontram a maioria dos modelos investigados e nas regiões litorâneas, em que se observa chuvas médias acima de 1.200 mm/ano se encontram cinco dos vinte modelos investigados com potencial de uso em estudos climatológicos.

Figura 2 - Dados climatológicos e *BloxPlot* com a análise dos dados.



## CONCLUSÃO

Conclui-se que os modelos climáticos investigados conseguem capturar as características dos padrões das chuvas observadas na região Norte do NEB, incluindo-se a RSANEB, e que estas informações climáticas podem auxiliam em estudos que objetivam conhecer a climatologia e identificar as variabilidades e mudanças climáticas observadas nestas regiões. Por fim, sugere-se futuros estudos para testar as parametrizações físicas contidas nestes modelos para realizar os ajustes dos campos de saída dos valores das chuvas nestas regiões.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UECE.

## REFERÊNCIAS

Dantas et al. Future Changes in Temperature and Precipitation over Northeastern Brazil by CMIP6 Model Water 2022, 14, 4118. <https://doi.org/10.3390/w14244118>  
<https://www.mdpi.com/journal/water>.

Liu et al. Increased extreme swings of Atlantic intertropical convergence zone in a warming climate, Nature Climate Change Vol 12 September 2022 828-833.

Reis Ribeiro, R. M., Vitorino, M. I., & Moura, M. do N. (2023). VARIABILIDADE SAZONAL DA ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL E SUA INFLUÊNCIA SOBRE O NORTE DA AMÉRICA DO SUL. Revista Brasileira De Geografia Física, 16(5), 2798-2810. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2798-2810>.

## **Análise da parametrização de microfísica e cumulus do modelo WRF (WRF-Solar) para simulação de Radiação Solar em Alagoas**

**Taiane Alves da Silva** <sup>1</sup>; **Ewerton de Souza Muniz** <sup>2</sup>; **Rosiberto Salustiano da Silva Junior** <sup>3</sup>; **Luan Santos de Oliveira Silva** <sup>4</sup>; **Diogo Nunes da Silva Ramos** <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, S/n - Tabuleiro do Martins, Maceió - AL; <sup>2</sup>Discente. Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, S/n - Tabuleiro do Martins, Maceió - AL; <sup>3</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, S/n - Tabuleiro do Martins, Maceió - AL; <sup>4</sup>Discente. Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, S/n - Tabuleiro do Martins, Maceió - AL; <sup>5</sup>Meteorologista. SENAI CIMATEC. Av. Orlando Gomes, 1845 - Piatã, Salvador - BA, 41650-010

### **RESUMO**

A radiação solar desempenha um papel crucial no desenvolvimento de fontes de energia sustentáveis, especialmente em regiões como Alagoas. Localizado no nordeste do Brasil, é caracterizado por uma alta incidência de radiação solar devido à sua posição geográfica próxima ao equador e ao clima tropical. Com um dos maiores índices de irradiância solar do país, apresenta um grande potencial para a utilização de sistemas fotovoltaicos, que podem fornecer uma alternativa limpa e economicamente vantajosa para a geração de energia. No entanto, a elevada incidência solar também impõe desafios específicos, como a necessidade de otimizar a captação e o aproveitamento da energia solar, bem como a variabilidade dos padrões de radiação ao longo do tempo. Para tentar entender esses desafios e melhorar a precisão das previsões de radiação solar, neste estudo foram realizadas análises utilizando o modelo numérico Weather Research and Forecasting Model (WRF), na sua extensão para radiação solar, conhecida como WRF-Solar. Este modelo é projetado especificamente para aplicações de energia solar, aprimorando a simulação da irradiância solar e seus impactos sobre nuvens e aerossóis. Neste estudo, foram extraídos dados pontuais da estação A303 do INMET, localizada na latitude -9.55 e longitude -35.77, para validar os resultados obtidos com o modelo. A validação envolveu a comparação dos dados simulados com os dados reais da estação, utilizando os seguintes critérios: Erro Quadrático Médio (RMSE): Calculado para avaliar a magnitude média dos erros de previsão. Viés: para determinar a tendência sistemática na previsão e o Coeficiente de Correlação: para determinar a relação entre os dados simulados e observados. A configuração do modelo incluiu a ativação do esquema estocástico e do esquema de Deng. O esquema estocástico introduz variabilidade aleatória nos parâmetros do modelo, permitindo capturar uma gama ampla de possíveis estados atmosféricos e melhorando a previsão de fenômenos sensíveis a pequenas mudanças nas condições iniciais. Por outro lado, o esquema de Deng é um método de parametrização que aprimora a simulação de processos microfísicos, como a formação e evolução de partículas de nuvem e precipitação, fornecendo uma representação mais precisa das interações entre aerossóis e nuvens. Os resultados demonstraram que a combinação dos esquemas levou à utilização da parametrização 6.3 (WSM 6-class graupel scheme/Grell-Freitas ensemble scheme) como a configuração com melhor desempenho para Alagoas. A eficácia da parametrização 6.3 pode ser atribuída por fatores como: O WSM 6-class graupel scheme é particularmente eficaz na simulação dos processos microfísicos típicos de regiões tropicais. Por outro lado, a parametrização 6.3 oferece uma representação detalhada das interações entre nuvens e aerossóis, o que é crucial para capturar a variabilidade da irradiância solar em áreas com intensa atividade convectiva. Por fim, o Grell-Freitas ensemble scheme melhora significativamente a modelagem dos processos de convecção, resultando em previsões mais precisas dos eventos meteorológicos que influenciam a irradiância solar. Esses fatores contribuem para a escolha da parametrização 6.3 como a mais adequada para a região, reforçando a importância de usar configurações de modelo que considerem as características climáticas e meteorológicas específicas do local estudado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia limpa; Esquema Estocástico; Esquemas de Deng;;

### **AGRADECIMENTOS**

A Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio e financiamento concedidos ao meu projeto de pesquisa e ao Laboratório de Modelagem Atmosférica (LabModel) este suporte foi fundamental para o desenvolvimento e a realização dos objetivos propostos.

# **12. Interação Oceano- Atmosfera**

# A influência combinada do dipolo subtropical do Atlântico Sul e do El Niño-Oscilação Sul nas chuvas de monção na África Austral

**Kenedy Cipriano Silverio** <sup>1</sup>; **Tercio Ambrizzi** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo (USP). R. do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-090; <sup>2</sup>Docente. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo (USP). R. do Matão, 1226 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-090

## RESUMO

A África Austral (AA), definida aqui como subcontinente africano a sul de 10°S, geralmente registra a sua máxima precipitação sazonal durante o pico da monção (Dezembro-Janeiro-Fevereiro; DJF). Portanto, a qualidade desta época é de extrema importância para as principais actividades dependentes da chuva (ex.: agricultura e energia hidroeléctrica), das quais depende a economia de muitos países da AA. Estudos anteriores mostraram que o clima da região é afectado por anomalias da temperatura da superfície do mar dos oceanos Indo-Pacífico (TSM) associadas ao Dipolo Subtropical do Oceano Índico (SIOD) e ao El Niño Oscilação Sul (ENSO), com SIOD complementando (perturbando) as anomalias relacionadas ao ENSO quando o ENSO e o SIOD estão em opostas (mesmas) fases. Na tentativa de complementar esses resultados, analisamos neste estudo os efeitos combinados do ENSO e do Dipolo Subtropical do Atlântico Sul (SASD) na precipitação de monção da AA, usando produtos mensais de reanálise do NCEP-NCAR, precipitação do GPCC V2022, OLR da NOAA e TSM do U.K. Hadley Centre em forma de anomalias para o período de 1981-2023. Descobrimos que o SASD tende a fortalecer (fortemente enfraquecer) as anomalias relacionadas ao ENSO no norte (em toda a região) da AA. Embora não esteja completamente claro, os trópico-extratropicos parecem ser o principal mecanismo através do qual esses efeitos são produzidos. Estes resultados podem ajudar a melhorar a previsão climática sobre a AA, uma vez que esta região é afetada por anomalias de TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico, além do Oceano Índico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monção da África Austral; ENSO e SIOD; ENSO e SASD; Precipitação de monção;

## AGRADECIMENTOS

The first author gratefully acknowledges the São Paulo Research Foundation (FAPESP) financial support through the award of research grant #2022/14424-6, FAPESP, and Higher Polytechnic Institute of Songo (ISPS), which granted the leave to Brazil to perform this research, as well the Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo (USP) for accepting him as Postdoctoral Researcher. The second author, Tercio Ambrizzi, acknowledges the support for research grant #2017/09659-6, FAPESP, the base for the first author grant.

# Relações entre a concentração de clorofila e a precipitação no Oceano Atlântico Tropical

**RAIMUNDO VITOR SANTOS PEREIRA**<sup>1</sup>; **Vinício Lima Santos**<sup>1</sup>; **Breno Tramontini Steffen**<sup>1</sup>; **Leticia Stachelski**<sup>1</sup>; **Ronald Buss de Souza**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente de Pós graduação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Dutra km 40; <sup>2</sup>Docente. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Dutra km40

## RESUMO

A atividade biológica na camada superficial do oceano, particularmente através do fitoplâncton, produz partículas e gases que afetam as propriedades radiativas da camada limite atmosférica marinha, incluindo aerossóis que podem atuar como núcleos de condensação de nuvens (CCN). Esses CCN influenciam a quantidade e as propriedades das nuvens, o que, por sua vez, pode alterar a quantidade de precipitação. Desse modo, este estudo tem como objetivo analisar a relação entre a concentração de clorofila e a precipitação no Oceano Atlântico Tropical. Os dados foram obtidos de duas fontes principais: a concentração de clorofila ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) foi obtida através do Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS), enquanto os dados de precipitação ( $\text{mm}/\text{dia}$ ) foram adquiridos da reanálise ERA5, fornecida pelo ECMWF. Ambos os conjuntos de dados foram analisados com resolução temporal mensal para o ano de 2022 e resolução espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . Para a análise das duas variáveis, foram utilizados mapas de correlação mensal. Nos resultados, a concentração de clorofila apresenta valores distintos entre as estações; no período de janeiro a março há quantitativos próximos de  $0,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ , particularmente ao longo da costa oeste africana. Durante os meses de junho a agosto há valores entre  $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$  e  $0,4 \text{ mg}/\text{m}^3$ , e, além disso, no período de setembro a novembro, a concentração de clorofila apresenta padrões ondulatórios sobre o Oceano Atlântico Tropical. O aumento da variável está ligado a processos de ressurgência costeira, onde águas ricas em nutrientes são trazidas para a superfície, estimulando a produção primária. Já a precipitação apresenta variação sazonal ao longo do ano; nessa região, a precipitação é mais intensa devido à presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). No entanto, em regiões com elevados valores de clorofila encontram-se valores intensos de precipitação. Esse resultado está relacionado justamente ao transporte de CCN na atmosfera, impactando em maiores quantitativos pluviométricos. A correlação positiva é observada principalmente em zonas específicas ao longo do ano, muitas vezes associadas à ZCIT e à região de ressurgência de Cabo Verde, onde o aumento de nutrientes suporta a produção de clorofila. Portanto, conclui-se que as duas variáveis nem sempre se relacionam de forma linear, mas podem apresentar relações nas quais a clorofila aumenta moderadamente os acumulados pluviométricos locais e a precipitação impacta na produção de clorofila, resultando em um mecanismo de feedback complexo e ainda não conhecido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concentração de clorofila; Precipitação; Oceano Atlântico;;

# **Estrutura vertical oceânica na vizinhança da Península Antártica no período de outono e inverno de 2008 obtida através de dados coletados por mamíferos marinhos**

**RAIMUNDO VITOR SANTOS PEREIRA**<sup>1</sup>; Breno Tramontini Steffen<sup>1</sup>; Ronald Buss de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente de pós de graduação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Dutra km40; <sup>2</sup>Docente. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Dutra km40

## **RESUMO**

O Projeto MEOP (Marine Mammals Exploring the Oceans Pole to Pole) utiliza elefantes-marinhos-do-sul (*Mironga leonina*) equipados com sensores oceanográficos para coletar dados de temperatura, salinidade e pressão em águas polares durante seus mergulhos. Esse estudo tem como objetivo analisar a estrutura termohalina do Oceano Austral nas cercanias da Península Antártica durante o inverno e outono de 2008. Para isso, foram utilizados dados de CTDs, que registraram informações entre fevereiro e outubro, com foco nos períodos de outono e inverno. As variáveis analisadas incluíram temperatura, salinidade e densidade potencial, a partir das quais foi possível identificar a estrutura das massas d'água por meio de diagramas T-S. Nos resultados, as camadas superficiais têm uma maior variabilidade, especialmente devido à influência das condições ambientais sazonais. No inverno, a temperatura da superfície do mar (TSM) chega a valores abaixo de 0 °C, enquanto no outono, as flutuações são mais intensas. A salinidade também varia consideravelmente nas camadas superiores, com eventos que podem reduzir as concentrações de sal devido a fatores como precipitações e aportes de água doce. Nas camadas mais profundas, tanto a temperatura quanto a salinidade da água do mar são muito mais estáveis. Abaixo de 200 m, nas camadas mais profundas, tanto a temperatura quanto a salinidade foram mais estáveis, com temperaturas entre 1 e 2 °C e salinidade em torno de 34.5 a 35. No inverno, as massas d'água densas, como a Água Profunda Circumpolar Inferior (LCDW) e a Água Antártica de Fundo (AABW), predominam nas camadas mais profundas, influenciando a circulação termohalina. Em contrapartida, o outono mostrou maior variabilidade nas camadas superficiais. Desse modo, conclui-se que no inverno a salinidade aumenta em relação ao outono, enquanto a temperatura da água do mar aumentou no período de outono quando comparado ao inverno. Além disso, evidencia-se o resultado esperado de que as massas d'água mais densas e profundas mantêm uma homogeneidade ao longo do tempo, enquanto as camadas superiores são mais heterogêneas, respondendo às variações sazonais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estrutura Termohalina; Massas d'água; Camadas;;

## Modos de variabilidade do Atlântico nos últimos 8.000 anos por uma simulação numérica transiente

**Luciana Figueiredo Prado**<sup>1</sup>; **Ilana Wainer**<sup>2</sup>; **Johann Jungclaus**<sup>3</sup>; **Anne Dallmeyer**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Docente. Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, 524 - 4º andar, Maracanã, Rio de Janeiro-RJ;<sup>2</sup>Docente. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. Praça Oceanográfico, 191 - Vila Universitaria, São Paulo - SP;<sup>3</sup>Pesquisador. Max-Planck-Institut für Meteorologie. Bundesstraße 53, 20146, Hamburgo, Alemanha

### RESUMO

Compreender o impacto de diferentes forçantes sobre a variabilidade climática no Atlântico é essencial para dimensionar impactos das mudanças do clima sobre diferentes setores socioeconômicos. A temperatura de superfície do mar (TSM) nessa região tem impactos diretos sobre o clima da América do Sul e do Oeste Africano. Contudo, este tipo de estudo depende de séries temporais longas que possibilitem examinar comportamentos de longo prazo. Neste sentido, métodos paleoclimáticos são ferramentas ideais por possibilitar reconstruções de climas antigos. Neste estudo, utilizamos saídas do Modelo do Sistema Terrestre do Instituto Max Planck para Meteorologia (MPI-M) obtidas a partir de uma simulação transiente dos últimos ~8.000 anos. O modelo MPI-ESM1.2 apresenta ciclo do carbono completo, vegetação dinâmica com mudanças em tipos funcionais de plantas a partir de alterações em temperatura e precipitação, ciclos biogeoquímicos, dentre outras características que o colocam no estado-da-arte da modelagem climática. As forçantes do MPI-ESM1.2 incluíram variações em insolação, concentração de gases estufa, em aerossóis e mudanças no uso da terra, permitindo uma completa representação do Sistema Climático. Aqui iremos caracterizar os modos de variabilidade do Oceano Atlântico usando as saídas do MPI-ESM1.2 de forma a identificar possíveis alterações em variabilidade associadas a variações em insolação desde o início do Holoceno médio (~8.000 anos atrás). Análises estatísticas e espectrais serão aplicadas a séries temporais transientes, bem como a janelas temporais de interesse. Resultados preliminares para o MPI-ESM1.2 indicam subestimativa da magnitude do ciclo anual de TSM do Modo zonal do Atlântico, e também de antecipação do pico em variabilidade de TSM, quando comparados com dados observados no período moderno (1961-2020). Também serão examinados a Variabilidade Multidecadal do Atlântico, o Modo Meridional do Atlântico, e o Dipolo Subtropical do Atlântico Sul.

**PALAVRAS-CHAVE:** temperatura de superfície do mar; modelo do sistema terrestre; paleoclimatologia; modelagem climática; simulação transiente

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento da pesquisa (Proc. n°. 405607/2023-7)

# VARIAÇÕES EM TEMPERATURA DO AR NA ANTÁRTICA REGISTRADAS PELO CRIOSFERA 1 E RELAÇÕES COM O MODO ANULAR SUL

**Rebecca Labhardt Alves**<sup>1</sup>; **Luciana Figueiredo Prado**<sup>2</sup>; **Heitor Evangelista**<sup>3</sup>; **Ronald Buss de Souza**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. R. São Francisco Xavier, 524 - Bloco E - 4º Andar - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, 20550-900;<sup>2</sup>Docente. Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. R. São Francisco Xavier, 524 - Bloco E - 4º Andar - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, 20550-900;<sup>3</sup>Docente. Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. R. São Francisco Xavier, 524, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, Subsolo, Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, 20550-900;<sup>4</sup>Docente. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Rod. Presidente Dutra km 40, Cachoeira Paulista - SP, 12630-000

## RESUMO

A Antártica detém as maiores reservas de gelo (90%) e água doce (70%) do Planeta, e é a região de formação de massas de ar e d'água frias e densas que influenciam o clima global via circulações atmosférica e oceânica. No entanto, esse continente vem sofrendo mudanças nas últimas décadas. Estudos anteriores identificaram recentemente uma maior ocorrência de eventos de calor extremo na Antártica, bem como um aumento da temperatura do ar (Tar) média na superfície, o que pode resultar em retração de gelo marinho e aumento do nível do mar. Nos últimos 50 anos, a temperatura média do ar na Península Antártica aumentou em 2,5 °C. Padrões de variabilidade climática também podem ser influenciados pelo aquecimento global. O Modo Anular Sul (Southern Annular Mode, SAM), é caracterizado por uma estrutura anular no campo de pressão ao nível médio do mar em torno da Antártica, com sinal oposto às anomalias sobre o continente. As fases positiva e negativa do SAM influenciam o clima em latitudes menores, afetando o deslocamento de massas de ar e a formação de ciclones extratropicais. Desta forma, monitorar o clima antártico é de suma importância para prever mudanças no clima. O Módulo Criosfera 1, localizado em 84°00'S; 79°30'W a 1.200 m de altitude, é o primeiro módulo científico brasileiro instalado no interior do continente antártico, e tem realizado medidas da Tar e outras variáveis desde 2012. Desta forma, o objetivo do presente trabalho é investigar as variações da Tar entre 2012 e o presente medida pelo Criosfera 1 e relacioná-las com o SAM. Para isso, serão calculadas as médias e as anomalias mensais dessas variáveis, assim como o

índice do SAM. Esse será calculado a partir de anomalias mensais de pressão ao nível do mar derivadas da Reanálise ERA5, como a diferença entre anomalias médias normalizadas no cinturão de 65°S de latitude subtraídas do cinturão de 40°S. Posteriormente, serão realizadas análises estatísticas como regressões e correlações. Assim, pretende-se descrever as relações entre Tar e SAM, especialmente em eventos de extremos quentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** pressão atmosférica; eventos extremos; mudanças climáticas;;

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à coordenação da plataforma Criosfera 1 pela disponibilidade dos dados.

## Comparação entre dados de reanálise e observações *in situ* de fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera no Atlântico Tropical

**Letícia Stachelski** <sup>1</sup>; **Vinício Lima Santos** <sup>1</sup>; **Mariana Monteiro dos Santos Gandra** <sup>1</sup>; **Fernanda Casagrande** <sup>3</sup>; **Ronald Buss de Souza** <sup>2</sup>; **Breno Tramontini Steffen** <sup>1</sup>; **Raimundo Vitor Santos Pereira** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Discente. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Rodovia Presidente Dutra, KM 40, Cachoeira Paulista - SP; <sup>2</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Rodovia Presidente Dutra, KM 40, Cachoeira Paulista - SP; <sup>3</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Rodovia Presidente Dutra, KM 40, Cachoeira Paulista - SP

### RESUMO

A região tropical, com sua elevada energia térmica, desempenha um papel essencial nos processos atmosféricos e oceânicos, sendo fundamental para o balanço energético global. Este estudo analisa comparativamente os fluxos de calor latente e sensível entre a reanálise ERA5 e as estimativas do algoritmo COARE3.0b no Atlântico Tropical. Utilizando dados médios mensais de sete boias do Projeto PIRATA, abrangendo o período 1998 a 2024, os fluxos foram calculados pela formulação Bulk do COARE3.0b. Os resultados indicam que o ERA5 apresenta uma tendência de superestimação dos fluxos de calor, com diferenças percentuais de 20,93% para o calor latente e 19,89% para o calor sensível. Em valores absolutos, o ERA5 registrou uma média de 137,40 W/m<sup>2</sup> para o calor latente, em comparação aos 113,21 W/m<sup>2</sup> estimados pelo COARE3.0b. Para o calor sensível, o ERA5 apresentou uma média de 9,15 W/m<sup>2</sup>, em contraste com os 7,36 W/m<sup>2</sup> calculados pelo COARE3.0b. Embora as correlações entre os conjuntos de dados sejam significativas ( $r = 0,92$  para o calor latente e  $r = 0,80$  para o calor sensível), as discrepâncias evidenciadas pelo viés médio (MB) de 24,19 W/m<sup>2</sup> para o calor latente e 1,82 W/m<sup>2</sup> para o calor sensível, juntamente com os RMSE de 26,08 W/m<sup>2</sup> e 2,20 W/m<sup>2</sup>, respectivamente, indicam variações substanciais entre as estimativas. Essas diferenças sugerem que o ERA5 tende a capturar maior intensidade nas trocas de calor, o que pode impactar a representação da evaporação e do transporte de umidade nos modelos climáticos. Embora o ERA5 se destaque em análises de larga escala, suas estimativas podem superestimar fluxos de calor em relação ao COARE3.0b, que oferece maior precisão em condições específicas. Isso ressalta a necessidade de abordagens complementares, combinando diferentes metodologias e validações *in situ*, para uma representação mais robusta e detalhada das interações oceano-atmosfera no Atlântico Tropical.

**PALAVRAS-CHAVE:** Interação ar-mar; Fluxos de calor; Oceano Atlântico Tropical;;

# ANÁLISE DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DURANTE NEVOEIROS NA BAÍA DE GUANABARA/RJ

**Fellipe Romão Sousa Correia<sup>1</sup>; Pamella Sampaio Nascimento Amaro<sup>1</sup>; Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Profissional. Centro de Hidrografia da Marinha. Rua Barão de Jaceguay, s/n, Ponta da Areia, Niterói/RJ.;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Avenida Athos da Silveira Ramos, 274 Cidade Universitária - Ilha do Fundão Rio de Janeiro - RJ - Brasil

## RESUMO

A ocorrência de nevoeiros é um fator que gera grande impacto na aeronavegação e na navegação marítima. Na Baía de Guanabara/RJ (BGRJ), por exemplo, há grande concentração de atividades civis e militares que podem ser afetadas por condições meteorológicas adversas. Os nevoeiros, em particular, possuem potencial para gerar risco na correta condução dessas atividades, dado que reduzem a visibilidade horizontal para menos de 1 km. A formação de nevoeiros na BGRJ depende de alguns fatores específicos, tais como a disponibilidade de vapor d'água na atmosfera e a interação entre a temperatura da superfície do mar (TSM) e a do ar adjacente. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a TSM e sua anomalia no interior e na entrada da BGRJ durante eventos de nevoeiro entre 2019 e 2023. Para caracterizar os nevoeiros foram utilizados reportes dos aeródromos SBGL e SBRJ, localizados no interior e na entrada da BGRJ, respectivamente. A análise da TSM proveio de estimativas satelitais do sensor Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR), cujos dados são diários e com resolução espacial de 0,011° (aproximadamente 1 km). Foram contabilizados 17 episódios no total, sendo 8 no SBRJ e 10 no SBGL, havendo apenas 1 dia de ocorrência simultânea nos aeródromos. O SBGL (SBRJ) apresentou TSM média de todos os eventos de 22,6°C (23,2°C), com anomalia de -0,1°C (-0,6°C). A diferença entre TSM e a temperatura do ar (TSM-T<sub>ar</sub>) também foi avaliada, obtendo-se 4,3°C (0,6°C) no SBGL (SBRJ). A presença de um ar mais frio sobre a superfície do oceano, aliado a um padrão de anomalias negativas de TSM contribuíram para inibir processos de mistura convectiva, mantendo a atmosfera estável e úmida em baixos níveis suficientemente para formar os nevoeiros. Constatou-se ainda que nevoeiros mais fortes, ou seja, que mais reduziram a visibilidade horizontal, estiveram associados a maiores diferenças de TSM-T<sub>ar</sub>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nevoeiro; TSM; Visibilidade;;

## Mudanças no Giro Subtropical do Atlântico Sul durante a Terminação V

**Breno de Souza Marques**<sup>1</sup>; **Bruna Borba Dias**<sup>4</sup>; **Gelvam André Hartmann**<sup>2</sup>; **Cristiano Mazur Chiessi**<sup>5</sup>; **Tainã Marcos Lima Pinho**<sup>6</sup>; **Thiago Pereira dos Santos**<sup>5</sup>; **Rodrigo Azevedo Nascimento**<sup>7</sup>; **Marília de Carvalho Campos**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluno de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Rua Carlos Gomes, 250 Campinas - SP - Brasil CEP. 13083-855;<sup>2</sup>Professor. Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Rua Carlos Gomes, 250 Campinas - SP - Brasil CEP. 13083-855;<sup>3</sup>Professora colaboradora . Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Rua Carlos Gomes, 250 Campinas - SP - Brasil CEP. 13083-855;<sup>4</sup>Pesquisadora . Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. Rua Arlindo Betito, 1000 São Paulo - SP - Brasil CEP. 03828-000;<sup>5</sup>Professor . Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. Rua Arlindo Betito, 1000 São Paulo - SP - Brasil CEP. 03828-000;<sup>6</sup>Aluno de doutorado . Alfred Wegener Institute, Helmholtz Center for Polar and Marine Research . Am Alten Hafen 26, 27568 Bremerhaven , Germany - Building D, Room 1460;<sup>7</sup>Professor . Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná . Av. Beira-mar, Pontal do Sul - PR - Brasil CEP. 83255-976

### RESUMO

Os giros subtropicais são elementos fundamentais do sistema climático da Terra, atuando na distribuição de energia entre as baixas e altas latitudes. Dados observacionais mostram que essas feições têm sofrido mudanças nas últimas décadas em virtude das mudanças climáticas. O Giro Subtropical do Atlântico Sul (GSAS) tem sofrido um deslocamento para sul, no entanto, a falta de dados de monitoramento de longo prazo impede uma compreensão aprofundada a respeito das tendências de tais mudanças. Registros paleoceanográficos obtidos no sudeste do Atlântico Sul permitem investigar variações do GSAS em escalas de tempo mais longas, uma vez que essa região é influenciada pelo limite sul do Giro Subtropical do Atlântico Sul. Investigar migrações do GSAS durante transições glaciais-interglaciais é de grande importância, uma vez que as transições ocorreram sob condições de contorno de aquecimento global. Este trabalho está investigando as mudanças na posição do limite sul do GSAS Giro Subtropical do Atlântico Sul durante a Terminação V (ca. 400 mil anos antes do presente) através da abundância relativa da espécie de foraminífero planctônico *Globorotalia truncatulinoides* de um testemunho sedimentar marinho coletado no sudeste do Atlântico Sul. Os resultados a serem obtidos permitirão o melhor entendimento do transporte de energia interhemisférico em escala orbital.

**PALAVRAS-CHAVE:** Foraminíferos; MIS 11; Paleoceanografia; Paleoclimatologia; Termoclina

# A RESSURGÊNCIA DE CABO FRIO: INDICADORES MÉDIOS A PARTIR DE DADOS DE REANÁLISE

**Erica Ferreira Dias<sup>1</sup>; Luciana Figueiredo Prado<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudante . Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. R. São Francisco Xavier, 524 - Bloco E - 4º andar - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, 20550-900;<sup>2</sup>Docente. Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. R. São Francisco Xavier, 524 - Bloco E - 4º andar - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, 20550-900

## RESUMO

O Oceano Atlântico tem papel essencial no transporte de calor e na manutenção da biodiversidade e exerce influência direta no clima global. As regiões de ressurgência costeira ocorrem onde os ventos sopram quase paralelos ao litoral, como costas ocidentais das Américas do Norte e do Sul. Com a combinação dos ventos paralelos à costa, a força de Coriolis e o transporte de Ekman, as águas superficiais são afastadas da costa, e águas profundas, mais densas, emergem para substituí-las. Assim, esse fenômeno contribui com mudanças em temperatura de superfície do mar e na disponibilidade de nutrientes para a produtividade primária do fitoplâncton. Portanto, as regiões de ressurgência influenciam diretamente na manutenção dos ecossistemas marinhos e na economia. Na costa brasileira, a ressurgência de Cabo Frio ocorre em função do meandramento da Corrente do Brasil e por conta dos ventos alísios de leste e nordeste que atuam principalmente no verão. O aquecimento global observado nas últimas décadas gera alterações no clima global e pode mudar a circulação atmosférica e oceânica, influenciando na ressurgência, na manutenção dos ecossistemas e na economia. Portanto, este estudo pretende determinar as condições meteoceanográficas médias na região de Cabo Frio (Atlântico Sudoeste) para o período recente (1980-2024) e examinar padrões médios e variações na região do Atlântico sudoeste. Para isso, serão utilizados dados mensais das reanálises ERA5 e GODAS, para obter campos médios anuais, mensais e sazonais, de pressão atmosférica, ventos, função de corrente, e temperatura da superfície do mar. As próximas etapas deste estudo incluem realizar as mesmas análises para as saídas de um experimento transiente dos últimos 8.000 anos com o modelo do sistema terrestre do Instituto Max Planck para Meteorologia versão 1.2, de forma a avaliar a ressurgência de Cabo Frio desde o Holoceno médio até o presente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Oceano Atlântico; temperatura da superfície do mar; nutrientes; produtividade primária;

# Estudo do balanço dos fluxos de calor na região da radial de alta densidade do XBT NOAA AX97

**Louise Moulin da Silva** <sup>1</sup>; **Mauro Cirano** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduando. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro

## RESUMO

As variações temporais e espaciais da temperatura nos oceanos são indicativos da transferência de calor pelas correntes marinhas, pela absorção de energia e pela perda de evaporação. Por isso, compreender como a absorção da energia solar, principalmente no momento que ocorre a interação atmosfera - oceano, é importante. A absorção da energia depende da taxa líquida de calor que entra ou sai no oceano. Isto é governado pelos 4 termos do balanço de calor, que são os fluxos de calor latente e sensível e as radiações de ondas curtas e longas. A área escolhida para este trabalho engloba a região de estudo do projeto "MONitoramento da VARIabilidade Regional do Transporte de Calor na camada superficial do Oceano Atlântico entre o Rio de Janeiro (RJ) e a Ilha da Trindade (ES) - MOVAR", onde é executada a radial de alta densidade de XBT NOAA AX97. Este projeto representa o mais longo monitoramento continuado da Corrente do Brasil (Goes et al., 2019), realizado pelo UFRJ e FURG em parceria com a Marinha do Brasil e a NOAA. Esta pesquisa foi desenvolvida através do entendimento sobre o que deveria ser esperado para esses fluxos de calor na área do Atlântico Sul, principalmente na região que engloba o MOVAR, usando como referência o livro de Talley et al. (2011), uma vez que existe uma falta de dados in situ disponíveis. Para esta pesquisa, foram escolhidas as seguintes reanálises: i) ERA5 (Hersbach, 2023), ii) NOCS (Taylor et al., 2009), iii) MERRA-2 (GMAO, 2015) e iv) NCEP-NCAR (Kalnay et al., 1996), que apresentam respectivamente as resoluções espaciais de 0,25° x 0,25°, 1° x 1°, 0,625° x 0,5142° e 2,5° x 2,5°. Os parâmetros utilizados para avaliar o balanço de calor incluíram: i) fluxo de calor latente, ii) fluxo de calor sensível, iii) fluxo de onda curta, iv) fluxo de onda longa e v) balanço líquido. Ressalta-se que a reanálise do NOCS só tem dados disponíveis para a série temporal de 1991 a 2004. Para uma compreensão desses fluxos, a análise foi feita usando a climatologia 1991 a 2020. Os resultados iniciais mostraram que a reanálise NCEP/NCAR apresentou valores mais discrepantes, especialmente para o fluxo de radiação de onda curta, enquanto as outras reanálises exibiram, em sua maioria, valores e comportamentos semelhantes. Esses resultados eram esperados, pois a reanálise NCEP/NCAR possui a menor resolução espacial entre as reanálises analisadas. O intuito desta pesquisa é o de fazer uma avaliação inicial do comportamento dos fluxos de calor na região para auxiliar na implantação de um sistema de monitoramento in situ dos fluxos de calor ao longo da radial de XBT NOAA AX97 e também a intenção de entender qual das reanálises escolhidas melhor corroborou com os resultados descritos por Talley et al. (2011), tanto em termos qualitativos como quantitativos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Interação oceano-atmosfera; Fluxos de calor; Meteorologia;;

## **Análise do Ciclone tropical Freddy (2023) e a comparação de reanálises para seu landfall**

**Christhyan Paixão de Godoy Lopes<sup>1</sup>; Clara Miho Narukawa Iwabe<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Discente. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA 'Julio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 2085 - Nucleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP, 17033-36;<sup>2</sup>Docente. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA 'Julio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 2085 - Nucleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP, 17033-36

### **RESUMO**

Ciclones tropicais são fenômenos de grande escala com potencial para devastar regiões, tornando o estudo desses sistemas de interesse global, uma vez que causam danos irreparáveis a diversas populações. Compreender o comportamento desses sistemas permite que as autoridades políticas adotem medidas de mitigação diante dos eventos, podendo salvar vidas e proteger bens das populações afetadas. Neste estudo, buscamos compreender a segunda formação do ciclone tropical Freddy, que ocorreu em março de 2023, bem como os fatores dinâmicos e termodinâmicos que contribuíram para sua intensificação e mudança de direção. Para entender a dinâmica e a estrutura do sistema, foi utilizado o diagrama de fase, que indica uma possível influência dos altos níveis atmosféricos em sua intensificação. Através dos dados do ERA5, o diagrama de fase sugere essa influência. Também analisaremos como outras reanálises, como o JRA-3Q e o NCEP, representam esse fenômeno no mesmo período, e quais diferenças elas apresentam. Estudos nessa área são essenciais para aprimorar a previsão de eventos extremos e melhorar a compreensão do comportamento dinâmico dos ciclones tropicais. As reanálises desses fenômenos contribuem para uma preparação mais eficaz diante do impacto gerado por esses sistemas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Freddy; Ciclone Tropical; Diagrama de Fase;;

### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Danilo Couto de Souza e Luis Andrés Rodríguez Flores, por plotarem o CPS do Freddy e me auxiliar nesta pesquisa.

## Análise dos mecanismos de feedback climático na Antártica

**Fernanda Casagrande**<sup>1</sup>; **Ronald B. Souza**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pós-Doc. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . Presidente Dutra Km 40 ;<sup>2</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . Rodovia Presidente Dutra Km40

### RESUMO

Um dos sinais mais visíveis do aquecimento global é a rápida mudança ambiental que ocorre nas regiões polares. O aumento amplificado da temperatura nas regiões polares em relação à média global é um fenômeno conhecido como Amplificação Polar e é impulsionado por vários processos de feedback climático que atuam no sentido de amplificar ou amortecer a perturbação inicial em resposta a um dado forçamento radiativo, como por exemplo, o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico. Neste trabalho, analisamos alguns desses mecanismos de feedback para o Continente Antártico (CA) e Oceano Austral (OA), usando 22 modelos pertencentes ao CMIP (Coupled Model Intercomparison Project). Os processos de feedback climático foram decompostos sazonalmente usando a técnica de kernel radiativo aplicada ao experimento numérico abrupto 4 x CO<sub>2</sub>. Os resultados da média multimodelo indicam que o feedback albedo-superfície varia sazonalmente e espacialmente com valores máximos (mínimos) encontrados no verão (inverno), de aproximadamente 11 W.m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup> (-0,2 W.m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>) no OA (CA). Para o feedback do lapse Rate, a média multi-modelos indicou valores máximos (mínimos) no inverno (verão) de aproximadamente 5 W.m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup> (-1,5 W.m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>), no OA (CA). O mecanismo de feedback de Planck apresentou valores mínimos (máximos) no período de inverno (verão), particularmente no Mar de Weddel (CA). O feedback das nuvens é negativo (positivo) no OA (CA) no verão (primavera). Sugerimos que o mecanismo de feedback albedo-superfície (lapse rate) atua no sentido de amplificar o aquecimento nos meses de verão (inverno), enquanto o feedback de nuvens atua no sentido de resfriar no verão, e aquecer no inverno. Entender e quantificar esses mecanismos é considerado um desafio na modelagem climática e carece de respostas conclusivas, especialmente devido à natureza complexa, acoplada e não linear desses mecanismos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Feedback climático; modelagem climática; Oceano Austral;;

### AGRADECIMENTOS

(ii) Estudo multiescala do sistema acoplado oceano-atmosfera-criosfera (SOAC-MULTIESCALA) (CNPq406663/2022-0);

(iii) C3OS - Calor, Conexões e Clima no Oceano Sul (CNPq440879/2023-0).

## Análise da correlação entre os índices de teleconexões e a precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

**Bárbara Velasco Holender**<sup>1</sup>; **Eliane Barbosa Santos**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes - RJ, 28013-602;<sup>2</sup>Professora associada. Laboratório de Meteorologia - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Rua Hermenegildo Adolpho s/n - Parque Bellavista - Imboassica, Macaé - RJ, 27932-125

### RESUMO

Compreender como os padrões de teleconexões influenciam o clima e o tempo de uma região é fundamental para melhorar a previsibilidade diária e sazonal de precipitação. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a correlação entre índices de precipitação e os índices de teleconexões na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (BHRPS). Foram utilizados dados diários de precipitação (de 1963 a 2022) de 89 postos pluviométricos (com percentual de falhas  $\leq 15\%$ ) da rede hidrometeorológica gerenciada pela Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA) e índices de teleconexões do oceano Atlântico obtidos no site da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Foram calculados os índices de extremos climáticos R95pTOT e R99pTOT, a partir dos dados de precipitação, que correspondem, respectivamente, à precipitação anual total dos dias em que precipitação é superior aos percentis 95 e 99. Para verificar relação entre os índices de teleconexões e a precipitação, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. Observou-se um comportamento semelhante nas correlações dos índices *Atlantic Multidecadal Oscillation* (AMO), *Tropical Northern Atlantic Index* (TNA) e *Tropical Southern Atlantic Index* (TSA), com correlação positiva em núcleos localizados no norte da Bacia para os dois índices de precipitação analisados. O R95pTOT e R99pTOT obtiveram correlação negativa com a AMO e TNA na porção sul da bacia. Já para o TSA, foram observadas correlações positivas na porção norte, indicando que a fase positiva (negativa) desses índices de teleconexão contribuem para o aumento (diminuição) de R95pTOT e R99pTOT nessas localidades. Foi observada correlação positiva entre R95pTOT com a *North Atlantic Oscillation* (NAO) nas porções central e norte da BHRPS. Os resultados demonstram que os índices de teleconexões analisados influenciam de forma distinta na precipitação extrema na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

**PALAVRAS-CHAVE:** Extremos climáticos; Correlação de Pearson; Chuvas extremas.;

### AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pela oportunidade, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado, à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e à *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) pela disponibilidade de dados.

## **Impacto Das Mudanças Climáticas Nos Extremos De Chuva Em Alagoas**

**Micejane da Silva Costa** <sup>1</sup>; **José Francisco de Oliveira Júnior** <sup>2</sup>; **Akza Hellen dos Santos Silva** <sup>3</sup>; **Kelvy Rosalvo Alencar Cardoso** <sup>3</sup>; **Maytê Duarte Leal Coutinho** <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pesquisadora. Universidade Federal de Alagoas. cidade Universitária;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Alagoas. cidade Universitária;<sup>3</sup>Discente. Universidade Federal de Alagoas. cidade Universitária;<sup>4</sup>Pesquisadora. Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília

### **RESUMO**

As mudanças climáticas é o tema mais discutido nos últimos anos, devido aos extremos climáticos, tais como, ondas de calor, inundações, secas e chuvas extremas. Este estudo tem como objetivo analisar os extremos de precipitação (chuvoso e seco) em anos de La Niña em Alagoas - NEB. No estudo foi usado o software DrinC para calcular o índice SPI-12, que permite identificar anos de severidade da seca em Alagoas. Dados pluviométricos oriundos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), disponíveis entre os anos de 1960 e 2016 foram usados na identificação dos anos secos e chuvosos. Posteriormente, esses anos foram associados à ocorrência de La Niña, definindo-se para análise os anos de 1976 (seco) e 1989 (chuvoso). Os resultados mostraram que, em 1976, o SPI-12 identificou seca severa a extrema em quase todo o estado de Alagoas. A seca de 1976 foi resultado de fatores climáticos e ambientais, por exemplo, a baixa precipitação, a redução da umidade e o aumento da temperatura. Esses fatores combinados juntamente com a La Niña causaram grandes perdas agrícolas e escassez de água. Já em 1989, o SPI-12 foi positivo, com a ocorrência de chuvas extremas em Alagoas, superior à média climatológica. A variabilidade do evento La Niña interfere na dinâmica da chuva e seca em Alagoas, e o SPI é fundamental para identificação de anos secos e chuvosos, visto que o Estado tem sua base econômica a Agricultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** eventos extremos; La Niña; SPI;;

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a FAPEAL pelo apoio financeiro a este trabalho.

# EFEITO SINÓTICO DA ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL NA CAMADA SUPERFICIAL DO OCEANO ATLÂNTICO EM 38° NA PRIMAVERA DE 2017

**Breno Tramontini Steffen**<sup>1</sup>; **Ronald Buss de Souza**<sup>2</sup>; **Rose Ane Pereira de Freitas**<sup>3</sup>; **Raimundo Vitor Santos Pereira**<sup>1</sup>; **Leticia Stachelski**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra, km 40, s/n, Divisão de Modelagem Numérica do Sistema Terrestre, Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC);<sup>2</sup>Pesquisador Titular III. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra, km 40, s/n, Divisão de Modelagem Numérica do Sistema Terrestre, Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC);<sup>3</sup>Professora Visitante. Universidade Federal de Pelotas. Campus Capão do Leão S/N, prédio 110, Capão do Leão, RS

## RESUMO

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formada pela convergência dos ventos alísios e identificada como uma banda de nebulosidade é fundamental para os máximos observados de precipitação do Oceano Atlântico Tropical (OAT), principalmente nas regiões do nordeste brasileiro e noroeste africano. Sua variabilidade sazonal é conhecida e bem monitorada, porém há uma carência de observações e descrições *in situ* de sua variabilidade na escala sinótica, assim como seu consequente impacto no OAT. Assim, este trabalho avaliou as condições meteorológicas sinóticas da baixa troposfera e oceanográficas da camada limite oceânica associadas à presença da ZCIT na porção oeste do OAT. Os dados de campo utilizados foram coletados pelo projeto PIRATA, entre os dias 24/11/2017 e 05/12/2017 e as latitudes de 14° N até 4° S ao longo do meridiano de 38° O. Neste trajeto foram realizados 41 lançamentos de radiossondas e 23 lançamentos de sondas XBT (Expandable Bathy-Thermograph). Além disso, foram utilizadas imagens do satélite GOES-13, correspondentes aos horários de lançamento dos XBTs, para complementar a descrição da posição da ZCIT feitas pelas radiossondagens. A região da ZCIT foi definida entre 6° N e 11° N, a partir das imagens de satélite, tendo um total de 5 XBTs lançados nessa região, os quais identificaram divergência nas águas superficiais. Nos dias seguintes da campanha de campo, a ZCIT se deslocou cerca de 3° para sul. A profundidade média da termoclina foi de 24 m e 46 m e a TSM média foi de  $27,14 \pm 0,59$  °C e  $27,66 \pm 0,42$  °C na ZCIT e fora dela, respectivamente. Os ventos de superfície mais fracos foram observados entre 4° N e 7° N, sendo que ao sul (norte) dessa região há predominância dos alísios de sudeste (nordeste), indicando que a Zona de Convergência dos Alísios (ZCA). O esperado é que a divergência das águas, com uma camada de mistura mais rasa, tenha acompanhado o deslocamento da ZCIT nos dias seguintes. Logo, é possível afirmar que os diferentes sistemas que compõem a ZCIT podem não coincidir espacialmente e que a resposta do oceano não é imediata devido à sua inércia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ventos alísios; Camada de mistura; Projeto PIRATA; Radiossondagens; XBT

# Validação da previsão operacional de ondas do modelo WaveWatch III na região oeste do Atlântico Sul

**Bárbara Regina dos Santos Souza<sup>1</sup>; Rosio Del Pilar Camayo Maita<sup>2</sup>; Natália Rudorff Oliveira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudante de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista - SP, 12630-000; <sup>2</sup>Pesquisadora. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista - SP, 12630-000

## RESUMO

Prever as ondas nos oceanos é de extrema importância para diversas atividades, tais como navegação e para mitigação de riscos em estruturas *offshore*, sobretudo em eventos meteorológicos extremos. Para auxiliar na previsão das condições do estado do mar, dados de satélite e dados *in situ* têm sido frequentemente utilizados para validar as previsões de ondas, o que auxilia na compreensão das limitações dos modelos a fim de posteriormente ser possível a tomada de medidas para a melhoria da acurácia das previsões. Neste trabalho foi validada a previsão da altura significativa de ondas (hs) do modelo *WaveWatch III*® (WWIII) por um período de 6 anos (2018 a 2023), tendo como área de estudo boa parte da região oeste do Oceano Atlântico Sul entre 10° S e 55° S e 20° O a 70° O. Para isso foram empregados dados *in situ* de boias meteoceanográficas, cinco costeiras (SiMCosta/FURG) e sete *offshore* (PNBOIA/Marinha do Brasil). Foi utilizada a rodada global do WWIII implementado operacionalmente no CPTEC/INPE com resolução espacial de 25 km, forçado com a previsão de ventos sobre a superfície do mar do modelo *Global Forecast System* (GFS/NCEP), também com resolução espacial de 25 km. Para realizar a validação foram utilizados a Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ), o viés, o Coeficiente de Correlação de Pearson e o Coeficiente de Determinação (R<sup>2</sup>) como parâmetros estatísticos do erro do modelo quando comparado com os dados observados. Os resultados indicam que o REMQ variou entre 0,84 a 1,05, o viés foi positivo, indicando que o modelo tende a superestimar hs, e variou de 0,51 m a 0,87 m e a correlação entre os dados foi abaixo de 0,51. A dispersão dos dados foi significativa, com R<sup>2</sup> predominantemente abaixo de 0,30. Na região *offshore*, ao contrário do que ocorre na região costeira, uma melhor performance do modelo fica evidente ao verificar os parâmetros estatísticos, com o REMQ variando entre 0,18 e 0,51, com o viés próximo de 0 m, a correlação predominantemente acima de 0,90 e com uma menor dispersão dos dados indicada pelo R<sup>2</sup> acima de 0,70. Uma forma de melhorar o desempenho do modelo de ondas é melhorar o campo de vento na superfície do mar do modelo, que é uma das principais forçantes para a formação do campo de ondas de gravidade na superfície do mar, o que poderá ser abordado em pesquisas futuras, com ênfase em eventos extremos relacionados a passagem de ciclones.

**PALAVRAS-CHAVE:** Validação de modelo; Previsão de ondas; Dados de satélite; Dados observados de boias *in situ*;

## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) com o código 88887.824971/2023-00.

# ANÁLISE DA REDUÇÃO SEM PRECEDENTES DA CONCENTRAÇÃO DE GELO MARINHO ANTÁRTICO DURANTE OS ANOS DE 2022-2023

**Helena Barbieri de Azevedo**<sup>1</sup>; **Fernanda Casagrande**<sup>1</sup>; **Ronald Buss de Souza**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra, km 40 SP/RJ Cachoeira Paulista - SP;<sup>2</sup>Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Rodovia Presidente Dutra, km 40 SP/RJ Cachoeira Paulista - SP

## RESUMO

Dentro do sistema terrestre, o gelo marinho antártico desempenha um papel significativo, exercendo influência crucial na regulação do clima global. Além disso, impacta a circulação oceânica e atmosférica. Nos anos de 2022 e 2023 foram registrados valores recordes mínimos de concentração de gelo marinho (SIC, do inglês Sea Ice Concentration), tanto no período de máxima quanto no período de mínima. Esses valores foram sem precedentes desde o início dos registros por satélite (1979). Diante disso, esse trabalho visa quantificar e setorizar essa redução, assim como relacionar com possíveis causas. Foram utilizados dados de SIC de satélite, obtidos do Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SSMR) a bordo do satélite Nimbus-7 e do Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) a bordo do Defense Meteorological Satellite Program's (DMSP). Em fevereiro de 2022, foi observado um mínimo de  $2,2 \times 10^7 \text{ km}^2$ . Esse valor representa uma redução de aproximadamente 21% em relação à média climatológica ( $2,8 \times 10^7 \text{ km}^2$ ). Já para o ano subsequente (2023), a cobertura de gelo marinho decaiu ainda mais, atingindo um novo recorde mínimo de  $1,9 \times 10^7 \text{ km}^2$ , o qual representa uma redução de aproximadamente 32% quando comparado com a média climatológica observada. Com relação ao mês em que o gelo marinho alcança sua cobertura máxima, em setembro, observou-se uma diminuição de aproximadamente 2,2% em 2022, e no ano de 2023, um novo recorde, alcançando uma redução de 9,2%. Em fevereiro, quando a SIC alcançou seu mínimo valor, foram observadas anomalias negativas de SIC em todos os setores do Oceano Austral. No período de máxima SIC, as maiores variações em relação à média climatológica foram observadas nas regiões próximas à frente polar. Para o ano de 2022 foram registradas anomalias positivas (negativas) predominantes no setor leste e Mar de Bellinshausen (Mar de Amundsen e Ross). Em 2023, o padrão espacial de SIC é similar, com valores maiores de anomalia de SIC, exceto áreas próximas à Península Antártica e ao Mar de Ross. A redução sem precedentes do gelo marinho antártico nos anos de 2022 e 2023 pode ser atribuída a vários mecanismos, incluindo a variabilidade interna, como Modo Anular Sul e El Niño-Oscilação Sul, mudanças nos padrões de vento, o derretimento do gelo continental. No entanto, esse assunto ainda carece de respostas conclusivas e continua em debate entre a comunidade científica.

**PALAVRAS-CHAVE:** GELO MARINHO; ANTARTICA; RECORDE MINIMO;;

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as fontes financiadoras:

(i) Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (INCT da Criosfera) (CNPq 704222/2009 e FAPERGS 17/2551-0000518-0);

(ii) Estudo multiescala do sistema acoplado oceano-atmosfera-criosfera (SOAC-MULTIESCALA) (CNPq 406663/2022-0);

(iii) C3OS - Calor, Conexões e Clima no Oceano Sul (CNPq 440879/2023-0).

# **13. Micrometeorologia**

# INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NO MICROCLIMA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ

**Maria Eduarda Nobre dos Santos** <sup>1</sup>; **Matheus Cristiano Cordeiro Moreira** <sup>2</sup>; **Matheus Pantoja Aguiar** <sup>3</sup>; **Rina Batista Aniká** <sup>4</sup>

<sup>1</sup>DOCENTE. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Endereço: Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil;<sup>2</sup>DOCENTE . UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ . Endereço: Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil;<sup>3</sup>DOCENTE . UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ . Endereço: Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil;<sup>4</sup>DOCENTE . UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Endereço: Rua Augusto Corrêa, nº 01 - Bairro: Guamá. CEP: 66075. Belém - Pará - Brasil

## RESUMO

Entender as consequências que o desmatamento causa são de extrema importância para o entendimento do clima, principalmente quando a questão é precipitação e temperatura e como isso pode impactar em um certo local, em vista disso, compreender os efeitos do desmatamento se torna crucial ao passo que mudanças no uso e cobertura do solo acarretam alterações no microclima urbano, em relação ao aumento de temperatura do solo, constata-se que solo desnudos absorvem mais radiação que solos plantados, ou seja, em áreas com solos vegetados se tem maior índice de albedo, o que faz com que esse solo possua temperatura mais amena, em decorrência desse fator, grandes áreas urbanizadas absorvem muito mais radiação, propagando maior calor para áreas vizinhas. Este estudo analisou a influência do desmatamento no microclima no município de Marabá-PA distante cerca de 500Km da capital Belém, Marabá localiza-se sobre as coordenadas 05° 22' 07" S latitude e 49° 07' 04" L longitude. Tendo Marabá um clima predominante Aw (Tropical úmido) com altas temperaturas ao longo do ano variando de 24°C a 31°C sendo o trimestre com maior temperatura maio, junho e julho e o de menor temperatura outubro, novembro e dezembro, em relação a precipitação, observa-se uma sazonalidade compreendendo o período chuvoso entre dezembro, janeiro, fevereiro e março e o menos chuvoso junho, julho e agosto. Para o presente trabalho, utilizou-se dados espaciais de precipitação por meio do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), e para os resultados de temperatura, umidade relativa, convencionou utilizar dados da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além disso, empregou-se dados do MapBiomas para analisar as mudanças na cobertura vegetal. Todos os dados obtidos para a realização deste estudo foram coletados nos anos de 2015 e 2020, abrangendo cinco anos cruciais para a análise dos impactos do desmatamento. Para criação das imagens de precipitação, temperatura e uso e cobertura do solo foi utilizado o software Qgis, Os resultados indicaram que houve um aumento significativo na precipitação em algumas áreas ao norte do município após o ano de 2015 onde há aumento na área de solo desmatado, com isso observa-se também aumento na temperatura máxima do ar de 0,4°C, com isso nota-se que o uso e cobertura do solo apresentou diferenciação, ao longo do período estudado corroborando com a ideia da influência do desmatamento no microclima local. Reitera-se a importância de se analisar dados dessas mudanças para gerar subsídios para futuros trabalhos e análises.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desmatamento; Precipitação; Temperatura;

## **Análise comparativa entre o perfil de estoque de água obtidos pela sonda EnviroSCAN e pelo reflectômetro CS615**

**Ranyelli Cunha de Figueiredo**<sup>1</sup>; **Cleo Quaresma Dias-Júnior**<sup>3</sup>; **Rosária Rodrigues Ferreira**<sup>1</sup>; **Maria Juliana de Melo Monte**<sup>1</sup>; **Thiago Lima Xavier**<sup>1</sup>; **Jailson Ramos da Mata**<sup>1</sup>; **leonardo Oliveira Ramos**<sup>2</sup>; **Carla de Souza Farias**<sup>1</sup>; **Carla Maria Alves de Souza**<sup>1</sup>; **Denisi Holanda Hall**<sup>1</sup>; **Bruno Takeshi Tanaka Portela**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Av. Bem-Te-Vi, 8-406 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-001; <sup>2</sup>Técnico. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Av. Bem-Te-Vi, 8-406 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-001; <sup>3</sup>Docente. Instituto Federal do Pará. Av. Alm. Barroso, 1155 - Marco, Belém - PA, 66093-020

### **RESUMO**

A meteorologia utiliza de medidas experimentais para realizar diagnósticos em diversas áreas através de inúmeros sensores meteorológicos. Todavia é necessário que ocorra a escolha do sensor mais adequado para cada função e demanda. Este trabalho fornece informações sobre dois tipos de sensores que medem a umidade volumétrica do solo, abordando suas diferenças, semelhanças e aplicabilidade. A área de estudo se localiza no sítio experimental do projeto ATTO (Amazon Tall Tower Observatory) onde foram coletados dados de umidade volumétrica do solo nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60 e 100 cm, para o mês de dezembro de 2023, em frequência de 30 min. Os sensores usados para as medidas foram: a sonda EnviroSCAN instalada por trado, com mínima mobilização do solo, realizando o perfilamento a cada 10 cm e 6 sensores CS615 instalados na horizontal em uma trincheira de 1,5 x 1,5m, ambos da Campbell Scientific. Foi investigada a relação entre profundidade e umidade do solo, e do estoque de água no solo. Aplicou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk, o teste de correlação de Spearman e  $R^2$ , a fim de quantificar o grau de relação entre as medidas. Os resultados indicam que a umidade volumétrica do solo medida pelo EnviroSCAN é mais sensível às variações de precipitação do que a do CS615. Ao analisar o estoque de água, os valores não correspondem, pois a área de medição do CS615 é três vezes maior do que a do EnviroSCAN. Todavia, a variabilidade é representada entre os sensores, relação que se traduz pelos coeficientes de correlação de Spearman (R) que são todos fortes e positivos e nos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). No entanto, os ajustes para as alturas de 20 cm e 100 cm mostram valores inferiores a 65%. Portanto, como mensagem principal temos que ambos os sensores representam a variabilidade do estoque de água do solo, sendo que a escolha do sensor dependerá da necessidade ou não da preservação do solo e do volume de representação que se deseja abranger.

**PALAVRAS-CHAVE:** Floresta Amazônia; Estoque de água no solo; Tipos de sensores;;

### **INTRODUÇÃO**

As medidas meteorológicas são de primordial importância para o conhecimento das condições de clima e tempo. Contudo, de acordo com a necessidade do monitoramento aplicam-se sensores específicos, que otimizam e tornam os dados mais robustos. A umidade volumétrica do solo é uma medida de suma importância para a compreensão da dinâmica solo-planta-atmosfera e pode ser medida por diferentes sensores. Todavia, tais sensores requerem atenção na instalação, operação e manutenção. Zermeño-González et al. (2012) descrevem seis diferentes técnicas, ressaltando que por meio dos avanços na tecnologia de sensores eletromagnéticos baseados na reflectometria no domínio do tempo (TDR) resultaram em sensores mais robustos, menos dispendiosos, mais adequados a diferentes tipos de solo e que podem ser ligados a registradores de dados avançados, 'Dataloggers', para uma monitorização contínua do teor de água do solo. Em virtude disso, este trabalho apresenta duas alternativas de medidas de umidade volumétrica do solo, expondo suas especificações, aplicabilidade, estrutura de instalação e suas semelhanças.

### **OBJETIVOS**

Comparar a aplicabilidade e especificações da sonda Enviroscan e do reflectômetro CS615, em medir o estoque da água no solo em uma região da floresta Amazônica.

## MATERIAL E MÉTODOS

- Local de estudo

O estudo foi conduzido no sítio experimental do projeto ATTO (Amazon Tall Tower Observatory), na Base de fiscalização RDS Uatumã, no município de São José do Uatumã-AM (S 02° 08' 36.12"/ 59 0' 1.98" E). Utilizando o sistema de monitoramento do perfil de umidade volumétrica do solo, localizado a 1.5m de distância horizontal a leste da torre micrometeorológica Instant.

- Dados de umidade do solo

Foram utilizados dois sistemas diferentes: 1) dados da sonda EnviroSCAN de 1m e 2) de 6 sensores CS615, ambos da Campbell Scientific. O período analisado compreendeu o mês de dezembro de 2023 em frequência de 30m.

A sonda EnviroSCAN é um sensor capacitivo da Campbell Scientific que fornece medidas de umidade volumétrica do solo e salinidade do solo em incrementos de 10 em 10cm. é composta por um condensador constituído por dois eletrodos metálicos cilíndricos colocados coaxialmente (Figura 1), mas separados por vários milímetros por um plástico isolante (tubo) e a utilização de um oscilador eletrônico que produz uma forma de onda sinusoidal (Cepuder et. al, 2005; Campbell, 2016). Logo, por meio da frequência da onda e a distância percorrida, o conteúdo de água pode ser determinado com base na magnitude da mudança de fase da água, uma vez que a velocidade de propagação está relacionada com o conteúdo de água do meio, a frequência de oscilação diminui à medida que o teor de água do solo aumenta.

A instalação da sonda, protegida por um tubo, foi realizada por meio de um trado, com mínima mobilização do solo, a cerca de 2m da base sul da torre Instant.

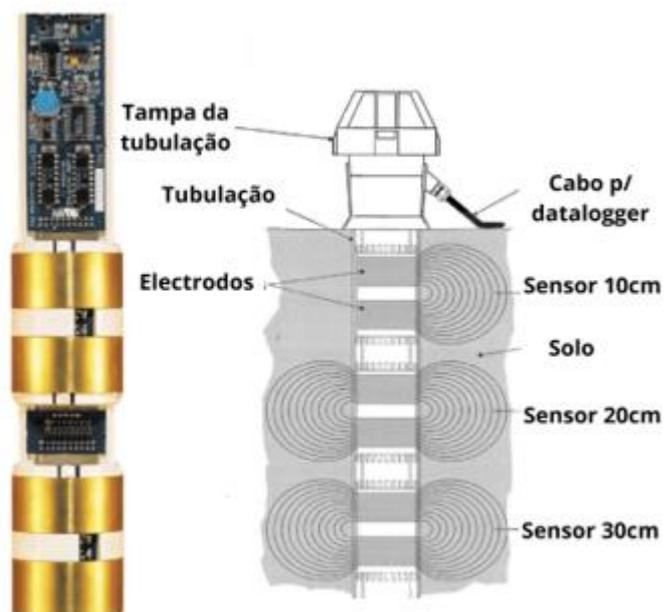


Figura 1: Esquema de funcionamento do EnviroSCAN. Fonte: Or, D & Tuller, Markus. (2006), adaptado

O reflectômetro de teor de água CS615 mede o teor volumétrico de água em meios porosos usando métodos no domínio do tempo. Seu princípio é baseado na propagação de um impulso

eletromagnético ao longo das hastes da sonda, cuja velocidade depende da permissividade dielétrica do material. Com o aumento do teor de água, a velocidade de propagação diminui devido à polarização das moléculas de água. O dispositivo mede o tempo de viagem do sinal, refletido nas extremidades das hastes e retornando à sonda. Entre suas vantagens estão a capacidade de medir grandes volumes de solo, reduzindo a interferência de heterogeneidade, e a possibilidade de automação para leitura contínua.

O perfil é composto por 6 sensores, instalados na horizontal no incremento de 10cm até a profundidade de 40cm, após seguiu-se para 60cm e por ultimo 100cm. Para tal, abriu-se uma trincheira de 1.5m\*1.5m\*1.5m, ao qual os sensores foram postos em padrão de "zigue-zague", como retratado na Figura 2.

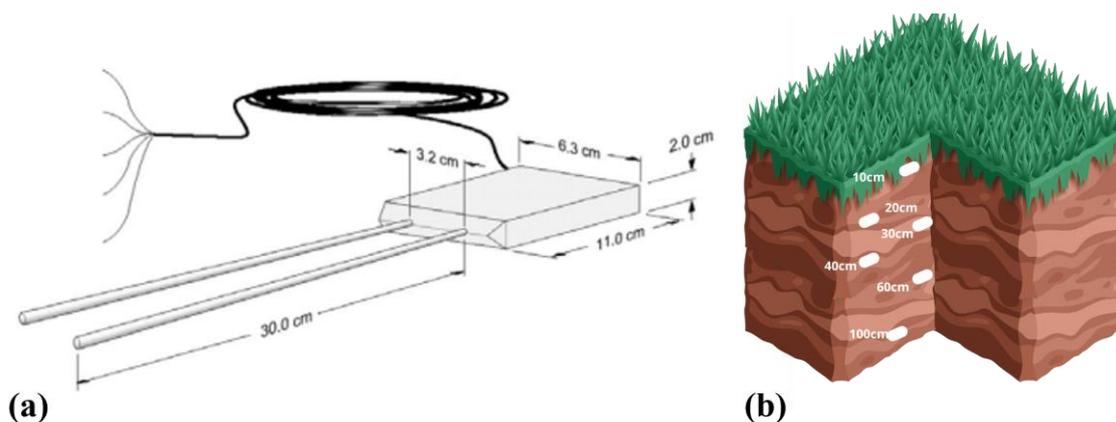


Figura 2: (a)Diagrama de dimensões do CS615. Fonte: Cepuder et. al, 2005; (b) Ilustração da instalação do perfil do CS615.

## Métodos

Estimou-se o estoque de água no solo para cada profundidade e aplicada o teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SW) utilizando o software Jamovi versão 2.3 (<https://www.jamovi.org>). O Teste SW atestou a não normalidade das séries ( $p > 0.05$ ) (Tabela 1), assim aplicou-se a estatística de correlação de Spearman para quantificar o grau de associação entre os estoques para cada profundidade.

Tabela 1: Teste de normalidade Shapiro-Wilk para os estoques de água no solo dos níveis de 10, 20, 30, 40, 60 e 100cm.

	W de Shapiro-Wilk	p de Shapiro-Wilk
CS615 - 10cm	0.94	<.001
EnviroSCAN - 10cm	0.911	<.001
CS615 - 20cm	0.864	<.001
EnviroSCAN - 20cm	0.760	<.001
CS615 - 30cm	0.976	<.001
EnviroSCAN - 30cm	0.857	<.001
CS615 - 40cm	0.956	<.001
EnviroSCAN - 40cm	0.95	<.001

CS615 - 60cm	0.93	<.001
EnviroSCAN - 60cm	0.858	<.001
CS615 - 100cm	0.865	<.001
EnviroSCAN - 100cm	0.866	<.001

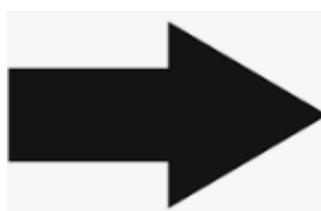
### Armazenamento de água no solo

Para o cálculo de estoque de água no solo foi realizado o seguinte procedimento:

1- Calculou-se a integração do volume de água no solo para cada 30min

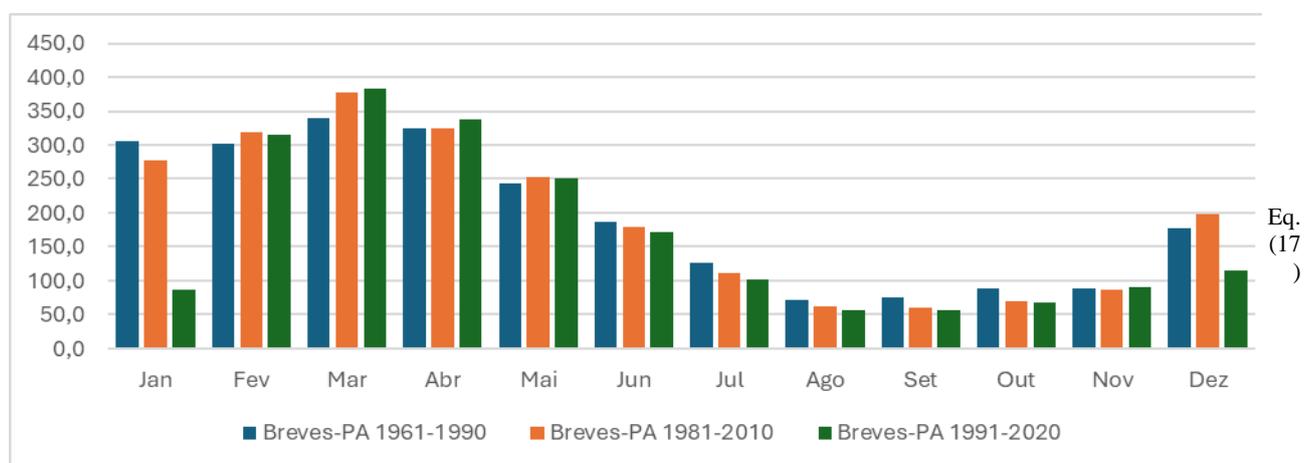
⇒ Eq. (15)  
em que, A é o armazenamento de água no volume de solo (mm);  $\theta(z)$  a umidade do solo na profundidade Z.

2- Em seguida foram calculadas as entradas e saídas do solo



Eq. (16)

3- Calculou-se o estoque de água, acumulando as entradas e saídas



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3, descreve os valores médios de 30min da umidade volumétrica do solo, para as profundidades 10, 20, 30, 40, 60 e 100cm, medidas pelos sensores CS615 e EnviroSCAN. Observa-se que a magnitude da umidade proveniente do CS615 para os primeiros níveis e para os mais profundos apresenta maior amplitude que os valores observados no EnviroSCAN. Todavia, o EnviroSCAN mostra-se mais sensível em relação aos picos referentes a respostas a eventos de precipitação. Esse comportamento pode estar associado com a área que cada anel da sonda representa, pois a mesma é de 10cm (Figura 1), enquanto a do CS615 é de 30cm. Logo a área de alcance do CS615 é três vezes maior que a do EnviroSCAN. Esse comportamento é similar ao estoque de água (Figura 4), em que o CS615 apresentou valores superiores. Contudo, a variabilidade da descarga e recarga é representada pelos dois sensores. Essa variabilidade é expressa nos coeficientes de correlação descritos na Tabela 2, aos quais para todos os níveis os armazenamentos possuem correlação forte e positiva. O modelo de regressão retrata nos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) (Figura 5), que apenas para as

profundidades de 20cm e 100cm os coeficientes ficaram abaixo de 65%. Validando assim, a representatividade de ambos os sensores em representar a variabilidade do estoque de água.

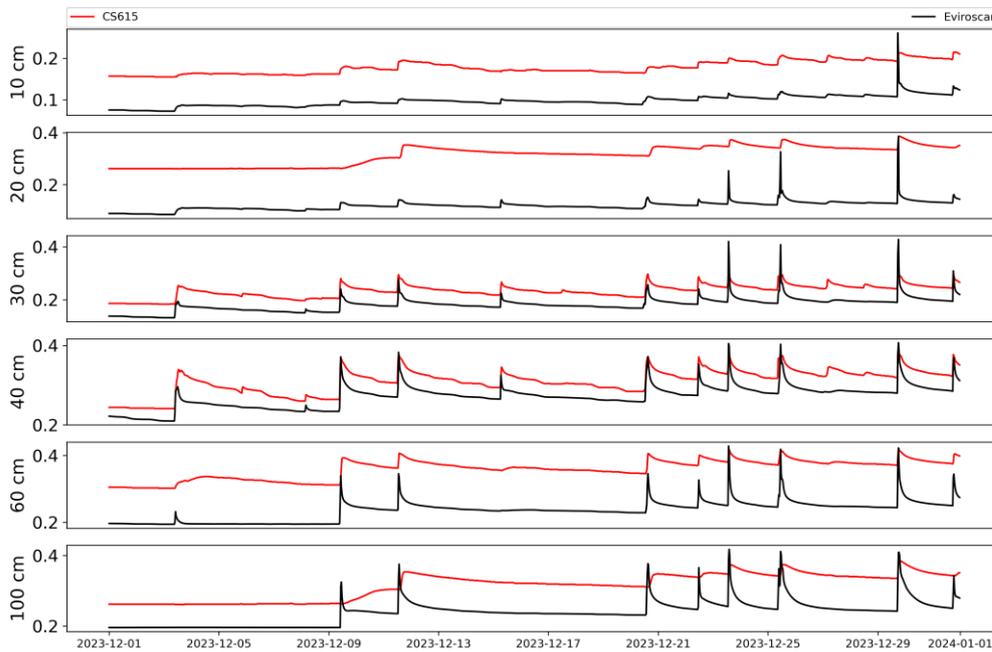


Figura 3: Umidade volumétrica do solo ( $m^3/m^3$ ), para as profundidades de 10, 20, 30, 40, 60 e 100cm. A linha vermelha representa os valores de umidade volumétrica do solo medida pelo CS615 e a linha azul a do EnviroSCAN.

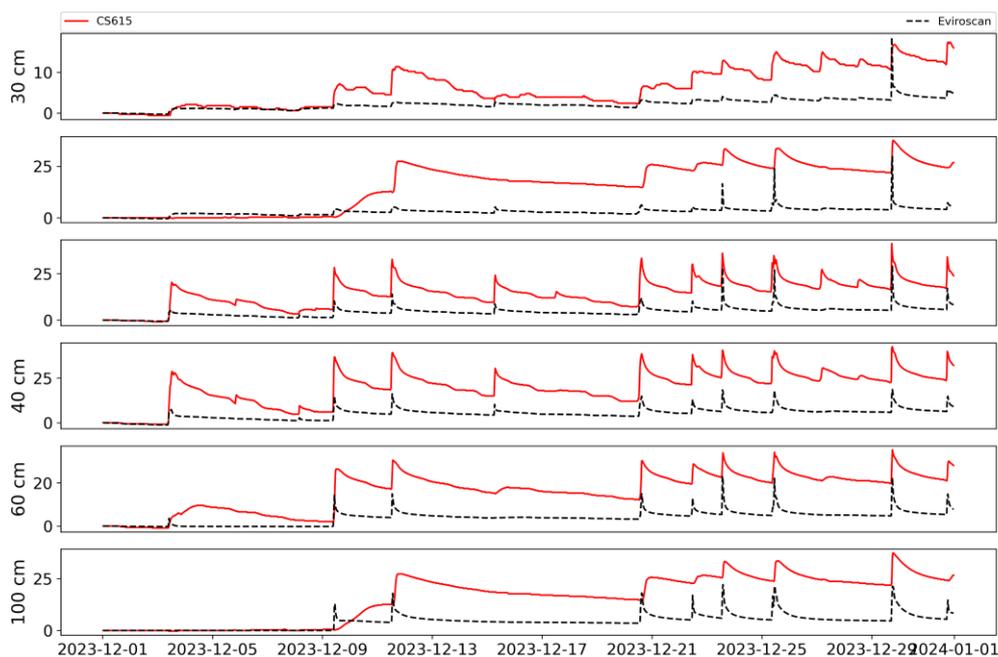


Figura 4: Similar a Figura 5, mas agora são mostrados os valores do Estoque de água no solo em mm

Tabela 2: Correlação de Spearman entre os armazenamentos obtidos pelo CS615 e EnviroSCAN para as profundidades de 10, 20, 30, 40, 60 e 100cm.

Correlação de Spearman	R	p_value
CS615-EnviroScan (10cm)	0.97	<.001
CS615-EnviroScan (20cm)	0.87	<.001
CS615-EnviroScan (30cm)	0.97	<.001
CS615-EnviroScan (40cm)	0.96	<.001
CS615-EnviroScan (60cm)	0.97	<.001
CS615-EnviroScan (100cm)	0.91	<.001

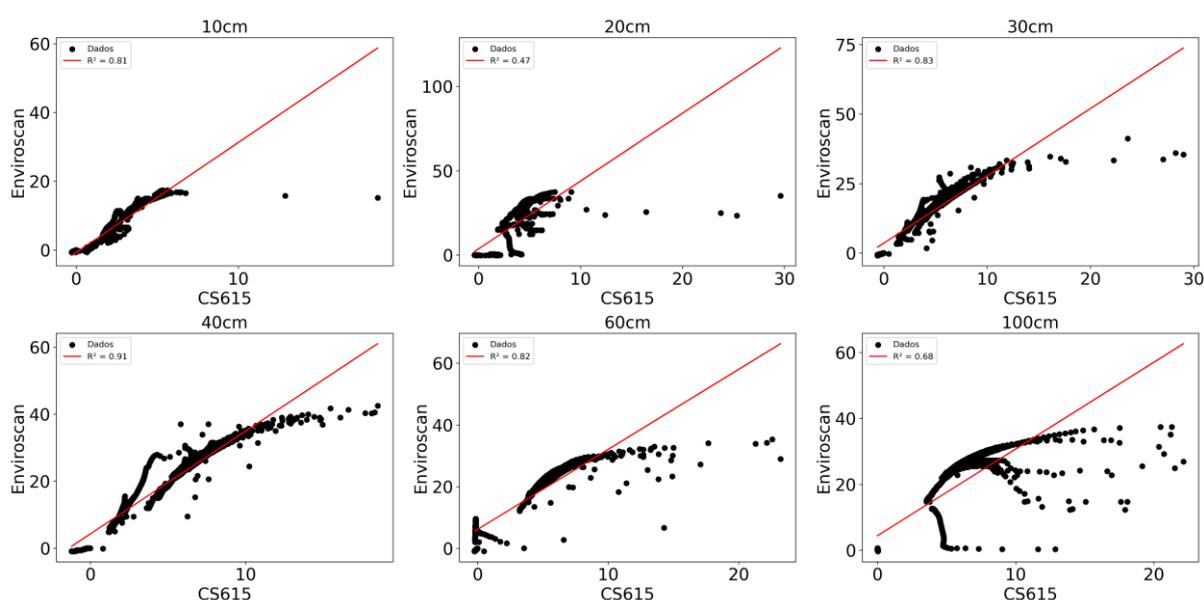


Figura 5: Análise de R<sup>2</sup>, entre os estoques de água das profundidades 10, 20, 30, 40, 60 e 100cm, provenientes dos sensores EnviroSCAN e CS615.

## CONCLUSÃO

Os sensores descritos neste trabalho, são formas distintas de se medir o teor de umidade do solo. A sonda, embora represente uma área de 10 cm, preserva a estrutura do solo e evita que seja necessária a retirada de cobertura do solo para sua instalação, além de perfilar a umidade do solo, apenas com um sensor. Por outro lado o reflectômetro CS615, apresenta maior área de cobertura de medida, 30 cm, no entanto, sua instalação é onerosa, sendo necessário para um perfil vários sensores e uma trincheira de no mínimo de 1.5m\*1.5m\*1.5m, pois é necessário que o colaborador tenha acesso às maiores profundidades.

À vista disso, torna-se de suma importância avaliar a necessidade de preservação solo, para sim, realizar a escolha do melhor sensor para medir o perfil de umidade volumétrica do solo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao projeto ATTO-Amazon Tall Tower Observatory, ao Laboratório de Instrumentação Micrometeorológica-LIM do Instituto de Pesquisa na Amazônia-INPA.

## REFERÊNCIAS

CAMPBELL SIENTIFIC. EnviroSCAN Soil Water Content Profile Probes Revision: 9/16.2002 - 2016

CAMPBELL SIENTIFIC. CS615: Water Content Reflectometer: Revision:10/96. Revision:1995-1996.

Cepuder, Peter & Evett, Steve & Heng, L.K. & Hignett, Cliff & Laurent, Jean-Paul & Ruelle, Pierre. (2005). Direct and surrogate measures of soil water content. Field Estimation of Soil Water Content: A Practical Guide to Methods, Instrumentation and Sensor Technology. 1-21.

Or, D & Tuller, Markus. (2006). Review of Vadose Zone Measurement and Monitoring Tools for Yucca Mountain Performance Confirmation Plan.

ZERMEÑO-GONZÁLEZ, Alejandro et al. Critical evaluation of different techniques for determining soil water content. Problems, Perspectives and Challenges of Agricultural Water Management. Rijeka, InTech, p. 199-216, 2012.

# QUANTIFICANDO AS TROCAS LÍQUIDAS DE CO<sub>2</sub> EM CULTURAS CONVENCIONAIS E COM APLICAÇÃO DE BIOINSUMO NO SUL DO BRASIL UTILIZANDO TORRES DE FLUXO

**Cristiano Maboni <sup>1</sup>; Daniel Michelon dos Santos <sup>1</sup>; Alecsander Mergen <sup>1</sup>; Murilo Machado Lopes <sup>3</sup>; Tamíres Zimmer <sup>1</sup>; Vanessa de Arruda Souza <sup>1</sup>; Michel Baptistella Stefanello <sup>2</sup>; Rodrigo Josemar Seminoti Jacques <sup>2</sup>; Débora Regina Roberti <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista . Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS;<sup>2</sup>Docente. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS;<sup>3</sup>Técnico. Universidade Federal de Santa Maria . Santa Maria - RS

## RESUMO

A procura por produtos oriundos da agricultura realizada com baixos impactos ambientais e sociais vem aumentando e a produção com baixa emissão de carbono deve ser uma preocupação do produtor rural. Neste sentido, o uso de bioinsumos na agricultura tem sido uma alternativa. O monitoramento do impacto dos diversos manejos nessas atividades agrícolas nas emissões ou absorções de Carbono tem sido realizado através da análise de carbono no solo, metodologia que demanda longos período de tempo para uma estimativa confiável. Atualmente, torres de fluxo tem sido uma alternativa para o monitoramento das trocas líquida de CO<sub>2</sub> (NEE), além de água e energia, de ecossistemas, através do uso da metodologia *Eddy Covariance* (EC), que tem alta resolução temporal, permitindo estimar essas trocas (fluxos) a cada meia hora. Para entender se o uso de bioinsumos pode reduzir os impactos ambientais tanto nas emissões de CO<sub>2</sub> como no uso de água, duas torres de fluxo foram instaladas numa fazenda comercial no município de Catuípe no estado do RS em junho de 2024. A região sul do Brasil, onde o clima é subtropical, com estações bem definidas e chuvas distribuídas ao longo do ano, permite o cultivo de duas ou mais safras anuais, participando de uma considerável fração da agricultura brasileira (50% da soja e 90% do trigo). As torres foram instaladas em lavouras pareadas, com condições climatológicas similares, e serão manejadas com a mesma sucessão de cultivos, sendo a sequência prevista para dois anos: trigo, soja, nabo, milho, soja. Resultados preliminares dos primeiros 2 meses de dados mostram pequenas diferenças nas emissões de CO<sub>2</sub> e na evapotranspiração entre a lavoura com uso de defensivos convencionais e com bioinsumo, mas que ainda não podem ser atribuídas as diferenças de manejo. Resultados deste projeto devem servir de base à políticas públicas de incentivo de uso de bioinsumos e intensificação da produção agrícola nas área de cultivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** bioinsumo; convencional; eddy covarince; NEE; monitoramento

# **Análises de perfis turbulentos adimensionais de momentum e escalas associadas com a altura do ponto de inflexão do perfil do vento para estimativa de Subcamada Rugosa Amazônica**

**Leandro dos Reis Biase Gomes<sup>1</sup>; Cléo Quaresma Dias-Júnior<sup>2</sup>; Raoni Aquino Silva de Santana<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. André Araújo, 2936, 2ª Andar do prédio COCAP/INPA - Aleixo, Manaus-Am, 69067-375;<sup>2</sup>Docente. Instituto Federal do Pará. Av. Alm. Barroso, 1155 - Marco, Belém - PA, 66093-020;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Oeste do Pará. Avenida Vera Paz, Unidade Tapajós, Salé, Santarém-Pa, 68040-255

## **RESUMO**

Dados observacionais de perfis verticais das componentes da velocidade do vento obtidos por anemômetros sônicos do projeto ATTO foram usados para estimar a profundidade da Subcamada Rugosa (SR) Amazônica. Vórtices turbulentos presentes na SR, apresentam escalas de comprimento da ordem da altura do dossel. Esses vórtices são os principais responsáveis pelas trocas turbulentas entre o interior do dossel e a região imediatamente acima da floresta. No entanto, ainda há muitas incertezas com relação às características da SR. A sua profundidade é um exemplo disso. Para tentar resolver este problema, recorreu-se a uma função polinomial de terceira ordem que melhor se ajustasse ao perfil vertical do vento para estimar a altura do ponto de inflexão ( $z_i$ ), as escalas de comprimento de cisalhamento do vento ( $L_s = [U/(du/dz)]$ ) e a velocidade do vento ( $u_i$ ) na altura  $z_i$ . Com essas escalas estimou-se a altura da SR ( $z^*$ ). Os resultados mostram que a profundidade média da SR gira em torno de 2,4 h, em que h é a altura do dossel florestal. Palavras-chave: Floresta Amazônica, Subcamada Rugosa, Estruturas Coerentes, Escala de comprimento de cisalhamento do vento, Estabilidade atmosférica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Floresta Amazônica; Subcamada Rugosa; Estruturas Coerentes; Escala de comprimento de cisalhamento do vento; Estabilidade Atmosférica

## **INTRODUÇÃO**

Os processos que ocorrem de forma complexa envolvendo trocas turbulentas de massa, energia e momentum entre a floresta e a atmosfera têm um importante papel no balanço de energia, CO<sub>2</sub> e umidade, dentre outros (Kaimal e Finnigan, 1994; Raupach et al., 1996; Foken e Mauder, 2008; Costa et al., 2011; Stull, 2012). Um dos fatores de maior complexidade no que tange à trocas turbulentas acima do dossel florestal está atrelado à presença de uma Subcamada Rugosa (SR). A Subcamada Rugosa (SR) é a região imediatamente acima das copas das árvores, onde ocorrem os principais processos aerodinâmicos (Raupach, 1996; Finnigan, 2000; Dias-Júnior et al., 2013), sendo eles: 1) Perfil logarítmico da velocidade do vento acima do dossel; 2) A existência de forte cisalhamento do vento acima da altura média da copa que induz a criação de um ponto de inflexão (PI) no perfil da velocidade do vento. Esse PI corresponde a uma instabilidade hidrodinâmica que é geradora das Estruturas Coerentes (EC); 3) Existência das ECs de comprimento da ordem da espessura do dossel; 4) Vórtices coerentes com escalas de comprimento da ordem da altura do dossel. Esses vórtices são responsáveis pelos processos de trocas turbulentas entre o interior do dossel ( $z < h$ ) e a superfície imediatamente acima do dossel ( $z > h$ ), onde h é a altura do dossel. A alta densidade do dossel florestal rege diversos processos do escoamento, incluindo transportes de escalares e processos de misturas (Poggi et al., 2004; Dias-Junior et al., 2013; 2017).

No entanto, a existência de um PI no perfil vertical de velocidade do vento incrementa novas instabilidades hidrodinâmicas ao escoamento turbulento, o que dificulta a caracterização da turbulência em termos da teoria TSMO (Zahn et al., 2016). Bem como o surgimento de ECs na SR possui relação com a variação na altura de PI no perfil do vento (parte superior da copa das árvores).

Diante dessa problemática, uma maneira de abordarmos o escoamento turbulento na SR é usarmos as informações contidas na altura de PI, similar ao realizado por Raupach et al. (1996), Marshall et al. (2002) e Sá e Pacheco (2006).

Nesse sentido, para se ter maior entendimento dos principais processos de trocas turbulentas entre a floresta e a atmosfera, é preciso um melhor entendimento sobre variabilidade de  $z_i$ ,  $u_i$  e  $L_s$  para diferentes condições de estabilidade atmosférica (Dias-Júnior et al., 2013); para diferentes direções do escoamento (Thomas e Foken, 2007) a fim de estimar a profundidade da SR amazônica através de uma equação empírica. A adimensionalização dos perfis fornece ferramentas que permitem a obtenção de resultados que sejam promissores para representar o escoamento turbulento. Além disso, há a necessidade de um aprofundamento na relação entre  $z_i$  e as escalas de ocorrência das ECs das grandezas vetoriais em questão.

## OBJETIVOS

Usar escalas associadas com a altura do ponto de inflexão do perfil do vento, tais como  $z_i$ ,  $u_i$  e  $L_s$  para estimar a profundidade da subcamada rugosa acima de um dossel florestal amazônico e como esta altura varia com a estabilidade atmosférica e a direção do vento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Sítio Experimental e dados

Para este trabalho utilizou-se dados do Sítio Experimental do ATTO ("Amazon Tall Tower Observatory", sigla em Inglês), localizado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uatumã, situada nos municípios de São Sebastião do Uatumã e Itapiranga, no estado do Amazonas. O sítio ATTO é composto por uma torre quadrada possuindo uma altura de 325 m (conhecida como Torre ATTO), uma torre de andaimes de 81 m (chamada de Instant), que estão cerca 670 m de distância uma da outra. Nestas torres foram instalados instrumentos micrometeorológicos para a medição do balanço de radiação, fluxos turbulentos de momentum, calor latente e sensível, perfis de velocidade do vento, temperatura do ar, etc. Os dados passaram por um rigoroso processo de qualidade, retirando picos isolados nas séries temporais e tendências lineares. Além disso, efetuamos médias de 30 minutos nos dados, considerando apenas os dados no período diurno (08:00 às 17:00 hora local) durante o ano de 2023.

### Métodos

Um perfil de velocidade do vento próximo de um dossel florestal desenvolve dois tipos de escoamentos turbulentos com velocidades distintas, desenvolvendo um ponto de inflexão neste perfil. Esses tipos de escoamentos, geralmente são instáveis e as perturbações gerados por estes, levam à geração de padrões repetitivos de vórtices organizados em ciclos de ejeções e intrusões chamados ECs (Raupach, 1996) na SR. Diante da falha da teoria clássica na tentativa em estimar a profundidade da SR amazônica  $z^*$ , recorreu-se às escalas de comprimento na altura de PI. Em particular, para determinar a altura da SR calculou-se primeiramente a escala  $L_s$  definida por Raupach (1996) como:

$$L_s = u_i / (du/dz)|_i \quad (1)$$

Para obter informações precisas sobre a localização do ponto de flexão do perfil médio do vento, usamos a técnica numérica de ajuste de mínimos quadrados para determinar as curvas de terceiro grau com melhor ajuste, por meio do programa Python, onde calculou-se a sua derivada de segunda ordem, determinando assim a velocidade do vento (cuja altura geralmente varia ao longo do dia) em PI ( $u_i$ ). Dessa forma, propomos uma relação geral de escala para o perfil vertical médio da velocidade do vento que se mantém acima e abaixo do dossel da floresta Amazônica:

$$u/u_i = F[(z - z_i)/L_s] \quad (2)$$

sendo  $u$  a velocidade média do vento a uma altura  $z$ ,  $L_s$  a escala de comprimento de cisalhamento do vento na altura de PI e  $F$  é uma função cuja forma matemática deve ser determinada empiricamente a partir de dados experimentais.

Dessa forma, os perfis ajustados através desses polinômios, passaram por um método estatístico de filtragem chamado "MAPE" (Mean Absolute Percentage Error) ou "erro absoluto percentual médio", que é uma medida que expressa a porcentagem média dos erros cometidos na previsão de uma série temporal. Perfis da velocidade do vento com MAPE maiores que 10% foram excluídos (quanto menor esta medida, melhor será a previsão), assim como os perfis com alturas  $z_i$  menores que 35 m e maiores que 45 m. De posse dessa informação foi possível obter a altura de PI,  $z_i$ , conforme ilustrado através da Figura 1. Com isso, foi possível adimensionar os perfis de velocidade do vento. Em seguida, para que  $z^*$  fosse estimado, desenvolvemos uma equação empírica baseada em PI que é definida por,

$$z^* = z_i + 2L_s \quad (3)$$

onde  $z^*$  foi estimado em função da direção do vento e do parâmetro de estabilidade.

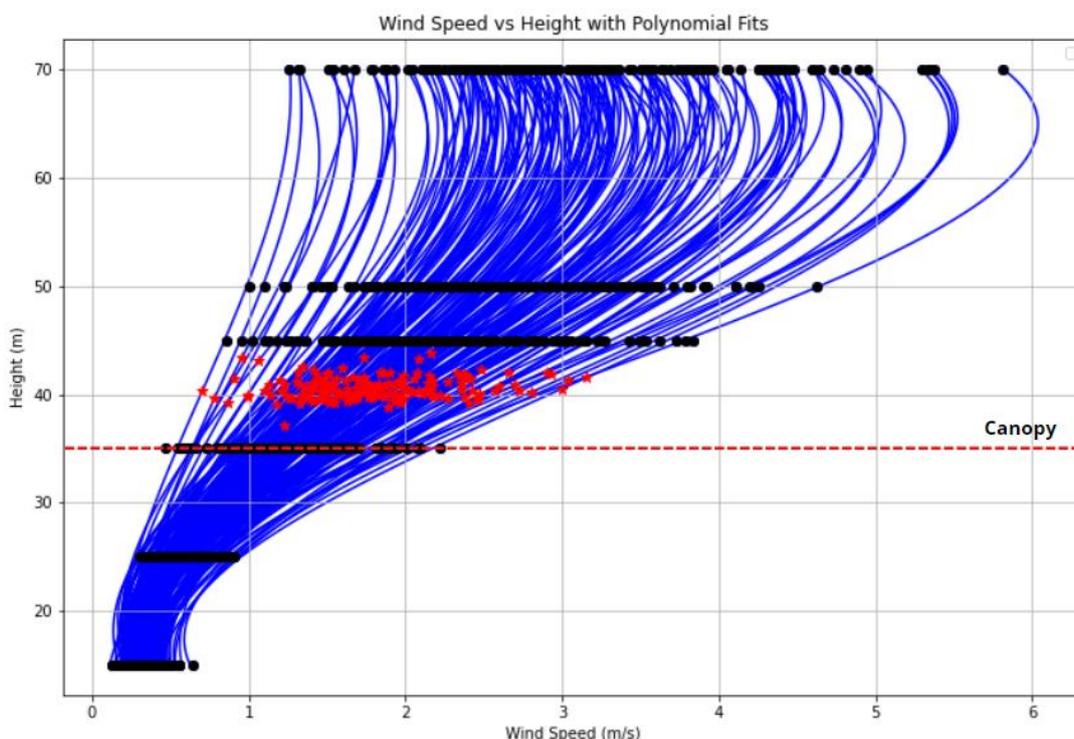


Figura 1 - Perfis verticais da velocidade do vento médio horizontal ( $u$ ) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uatumã. As linhas azuis contínuas representam o ajuste polinomial de terceira ordem para os perfis de vento, já a linha seccionada vermelha representa a altura média do dossel florestal. Os pontos vermelhos mostram as alturas dos PIs.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, observa-se perfis adimensionais em que a altura  $z - z_i$  foi normalizadas por  $L_s$  e a velocidade média do vento  $u$  normalizada por  $u_i$ . Uma vez que as escalas utilizadas são de extrema importância para o escoamento na SR, espera-se que os pontos apresentem a tendência de cair em uma única curva, ou seja, que os apresentem uma certa similaridade, como visto em Sá e Pacheco (2006). Observando a figura 2, nota-se que os pontos apresentam baixa dispersão até a altura  $(z-z_i)/L_s = 2$ . A partir dessa altura há uma grande dispersão dos pontos, ou seja, as escalas associadas com

a rugosidade da superfície não são as mais adequadas para a adimensionalização do perfil do vento acima de uma certa altura, que acreditamos ser a altura da subcamada rugosa.

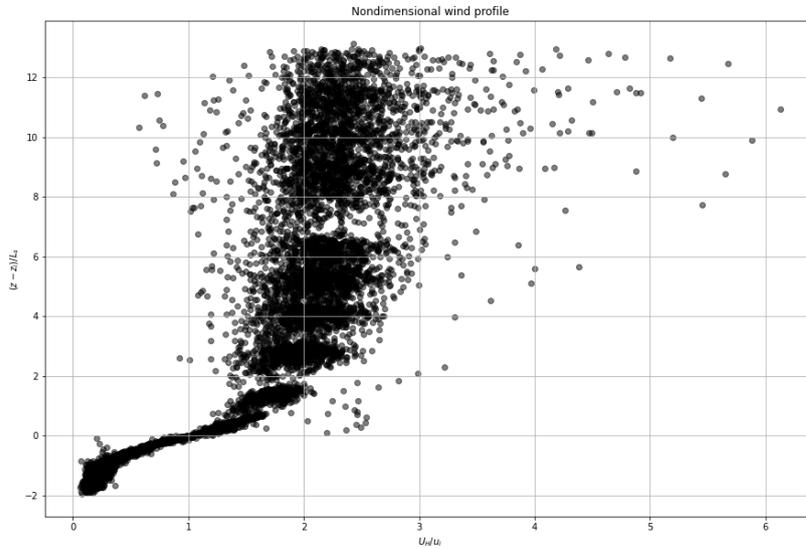


Figura 2 - Perfil adimensional da velocidade do vento médio utilizando a altura de PI  $u_i$  e a escala de comprimento  $L_s$  para a normalização de  $z$ , e a velocidade de vento  $u_i$  para normalização de  $u$ .

A partir da Eq. (3) foi possível estimar  $z^*$ . Na Figura 3 são mostrados os valores de  $z^*$  em função do parâmetro de estabilidade de monin-obukhov. Nossos resultados sugerem que a maior concentração da variabilidade de  $z^*$ , durante o ciclo diurno, possui valor médio de aproximadamente 83 m, ou  $z^*/h = 2,37$ , para o parâmetro de estabilidade ( $-0.5 < \zeta < 0.25$ ) no regime instável, que definimos como convecção forçada.

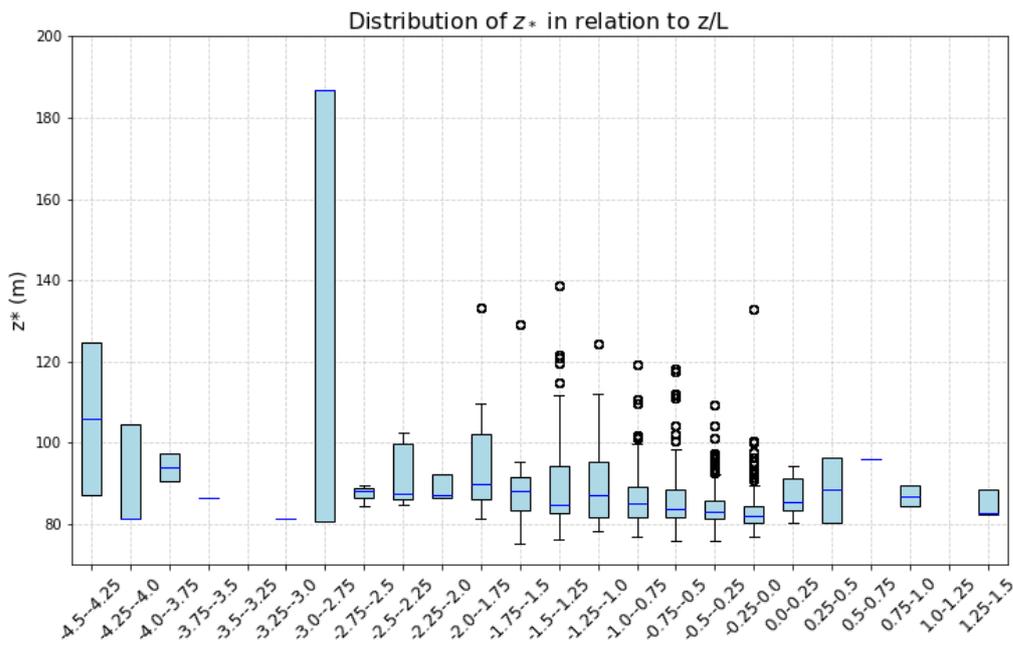


Figura 3 - Altura da SR amazônica vs parâmetro de estabilidade.

A altura  $z^*$  em função da direção do vento disposta na Figura 4, mostra que o valor médio da altura da SR - que possui maior variabilidade na direção (120-130) - é de 83,93 m ou  $z^*/h \approx 2,4$ . A direção do vento aqui foi mantida na altura de 100 m, para que não sofresse interferência da rugosidade da floresta.

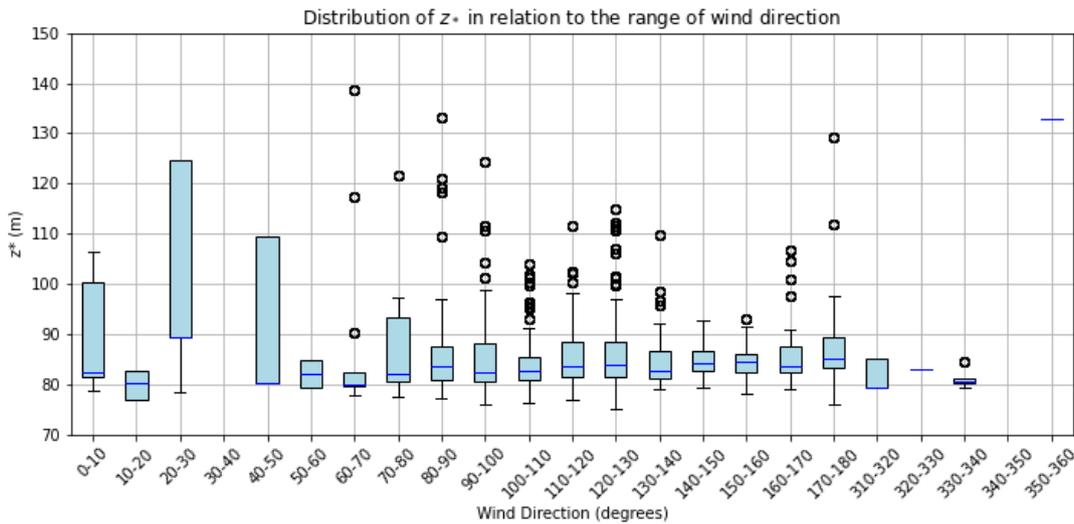


Figura 4 - Altura da SR amazônica vs direção do vento (graus).

Em posse desses resultados, onde a estimativa da altura da SR está na faixa entre 2-3h como previsto por Raupach (1996), houve a necessidade em observar o comportamento de  $z^*$  através de uma série temporal como representa a Figura 5. A curva azul na figura 5 representa as variações da altura  $z^*$  ao longo do tempo, mostrando as mudanças na altura da SR. As variações ou flutuações na curva azul, sugerem que a altura da subcamada rugosa não é constante, sendo influenciada por diferentes processos físicos, como fluxos turbulentos, transporte de momentum, e interações com a vegetação. Essas flutuações refletem a presença de estruturas coerentes.

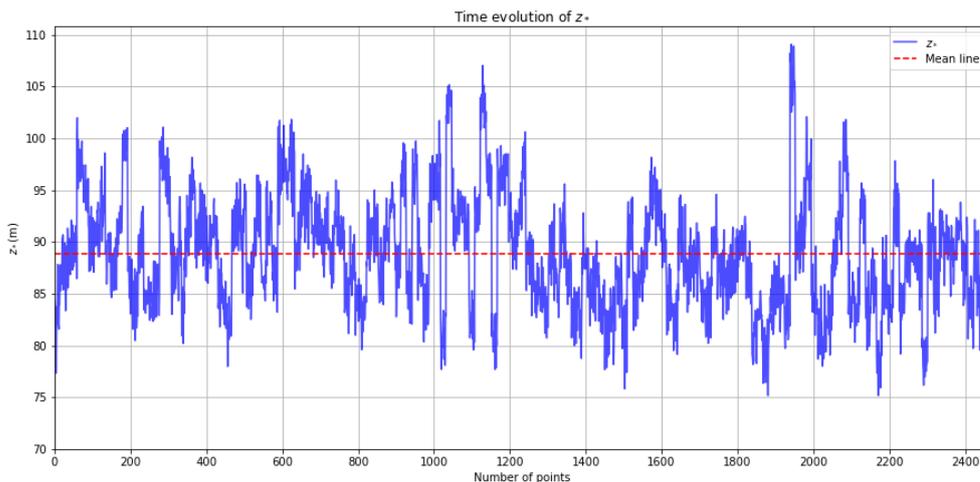


Figura 5 - Evolução temporal da altura da SR vs número de pontos (frequência de amostragem) do ano de 2023.

A importância em se detectar as ECs, bem como, a sua contribuição para os transportes turbulentos que é um dos principais objetivos nos estudos da SR, em particular acima de florestas (Thomas e Foken, 2005, 2007; Serafimovich et al., 2011, Cely-Toro et al., 2023); se dá ao fato das características

dessas, serem análogas a Camada de Mistura (CM), sendo que, CM é o link entre as escalas das estruturas coerentes e o PI do perfil da velocidade do vento no topo do dossel florestal, contribuindo para a estimativa de  $z^*$ .

## CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi o de estimar a profundidade da SR Amazônica, utilizando um ano de dados da campanha de 2023, envolvendo perfis de velocidade do vento medidos por anemômetros sônicos, que foram analisados através da direção do vento, dos regimes de estabilidade, das ECs e escalas associadas com a altura do ponto de inflexão. Entretanto, essas escalas estão associadas à superfície rugosa da floresta e sua investigação nos permitiu adimensionar os perfis acima da floresta. A demonstração desses parâmetros de escala que apresentam informações contidas na altura do ponto de inflexão do perfil da velocidade média do vento são suficientes para exprimir a velocidade média do vento acima da copa, assim como determinar o comprimento de  $z^*$ , sua evolução e variações diárias ao longo do ano.

Os estudos aqui determinam até que altura acima da floresta, as relações adimensionais são válidas, nesse caso, quando  $(z - z_i)/L_s = 2$ . As equações (1), (2) e (3) propostas neste trabalho, mostraram-se efetivamente positivas quanto aos resultados, uma vez que, os valores obtidos estão na faixa dos que foram obtidos em trabalhos anteriores como o de Raupach et al. (1996).

Tais resultados nos permitiram observar que a altura média da SR em função das classes de estabilidade se comparadas à direção do vento não possuem uma elevada diferença, onde  $z^*/h$  é aproximadamente 2,4 tanto para direção do vento, quanto para o parâmetro de estabilidade de Monin-Obuhkov. Nesse ponto, as ECs constituem um fator importante em nossa análise, tendo em vista que, seu surgimento na SR possui relação com a variação na altura do ponto de inflexão do perfil do vento.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através da bolsa concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente (CLIAMB - INPA/UEA).

Ao Instituto Federal do Pará (IFPA).

Ao Laboratório de Monitoramento da Atmosfera Amazônica (LaMAAm).

## REFERÊNCIAS

CELY-TORO, I. M. et al. Coherent structures detection within a dense Alpine forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 343, p. 109767, 2023.

COSTA, Felipe D. et al. A simplified model for intermittent turbulence in the nocturnal boundary layer. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 68, n. 8, p. 1714-1729, 2011.

DIAS-JÚNIOR, CQ et al. Coherent structures detected in the unstable atmospheric surface layer above the Amazon forest. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, v. 115, p. 1-8, 2013.

DIAS-JÚNIOR, Cléo Q. et al. Turbulence regimes in the stable boundary layer above and within the Amazon forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 233, p. 122-132, 2017.

FINNIGAN, John. Turbulence in plant canopies. *Annual review of fluid mechanics*, v. 32, n. 1, p. 519-571, 2000.

FOKEN, Thomas; MAUDER, Matthias. *Micrometeorology*. Berlin: Springer, 2008.

KAIMAL, Jagadish Chandran; FINNIGAN, John J. *Atmospheric boundary layer flows: their structure and measurement*. Oxford university press, 1994.

MARSHALL, B. J. et al. Conditional sampling of forest canopy gusts. *Boundary-Layer Meteorology*, v. 102, p. 225-251, 2002.

POGGI, Davide et al. The effect of vegetation density on canopy sub-layer turbulence. *Boundary-Layer Meteorology*, v. 111, p. 565-587, 2004.

RAUPACH, Michael R.; FINNIGAN, John J.; BRUNET, Yves. Coherent eddies and turbulence in vegetation canopies: the mixing-layer analogy. *Boundary-Layer Meteorology 25th Anniversary Volume, 1970-1995: Invited Reviews and Selected Contributions to Recognise Ted Munn's Contribution as Editor over the Past 25 Years*, p. 351-382, 1996.

SÁ, Leonardo Deane de Abreu; PACHÊCO, Vanusa Bezerra. Wind velocity above and inside Amazonian Rain Forest in Rondônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 3a, p. 50-58, 2006.

Serafimovich, A., Thomas, C., Foken, T., 2011. Vertical and horizontal transport of energy and matter by coherent motions in a tall spruce canopy. *Bound.-Layer Meteorol.* 140, 429

STULL, Roland B. *An introduction to boundary layer meteorology*. Springer Science & Business Media, 2012.

THOMAS, Chr; FOKEN, Th. Detection of long-term coherent exchange over spruce forest using wavelet analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 80, p. 91-104, 2005.

THOMAS, Christoph; FOKEN, Thomas. Flux contribution of coherent structures and its implications for the exchange of energy and matter in a tall spruce canopy. *Boundary-Layer Meteorology*, v. 123, p. 317-337, 2007.

ZAHN, Einara et al. Scalar turbulent behavior in the roughness sublayer of an Amazonian forest. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 16, n. 17, p. 11349-11366, 2016.

# ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS VEGETACIONAIS E FOCOS DE CALOR EM MUNICÍPIOS DA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA

Luzinete Scaunichi Barbosa <sup>1</sup>; Daniela Castagna <sup>1</sup>; Rhavel Salviano Dias Paulista <sup>1</sup>; Daniela Roberta Borella <sup>1,2</sup>; Adilson Pacheco de Souza <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, UFMT, Cuiabá, MT, Brasil. Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 Bairro Boa Esperança - Cuiabá - MT CEP: 78060-900; <sup>2</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Humanas, Naturais e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, Brasil. Av. Alexandre Ferronato, 1200 - Res. Cidade Jardim, Sinop - MT, 78550-728; <sup>3</sup>Docente. Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, UFMT, Cuiabá, MT, Brasil. Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 Bairro Boa Esperança - Cuiabá - MT CEP: 78060-900

## RESUMO

Índices de perigo de incêndios baseados em dados meteorológicos permitem avaliar a probabilidade de ocorrência de incêndios vegetacionais e podem ser valiosos como ferramenta de planejamento para os órgãos responsáveis na prevenção e combate de incêndios de vegetação. Objetivou-se avaliar o desempenho de sete índices de perigo de incêndios, utilizando dados coletados por estações meteorológicas automáticas/terrestre e dados de reanálise, em cinco municípios localizados em diferentes regiões da transição Cerrado-Amazônia (Vilhena/RO, Tangará da Serra/MT, Palmas/TO, Marabá/PA e São Luís/MA). Os dados meteorológicos diários foram obtidos na rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia, enquanto os dados de reanálise, foram extraídos do ERA5-Land no site do Copérnicus/ECMWF, para 12 anos (2010-2022). O número total de focos de calor e os dias de ocorrência foram contabilizados para cada município, e, obtidos dados de focos de calor junto ao Banco de Dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Foram avaliados os índices de perigo de incêndio de Ångström, Nesterov, Telitsyn, Fórmula de Monte Alegre e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+), P-EVAP e EVAP/P. Ao longo do período estudado, as maiores ocorrências de focos de calor foram registradas em 2018, 2019 e 2022. O desempenho dos índices de perigo de incêndios foi analisado considerando os dias que apresentaram focos de calor associados ao perigo de incêndios, obtida pelo método de Skill Score (SS) e da porcentagem de sucesso (PS) para cada índice, em cada município de estudo. Os resultados do SS demonstraram que, os índices com maiores desempenhos foram FMA+ e Nesterov, com PS média de 70%, sugerindo que o índice é eficaz na previsão da "ocorrência" de incêndios; independentemente do índice e do município, ocorrem melhores estimativas para a "não ocorrência" de incêndio. Alterações climáticas, ambientais e de uso da terra afetam o desempenho das previsões ao longo do tempo.

**PALAVRAS-CHAVE:** reanálise climática; estações meteorológicas automáticas; proteção florestal; incêndios florestais; focos de calor

# INFLUÊNCIA DA COBERTURA DA SUPERFÍCIE URBANA DE MANAUS NA FORMAÇÃO DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

**Carla de Souza Farias**<sup>1,2</sup>; **Maria Juliana de Melo Monte**<sup>1</sup>; **Denisi Holanda Hall**<sup>1</sup>; **Vinicius Buscioli Capistrano**<sup>4</sup>; **Luiz Antonio Candido**<sup>5</sup>; **Cléo Quaresma Dias Júnior**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP 69060-001, Manaus - AM ;<sup>2</sup>Bolsista. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Av. Alm. Barroso, 1155 - Marco, Belém - PA, 66093-020;<sup>3</sup>Docente. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Av. Alm. Barroso, 1155 - Marco, Belém - PA, 66093-020;<sup>4</sup>Docente. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Bloco V - R. Ufms - Vila Olinda, Campo Grande - MS, 79070-900;<sup>5</sup>Docente. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP 69060-001, Manaus - AM

## RESUMO

Nos últimos anos, esforços significativos têm sido feitos para compreender como a presença de áreas urbanas afeta os fenômenos meteorológicos, especialmente os eventos extremos. Contudo, os estudos sobre Manaus focaram predominantemente em um único evento extremo de chuva. Este trabalho analisou o comportamento médio de 45 eventos extremos ocorridos entre 2010-2020, utilizando simulações numéricas com o modelo WRF/SLUCM. Os extremos foram identificados a partir da análise dos percentis superiores a 97,5% das séries de dados IMERG e ERA5, resultando em 177 e 176 eventos, respectivamente, com 45 casos coincidentes. A maior quantidade de extremos ocorreu nos anos de 2013 e 2019, com um total de 9 e 6 casos, respectivamente. Os meses de fevereiro e junho apresentaram a maior frequência de casos extremos, com 8 ocorrências cada. Nota-se que o mês de fevereiro precede o mês com o maior acumulado de chuva, enquanto o mês de junho é seguido pelo mês de menor precipitação, mostrando que os meses de transição entre as estações apresentaram maior incidência dos extremos selecionados. A análise considerou duas configurações: uma com superfície urbana (URB), incluindo classes alta, baixa e industrial, e outra com áreas florestadas (NOURB), realizando 45 simulações para cada configuração. Os resultados indicaram que a urbanização intensifica os extremos de chuva, alterando os padrões temporais e espaciais. A substituição da vegetação florestal por superfícies urbanas prolongou a duração dos sistemas de precipitação, aumentando o risco de inundações. Enquanto áreas urbanas, compostas por materiais que retêm calor, resultaram em chuvas mais intensas, as áreas florestadas mantiveram chuvas frequentes, porém menos intensas, devido à evapotranspiração. Observou-se um aumento das chuvas extremas, especialmente no centro da cidade, durante a tarde. A análise da distribuição de acumulados de precipitação em nove quadrantes mostrou que, na área urbana, a precipitação acumulada foi superior em 55,5% dos quadrantes em comparação com as áreas florestadas. O quadrante Central apresentou o maior acumulado (419,35 mm), representando 24,4% dos casos analisados, seguido pelos quadrantes Leste (399,92 mm) e Sudoeste (367,08 mm). As diferenças de precipitação entre os ambientes urbanizados e florestados foram mais acentuadas nos quadrantes Central, Nordeste e Sudoeste, com variações de até 60,2 mm. Esses resultados evidenciam que a urbanização é um fator condicionante crucial que intensifica os acumulados de precipitação em Manaus, ressaltando a importância da configuração urbana no aumento dos eventos extremos na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelo WRF; simulação urbana; precipitação extrema; reanálise ERA-5;

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte do doutorado do primeiro autor na Pós-Graduação Programa de Clima e Meio Ambiente (PPG-CLIAMB) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e a Universidade do Estado do Amazonas (UEA) com apoio financeiro do Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Agradecimento ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA); Laboratório de Modelagem Climática (LMC/INPA). Além do apoio do projeto "Variabilidade da altura da camada limite planetária e a relação com a micrometeorologia

e a química da atmosfera na região central da Amazônia: Estudo observacional e de simulações numéricas", financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) referente ao projeto 406884/2022-6.

## ESTUDO COMPARATIVO DO SALDO DE RADIAÇÃO ENTRE UMA ÁREA DE FLORESTA E CAMPINARANA

**Carla Maria Alves de Souza**<sup>1</sup>; **Ranyelli Cunha de Figueiredo**<sup>1</sup>; **Denisi Holanda Hall**<sup>1</sup>; **Rosária Rodrigues Ferreira**<sup>1</sup>; **Cléo Quaresma Dias Júnior**<sup>4</sup>; **Luiz Augusto Toledo Machado**<sup>2</sup>; **Jailson Ramos da Mata**<sup>1</sup>; **Leonardo de Oliveira Ramos**<sup>3</sup>; **Tiago de Lima Xavier**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bolsista . Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia . Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-375;<sup>2</sup>Docente. Universidade de São Paulo . R. da Reitoria, 374 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-220;<sup>3</sup>Servidor . Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia . Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-375;<sup>4</sup>Docente . Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado Pará . Av. Almirante Barroso, 1155. Bairro: Marco. Município: Belém-PA. CEP: 66093-020.

### RESUMO

A região amazônica apresenta uma acentuada diversidade em sua vegetação, composição do solo, entre outros aspectos, que podem variar até mesmo dentro de uma mesma área. Essa diversidade pode modificar alguns parâmetros meteorológicos, como por exemplo, o saldo de radiação. Este saldo, que representa a diferença entre a radiação recebida e a emitida pela superfície, influencia diretamente o clima local e os processos ecológicos. Diante disso, este tem como objetivo investigar a variabilidade do saldo de radiação e suas componentes dentro da mesma região, na Amazônia Central, em dois locais distintos: floresta de terra firme e campinarana, separados por uma distância de apenas 4 km. Para realizar as medições, foram utilizados quatro pirgeômetros e quatro piranômetros, integrados em dois radiômetros líquidos CNR4 (KIPP & ZONEN). Esses instrumentos medem as componentes de radiação de onda longa e curta, respectivamente, com uma frequência de uma medida por minuto. Os equipamentos foram instalados em duas torres meteorológicas situadas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uatumã, no sítio experimental ATTO (Amazon Tall Tower Observatory). A pesquisa foi realizada no período de 5 de maio a 12 de junho de 2024, e os resultados indicam que, dentro da mesma região, tanto o saldo de radiação ( $R_n$ ) quanto suas componentes apresentam variabilidade entre si. Por exemplo,  $R_n$  é maior na região de floresta, crescendo das 6h (hora local) até às 12h (máximo de  $600 \text{ W/m}^2$ ), e em seguida decrescendo até as 18h. Já na campinarana,  $R_n$  cresce das 6h até aproximadamente 10h (máximo de  $550 \text{ W/m}^2$ ), permanecendo constante até aproximadamente 12h, quando inicia seu decréscimo. No que tange às componentes de radiação, nota-se que as componentes de radiação de onda longa incidente (LW-in) e emitida (LW-out) são mais elevadas na região de campinarana, enquanto as componentes de radiação de onda curta refletida (SW-out) apresentam valores mais elevados na floresta. Diversos fatores influenciam o saldo de radiação, incluindo a cobertura vegetal, a umidade do solo, a topografia e a presença de nuvens. A floresta de terra firme, com sua densa cobertura vegetal, tende a absorver e reemitir a radiação de forma diferente da campinarana, que possui uma cobertura mais aberta e menos densa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saldo de radiação; floresta de terra firme; campinarana; Amazônia Central;

# ANÁLISE DA DINÂMICA DA ALTURA DA CAMADA LIMITE NOTURNA: EFEITOS DO SALDO DE RADIAÇÃO

**Carla Maria alves de Souza**<sup>1</sup>; **Anne Cristiny Santos de Mendonça**<sup>1</sup>; **Flávio Augusto Farias D'Oliveira**<sup>4</sup>; **Cléo Quaresma Dias Junior**<sup>3</sup>; **Jailson Ramos da Mata**<sup>2</sup>; **Leonardo de Oliveira Ramos**<sup>5</sup>; **Thiago de Lima Xavier**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista . Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós Graduação em Clima e Ambiente . Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-375;<sup>2</sup>Técnico . Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia . Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-375;<sup>3</sup>Docente . Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado do Pará . Av. Alm. Barroso, 1155 - Marco, Belém - PA, 66093-020;<sup>4</sup>Bolsista . Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado do Pará. Av. Alm. Barroso, 1155 - Marco, Belém - PA, 66093-020;<sup>5</sup>Servidor . Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia . Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, 69067-375

## RESUMO

A altura da Camada Limite Atmosférica ( $z_i$ ) é um parâmetro crucial para diversas áreas do conhecimento, como química da atmosfera e micrometeorologia. Nas últimas décadas, houve avanços consideráveis nos estudos envolvendo  $z_i$ , contudo, os estudos focados no período noturno ainda são limitados. Neste estudo, utilizam-se perfis de fluxos turbulentos de calor sensível (H) medidos no sítio experimental ATTO (Amazon Tall Tower Observatory) para determinar a altura da Camada Limite Noturna (CLN). Foram observados três casos em que a CLN apresentou um comportamento atípico, crescendo no meio da noite, o que pode estar relacionado ao aumento do cisalhamento do vento e às variações no saldo de radiação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Camada Limite Noturna; Saldo de Radiação; Amazônia Central;;

## INTRODUÇÃO

A camada limite atmosférica (CLA), que está em contato direto com a superfície e é influenciada por ela, apresenta uma fase convectiva predominante durante o dia, chamada de Camada Limite Convectiva (CLC), e uma fase estável durante a noite, conhecida como Camada Limite Noturna (CLN) (GARRAT, 1924; STULL, 1988). A altura da Camada Limite Atmosférica ( $z_i$ ) varia ao longo do dia influenciada pela turbulência, podendo atingir profundidades máximas de aproximadamente 1-2 km na região amazônica (FISCH et al., 2004; SOUZA et al., 2023). A variável  $z_i$  é crucial para a micrometeorologia, pois as trocas de energia e momento são influenciadas por ela e está associada aos maiores vórtices turbulentos locais (GRASS et al., 1991).

Nas últimas décadas, diversos estudos têm focado nas estimativas da altura da CLA em condições diurnas. Essas estimativas são realizadas por meio de medidas experimentais (BEYRICH, 1997; ERESMAA, 2006), dados de satélite, dados de reanálise (DIAS-JUNIOR et al., 2022; SAHA et al., 2022) e sensoriamento remoto (CARNEIRO E FISCH, 2016; SOUZA et al., 2023). Apesar dos avanços nos estudos sobre CLA, a estimativa de  $z_i$  durante o período noturno é menos frequente, especialmente quando se trata da região amazônica. Os principais métodos usados para estimar  $z_i$  durante o dia não são eficazes para estudos de  $z_i$  noturno. Por exemplo, as radiossondas passam rapidamente o topo da CLN, dificultando a medição adequada dos perfis de temperatura, vento e umidade. Além disso, outro método muito usado para estimar  $z_i$  na Amazônia utiliza os perfis de retroespalhamento de aerossol obtidos por ceilômetro (CARNEIRO E FISCH, 2020; SOUZA et al., 2023). Este equipamento realiza medidas acima de 150 m e frequentemente esse valor já é superior aos valores de  $z_i$  noturno. No entanto, com os dados das torres do projeto ATTO, é possível usar os perfis de fluxos turbulentos para obtenção das alturas da CLN por um longo período. Sabe-se que a definição de camada limite é a altura acima da superfície em que ainda se tem turbulência (STULL, 1988).

Com isso em mente, este estudo usa uma metodologia inovadora para estimar a altura da CLN na região da Amazônia central, por meio da análise dos perfis de fluxos turbulentos obtidos com dados do sítio ATTO. A partir disso, realizou-se o estudo de 3 casos, nos quais observou-se que a CLN apresentou comportamento atípico, correlacionado com o cisalhamento do vento e saldo de radiação. Foi identificado que, nesses casos, a CLN cresceu no meio da noite, contrariando o comportamento típico de estabilização e retração. Esse crescimento noturno da CLN pode ser atribuído a eventos de aumento de cisalhamento do vento, que intensificam a turbulência e resultam na elevação da altura da CLN. Também foi observado que variações no saldo de radiação durante a noite, possivelmente devido a mudanças na cobertura de nuvens ou emissividade da superfície, contribuíram para essas anomalias na altura da CLN.

## OBJETIVOS

Estimar a altura da CLN para 3 dias e analisar os dias em que a CLN apresenta crescimentos repentinos ao longo da noite e verificar sua associação com o saldo de radiação para a região acima do sítio ATTO, na Amazônia central.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados coletados no sítio experimental ATTO, localizado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, aproximadamente 150 km a nordeste da cidade de Manaus, em uma região de floresta tropical intocada (ANDREAE et al., 2015). Recorreu-se a dados de resposta rápida (10 Hz) coletados por anemômetros sônicos 3D instalados em 12 alturas diferentes acima do dossel florestal (Tabela 1). Foram medidas a temperatura do ar e as três componentes da velocidade do vento ( $u$ ,  $v$  e  $w$ ). Os fluxos turbulentos de calor sensível ( $H$ ) foram obtidos a cada 5 minutos, utilizando o método de covariâncias dos vórtices turbulentos, descrito por Webb et al. (1980).

A partir de então, a altura da CLN foi determinada como a altura na qual  $H$  foi igual ou menor que 5% daquele encontrado logo acima do dossel (50 m). Sabe-se que no topo da CLA a turbulência cessa e os fluxos turbulentos tendem a ser nulos (STULL, 1988), sob essa perspectiva,  $z_i$  noturno foi determinado (Figura 1) utilizando perfil médio de  $H$  a cada 1 hora. As principais análises deste estudo foram realizadas em um dia de transição da estação seca para a chuvosa (09/11/2022), um dia de transição da estação chuvosa para a seca (14/07/2022) e um dia típico da estação seca na região central da Amazônia (08/08/2022) para os horários entre 00:00 e 10:00 UTC. Nesses casos a CLN apresentou um comportamento incomum em relação ao esperado por estudos anteriores (STULL, 1988; CARNEIRO E FISCH, 2020; DIAS-JUNIOR et al., 2022; SOUZA et al., 2023) onde a CLN tende a diminuir ao longo da noite devido à perda radiativa pela superfície. Contudo, foram observadas situações de crescimento nos casos estudados. Portanto, foi analisado o saldo de radiação ( $R_N$ ) que foi calculado pela diferença entre as radiações de onda longa recebidas e emitidas pela superfície terrestre, ambas obtidas por um saldo radiômetro CNR4 (Tabela 1) que realiza medições a cada 1 minuto.

Tabela 1 - Instrumentos usados e medidas obtidas em cada nível aplicadas na estimativa dos fluxos turbulentos e saldo de radiação, acima do sítio experimental ATTO.

Modelos dos instrumentos	Alturas das medidas (m)	Dados
CSAT 3B (Campbell Scientific)	316; 196; 50	Velocidade do vento ( $u$ , $v$ , $w$ ) e temperatura
Thies 3D Sonic (Clima)	298; 274; 247; 223; 172; 151; 127; 100; 81	Velocidade do vento ( $u$ , $v$ , $w$ ) e temperatura

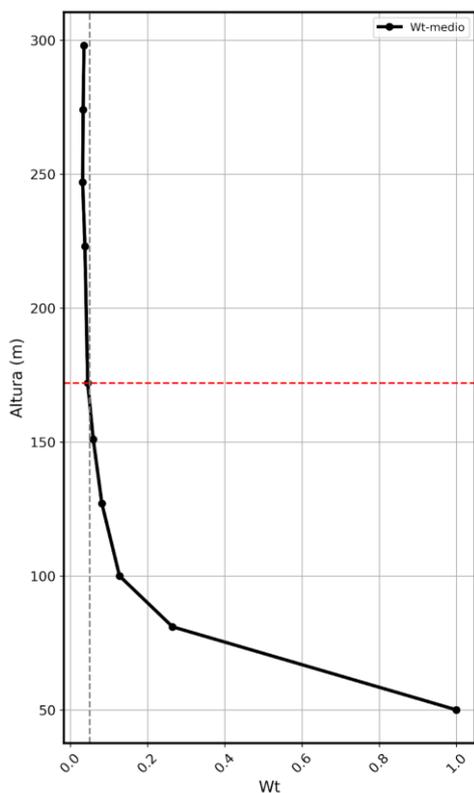


Figura 1: Representação da metodologia utilizada para determinação da altura da CLN. A curva em preto representa o fluxo de calor sensível, a linha tracejada vertical representa 5% do fluxo de calor sensível e a linha horizontal em vermelho representa a altura da CLN estimada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2a, é representado a evolução horária da CLN para o dia 08/08/2022, e o saldo de radiação de onda longa (Figura 2b), todos para o mesmo período. Nota-se que a CLN inicia seu ciclo em 100 m e decresce para 81 m às 01h30min. Em seguida, a CLN cresce até atingir 172 m, onde permanece estável por um período, decrescendo novamente após às 04h30min. Esse comportamento é atípico para a CLN, visto que se espera que a CLN decresça gradualmente conforme o resfriamento da superfície e, conseqüentemente, a perda radiativa (STULL, 1988; CARNEIRO E FISCH, 2020; DIAS-JUNIOR et al., 2022)

Nota-se também que nos horários em que a CLN está mais elevada, a perda radiativa torna-se menos negativa, partindo de valores próximos de  $-60 \text{ W/m}^2$  para aproximadamente  $-42 \text{ W/m}^2$ . A presença de nuvens pode ter contribuído para a redução da perda radiativa, o que pode ter influenciado na elevação da altura da CLN.

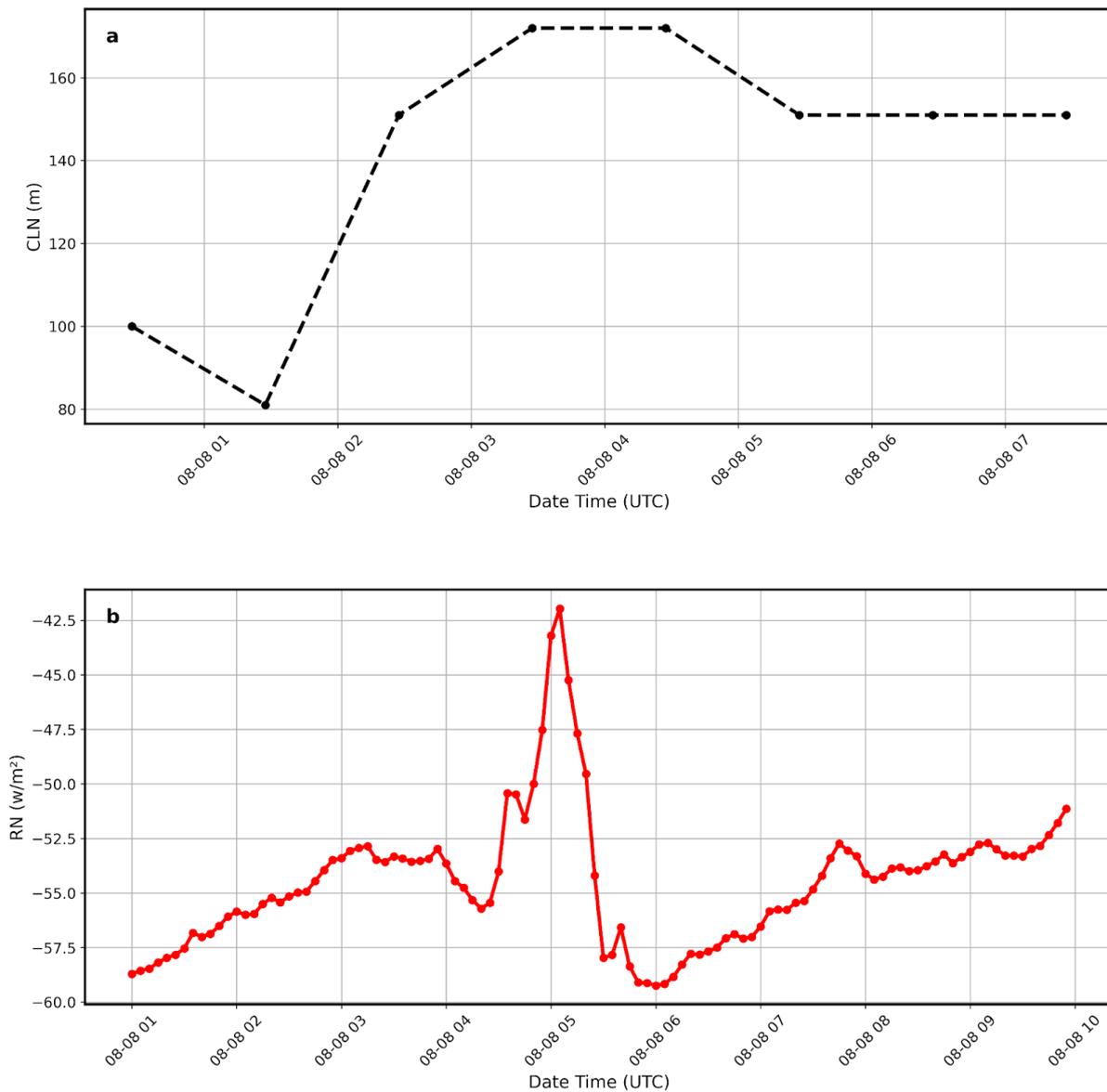


Figura 2: a) Evolução horária da CLN e b) saldo de radiação para a noite do dia 08/08/2022 .

Assim como na Figura 2, a Figura 3 apresenta um comportamento atípico da CLN. Nesta figura, a CLN permanece estável em 80 m por três horas consecutivas e depois cresce até 172 m. Paralelamente, observa-se uma acentuada redução na perda radiativa, que vai de -55 W/m<sup>2</sup> para -25 W/m<sup>2</sup> (Figura 3b). Esse fator pode ter contribuído para o aumento da CLN no intervalo de 03h30min às 06h30min.

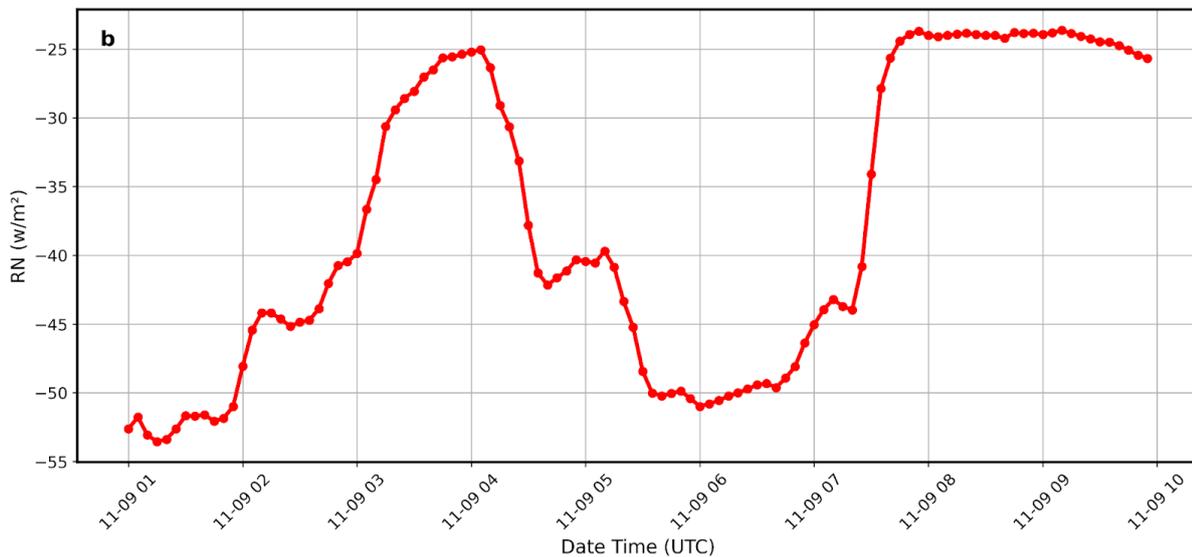
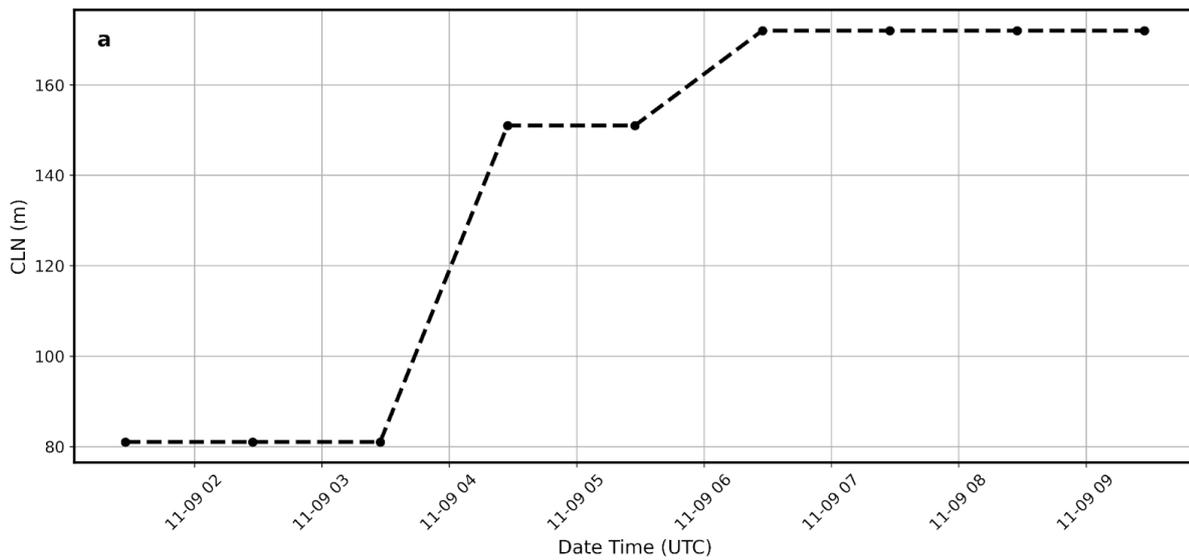


Figura 3: a) Evolução horária da CLN e b) saldo de radiação para a noite do dia 09/11/2022 .

Na Figura 4, são observados sucessivos crescimentos e estabilizações na CLN, acompanhados também pelo saldo de radiação. Nota-se que, nos momentos em que a CLN cresce (01h30min às 02h30min; 03h30min às 04h30min; 05h30min às 06h30min), ocorrem paralelamente reduções na perda radiativa. Percebe-se que nos horários em que a CLN não apresenta variabilidade (02h30min às 03h30min; 04h30min às 05h30min; 06h30min às 08h30min), há um aumento na perda radiativa seguido de momentos de estabilidade no saldo de radiação, o que pode estar associado a instantes de pouca variabilidade na CLN.

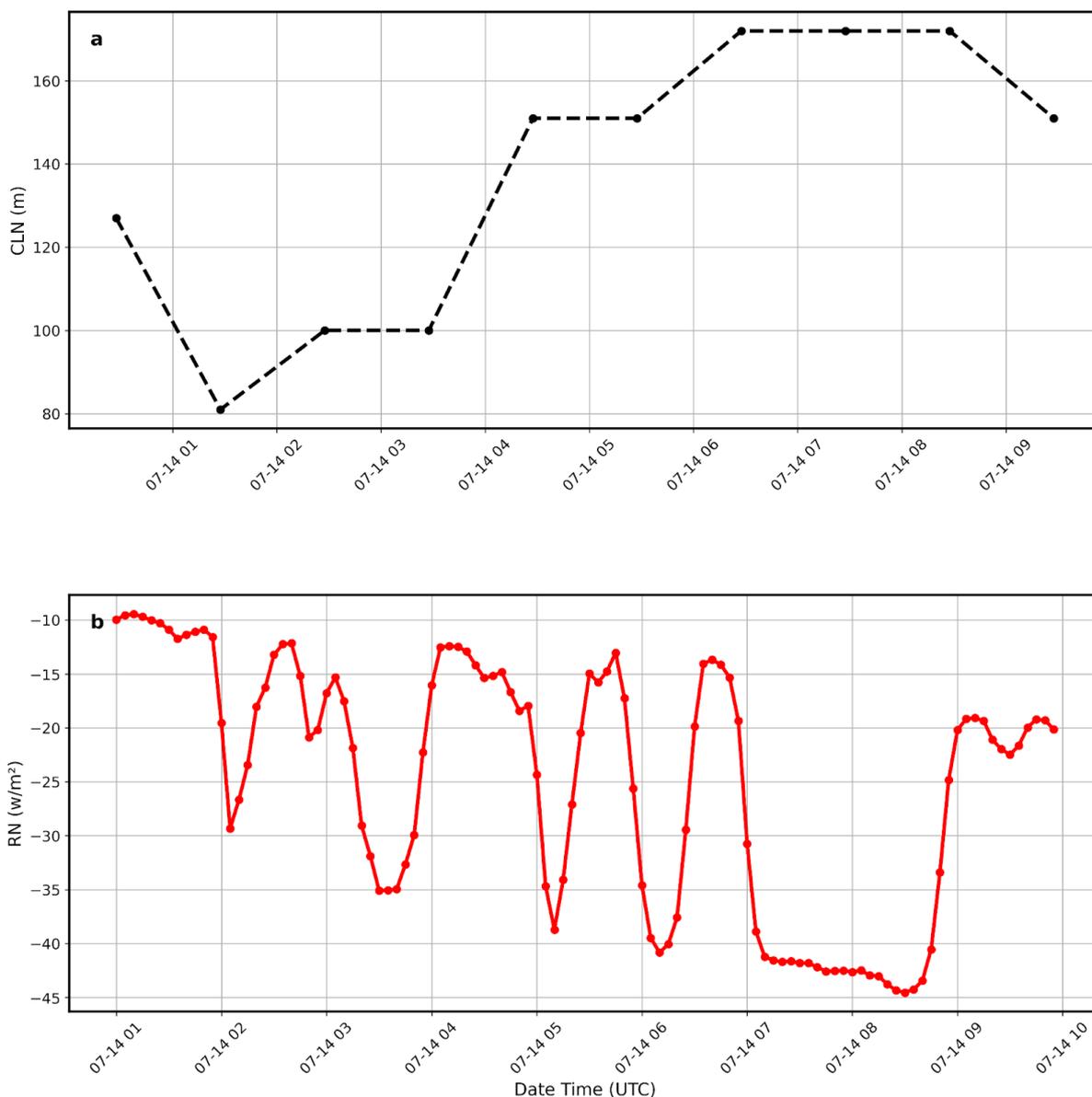


Figura 4: a) Evolução horária da CLN e b) saldo de radiação para a noite do dia 14/07/2022 .

## CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam a complexidade da dinâmica da altura da CLN na Amazônia central, destacando um comportamento atípico da CLN nos casos analisados. Esses casos mostraram um crescimento inesperado da CLN durante, associado à redução na perda radiativa, provavelmente influenciada pela presença de nuvens. Essas variáveis parecem intensificar a turbulência mecânica, resultando na elevação da CLN.

A utilização de dados de perfis de fluxos turbulentos de calor sensível do projeto ATTO foi crucial para a compreensão desses padrões. Este estudo sublinha a importância de continuar investigando a CLN em ambientes tropicais, onde a interação entre a superfície e a atmosfera é particularmente complexa. Compreender melhor essas dinâmicas é fundamental para melhorar os modelos climáticos e as previsões meteorológicas. Esses resultados fornecem uma base sólida para futuras pesquisas, que devem se concentrar nas variabilidades espaciais e temporais da CLN e nos processos que governam suas mudanças em diferentes condições atmosféricas.

## REFERÊNCIAS

- ANDREAE, Meinrat O. et al. The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO): overview of pilot measurements on ecosystem ecology, meteorology, trace gases, and aerosols. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 15, n. 18, p. 10723-10776, 2015.
- BEYRICH, F. Mixing height estimation from sodar data-a critical discussion. *Atmospheric Environment*, v. 31, n. 23, p. 3941-3953, 1997.
- CARNEIRO, Rayonil Gomes; FISCH, Gilberto; KAUFMANN, Thomas. Determinação da altura da camada limite planetária na floresta Amazônica utilizando um Ceilometer. *Ciência e Natura*, v. 38, p. 460-466, 2016.
- CARNEIRO, Rayonil G.; FISCH, Gilberto. Observational analysis of the daily cycle of the planetary boundary layer in the central Amazon during a non-El Niño year and El Niño year (GoAmazon project 2014/5). *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 20, n. 9, p. 5547-5558, 2020.
- DIAS-JÚNIOR, Cléo Quaresma et al. Intercomparison of planetary boundary layer heights using remote sensing retrievals and ERA5 reanalysis over Central Amazonia. *Remote Sensing*, v. 14, n. 18, p. 4561, 2022.
- ERESMAA, N. et al. Mixing height determination by ceilometer. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, v. 5, n. 6, p. 12697-12722, 2006.
- FISCH, G. et al. The convective boundary layer over pasture and forest in Amazonia. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 78, p. 47-59, 2004.
- GARRATT, John Roy. The atmospheric boundary layer. *Earth-Science Reviews*, v. 37, n. 1-2, p. 89-134, 1994.
- GRASS, A. J.; STUART, R. J.; MANSOUR-TEHRANI, M. Vortical structures and coherent motion in turbulent flow over smooth and rough boundaries. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Physical and Engineering Sciences*, v. 336, n. 1640, p. 35-65, 1991.
- SAHA, Sourita et al. Investigation of atmospheric boundary layer characteristics using ceilometer lidar, COSMIC GPS RO satellite, radiosonde and ERA-5 reanalysis dataset over Western Indian region. *Atmospheric Research*, v. 268, p. 105999, 2022.
- SOUZA, C.M.A.; Dias-Júnior, C.Q.; D'Oliveira, F.A.F.; Martins, H.S.; Carneiro, R.G.; Portela, B.T.T.; Fisch, G. Long-Term Measurements of the Atmospheric Boundary Layer Height in Central Amazonia Using Remote Sensing Instruments. *Remote Sens.*2023,15, 3261.  
<https://doi.org/10.3390/rs15133261>.
- STULL, Roland B. An introduction to boundary layer meteorology. Springer Science & Business Media, 1988.
- WEBB, E. K.; PEARMAN, Graeme I.; LEUNING, Ray. Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapour transfer. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 106, n. 447, p. 85-100, 1980.

## **Estudo da Radioatividade Natural na Praia de Meáípe utilizando Rede Neural.**

**Miriam Mathias Gigi<sup>2</sup>; Jacyra Ramos Soares<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Docente. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo. Cidade Universitária Rua do Matão, 1226 - São Paulo SP - Brasil - CEP: 05508-090;<sup>2</sup>Bolsista. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo. Cidade Universitária Rua do Matão, 1226 - São Paulo SP - Brasil - CEP: 05508-090

### **RESUMO**

A praia de Meáípe, localizada no Espírito Santo, é conhecida por seus elevados níveis de radiação natural de baixa dose provenientes de areias monazíticas ricas em tório ( $^{232}\text{Th}$ ). Embora seja reconhecida como um resort terapêutico, os efeitos do torônio ( $^{222}\text{Rn}$ ) na saúde humana ainda são objeto de debate na literatura científica. O torônio, com uma meia-vida de aproximadamente 55 segundos, possui um alcance limitado na atmosfera devido ao seu rápido decaimento. Sua movimentação é influenciada por fatores termodinâmicos, como a temperatura do ar e do solo, que são, por sua vez, influenciadas pela radiação solar. Esses fatores são chave na exalação e dispersão do gás torônio, o que contribui para a variação espacial e temporal da intensidade da radiação gama em Meáípe, tornando inviável a generalização de valores específicos para toda a região. Este estudo teve como principal objetivo entender e mapear a variação temporal e vertical da intensidade da radiação gama em Meáípe utilizando uma rede neural artificial. Além disso, procurou-se estabelecer uma relação estatística entre a intensidade da radiação gama e variáveis meteorológicas medidas em campo. Para tanto, a intensidade da radiação gama, medida em três alturas distintas, foi utilizada como variável de saída da rede neural. A arquitetura da rede neural consistiu em duas camadas ocultas, cada uma com dez neurônios. As variáveis de entrada incluíram dados meteorológicos e do solo, medidos e calculados, incluindo temperatura do ar e do solo, radiação de onda curta incidente e refletida, radiação de onda longa emitida pela atmosfera e pela superfície, e umidade específica do ar. Os dados de radioatividade coletados na região costeira de Meáípe, em diferentes alturas, foram utilizados para treinar uma rede neural, resultando em um modelo com desempenho promissor. O modelo apresentou um  $R^2$  de 0,99, demonstrando capacidade de generalização e precisão. A inclusão das variáveis "dia do ano" e "hora", além da altura, como entradas da rede neural, contribuiu para uma melhora significativa no desempenho do modelo. Essa constatação sugere que a rede neural aprendeu com eficiência a complexa interação entre o gás torônio e as variáveis termodinâmicas, capturando as variações sazonais e diárias. O modelo demonstra precisão variável em diferentes alturas, sendo mais preciso em alturas maiores e captando as tendências gerais em alturas menores. Os resultados deste estudo fornecem informações importantes sobre a dinâmica da radiação gama em Meáípe e contribuem para a compreensão da influência das condições climáticas na intensidade da radiação. As informações geradas podem auxiliar na gestão e monitoramento da radiação em áreas com altas concentrações de tório, como Meáípe.

**PALAVRAS-CHAVE:** areia monazítica; torônio; redes neurais artificiais; Meáípe; tório

### **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo FAPES Edital 021/2018 - TO 098/19 - Processo 84977914

# É Possível Estimar a Altura da Camada Limite Noturna a partir de Perfis de Vento Durante Jatós de Baixos Níveis na Amazônia Central?

**Anne Cristiny Santos de Mendonça**<sup>1</sup>; **Cléo Quaresma Dias Júnior**<sup>2</sup>; **Luis Gustavo Nogueira Martins**<sup>3</sup>; **Daniel Magnabosco Marra**<sup>4</sup>; **Otávio Costa Acevedo**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Bolsista (Doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, Manaus - AM, Brasil;<sup>2</sup>Pesquisador e Docente. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA. Av. Almirante Barroso, 1155 - Marco, Belém - PA, Brasil;<sup>3</sup>Pós-Doc. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Av. Roraima, 1000 - Camobi, Santa Maria - RS, Brasil;<sup>4</sup>Pesquisador. Julius-Kühn Institute for Forest Protection. Messeweg 11-12, Braunschweig, Germany;<sup>5</sup>Pesquisador e Docente. University of Oklahoma. 120 David L. Boren Blvd. Norman, Oklahoma, USA

## RESUMO

Neste estudo de caso, a altura ( $h_N$ ) da camada limite noturna (CLN) foi obtida por meio de perfis turbulentos de calor sensível ( $h_{N\_flux}$ ) baseado na definição de que  $h_N$  representa a altura na qual a turbulência gerada na superfície se propaga verticalmente. Como dados turbulentos são difíceis de obter, analisamos perfis de velocidade do vento para estimar  $h_N$  ( $h_{N\_jet}$ ) e verificar se essas estimativas podem ser diretamente associadas a  $h_{N\_flux}$ . Utilizamos medições de alta frequência coletadas em 11 diferentes alturas acima do dossel florestal na Amazônia Central, o que possibilitou a obtenção de dados ao longo da CLN. Para comparação, analisamos duas noites onde jatós de baixos níveis com características semelhantes ocorreram. Os resultados evidenciam que  $h_{N\_jet}$  foi equivalente a  $h_{N\_flux}$  (172 m) quando a máxima estabilidade atmosférica estava próximo ao nariz do jato. Em contraste,  $h_{N\_jet}$  (172 m) superestimou  $h_{N\_flux}$  (100 m) quando a estabilidade atmosférica foi maior próximo ao dossel florestal e a perda radiativa foi mais intensa. Esse padrão indica que a precisão de  $h_{N\_jet}$  pode ser afetada pela estabilidade atmosférica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Jatós de Baixos Níveis; Camada Limite Estável; Fluxos Turbulentos; Velocidade Máxima do Vento;

## INTRODUÇÃO

A Camada Limite Atmosférica (CLA) é a parte inferior da troposfera, onde processos turbulentos governam a mistura e o transporte de calor, momentum e energia entre a superfície e a atmosfera. Neste contexto, a CLA é fundamentalmente definida como uma camada turbulenta cuja altura é determinada pela propagação vertical da turbulência a partir da superfície (Lenschow et al., 1988). A altura da CLA é um parâmetro crucial para caracterizar a extensão vertical do transporte turbulento, formação de nuvens, transporte de aerossóis e deposição de poluentes, sendo uma variável chave utilizada em modelos de previsão do tempo, clima, qualidade do ar e dispersão de poluentes (Garratt, 1994; Su et al., 2018; Dias-Junior et al., 2022).

Embora importante, obter estimativas robustas da altura da CLA ainda é um desafio. Durante o dia, a presença de uma camada de inversão térmica acima da CLA inibe a extensão vertical da turbulência, permitindo uma identificação mais clara da altura da CLA. No entanto, à noite, o resfriamento radiativo forma uma camada de inversão térmica próximo à superfície, a qual reduz a mistura vertical e a turbulência, tornando a identificação da altura da Camada Limite Noturna (CLN) mais desafiadora. A altura da CLN ( $h_N$ ) pode ser determinada pelo nível onde a intensidade da turbulência diminui significativamente a partir do seu valor na superfície (Caughey et al., 1979; Lenschow et al., 1988). Contudo, para obter  $h_N$  diretamente, são necessárias medições de variáveis turbulentas com alta resolução vertical, o que muitas vezes é difícil de se obter.

Na ausência de dados diretos de turbulência, métodos indiretos são amplamente empregados, como a análise de perfis verticais de temperatura, umidade e velocidade do vento (Vickers e Mahrt, 2004; Neves e Fisch, 2015; Zhang et al., 2020). Esses dados podem ser obtidos através de radiossonda,

balão cativo e técnicas de sensoriamento remoto, como ceilômetro, sodar e radiômetro. Tais métodos são considerados indiretos pois baseiam-se em características de perfis médios influenciados pela extensão vertical da turbulência para estimar  $h_N$ .

Adicionalmente, a dinâmica da CLN pode ser fortemente influenciada por fenômenos atmosféricos como jatos de baixos níveis (JBNs). Esses jatos são correntes de ventos intensos situadas na baixa troposfera, os quais podem gerar significativa turbulência devido ao intenso cisalhamento (Greco et al., 1992). Diversos estudos mostraram a influência dos JBNs no transporte de umidade, ozônio, dióxido de carbono e poluentes atmosféricos (Mitchell et al., 1995; Banta et al., 1998; Karipot et al., 2008). Neste estudo, investigamos a altura da CLN na Amazônia Central por meio de perfis turbulentos e perfis de velocidade do vento, com foco em duas noites específicas em que JBNs foram registrados. Para isso, utilizamos medições de alta frequência realizadas no Observatório de Torre Alta da Amazônia (ATTO, Andreae et al., 2015). O sítio ATTO dispõe de duas torres (325 m e 80 m de altura) instrumentadas com sensores instalados em 11 diferentes alturas acima do dossel florestal, o que possibilitou a obtenção de dados ao longo da CLN. Obter estimativas da altura da CLN de forma mais precisa é crucial para o entendimento de diversos processos atmosféricos, como concentrações de aerossóis e gases de efeito estufa na interface entre a floresta e a atmosfera.

## OBJETIVOS

Avaliar se as estimativas da altura da Camada Limite Noturna obtidas a partir de perfis de velocidade do vento são equivalentes às estimativas baseadas em perfis turbulentos durante a ocorrência de jatos de baixos níveis.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados no sítio ATTO (<https://www.attoproject.org/>) localizado aproximadamente a 150 km a nordeste de Manaus, na Amazônia Central. O sítio experimental foi descrito em detalhes por Andreae et al., (2015). Anemômetros sônicos foram instalados em duas torres: a torre ATTO de 325 m e a torre INSTANT de 80 m, distantes 670 m uma da outra (Dias-Junior et al., 2019). Dados de resposta rápida das três componentes da velocidade do vento ( $u$ ,  $v$  e  $w$ ) e da temperatura virtual ( $T$ ) foram coletados a uma frequência de 10 Hz, em 11 alturas acima da superfície: T-035, C-050, C-081 (na torre INSTANT) e T-100, T-127, T-151, T-172, T-223, T-247, T-274 e T-298 (na torre ATTO). Os prefixos "C" e "T" indicam respectivamente o modelo dos anemômetros, sendo CSAT-3B da Campbell Scientific Instruments e o THIES Ultrasonic Anemometer 3D da Thies Clima. Adicionalmente, dados de temperatura medidos com termohigrômetros (CS215-L, Campbell Scientific Inc.) à frequência de 0,1 Hz foram obtidos nas mesmas alturas dos anemômetros. Componentes do saldo de radiação foram medidos a 81 m, por meio de um Radiômetro (Kipp & Zonen-NR-LITE2) operando a 0,1 Hz. Analisamos dados de julho a novembro de 2022.

Os dados passaram pelo seguinte controle de qualidade: (i) teste de registro completo e verificação da presença de sinalizadores de erro (Zahn et al., 2016) e (ii) detecção de picos (spikes) e dropouts com eventual remoção de dados corrompidos/danificados (Vickers e Mahrt, 1997). Após isso, médias dos diferentes momentos estatísticos da turbulência foram obtidas em intervalos de 5 minutos (Sun et al., 2012). Para analisar o período noturno e de transição, utilizamos dados coletados entre 17:00 e 05:00 horário local.

Como estudo de caso, selecionamos duas noites em que ocorreram JBNs. A seleção das noites foi baseada na análise dos perfis de velocidade do vento ( $V$ ), onde  $V = (u^2 + v^2)^{0,5}$ , sendo que  $u$  e  $v$  denotam as componentes zonal e meridional do vento, respectivamente. A ocorrência do JBN foi definida pela presença de um máximo no perfil vertical de  $V$  (ou nariz do jato), seguido por uma diminuição da velocidade acima desta altura. Para garantir que as comparações entre as estimativas de  $h_N$  sejam

consistentes, selecionamos JBNs cuja altura ( $h_j$ ) e velocidade ( $V_j$ ) no nariz do jato exibiram características similares.

A altura da CLN ( $h_N$ ) foi determinada a partir de perfis verticais do fluxo cinemático de calor sensível ( $wT$ ), onde  $wT$  foi estimado pela covariância das flutuações do componente vertical do vento ( $w'$ ) com a temperatura sônica ( $T'$ ).  $h_N$  foi determinado como a altura na qual o valor de  $wT$  corresponde a 5% de seus valores próximo à superfície (topo do dossel florestal) (Caughey et al., 1979; Lenschow et al., 1988). Devido a ausência de dados turbulentos,  $h_N$  tem sido frequentemente estimada como a altura correspondente ao máximo da velocidade do vento ou a altura do nariz do jato. Portanto,  $h_N$  também foi identificado a partir de  $h_j$ .

Os valores de energia cinética turbulenta (ECT) também foram analisados, sendo definidos por  $ECT = 0,5(\sigma_u^2 + \sigma_v^2 + \sigma_w^2)$ , onde  $\sigma$  representa o desvio padrão de cada componente do vento. A ECT fornece uma medida da intensidade da turbulência e é útil para complementar a análise de  $wT$ , fornecendo uma visão adicional sobre a estrutura turbulenta. Para determinar o gradiente de temperatura, uma função cúbica foi ajustada aos dados de temperatura em função da altura, e a derivada dessa função foi calculada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificamos a ocorrência de JBNs nas noites de 2022-07-13 e 2022-08-07 às 04:00 h e 01:00 h no horário local, respectivamente (Figura 1a). Observa-se que o vento aumentou com a altura e atingiu um valor máximo de aproximadamente  $10 \text{ m s}^{-1}$  em 172 m de altura, em ambas as noites. A direção do vento permaneceu constante em todas as alturas (Fig. 1d), sendo em torno de  $35^\circ$  na noite de 2022-07-13 e  $110^\circ$  na noite de 2022-08-07. Além disso, os valores do cisalhamento do vento nas alturas acima (223 m), abaixo (151 m) e no nariz do jato (172 m) não foram diferentes estatisticamente ( $p > 0,05$ ) entre as duas noites. Selecionamos essas noites para o estudo de caso devido à semelhança dos JBNs nesses horários, que é importante para a comparação entre as metodologias.

Nas duas noites, os valores de  $wT$  foram mais intensos próximo ao dossel florestal (i.e. 35 m) e diminuíram com a altura (Fig. 1b). No entanto, na noite de 2022-07-13, o valor de  $wT$  atingiu 5% do valor observado próximo ao dossel, a uma altura de 172 m (Fig. 1b, linha vermelha). Em contraste, na noite de 2022-08-07,  $wT$  atingiu o mesmo percentual a uma altura de 100 m (Fig. 1b, linha azul). Esses resultados indicam que a altura da CLN foi diferente em ambas as noites. Embora tenha ocorrido JBNs com altura e intensidade no nariz do jato semelhantes, a CLN foi maior na noite de 2022-07-13. Tais resultados são corroborados ao analisar os perfis de ECT (Fig. 1c). Os valores de ECT foram mais intensos à 35 m e se tornaram quase constantes nas alturas de 172 m (2022-07-13) e 100 m (2022-08-07). Portanto, os valores de  $h_N$  estimados pelos perfis de  $wT$  (denominados de  $h_{N\_flux}$ ) foram de 172 m e 100 m nas noites de 2022-07-13 e 2022-08-07, respectivamente.

Ao analisar o perfil de  $V$ , identificamos a altura da CLN como sendo equivalente à altura do nariz do jato (nomeado  $h_{N\_jet}$ ), que correspondeu a 172 m em ambas as noites. Dessa forma, as estimativas de  $h_N$  coincidiram na noite de 2022-08-07 ( $h_{N\_flux} = h_{N\_jet} = 172 \text{ m}$ ). Em contrapartida, na noite de 2022-07-13,  $h_{N\_jet}$  (172 m) superestimou  $h_{N\_flux}$  (100 m).

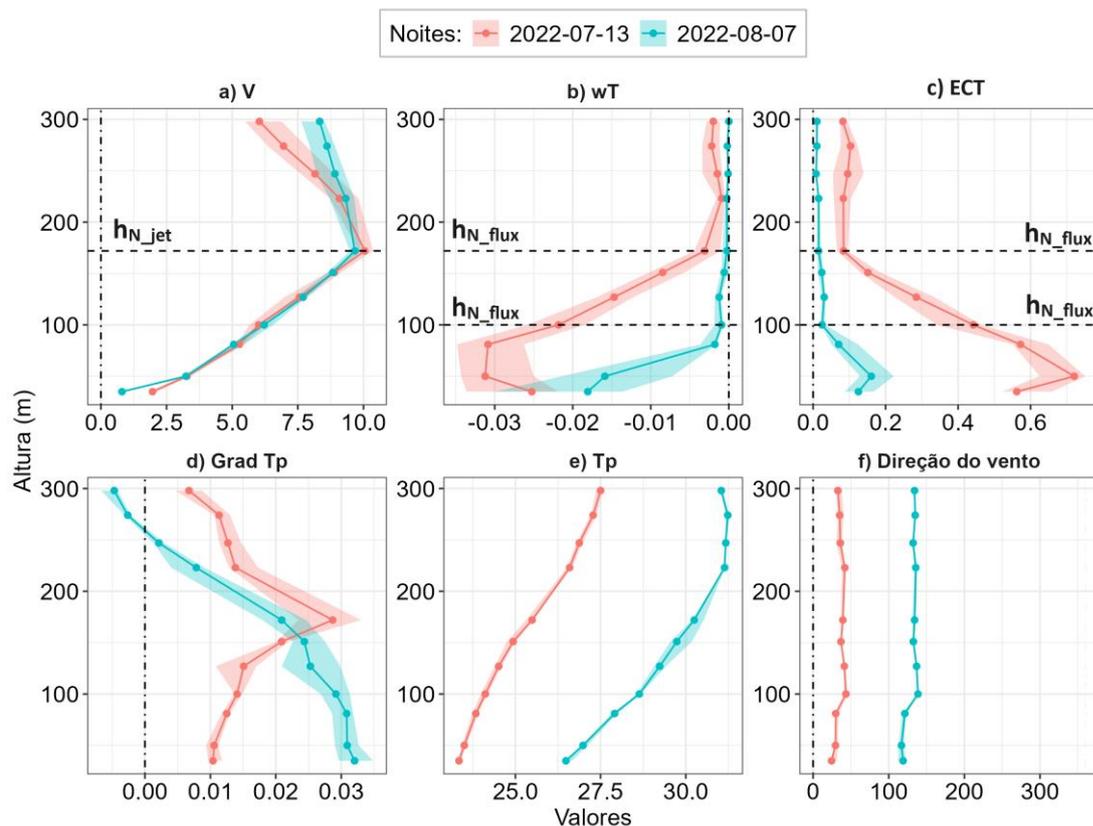


Figura 1. Perfis verticais de a) velocidade do vento ( $V$ ,  $\text{m s}^{-1}$ ), b) fluxo de calor sensível ( $wT$ ,  $\text{mK s}^{-1}$ ), c) energia cinética turbulenta (ECT,  $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$ ), d) gradiente de temperatura potencial (Grad  $T_p$ ,  $^{\circ}\text{C m}^{-1}$ ), e) temperatura potencial ( $T_p$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) e f) direção do vento (graus). As linhas representam a mediana e a área sombreada indica o intervalo interquartil para cada variável nas duas noites analisadas.

Durante a noite 2022-07-13, a temperatura potencial ( $T_p$ ) média próximo ao dossel (i.e. 35 m) foi de  $23,3^{\circ}\text{C}$ , enquanto na noite 2022-08-07 foi de  $26,5^{\circ}\text{C}$  (Fig. 1e). Embora a diferença de temperatura entre os níveis 298 m e 35 m tenha sido semelhante (em torno de  $4,2^{\circ}\text{C}$ ), o gradiente de  $T_p$  médio próximo ao dossel apresentou diferenças significativas (Fig. 1d). Na noite de 2022-07-13, o gradiente de  $T_p$  foi de  $0,01^{\circ}\text{C m}^{-1}$  e na noite 2022-08-07 foi de  $0,03^{\circ}\text{C m}^{-1}$ . Esses resultados estão associados aos valores do saldo de radiação (RN) medidos a 81 m (Figura 2). A perda de calor foi menor na noite de 2022-07-13 em comparação com a noite de 2022-08-07, com RN atingindo  $-40 \text{ W m}^{-2}$  e  $-60 \text{ W m}^{-2}$ , respectivamente. Tais valores influenciaram diretamente a estabilidade atmosférica e a estrutura térmica da CLN. Uma maior perda radiativa e um gradiente de  $T_p$  mais acentuado sugerem uma maior estabilidade atmosférica, o que contribuiu para uma estratificação térmica mais estável na noite de 2022-08-07. Uma atmosfera mais estável suprime a turbulência, conseqüentemente  $h_{N\_flux}$  foi menor na noite de 2022-08-07.

É interessante notar que o gradiente de  $T_p$  diminuiu com a altura na noite de 2022-08-07. Em contraste, na noite de 2022-07-13, o gradiente de  $T_p$  foi menor a 35 m, aumentou com a altura e depois voltou a diminuir, com o valor máximo do gradiente ocorrendo a 172 m (Fig. 1f). Esse padrão indica que, enquanto o máximo de estabilidade ocorreu próximo ao dossel na noite de 2022-08-07, na noite de 2022-07-13 o máximo ocorreu a 172 m, que corresponde à altura do nariz do jato. Portanto a estabilidade atmosférica é um fator crucial na determinação de  $h_N$  através dos perfis de vento. Em noites com JBNs,  $h_{N\_jet}$  corresponde a  $h_{N\_flux}$  somente quando o máximo de estabilidade se encontra próximo ao nariz do jato.

Nossos resultados indicam que as estimativas de  $h_N$  obtidas através do perfil de  $V$  não são totalmente confiáveis e podem não refletir com precisão a altura da CLN em todas as condições. Embora o perfil

de  $V$  possa fornecer uma estimativa útil, a precisão dessas estimativas pode ser influenciada por outros fatores, como a estabilidade atmosférica.

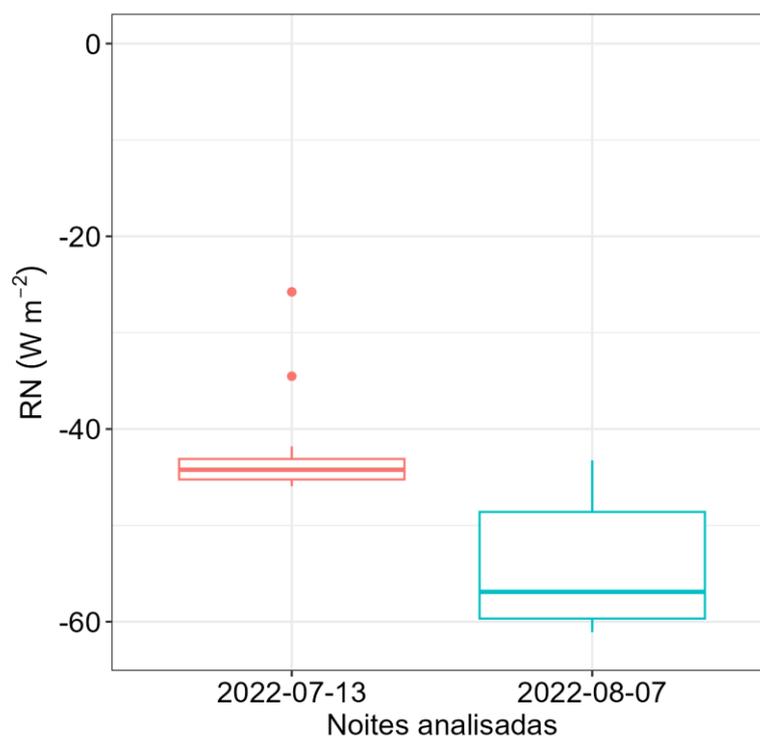


Figura 2. Boxplot do saldo de radiação (RN,  $W m^{-2}$ ) medido a 81 m acima da superfície nas noites de 2022-07-13 (4h local) e 2022-08-07 (1h local).

## CONCLUSÃO

Nossos resultados indicam que, em algumas condições, as estimativas de  $h_{N\_jet}$  não coincidiram com as de  $h_{N\_flux}$ . Especialmente, quando a estabilidade atmosférica foi maior próximo ao dossel da floresta e a perda radiativa foi mais intensa, a CLN foi mais baixa, resultando em uma superestimação de  $h_{N\_jet}$  em relação a  $h_{N\_flux}$ . Em contraste, a estimativa de  $h_{N\_jet}$  foi equivalente a  $h_{N\_flux}$  quando o máximo de estabilidade atmosférica estava próximo ao nariz do jato. Essas evidências indicam que, embora o perfil de velocidade do vento possa fornecer informações úteis sobre a altura da CLN, sua precisão pode ser afetada por fatores adicionais como a estabilidade atmosférica.

## AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida através do Programa de Pós-graduação em Clima e Ambiente (INPA/UEA). Este estudo faz parte do Observatório da Torre Alta da Amazônia (ATTO), financiado pelo Ministério Federal da Educação e Pesquisa da Alemanha, pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil, e pela Sociedade Max Planck (MPG), da Alemanha. O ATTO também é apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Instituto Nacional de Pesquisas Amazônia (INPA), Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) e SDS/CEUC/RDS-Uatumã.

## REFERÊNCIAS

- Andreae, M. O., Acevedo, O. C., et al. (2015). The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO): overview of pilot measurements on ecosystem ecology, meteorology, trace gases, and aerosols. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(18), 10723-10776.
- Banta, R. M., et al. (1998), Daytime buildup and nighttime transport of urban ozone in the boundary layer during a stagnation episode, *J. Geophys. Res.*, 103(D17), 22,519-22,544.
- Caughey, S. J., Wyngaard, J. C., & Kaimal, J. C. (1979). Turbulence in the evolving stable boundary layer. *Journal of Atmospheric Sciences*, 36(6), 1041-1052.
- Dias-Júnior, C. Q., Carneiro, R. G., Fisch, G., D'Oliveira, F. A. F., Sörgel, M., Botía, S., ... & Pöhlker, C. (2022). Intercomparison of planetary boundary layer heights using remote sensing retrievals and ERA5 reanalysis over Central Amazonia. *Remote Sensing*, 14(18), 4561.
- Dias-Júnior, C. Q., Luís Dias, N., ... , Pöhlker, C., Machado, L. A. T., Sá, L. D., Moran Zuloaga, D., Janssen, R., Acevedo, O., Oliveira, P., Fisch, G., Chor, T., & Manzi, A. (2019). Is there a classical inertial sublayer over the Amazon forest? *Geophysical Research Letters*, 46(10), 5614-5622.
- Garratt, J. R. (1994). The atmospheric boundary layer. *Earth-Science Reviews*, 37(1-2), 89- 134.
- Greco, S., Ulanski, S., Garstang, M., & Houston, S. (1992). Low-level nocturnal wind maximum over the central Amazon basin. *Boundary-Layer Meteorology*, 58(1-2), 91-115.
- Lenschow, D. H., Li, X. S., Zhu, C. J., & Stankov, B. B. (1988). The stably stratified boundary layer over the Great Plains: I. Mean and turbulence structure. *Topics in Micrometeorology. A Festschrift for Arch Dyer*, 95-121.
- Mitchell, M. J., R. W. Arritt, and K. Labas (1995), A climatology of the warm season Great Plains low-level jet using wind profiler observations, *Weather Forecasting*, 10, 576-591.
- Neves, T. T. D. A. T., & Fisch, G. (2015). The daily cycle of the atmospheric boundary layer heights over pasture site in Amazonia. *American Journal of Environmental Engineering*, 5(1A), 39-44.
- Sun, J., Mahrt, L., Banta, R.M., Pichugina, Y.L., (2012). Turbulence regimes and turbulence intermittency in the stable boundary layer during CASES-99. *J.Atmos. Sci.* 69, 338-351.
- Karipot, A., Leclerc, M. Y., Zhang, G., Lewin, K. F., Nagy, J., Hendrey, G. R., & Starr, G. (2008). Influence of nocturnal low-level jet on turbulence structure and CO<sub>2</sub> flux measurements over a forest canopy. *Journal of Geophysical Research*, 113(D10)
- Vickers, D., & Mahrt, L. (2004). Evaluating formulations of stable boundary layer height. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 43(11), 1736-1749.
- Vickers, D., & Mahrt, L. (1997). Quality Control and Flux Sampling Problems for Tower and Aircraft Data. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 14(3), 512-526.
- Zahn, Einara & Chor, Tomás & Dias, Nelson. (2016). A Simple Methodology for Quality Control of Micrometeorological Datasets. *American Journal of Environmental Engineering*.
- Zhang, H., Zhang, X., Li, Q., Cai, X., Fan, S., Song, Y., ... & Zhu, T. (2020). Research progress on estimation of the atmospheric boundary layer height. *Journal of Meteorological Research*, 34(3), 482-498.



## ESTIMATIVA DO DEFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR NA AMAZÔNIA CENTRAL

**Eder Vasconcelos Marinho**<sup>1</sup>; **Cléo Quaresma dias Junior**<sup>2</sup>; **Raoni Aquino de Santana**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Instituto Nacional de Pesquisa na Amazônia/ Universidade Estadual do Amazonas. Av; André Araújo, 2854-3044- Aleixo - Manaus - AM;<sup>2</sup>Docente. Instituto Federal do Pará . Av. Almirante Barroso, 1155 - Marco, Belém - PA ;<sup>3</sup>Docente. Universidade Federal do Oeste do Pará. Rua: Vera Paz, s/n, Salé - Santarém - PA

### RESUMO

Tendo como objetivo central nesse trabalho medir a variabilidade do déficit de pressão de vapor (DPV) dentro e acima de um dossel da floresta Amazônica Central, comparando e caracterizando o DPV em camadas atmosféricas (interior do dossel, imediatamente acima do dossel e acima da subcamada rugosa) em condições diurnas e noturnas, quantificando a variabilidade do DPV devido a sazonalidade. Quanto a metodologia, consiste em dados coletados no sítio do Observatório da Torre Alta da Amazônia (ATTO), dados estes da temperatura do ar e de umidade relativa, coletados por termohigrômetros instalados em diferentes alturas de 1,5 m até 316 m durante o ano de 2022 em duas torres na Amazônica Central. Inicialmente os valores da pressão de vapor de saturação  $e_s$  foram calculados, através da equação de Tetens e depois para calcularmos a pressão real de vapor  $e_a$  multiplicamos a umidade relativa pela  $e_s$ , assim podemos calcular o DPV, que é a diferença entre  $e_s - e_a$ . Os resultados alcançados evidenciam que o DPV sofre maior variação nas alturas mais próximas ao dossel da floresta, ou seja, a diferença entre os valores máximo e mínimo é maior nestas alturas, já em maiores alturas o ciclo diário de DPV sofre pouca oscilação. Tais comportamentos já eram esperados pois o DPV tem uma correlação direta com a temperatura do ar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estimar; Perfil; DPV; Diferentes Camadas Atmosféricas; Amazônia Central

## **Avaliação da Influência da Orografia na Turbulência Atmosférica na Floresta Amazônica Utilizando Simulações de Grandes Vórtices**

**Raíssa Soares de Oliveira**<sup>1</sup>; **Daiane de Vargas Brondani**<sup>3</sup>; **Cléo Quaresma Dias Júnior**<sup>2</sup>; **Luca Mortarini**<sup>4</sup>; **Umberto Giostra**<sup>4</sup>; **Tony Christian Landi**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Discente. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus; <sup>2</sup>Docente. Instituto Federal do Pará. Belém; <sup>3</sup>Pesquisador(a). Institute of atmospheric sciences and climate. Itália; <sup>4</sup>Docente. Università degli Studi Urbino Carlo Bo. Itália

### **RESUMO**

As florestas, frequentemente, não se encontram em terrenos planos e homogêneos, o que desafia a hipótese de homogeneidade horizontal da turbulência atmosférica. O Observatório de Torre Alta da Amazônia (ATTO) exemplifica essas complicações devido à sua orografia variada. Este estudo utiliza o Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM) para avaliar a influência da topografia no fluxo atmosférico dentro e acima da camada de rugosidade na Floresta Amazônica. Com medições altamente resolvidas verticalmente das torres ATTO (19 níveis de 5 m a 316 m), investigamos a representatividade espacial dos dados anemométricos e a hipótese de homogeneidade horizontal dos fluxos atmosféricos. As simulações que consideram a topografia real do site ATTO e diferentes direções de vento são comparadas com perfis medidos e com simulações em topografia plana. Os resultados mostram o impacto significativo da orografia na turbulência e destacam a capacidade do modelo PALM de melhorar a representatividade espacial dos dados das torres. Esta pesquisa contribui para uma melhor compreensão das interações entre a topografia e os fluxos atmosféricos em ambientes florestais complexos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Floresta Amazônica; Orografia; Turbulência Atmosférica; Simulação de Grandes Vórtices; Modelo PALM

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos às instituições envolvidas e aos autores pela colaboração e apoio na realização desse trabalho.

## Balanço de carbono em sistemas agropastoris do Brazilian Pampa Biome através de torres de fluxo

Débora Regina Roberti <sup>2</sup>; Rodrigo Jacques <sup>2</sup>; Rodrigo da Silva <sup>6</sup>; Alecsander Mergen <sup>1</sup>; Daniel Michelon dos Santos <sup>1</sup>; Cristiano Maboni <sup>1</sup>; Vanessa de Arruda Souza <sup>4</sup>; Murilo Machado Lopes <sup>3</sup>; Tamires Zimmer <sup>1</sup>; Maria Eduarda Oliveira Pinheiro <sup>1</sup>; Michel Baptistella Stefanello <sup>2</sup>; Ana Flavia Feldhaus <sup>1</sup>; João Victor Basso <sup>1</sup>; João Antonio Voltz da Silva <sup>1</sup>; Jean Medelin <sup>1</sup>; William da Silva Chaves <sup>1</sup>; Richard Reno da Costa Lobato <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bolsista. Departamento de Física - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Avenida Roraima 1000, Santa Maria - RS;<sup>2</sup>Docente. Departamento de Física - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Avenida Roraima 1000, Santa Maria - RS;<sup>3</sup>Técnico. Departamento de Física - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Avenida Roraima 1000, Santa Maria - RS;<sup>4</sup>Docente. Departamento de Ciências Ambientais - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Rodovia BR 465, Km 07 - Zona Rural, Seropédica - RJ;<sup>5</sup>Docente. Departamento de Solos - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Avenida Roraima 1000, Santa Maria - RS;<sup>6</sup>Docente. Universidade Federal do Oeste do Pará - Unidade Tapajós. Rua Vera Paz, sn, Santarém - PA

### RESUMO

As lavouras de arroz irrigado por inundação e a criação de bovinos em pastagens naturais no Bioma Pampa brasileiro são importantes fontes de emissões de metano (CH<sub>4</sub>). No entanto, estudo tem mostrado que no período do verão ambos os sistemas absorvem CO<sub>2</sub>, compensando as emissões de metano. O problema tem sido o período de inverno, no qual as áreas de cultivo de arroz e as pastagens também são fontes de CO<sub>2</sub>. Entender como diferentes manejos de inverno podem aumentar a absorção de CO<sub>2</sub> no inverno tem sido um desafio. Neste sentido, no início de 2024, o Laboratório de Gases do Efeito Estufa da Universidade Federal de Santa Maria iniciou um projeto com objetivo de identificar manejos que potencializem as absorções de carbono em área de cultivo de arroz e em pastagens naturais. Para tanto, foram instaladas quatro torres de fluxo em uma fazenda comercial no município de Cachoeira do Sul no estado do RS. Duas torres estão em áreas de arroz irrigado por inundação e duas em pastagens naturais pastejadas com bovinos. As áreas de arroz são manejadas com o sistema convencional (após a colheita do arroz os bovinos pastejam as plantas espontâneas de inverno) ou com a semeadura de plantas forrageiras após a colheita do arroz e pastejo de animais durante o inverno. As áreas com pastagens naturais são manejadas com e sem introdução de forrageiras de inverno. Os resultados preliminares indicam que a introdução de plantas forrageiras no inverno aumentam a absorção de CO<sub>2</sub> das pastagens no verão. Já as áreas de cultivo de arroz absorvem mais CO<sub>2</sub> que as em pousio no verão, mas com similar emissão de CH<sub>4</sub>. Esses achados sugerem que, ao adotar práticas de manejo que aumentem a absorção de carbono, é possível contribuir para a preservação do Bioma Pampa, mantendo sua capacidade de produção agrícola e pecuária. A continuidade desses estudos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo que conciliem a conservação ambiental com a produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço de Carbono; Metano; Arroz; Bovinos;

### AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao apoio financeiro as pesquisas pelos órgãos: CAPES, CNPq, FAPERGS.

## **Influência da cobertura do solo na Evapotranspiração no Bioma Pampa Brasileiro**

**Richard Reno da Costa Lobato**<sup>2</sup>; **Alecsander Mergen**<sup>2</sup>; **Vanessa de Arruda Souza**<sup>3</sup>; **Tamires Zimmer**<sup>2</sup>; **Maria Eduarda Oliveira Pinheiro**<sup>2</sup>; **João Víctor Basso**<sup>2</sup>; **Michel Baptistella Stefanello**<sup>1</sup>; **Mirta Teresinha Petry**<sup>4</sup>; **Débora Regina Roberti**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente. Departamento de Física - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av. Roraima 1000, Santa Maria - RS;<sup>2</sup>Bolsista. Departamento de Física - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av. Roraima 1000, Santa Maria - RS;<sup>3</sup>Docente. Departamento de Ciências Ambientais - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Rodovia BR 465, Km 07 - Zona Rural, Seropédica - RJ;<sup>4</sup>Docente. Departamento de Engenharia Rural - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av. Roraima 1000, Santa Maria - RS

### **RESUMO**

Na região do Pampa brasileiro, situada no sul do Brasil, predominam coxilhas cobertas por vegetação campestre, as quais se estendem por aproximadamente 11,7 milhões de hectares e são amplamente utilizadas para a pecuária. Em contraste, as terras baixas, como as várzeas dos rios, ocupam cerca de 1 milhão de hectares e são intensivamente usadas para o cultivo de arroz irrigado por inundação. O regime climático da região é caracterizado por chuvas distribuídas de forma relativamente regular ao longo do ano. Este estudo teve como objetivo comparar a evapotranspiração (ET) real entre áreas de várzea e coxilhas no Bioma Pampa Brasileiro durante o primeiro semestre de 2024. Para a realização do estudo, foram instaladas quatro torres de fluxo: duas em várzeas utilizadas para cultivo de arroz irrigado por inundação, sendo que uma dessas áreas permaneceu em pousio, e duas em coxilhas com pastagens naturais, uma delas manejada com campo nativo original e outra com a introdução de plantas forrageiras no inverno. A ET foi estimada a partir do fluxo de calor latente utilizando o método de Eddy Covariance. O fechamento do balanço de energia foi de 85% nas coxilhas e aproximadamente 70% nas várzeas. A ocorrência do fenômeno EN no início de 2024 resultou em uma precipitação significativamente acima da média histórica, com registros de quase 350% da média climática no mês de maio. A ET diária foi ligeiramente superior nas áreas de várzea em comparação com as coxilhas. Durante os seis meses do estudo, a ET nas várzeas foi aproximadamente 25% maior que nas coxilhas. A ET nas coxilhas foi praticamente equivalente à evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Assim, a compreensão das variações nos processos de evapotranspiração entre diferentes formações topográficas e usos do solo no Bioma Pampa é fundamental para o manejo sustentável dos recursos hídricos e para a adaptação das práticas agrícolas frente às mudanças climáticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arroz Irrigado; Pastagem natural; Torre de fluxo; Bovinos;

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento ao apoio financeiro as pesquisas pelos órgãos: CAPES, CNPq, FAPERGS.

## **Microclima para o cultivo de cogumelos, em diferentes substratos, em Parauapebas, Pará**

**RAFAEL FERREIRA DA COSTA**<sup>1</sup>; **Laynara Costa Carneiro**<sup>2</sup>; **Marcos Antonio da Rocha**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente. Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas. Rodovia PA 257 km 13, 68515-000, Parauapebas, Pará. [www.parauapebas.ufra.edu.br](http://www.parauapebas.ufra.edu.br); <sup>2</sup>Discente de Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia. Rodovia PA 257 km 13, 68515-000, Parauapebas, Pará

### **RESUMO**

O fungo comestível (cogumelo), que além de converter em alimento a biomassa lignocelulósica, apresenta elevada qualidade nutricional, possuindo sabor apreciável, sendo rico em propriedades nutricionais e medicinais, pode desenvolver-se em uma ampla variedade de materiais compostos por celulose e lignina. Observando-se que o seu cultivo pode ser feito tanto em toras de madeiras, como em blocos provenientes da mistura de resíduos agrícolas. O microclima de sub-bosque encontrado em fragmentos florestais, são muito comuns na região de Parauapebas, Pará (6°15'45"S; 49°54'55"O; 210m) e, apresenta condições viáveis para o desenvolvimento da fungicultura. Os elevados valores de umidade contida no ambiente, durante a maior parte do ano, favorecem às atividades fúngicas. O interesse em avaliar as condições higro-térmicas para cultivar cogumelos cosméstiveis, parte da facilidade em testar diferentes tipos de substratos para cultivo, tendo em vista a diversidade das espécies vegetais existentes na região amazônica. Porém, se faz necessário estudar e compreender os fatores que podem ser considerados limitantes para o cultivo de cogumelos, uma vez que, ainda não se têm registros de pesquisas que comprovem a viabilidade de atividade, no município de Parauapebas. As características da temperatura e umidade do ar, foram consideradas satisfatórias, principalmente no período do meio do ano, entre os meses de junho e setembro, durante o inverno seco e, com grandes amplitudes térmicas. Quando são vivenciadas as manhãs mais frias e as tardes mais quentes do ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Temperatura do ar; umidade relativa do ar; fragmento florestal;;

# **14. Meteorologia e Mídias**

## "COMO É FEITA A PREVISÃO DO TEMPO": UM EXEMPLO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM PLATAFORMAS DIGITAIS

**Mayana Vitória Oliveira e Sousa**<sup>1</sup>; **Kennia Karina da Silva Varine**<sup>1</sup>; **Denisson Guimarães do Carmo**<sup>1</sup>; **Arlindo Rebechi Junior**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube 14-01 - Núcleo Habitacional Presidente Geisel - Bauru - SP/SP - CEP 17033-360;<sup>2</sup>Docente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube 14-01 - Núcleo Habitacional Presidente Geisel - Bauru - SP/SP - CEP 17033-360

### **RESUMO**

O grupo de estudos "Novas Linguagens em Comunicação" exemplifica como a divulgação eficaz do conhecimento meteorológico pode ser abordada com o público. Em 2022, no contexto de sua atividade extensionista "RUV Podcasts", o grupo produziu um vídeo para o Instagram como parte do podcast Dossiê Ciência. Intitulado "Como é feita a previsão do tempo", o vídeo ofereceu uma visão acessível e educativa sobre os princípios da meteorologia e suas aplicações práticas no cotidiano. O vídeo abordou o papel dos supercomputadores na meteorologia, que resolvem equações atmosféricas complexas com rapidez. Também explorou como os meteorologistas utilizam uma variedade de tecnologias avançadas, como radares e satélites, para o monitoramento contínuo de variáveis atmosféricas. Essas tecnologias possibilitam previsões tanto de curto prazo (nowcasting) quanto de longo prazo (previsão sinótica). O nowcasting, baseado na observação em tempo real do deslocamento de sistemas meteorológicos, oferece previsões imediatas com menor margem de erro, sendo vital para decisões rápidas em situações de emergência, como tempestades e enchentes, além de influenciar atividades do cotidiano, desde a escolha de roupas até o planejamento de eventos, evidenciando a integração da meteorologia em nossas vidas. A previsão sinótica simula o comportamento da atmosfera para dias futuros, tem uma margem de erro maior devido à complexidade dos fenômenos envolvidos. O roteiro enfatizou as diferenças entre previsões de curto e longo prazo, explicando que fenômenos de grande escala, como ciclones, são mais fáceis de prever, especialmente no inverno, enquanto tempestades isoladas e fenômenos em estações de transição, como primavera e outono, são mais desafiadores. Esse tipo de iniciativa ressalta a relevância da meteorologia não apenas para o cotidiano, mas também para a educação e a conscientização pública sobre o impacto das condições climáticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** previsão do tempo; vídeo educacional; grupo de estudos; comunicação meteorológica;

## **ATMOSFERAS DOS PLANETAS TERROSOS: MÓDULO DE ASTROMETEOROLOGIA EM CURSO DE ASTRONOMIA EM PLATAFORMA DIGITAL**

**Kennia Karina da Silva Varine** <sup>1</sup>; **Mayana Vitória Oliveira e Sousa** <sup>1</sup>; **Rodolfo Langhi** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Núcleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP, 17033-360; <sup>2</sup>Docente. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Núcleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP, 17033-360

### **RESUMO**

O Observatório Didático de Astronomia "Lionel José Andriatto" é um projeto de extensão da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", voltado para a divulgação e acessibilidade científica por meio da interdisciplinaridade. Dentro deste projeto, está em desenvolvimento o "Curso de Astronomia" em plataforma digital, que oferece uma abordagem introdutória e de aprofundamento em astronomia. No módulo intitulado "Sistema Solar" há um tópico dedicado à astrometeorologia, que abordará as "Atmosferas dos Planetas Terrosos", que inclui a comparação da atmosfera do planeta Terra com a atmosfera dos demais planetas terrosos: Mercúrio, Vênus e Marte. Este trabalho tem como objetivo descrever a proposta específica deste tópico e detalhar os conteúdos que serão abordados: Estrutura do Sol (distância entre o Sol e cada planeta), Morfologia (planetas terrosos), Composição Química (distribuição dos gases atmosféricos), Estruturas Atmosféricas (densidade, pressão entre outros) e Circulação Geral e Mecânica dos Fluidos (velocidade de rotação, força de Coriolis, temperatura entre outros). Esta iniciativa tem como propósito acessibilizar os conceitos científicos, engajando o público leigo ou acadêmico.

**PALAVRAS-CHAVE:** astrometeorologia; atmosferas planetárias; curso digital; divulgação científica;