UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

GABRIELA ROSA BATISTA

PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA BACIA DO RIO TAPAJÓS E OS POSSÍVEIS IMPACTOS DE FENÔMENOS CLIMÁTICOS

TUCURUÍ
2024

GABRIELA ROSA BATISTA

PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA BACIA DO RIO TAPAJÓS E OS POSSÍVEIS IMPACTOS DE FENÔMENOS CLIMÁTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador(a): Prof. Dr Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa

TUCURUÍ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B333p Batista, Gabriela Rosa.
Precipitações Pluviométricas na Bacia do Rio Tapajós e os possíveis Impactos de Fenômenos Climáticos / Gabriela Rosa Batista. — 2024.
46 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2024.

1. El Niño. 2. La Niña. 3. Correlação. 4. Dipolo do Atlântico. I. Título.

CDD 620

GABRIELA ROSA BATISTA

PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA BACIA DO RIO TAPAJÓS E OS POSSÍVEIS IMPACTOS DE FENÔMENOS CLIMÁTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação: 22 / 10 / 2024

Conceito: Excelente

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
CARLOS EDUARDO AGUIAR DE SOUZA COSTA
Data: 30/10/2024 11:20:22-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de S. Costa - Orientador
UFPA/CAMTUC/FAESA

Prof. Dr. Júnior Hiroyuki Ishihara - Avaliador interno
UFPA/NDAE

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOSIAS DA SILVA CRUZ
Data: 30/10/2024 10:09:44-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Josias da Silva Cruz - Avaliador externo
UFPA/ITEC/PPGEC

AGRADECIMENTOS

A graduação sempre foi um sonho que se concretizou graças ao apoio e carinho de muitas pessoas, especialmente da minha família, que desejou, acima de tudo, me ver feliz. Agradeço a todos que, de alguma forma, influenciaram e contribuíram para essa jornada. Este sonho se tornou realidade porque foi compartilhado e sonhado junto.

À minha mãe, Luci, meu maior apoio e inspiração, que sempre me incentivou a nunca desistir. Prometo ainda lhe dar muito orgulho, meu amor por você é imenso.

Ao meu padrasto, sou eternamente grata pela vida que me proporcionou, pela confiança e pelo constante incentivo.

Aos meus irmãos, Lais, Felipe, Gabriel, Eduardo e Marcos, as pessoas que mais amo, nossa união nos torna ainda mais fortes.

Aos meus amigos Luciane, Lethicia, Deivison e Aira cuja parceria e amizade foram essenciais nesta etapa de graduação. Agradeço a todos que fizeram parte desta trajetória e ajudaram a não desistir.

Aos meus professores, especialmente ao meu orientador Carlos Eduardo, que sempre acreditou no meu potencial. Sou profundamente grata pelo seu apoio e orientação.

A todos que não foram mencionados, mas que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação, meus mais sinceros agradecimentos.

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.”
– Collins.

RESUMO

Diante da carência de medidas preventivas para mitigar os riscos climáticos na Amazônia, este estudo se justifica pela necessidade de compreensão mais aprofundada dos impactos causados por eventos climáticos extremos. A pesquisa analisou a influência dos fenômenos climáticos sobre os padrões de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós (BHRT), abrangendo dados pluviométricos de 1992 a 2023, obtidos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e do INMET, e índices climáticos relacionados ao El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e ao Gradiente Inter-Hemisférico do Atlântico foram analisados com dados da NOAA. Foi utilizada a correlação de Pearson e a regressão linear para examinar a relação entre precipitação e anomalias climáticas. Os resultados indicam que, na maioria dos anos estudados, eventos de El Niño (EN) e La Niña (LN) tiveram forte impacto sobre as chuvas na região. Em geral, os anos com maior intensidade de LN estiveram associados a um aumento significativo das precipitações, enquanto os anos de EN resultaram em uma diminuição nas chuvas, especialmente na parte norte da BHRT. A correlação entre a precipitação e os índices climáticos indicou que anos de LN e dipolo negativo estavam associados a maiores índices de precipitação, enquanto os anos de EN e dipolo positivo estavam relacionados a menores índices, a partir dos resultados, identificou-se que as mais significativas foram encontradas em anos com altos índices de precipitação, coincidindo com a presença do dipolo negativo e do fenômeno La Niña. Os resultados sugerem que esses índices climáticos são ferramentas úteis para analisar a ocorrência de eventos extremos de precipitação, principalmente em anos onde a La Niña esteve presente. A compreensão desses fenômenos é crucial para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos das mudanças climáticas na região, proporcionando maior segurança hídrica e beneficiando as populações locais.

Palavras-chave: El Niño; La Niña; Correlação; Dipolo do Atlântico.

ABSTRACT

Given the lack of preventive measures to mitigate climate risks in the Amazon, this study is justified by the need for a deeper understanding of the impacts caused by extreme climate events. The research analyzed the influence of climate phenomena on precipitation patterns in the Tapajós River Basin (BHRT), covering rainfall data from 1992 to 2023, obtained from the National Water and Sanitation Agency and INMET, and climate indices related to El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and the Atlantic Inter-Hemispheric Gradient were analyzed with data from NOAA. Pearson's correlation and linear regression were used to examine the relationship between precipitation and climate anomalies. The results indicate that, in most of the years studied, El Niño (EN) and La Niña (LN) events had a strong impact on rainfall in the region. In general, years with higher LN intensity were associated with a significant increase in precipitation, while EN years resulted in a decrease in rainfall, especially in the northern part of the BHRT. The correlation between precipitation and climate indices indicated that LN and negative dipole years were associated with higher precipitation indices, while EN and positive dipole years were related to lower indices. From the results, it was identified that the most significant were found in years with high precipitation indices, coinciding with the presence of the negative dipole and the La Niña phenomenon. The results suggest that these climate indices are useful tools for analyzing the occurrence of extreme precipitation events, especially in years where La Niña was present. Understanding these phenomena is crucial for the development of public policies aimed at mitigating the impacts of climate change in the region, providing greater water security and benefiting local populations.

Keywords: El Niño; La Niña; Correlation; Atlantic Dipole.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós e estações trabalhadas22
Figura 2 - Ocorrência do ENOS de 1992 a 2023 26
Figura 3 - Gradiente inter-hemisférico (TNA-TSA) no período de 1992 a 2023 27
Figura 4 - Comparação entre ION e as médias de precipitações mensais para os anos de correlação forte 29
Figura 5 - Comparação entre ION e as médias de precipitações mensais para os anos de correlação forte (continuação) 30
Figura 6 - Comparação entre GIH e as médias de precipitações mensais para os anos de correlação forte 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das estações estudadas 23
Tabela 2 - Classificação da intensidade dos fenômenos ENOS baseada no ION 23
Tabela 3 - Resumo da classificação dos eventos ENOS 27
Tabela 4 - Resumo dos anos dos fenômenos classificados no Atlântico Tropical 28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos
BHRT	Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós
CPC	Climate Prediction Center
DA	Dipolo do Atlântico
DP	Dipolo Positivo
DN	Dipolo Negativo
EN	El Niño
ENOS	El Niño – Oscilação Sul
GIH	Gradiente Inter-Hemisférico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ION	Índice de Oscilação do Niño
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LN	La Niña
NOAA	*National Oceanic and Atmospheric Administration*
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
TNA	*Tropical Northern Atlantic*
TSA	*Tropical Southern Atlantic)*
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 OBJETIVOS 15

1.1.1 Geral *15*

1.1.2 Específicos *15*

2 REFERENCIAL TEÓRICO 16

2.1 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS 16

2.1.1 El Niño Oscilação Sul (ENOS) *18*

2.1.2 Dipolo do Atlântico *19*

2.2 EFEITO DOS FENÔMENOS CLIMÁTICOS NOS RECURSOS HÍDRICOS 20

3 MATERIAL E MÉTODOS 22

3.1 ÁREA DE ESTUDO E DADOS PLUVIOMÉTRICOS 22

3.2 ÍNDICES CLIMÁTICOS DO ENOS 23

3.3 CÁLCULO DO GRADIENTE INTER-HEMISFÉRICO 24

3.4 CORRELAÇÃO DE PEARSON E REGRESSÃO LINEAR 24

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 26

4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS EVENTOS ENOS 26

4.2 FASES DO GRADIENTE INTER-HEMISFÉRICO (TNA-TSA) 27

4.3 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO E OS ÍNDICES CLIMÁTICOS 28

4.3.1 Precipitação X ION *28*

4.3.2 Precipitação X GIH *33*

5 CONCLUSÃO 36

REFERÊNCIAS 37

ANEXO A – VALORES DE ION (1992-2023) 43

ANEXO B – VALORES MENSAIS PARA TNA (1992-2023) 44

ANEXO C – VALORES MENSAIS PARA TSA (1992-2023) 45

1 INTRODUÇÃO

Desde o primeiro relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), divulgado em 1990, a sociedade tem sido alertada para os problemas socioambientais decorrentes das mudanças climáticas percebidas no mundo. A cada novo relatório publicado pelo IPCC, tais alertas se tornam mais frequentes; no entanto, é evidente que essas questões têm recebido pouca atenção nas políticas públicas educacionais brasileiras. Como resultado, além das consequências diretas na sociedade, há falta de conscientização pública em relação a um de seus direitos fundamentais: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (BRASIL, 1988, art. 225). Logo, é crucial que o ambiente esteja ecologicamente e climaticamente equilibrado para garantir a vida digna a todos os membros da sociedade (Faria; Ramos; Coltri, 2021).

As alterações nas precipitações – e consequentemente nas vazões dos rios – destacam-se como as transformações climáticas mais alarmantes. Em geral, essas alterações expõem a população a diversos riscos preocupantes, como inundações que resultam em perdas de vidas e bens materiais, inseguranças causadas pela erosão que comprometem as obras de infraestrutura e contaminação dos sistemas de abastecimento de água potável (Hobbie; Grimm, 2020).

Para compreender as implicações das atividades humanas sobre o clima global, é fundamental analisar o impacto que a Amazônia sofre nesse contexto, dado seu papel de grande relevância. A região oferece uma ampla gama de serviços ecossistêmicos essenciais, abrigando o maior estoque de carbono entre os ecossistemas terrestres e contribuindo significativamente para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, a Amazônia participa de um dos ciclos hidrológicos mais intensos e importantes do planeta (Artaxo et al., 2014).

A temperatura da superfície do mar (TSM) tem um papel essencial no equilíbrio de calor, regulando a interação entre o oceano e a atmosfera. Segundo Da Silva (2017), mesmo pequenas variações na TSM podem ocasionar mudanças significativas nos fluxos de calor nessa interface. Essa interação é crucial para a manutenção do clima global, pois o oceano age como um regulador, e qualquer alteração na TSM pode intensificar ou reduzir os fluxos de calor oceano-atmosfera, como indicam Pezzi et al. (2016) e Silva et al. (2017). As regiões com TSM mais elevadas encontram-se nas zonas subtropicais, onde flutuações nessas temperaturas podem desencadear fenômenos como El Niño (EN), La Niña (LN), Dipolo do

Atlântico (DA) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), os quais têm impactos diversos em diferentes partes do mundo (Broecker, 2010; Souza Neto, 2019).

Um dos principais fatores que influenciam a precipitação é o fenômeno conhecido como El Niño Oscilação Sul (ENOS). Originado no Oceano Pacífico, o ENOS impacta o clima global de diversas maneiras. Esse fenômeno resulta de interações anômalas entre a atmosfera e o oceano, ocorrendo de forma irregular na região equatorial do Pacífico. Envolve o aquecimento das águas e a atuação dos ventos alísios, o que provoca o acúmulo de águas quentes no lado oeste do oceano (Zhang; Sprintall; Zeng, 2021).

Durante a ocorrência do El Niño, os ventos alísios relacionados são enfraquecidos ou alteram sua direção na superfície, resultando na permanência de águas quentes no Oceano Pacífico (Johari et al., 2021; Oliveira; Marcuzzo; Barros, 2015; Silva et al., 2015). O fenômeno La Niña, por sua vez, é caracterizado pelo resfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Sua ocorrência está relacionada a mudanças na pressão atmosférica, especialmente com o aumento na pressão sobre o Pacífico Oriental e a diminuição sobre o Pacífico Ocidental. Essa diferença de pressão influencia os padrões de vento, resultando em ventos alísios mais intensos que se originam nas proximidades da latitude de 30º (Ataíde et al., 2022; Freire; Lima; Cavalcanti, 2011).

O dipolo do Atlântico é outro fenômeno, que exerce um impacto significativo no posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Esse fenômeno climático é caracterizado pela presença de um padrão de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) com sinais opostos: um polo se localiza na bacia Norte do Atlântico Tropical e o outro na bacia Sul do Atlântico Tropical. Quando há anomalias positivas na bacia Norte e negativas no Sul, temos um padrão de dipolo positivo (DP). Por outro lado, anomalias positivas na bacia Sul e negativas no Norte caracterizam um padrão de dipolo negativo (DN). Esse fenômeno térmico nos oceanos também provoca efeitos anômalos na atmosfera. O aquecimento (resfriamento) das águas influencia a temperatura do ar na superfície, gerando centros de baixa (alta) pressão que afetam a circulação dos ventos (Lopes, 2022).

A bacia do rio Tapajós, afluente da margem direita do rio Amazonas, é uma bacia federal por atravessar mais de um Estado, desempenhando um papel crucial na preservação dos ecossistemas amazônicos. Esta região apresenta áreas com diferentes potenciais para a exploração de recursos naturais, tornando as suas florestas tropicais vulneráveis às alterações climáticas (Sousa et al., 2024).

A floresta Amazônica é essencial para a prestação de serviços ambientais, como a proteção do solo contra a erosão, a manutenção do regime de chuvas, a regulação climática, a

preservação do ciclo da água e a conservação da biodiversidade, entre outros. Os dados deste estudo podem ajudar no planeamento ambiental e na gestão urbana da região, sobretudo porque os índices de desmatamento são alarmantes e indicam que a área está particularmente exposta às mudanças climáticas devido ao seu modelo de desenvolvimento (Reymão; Ribeiro; Souza, 2021).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Analisar a influência dos fenômenos climáticos ENOS e Dipolo do Atlântico, sobre a precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós (BHRT).

1.1.2 Específicos

- Classificação dos fenômenos ENOS conforme a intensidade;
- Classificação das fases dos gradientes Inter-hemisférico;
- Correlação entre a precipitação e os ION;
- Correlação entre a precipitação e os GIH;
- Verificar a área da BHRT onde os fenômenos ENOS e Dipolo do Atlântico exercem maior influência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Eventos Climáticos Extremos

O conceito de mudanças climáticas, segundo o sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), refere-se a variações significativas e persistentes no clima ao longo de longos períodos, normalmente abrangendo décadas ou mais. Essas variações podem ser identificadas por meio de estudos estatísticos que demonstram alterações consistentes em padrões climáticos. Essas mudanças são impulsionadas tanto por processos naturais internos e fatores externos quanto por atividades humanas, como a modificação da composição atmosférica e do uso do solo (IPCC, 2014).

Os efeitos oriundos das mudanças climáticas afetarão todas as sociedades, em diferentes níveis, sendo atenuados pelas medidas de mitigação e adaptação implementadas pelos governos (IPCC, 2021). Além disso, os riscos enfrentados pelas comunidades ao redor do mundo tendem a se intensificar com o rápido crescimento populacional e a urbanização desordenada dos grandes centros urbanos, que agravam as condições precárias de vida. Esses fatores, somados às mudanças climáticas, causam sérios danos à população (Foos; Ko, 2019).

De acordo com Silva (2024), variabilidade climática é a variação das condições climáticas em torno da média climatológica, referindo-se às flutuações naturais que ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais, sem alterar de forma permanente a média de longo prazo. Exemplos disso incluem eventos cíclicos, como secas ou inundações, que ocorrem de tempos em tempos. Por outro lado, mudanças climáticas referem-se à tendência de alteração significativa e estatisticamente relevante dessa média ao longo do tempo, sendo muitas vezes associadas às atividades humanas, como o aumento das emissões de gases de efeito estufa. Essas mudanças alteram permanentemente padrões climáticos em uma escala mais longa, impactando fenômenos como temperatura e precipitação.

As regiões do Brasil possuem cenários climáticos e socioambientais diversos e desafiadores no que diz respeito aos recursos hídricos. O Semiárido, por exemplo, tem um balanço hídrico desfavorável e enfrenta secas de forma recorrente. Por outro lado, a região Sudeste, embora não sofra naturalmente com a escassez hídrica, enfrenta desafios relacionados à disponibilidade e à demanda de água, devido à pressão gerada pelo crescimento populacional (Pereira, 2022).

As mudanças climáticas afetam tanto a qualidade quanto a quantidade de água no Brasil. As populações de baixa renda são mais vulneráveis às variações climáticas, sendo particularmente suscetíveis à escassez de água, especialmente diante da falta de políticas

públicas eficazes e da precariedade do saneamento básico no país. Esses fatores agravam os impactos nas comunidades mais vulneráveis, aumentando sua exposição aos riscos associados à crise hídrica (ANA, 2017).

Entre os efeitos das mudanças climáticas, destaca-se o aumento na frequência de fenômenos climáticos, ocasionando em mais eventos extremos. Segundo com o IPCC, um evento extremo é definido como a ocorrência de um fenômeno com valores que ultrapassam (ficam abaixo) de um limite próximo das faixas mais elevadas ou baixas do intervalo de tempo registrado. Esses eventos representam uma grande variação em relação a condições climáticas normais, como chuvas torrenciais, furacões e secas intensas (Felício, 2021).

Os desastres naturais de origem climática representam um grande desafio para o planejamento e a gestão das cidades brasileiras, dada sua alta frequência. Inundações, enxurradas, alagamentos e deslizamentos de encostas são exemplos comuns desses eventos que ocorrem com regularidade em áreas urbanas durante a estação chuvosa (Silva Junior, 2021).

O Brasil tem enfrentado esses eventos de forma intensa. Segundo Costa e Blanco (2018), no ano 2005, ocorreu uma das maiores e mais severas secas de todos os tempos, nesse mesmo ano, não somente ocorreu o fenômeno EN como também o aquecimento anormal das águas do Oceano Atlântico Norte (DP). A seca de 2010, por sua vez, apresentou maior abrangência e severidade que a de 2005. Nesse mesmo ano, ocorreram EN e DP, a erosividade anual teve uma queda e ficou abaixo da média. Ao contrário de 2005 e 2010, anos como 2009, 2012 e 2014 foram marcados por chuvas excepcionais em toda a região amazônica.

E em 2021 diversos estados foram gravemente afetados, como Minas Gerais, Bahia, Pará, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. O país registrou simultaneamente excesso de chuvas nas regiões Nordeste e Sudeste, enquanto a região Sul sofreu com a escassez hídrica, evidenciando os impactos desiguais das mudanças climáticas em diferentes áreas do território nacional (Soares, 2022).

No terceiro trimestre de 2023 até 2024, uma das principais manchetes na mídia nacional foi sobre os desastres ambientais que ocorreram em setembro. De um lado, as intensas chuvas, tempestades e inundações no sul do país, que resultaram na morte de mais de 40 pessoas e deixaram mais de 10 mil desabrigados nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. Do outro, a severa seca que afeta a Amazônia, impactando gravemente a vida das comunidades ribeirinhas (Carvalho et al., 2023).

2.1.1 El Niño Oscilação Sul (ENOS)

O fenômeno ENOS refere-se ao aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, da região costeira do Peru até oeste do Pacífico. A Oscilação Sul é a resposta atmosférica ao El Niño, caracterizando-se por anomalias na pressão atmosférica tropical. Com o aumento da TSM, ocorre uma diminuição da pressão atmosférica e a intensidade dos ventos alísios é reduzida. Essa alteração também desloca o ramo ascendente da circulação de Walker para o Pacífico Equatorial Leste, gerando dois ramos descendentes: um na região do Nordeste e parte da Amazônia Oriental e outro próximo à Indonésia. O ar descendente inibe a formação de nuvens nas áreas afetadas, resultando em secas no Nordeste e na Amazônia (Pimentel; Assis, 2022).

Já o fenômeno La Niña, conhecido como episódio frio do Oceano Pacífico, refere-se ao resfriamento anômalo das águas superficiais no Pacífico Equatorial Central e Oriental. Em geral, pode-se considerar La Niña como o oposto do El Niño, já que as temperaturas habituais da superfície do mar nessa região giram em torno de 25º C. Durante um episódio de La Niña, essas temperaturas caem para aproximadamente 22º C a 23º C (Cavalcanti; Ferreira, 2021). Os eventos de EN e LN geralmente se alternam a cada 3-7 anos, intercalados por períodos de condições normais. O aquecimento máximo do EN ocorre geralmente entre dezembro e fevereiro, enquanto os eventos de LN duram cerca de 9 a 12 meses e os de EN entre 3 e 5 anos (Costa; Blanco, 2018; Martins, 2022).

Conforme Alves, Cabral e Nascimento (2023), o ENOS é a principal fonte de variabilidade interanual do clima no Brasil, uma vez que durante o EN ocorrem anomalias negativas de precipitação nas Regiões Norte e Nordeste (e anomalias positivas durante LN), enquanto na Região Sul há anomalias positivas de precipitação durante o EN (e negativas durante LN).

O Índice Oceânico Niño (ION), atualmente utilizado pelo Climate Prediction Center (CPC), é um dos vários índices que caracterizam o fenômeno ENOS. Ele é definido pela média móvel trimestral das anomalias de TSM na região do Niño 3.4, considerando pelo menos cinco meses consecutivos. Anomalias superiores a +0,5 °C estão associadas ao El Niño, enquanto aquelas inferiores a -0,5 °C correspondem à La Niña. Entre essas duas fases extremas, há uma terceira fase chamada Neutra, quando as anomalias médias de TSM variam entre -0,5 °C e +0,5 °C (Kist; Gebert, 2022).

É bem conhecido que os fenômenos climáticos influenciam os componentes do ciclo hidrológico. Portanto, entender a distribuição espacial e temporal das chuvas é fundamental

para melhorar a gestão dos recursos hídricos durante secas e para orientar a defesa civil em eventos de precipitações intensas. Nesse contexto, é crucial estudar fenômenos de grande escala, como o El Niño-Oscilação Sul, que têm impacto direto na circulação atmosférica global（Minuzzi et al., 2005).

2.1.2 Dipolo do Atlântico

As variações na precipitação pluviométrica da Amazônia estão relacionadas à TSM no Atlântico Tropical. Quando o Atlântico Tropical Norte aquece em relação ao Sul, a ZCIT se desloca para o norte e oeste, resultando em redução das precipitações na região. Por outro lado, um aumento da TSM no Atlântico Sul em comparação com o Norte favorece a formação de chuvas mais intensas (Fu et al., 2001).

Essas mudanças na TSM no Atlântico Tropical resultam na formação de um "dipolo" de anomalias assimétricas em relação ao equador, conhecido como "Dipolo do Atlântico". Esse dipolo é caracterizado por um gradiente inter-hemisférico (GIH) de TSM, que desempenha um papel importante no deslocamento meridional da ZCIT (Cavalcanti; Souza, 2009). O Dipolo do Atlântico se caracteriza como um fenômeno oceânico/atmosférico que pode diminuir ou intensificar a formação de nuvens, contribuindo para variações nos índices pluviométricos e nos padrões de vento ao longo do litoral norte/nordeste do Brasil (Silva, 2017).

Anomalias positivas na bacia Norte e negativas na bacia Sul caracterizam um padrão de dipolo positivo, enquanto anomalias positivas no Sul e negativas no Norte configuram um padrão de dipolo negativo. Esse fenômeno térmico nos oceanos também gera efeitos anômalos na atmosfera, já que o oceano aquece (esfria) o ar da superfície, criando centros de baixa (alta) pressão que influenciam a circulação dos ventos. A variabilidade interanual da precipitação no Nordeste do Brasil está intimamente associada à fase do Dipolo do Atlântico. Anomalias positivas da TSM no Atlântico Norte e negativas no Atlântico Sul, ao sul do equador, estão relacionadas a condições mais secas no Nordeste do Brasil (Lopes et al., 2023).

A National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) realiza a medição de dois índices que compõem o Padrão do Dipolo, o TNA (Tropical Northern Atlantic) e o TSA (Tropical Southern Atlantic), calculados com base na anomalia média da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) em cada região. O Dipolo do Atlântico gera gradientes meridionais de anomalias de TSM, que influenciam significativamente a posição latitudinal da ZCIT,

alterando a distribuição sazonal de precipitação sobre o Atlântico Equatorial, o norte do Nordeste do Brasil e até a região central da Amazônia (Soares, 2022).

De acordo com Silva, Santos e Santos (2020), durante eventos de El Niño, especialmente em anos de maior intensidade, há uma tendência de ocorrência de secas ou condições de estiagem severa, particularmente quando o fenômeno é acompanhado por um dipolo positivo no Atlântico. Essa combinação resulta em uma significativa redução nas chuvas para a região, afetando diretamente a agricultura e os recursos hídricos locais, o que pode ter consequências socioeconômicas graves. Por outro lado, os autores destacam que episódios de La Niña, associados ao dipolo negativo do Atlântico, tendem a provocar precipitações acima da média no Nordeste do Brasil, caracterizando anos normais, chuvosos ou até muito chuvosos na região.

Essa relação entre o Dipolo do Atlântico e os fenômenos ENOS é crucial para compreender a variabilidade climática e prever os padrões de chuva, permitindo uma melhor preparação para os desafios relacionados à seca e enchentes que afetam as comunidades locais.

2.2 Efeito dos fenômenos climáticos nos recursos hídricos

Diversos sistemas atmosféricos atuam em diferentes escalas espaciais e temporais, influenciando os episódios climáticos extremos que podem resultar em chuvas intensas, longos períodos de seca, ventos fortes e tanto ondas de frio quanto de calor (Oliva, 2019). Dentro desse contexto, a ZCIT destaca-se como um dos sistemas atmosféricos mais importantes e impactantes. Para Roza (2021), a ZCIT é formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte e sul em níveis baixos, aliada a altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação significativa. Dessa forma, a ZCIT pode ser caracterizada como uma faixa de nuvens que circunda a região equatorial do planeta .

A ZCIT é um sistema meteorológico responsável pela caracterização de diferentes condições de tempo e clima na região tropical, e é fundamental na determinação do regime de chuvas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Machado et al., 2023).

A precipitação é influenciada por fenômenos meteorológicos que operam em diversas escalas de tempo e são determinados por interações entre o oceano e a atmosfera. Esses mecanismos afetam a quantidade de chuva nas regiões equatoriais. Entre os principais fenômenos estão o ENOS e o Dipolo do Atlântico (Moura; Vitorino, 2012).

Pesquisas conduzidas por Franco et al. (2019) mostram que variações climáticas têm um impacto significativo nos recursos hídricos, especialmente em países com reservas florestais, como o Brasil. Na Amazônia, as ameaças naturais que podem causar danos estão principalmente ligadas à dinâmica dos rios, sendo as enchentes e a erosão as mais frequentes, enquanto as secas ocorrem com menos regularidade. Durante a estação chuvosa, eventos de alta precipitação podem intensificar processos costeiros, como inundações e erosão (Tavares, 2014).

A erosão e o aumento do nível do mar afetam a degradação dos habitats costeiros e provocam a salinização do lençol freático. Esses fenômenos geram desafios para o abastecimento de água potável, tanto para o uso doméstico quanto para aplicações industriais e agrícolas, além de impactar a captação e o tratamento de efluentes urbanos (Sousa; Santos; Souza, 2022).

Santos et al. (2015), ao avaliar mensalmente o regime térmico e hídrico do solo na Amazônia durante anos de eventos extremos, constataram que a temperatura e a umidade do solo variaram de maneira distinta em anos de fenômenos como El Niño, Neutro e La Niña. Nos períodos chuvosos e secos, o comportamento dessas variáveis também apresentou diferenças, evidenciando a influência desses eventos na região.

Outro sistema atmosférico de grande importância no Brasil, consiste na Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS representa um sistema meteorológico crucial durante a estação de verão no hemisfério sul da América do Sul, sendo responsável por caracterizar o período chuvoso devido às fases de precipitação intensa associadas (Oliveira, 2019).

Na Amazônia, as chuvas contínuas durante o dia são a característica principal da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Isso ocorre devido à intensa advecção de ar frio e subsidência no lado polar da faixa de nebulosidade convectiva, associada à advecção de ar quente e movimento ascendente na região dessa faixa (Ramos et al., 2010; Martins, 2019).

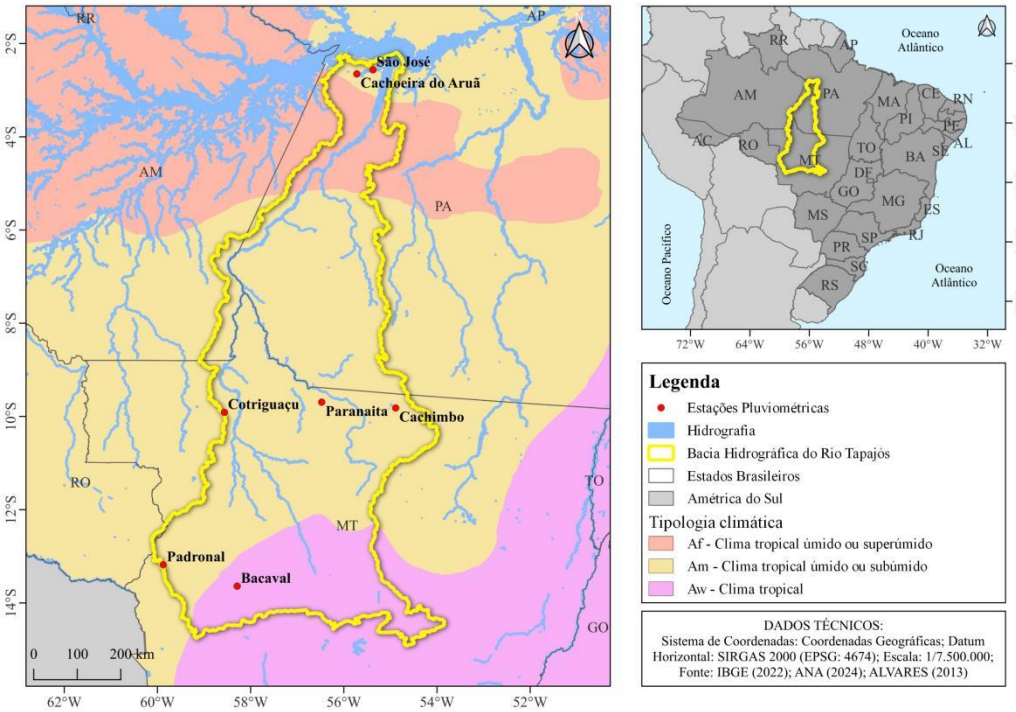
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo e dados pluviométricos

A BHRT tem uma área de drenagem de 493.200 km^2, detém 6% do território brasileiro e está localizada nos estados do Pará (PA), Mato Grosso (MT) e em uma parcela pequena do estado do Amazonas (AM). Os principais rios afluentes do Tapajós são Juruena e Teles Pires (ANA, 2024). Devido à sua extensão, a BHRT possui três classificações de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013): "Am", que constitui clima tropical de monção, com uma estação seca e com chuvas intensas durante o resto do ano; "Af", caracterizada pelo clima tropical úmido, sem estação seca durante o ano e; "Aw", que apresenta chuvas no verão e é característica climática de regiões de savana.

Por isso o estudo da bacia é tão importante e estratégico, uma vez que possibilita captar os possíveis impactos em dois diferentes biomas brasileiros (Amazônia e Cerrado) e sua transição. O mapa de localização é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós e estações trabalhadas



Fonte: Autora, 2024.

Os dados das estações pluviométricas trabalhadas foram coletados do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2024), via Hidroweb, e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024), via Banco de Dados Meteorológicos do INMET (BDMEP),

utilizando como critério de escolha todas as estações com disponibilidade de séries históricas com no mínimo dez anos de dados, contendo principalmente os anos mais recentes, e sem falhas. As estações e períodos de estudo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das estações estudadas

Estação	**Código**	**Latitude**	**Longitude**	**Período**
Cachoeira do Aruã	255001	-2.6508	-55.7206	1997/2023
São José	255002	-2.5644	-55.3742	2004/2023
Cachimbo	954001	-9.8186	-54.8864	1992/2023
Paranaita	956002	-9.6939	-56.4742	1999/2023
Cotriguaçu	958004	-9.9133	-58.5642	2004/2023
Bacaval	1358001	-13.6414	-58.2892	1992/2023
Padronal	1359000	-13.1831	-59.8769	1992/2023

Fonte: Autora, 2024.

3.2 Índices Climáticos do ENOS

Os dados referentes ao ION foram coletados junto ao Climate Prediction Center (CPC) e ao National Weather Service, gerenciado pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2024). O ION identifica as anomalias de TSM no Oceano Pacífico por meio de uma média móvel de três meses (Anexo A); logo, as anomalias foram classificadas e analisadas quanto a sua ocorrência e intensidade segundo o critério apresentado pelo Golden Gate Service (Tabela 2). Elaborou-se também um quadro geral da frequência em que as anomalias ocorreram. É importante salientar que os respectivos anos são considerados como El Niño ou La Niña, a partir de cinco meses consecutivos, quando ocorrendo a classificação supracitada. Vale destacar também que, entre os anos que obtiveram correlação forte, também ocorreram eventos ENOS classificados com intensidade forte, e tal critério foi utilizado para realização dos gráficos apresentados nos resultados.

Tabela 2 - Classificação da intensidade dos fenômenos ENOS baseada no ION

Classificação	El Niño (°C)	La Niña (°C)
Forte	≥ 1,5	≤ -1,5
Moderado	1 a 1,4	-1 a -1,4
Fraco	0,5 a 0,9	-0,5 a -0,9

Neutro	- 0,4 a 0,4	-

Fonte: Golden Gate Service, 2024.

3.3 Cálculo do gradiente inter-hemisférico

As fases do gradiente inter-hemisférico (GIH) de TSM no Oceano Atlântico Tropical (dipolo positivo/negativo) foram determinadas a partir da diferença entre o Tropical Northern Atlantic (TNA) e o Tropical Southern Atlantic (TSA). Os valores mensais do TNA e do TSA também são índices disponibilizados pelo NOAA (2024), que se localizam acima e abaixo da linha equatorial do Oceano Atlântico.

O critério para a ocorrência de dipolo, ou seja, para determinação da fase do gradiente, foi semelhante ao utilizado por Souza, Kayano e Ambrizzi (2005). Nos anos em que o GIH (positivo/negativo) assume valores consecutivos (em pelo menos quatro meses) iguais ou acima de 0,2 °C classifica-se em dipolo positivo; e iguais ou abaixo de -0,2 °C como dipolo negativo. As séries temporais de TNA e TSA em valores mensais para o período de 1992 a 2023 encontram-se dispostas no Anexo B e Anexo C, respectivamente.

3.4 Correlação de Pearson e regressão linear

Foi conduzida uma análise de correlação de Pearson e uma análise de regressão para examinar a relação entre a soma da precipitação mensal em cada ano da estação e os ION mensais nos períodos anuais. Da mesma forma, foram realizadas análises entre as precipitações mensais e os valores de GIH mensais nos intervalos anuais, com o intuito de avaliar o grau de associação entre essas duas variáveis. Ao utilizar a fórmula estatística de Pearson (Equação 1), foi possível determinar a magnitude da correlação entre duas variáveis que estão em uma escala métrica (intervalar ou de razão), cuja variação está compreendida entre -1 (correlação negativa perfeita) e +1 (correlação positiva perfeita).

$$r = \frac{\sum (Xi- \overline{X}).(Yi- \overline{Y})}{\sqrt{\sum (Xi- \overline{X})^2}.\sum (Yi- Y)^2} \quad (1)$$

Na Equação 1, o coeficiente de correlação linear, representado por “r”, estima a relação entre as variáveis X e Y. Para efetuar esse cálculo, é preciso dispor de uma amostra contendo “n” valores de X (denotados por Xi) e “n” valores de Y (representados por Yi). Em

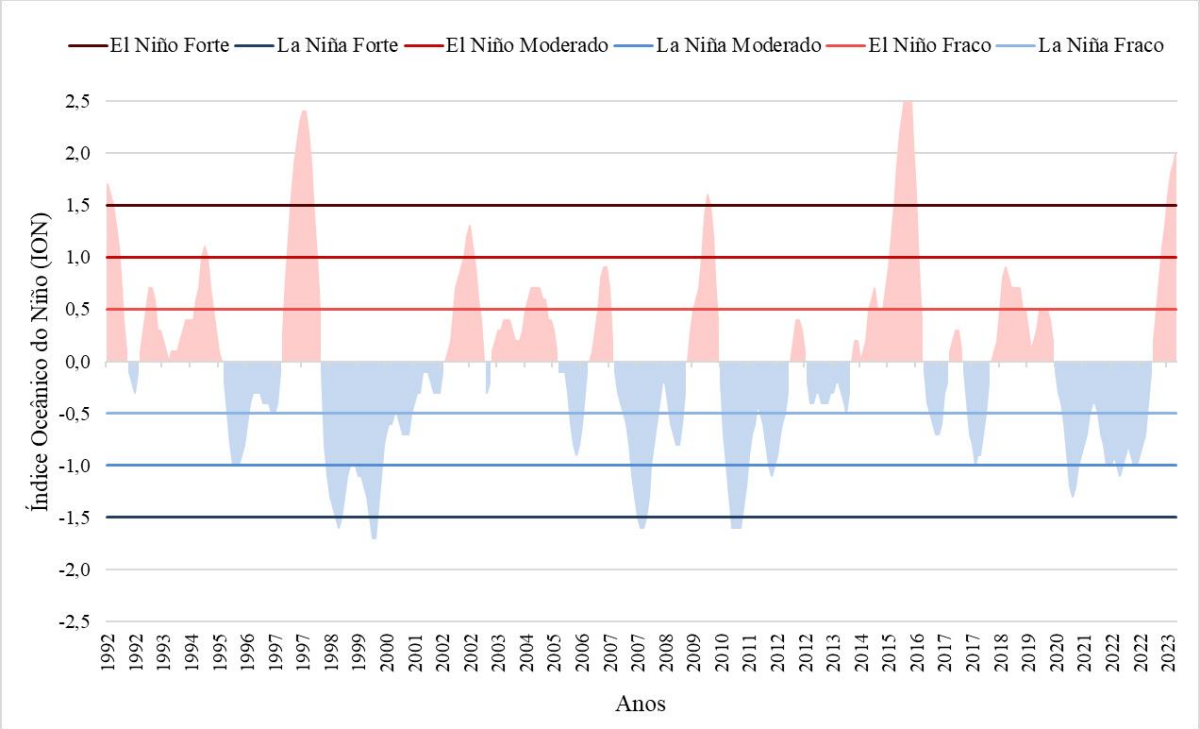
outras palavras, para cada valor Xi em X, há um correspondente valor de Yi em Y. A avaliação adotada neste estudo para medir a correlação foi baseada no método proposto por Dancey e Reidy (2006), que estabeleceram uma correlação fraca para valores que variam de 0,10 a 0,39, correlação moderada de 0,40 a 0,69 e correlação forte de 0,70 a um.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Classificação dos eventos ENOS

Na Figura 2, é possível visualizar a sequência de eventos ao longo do tempo analisado, além das incidências do ENOS durante esse período. É perceptível que, dos 32 anos trabalhados, dois (1993 e 2013) foram considerados neutros e ocorreram eventos de EN e/ou LN nos outros 30. Em oito anos de EN e três anos de LN, ocorreram os eventos classificados com intensidade forte, sendo que os anos de 1998 e 2010 foram classificados como ocorrendo tanto EN quanto LN fortes, pois começaram com um evento e terminaram com outro. Os anos de 1994 e 2002 foram classificados como EN moderado, e 1995, 1999, 2011, 2020 e 2022 como LN moderado. Os demais anos foram distribuídos nas classes de intensidade fraca (sete em EN e dez em LN).

Figura 2 - Ocorrência do ENOS de 1992 a 2023



Fonte: Autora, 2024.

A menor permanência para os eventos de EN foi de cinco meses (setembro de 2006 a janeiro de 2007), com meses consecutivos de intensidade fraca. Para os anos de LN, a menor permanência também foi de cinco meses (novembro de 2005/2008 a março de 2006/2009), com intensidade fraca. A maior duração de eventos para EN foi de 19 meses (outubro de 2014 a abril de 2016) e de 32 meses (julho de 1998 a fevereiro de 2001) para LN, ambos

classificados como intensidade forte. Na Tabela 3, observa-se o resumo dos anos nos quais ocorreram EN e/ou LN, com suas respectivas intensidades.

Tabela 3 - Resumo da classificação dos eventos ENOS

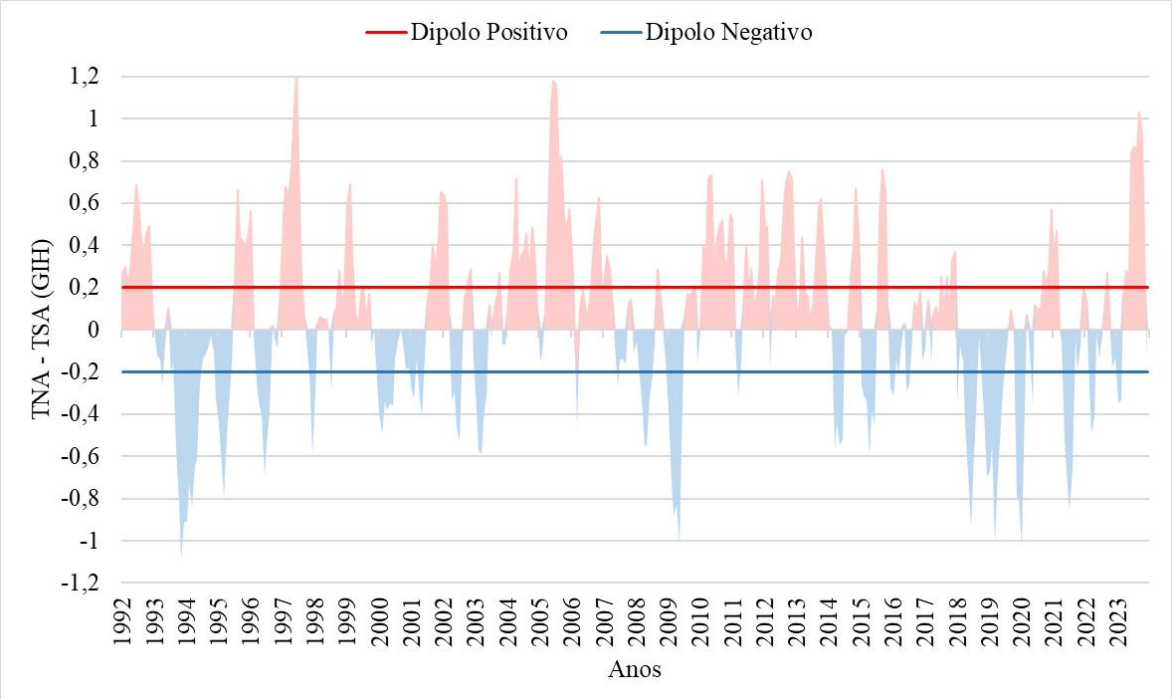
El Niño			**La Niña**		
Forte	Moderado	Fraco	Forte	Moderado	Fraco
1992, 1997, 1998, 2009, 2010, 2015, 2016, 2023	1994, 2002	2003, 2004, 2005, 2006, 2014, 2018, 2019	1998, 2007, 2010	1995, 1999, 2011, 2020, 2022	1996, 2000, 2001, 2005, 2008, 2009, 2012, 2017, 2018, 2021

Fonte: Autora, 2024.

4.2 Fases do Gradiente Inter-Hemisférico (TNA-TSA)

A disposição ao longo do tempo do gradiente entre os hemisférios e os critérios estabelecidos para classificá-lo como dipolo positivo ou negativo são exibidos na Figura 3. Constatou-se que ocorreram anomalias de dipolo (positivo, negativo, ou ambos) em 25 dos 32 anos da série.

Figura 3 - Gradiente inter-hemisférico (TNA-TSA) no período de 1992 a 2023



Fonte: Autora, 2024.

O menor intervalo em que as anomalias de dipolo positivo ocorreram foi de quatro meses, especificamente nos anos de 2006, 2013 e 2014. Já para a maior duração das anomalias de dipolo positivo, o valor máximo observado foi de 12 meses, durante o período de 2010/2011. Em relação às anomalias de dipolo negativo, a duração máxima registrada foi de 10 meses, entre 1993 e 1994.

Na Tabela 4, é possível verificar o resumo dos anos em que ocorreram as anomalias. Ao todo, foram registrados 12 anos com a presença do dipolo negativo, dos quais seis também apresentaram fenômenos de LN (1995, 1996, 2000, 2008, 2009 e 2018). Em relação ao dipolo positivo, foram contabilizados 12 anos no total, sendo que em cinco também ocorreram fenômenos de EN (1992, 1997, 2002, 2004 e 2023).

Tabela 4 - Resumo dos anos dos fenômenos classificados no Atlântico Tropical

Dipolo Negativo	**Dipolo positivo**
1993, 1994,	1992[2], 1995,
1995[1], 1996[1],	1997[2], 2001,
2000[1], 2003,	2002[2], 2004[2],
2008[1], 2009[1],	2005, 2010[2],
2014, 2015,	2012, 2020, 2021,
2018[1], 2019	2023[2]
[1]Anos de La Niña	[2]Anos de El Niño

Fonte: Autora, 2024.

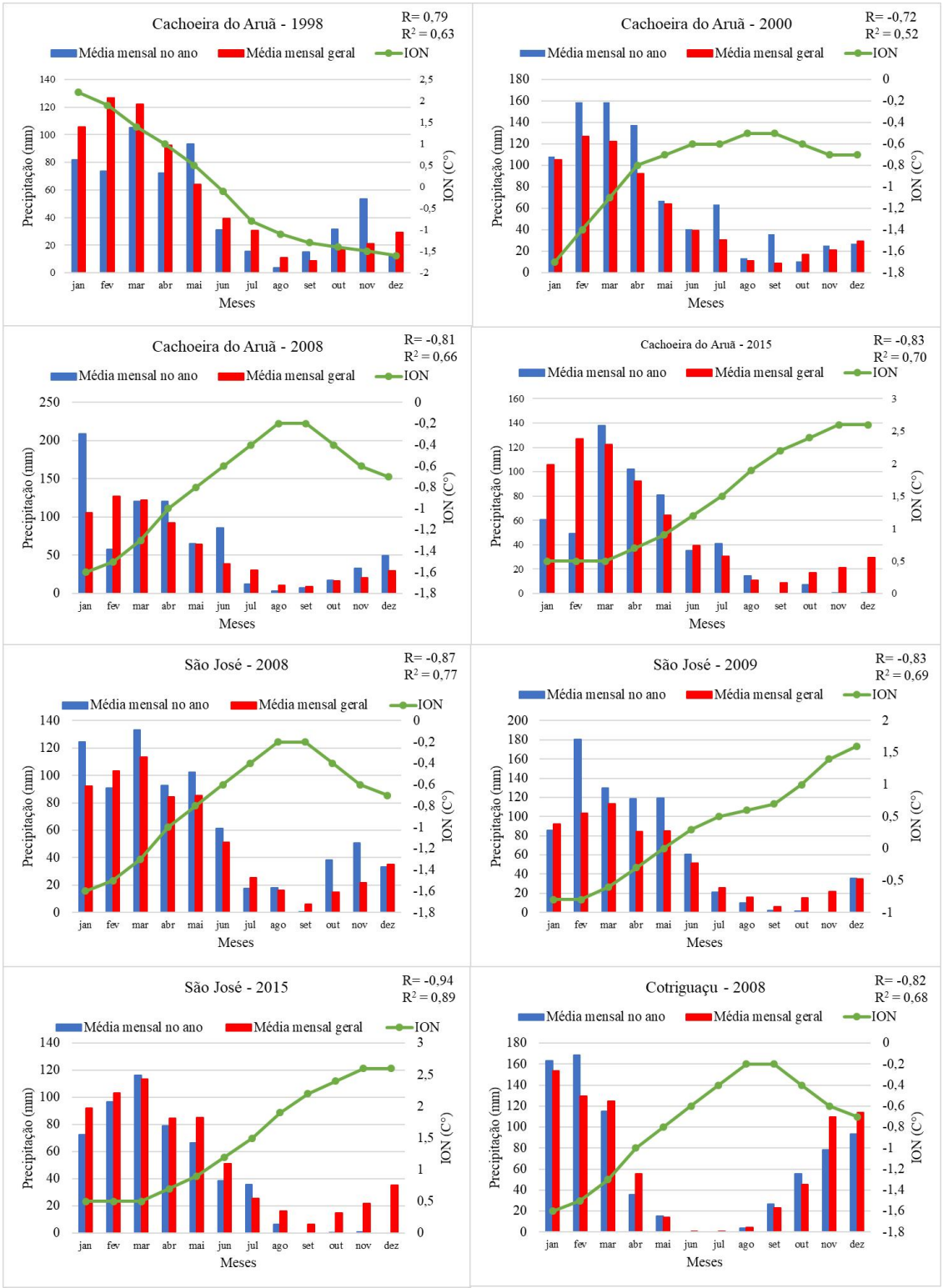
Durante os anos de 1992 e 2010, foram registradas algumas das ocorrências mais longas de anomalias de dipolo positivo, com duração consecutiva de 11 meses. É interessante notar que esses períodos coincidiram com anos de forte influência de EN. De acordo com Sousa, Santos e Costa (2022), o período de 2007/2008 contou com a ocorrência intensa de La Niña, assim como com a presença de um dipolo negativo, coincidindo com o resultado encontrado para os mesmos anos.

4.3 Análise da correlação entre a precipitação e os índices climáticos

4.3.1 Precipitação x ION

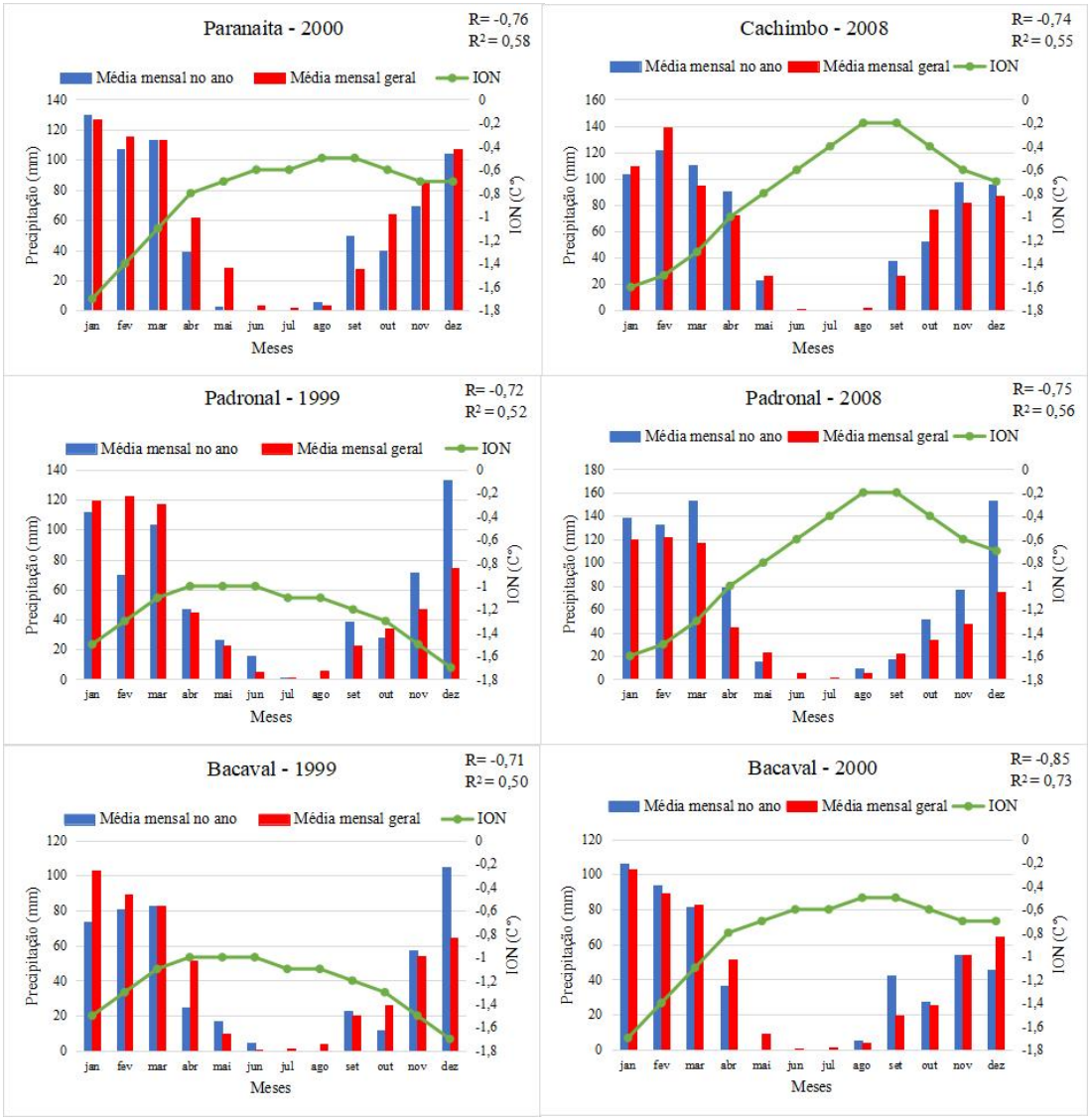
Neste estudo, foram analisados os meses de diferentes anos em cada estação estudada (Tabela 1). Portanto, observa-se, nas Figuras 4 e 5, a análise mensal dos anos com o nível de correlação forte e EN ou LN forte, comparando aos valores de ION.

Figura 4 - Comparação entre ION e as médias de precipitações mensais para os anos de correlação forte



Fonte: Autora, 2024.

Figura 5 - Comparação entre ION e as médias de precipitações mensais para os anos de correlação forte (continuação)



Fonte: Autora, 2024.

Com o gráfico das médias mensais da estação Cachoeira do Aruã no ano de 1998 (Figura 4), pode-se observar que os meses de maio, setembro, outubro e novembro, em média mensal geral, ficaram abaixo da média mensal do ano em questão. Percebe-se que esses mesmos meses estiveram sujeitos à LN forte, de acordo com a classificação, o que pode ter influenciado essa questão. Para o ano de 2000, a média mensal do ano ficou acima da média mensal geral na maioria dos meses, sendo que só ocorreu período de LN no ano, sendo de fraco a forte.

Santos, Blanco e Oliveira (2019) afirmam que, para estação Cachoeira do Aruã, o período com maior probabilidade de chuva compreende os meses de janeiro a junho, e o de menor probabilidade compreende os meses de julho a dezembro, coincidindo com os resultados encontrados neste estudo. Para o ano de 2015, observa-se que o nível de

precipitação diminuiu, o que pode ter ocorrido devido à ocorrência de evento de EN em todos os meses do ano, com maior intensidade (forte) a partir de agosto. Dessa forma, é possível perceber na Figura 4, referente à estação Cachoeira do Aruã, que o nível de precipitação foi reduzido na média mensal do ano de 2015 a partir do mês de agosto.

Na estação São José, no ano de 2008, o nível da média mensal do ano foi acima da média geral (Figura 4). No mesmo ano, houve classificação de evento de LN na maioria dos meses, sendo que julho, agosto e setembro foram classificados como neutros, explicando o baixo nível de precipitação. Os primeiros meses de 2009 foram classificados em evento de LN, com o nível de precipitação decaindo a partir de julho até dezembro, sendo que, de acordo com a classificação dos eventos ENOS, ocorreu apenas evento de EN nesses meses.

Na estação Paranaíta (Figura 5), verifica-se que, a partir do ano 2000, o índice de precipitação foi baixo nos meses de junho, julho e agosto. De acordo com a classificação dos eventos ENOS, os anos de correlação forte dessa estação para tais meses foram baixos, sendo classificados como neutro ou LN fraco. Para o ano de 1999 da estação Padronal, os meses de janeiro, novembro e dezembro foram classificados em LN forte, conforme Figura 5, na qual se observa exatamente que a média mensal desse ano, nos meses supracitados, está próxima e até acima da média mensal geral.

A estação Bacaval, de 1999, tem praticamente o mesmo padrão da estação Padronal, o que pode ter acontecido pois estão em localizações bem próximas, ao sul da BHRT, como apresentado na Figura 1. Já para o ano de 2000, os primeiros meses estão com o índice de precipitação acima da média mensal geral; de acordo com a classificação dos eventos ENOS, esses meses apresentam LN forte a moderado, enquanto os meses de maio, junho, julho e agosto são caracterizados como LN fraco (Figura 5).

Para 2015, as estações Cachoeira do Aruã e São José possuem os valores de R e R^2 mais elevados, sendo considerado o ano que obteve a maior duração e permanência do evento EN, classificado de fraco a forte e se estendendo até o ano de 2016. Cabe destacar que as duas estações se localizam bem próximas, ao norte da BHRT. De acordo com Costa e Blanco (2018), a partir dos índices climáticos, os elevados ajustes de correlação podem indicar a possível capacidade de previsão de eventos extremos de chuva.

Ao analisar os resultados encontrados de acordo com cada estação estudada nas diversas localizações da bacia e seus respectivos anos, observa-se que a influência dos eventos ENOS é mais forte para a região norte da BHRT. A maior parte dos anos com alto índice de precipitação foi classificada como LN, enquanto os anos com baixo índice de

precipitação foram classificados como EN, se destacando das demais estações localizadas nas diferentes áreas da bacia.

Vale salientar que, por exemplo, a estação Cachoeira do Aruã, localizada ao norte da Bacia, obteve fortes períodos de EN durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril no ano de 1998. Na visão de Amorim (2023) durante tal fenômeno, a região norte geralmente experimenta um aumento nas chuvas, enquanto a região sul pode ter períodos mais secos. Por outro lado, para o ano de 1999 da estação Padronal, ao sul da bacia, foram observados fortes períodos de LN. Durante esse fenômeno, a região norte tende a ter períodos mais secos e a região sul pode receber mais chuvas. Essas variações sazonais são fundamentais para compreender as dinâmicas climáticas da região, e podem ter impactos significativos na gestão hídrica e ambiental (Salton; Morais; Lohmann, 2021).

4.3.2 Precipitação x GIH

Na Figura 6, é possível observar a comparação da média mensal dos anos e a média mensal geral, levando em conta os anos de correlação forte/eventos ENOS de intensidade forte, comparando também aos valores de GIH.

Figura 6 - Comparação entre GIH e as médias de precipitações mensais para os anos de correlação forte

Fonte: Autora, 2024.

Nos primeiros meses de 2000, a estação Cachoeira do Aruã registrou um índice de precipitação maior que a média mensal geral (Figura 6). De acordo com a Tabela 4, o ano de 2000 foi classificado como dipolo negativo. Para estação São José, no ano de 2009, a média

mensal do índice de precipitação foi acima da média mensal geral de janeiro a junho, o que pode ter sido influenciado pelo dipolo, pois os meses supracitados foram classificados em dipolo negativo, e percebeu-se que o dipolo negativo não ocorreu mais a partir do mês de julho, tanto no gráfico em questão (Figura 6), como na Tabela 4. Para o ano de 2015, verifica-se que a média mensal foi um pouco abaixo da média mensal geral, pois os anos de correlação forte dessa estação apresentaram índices maiores de chuva, houve diminuição no índice nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro e, de acordo com a classificação, esses meses foram classificados em dipolo positivo. Já em janeiro, houve aumento no índice, devido a influência do dipolo negativo ocorrido no mês.

Para 2007 – estações Cachimbo, Paranaíta e Cotriguaçu – e 2005 – estação Cotriguaçu –, é perceptível um padrão nos meses de maio, junho, julho e agosto, nos quais ocorreu um baixo índice de precipitação. Analisando os eventos ENOS e a classificação dos dipolos, é evidenciada a influência desses fenômenos em tais anos/meses, pois foram classificados, para os eventos ENOS, como meses neutros e dipolo positivo (2005) e como LN fraco (2007).

No ano de 2009, a estação São José registrou os maiores valores de R e R^2, o que pode ser atribuído ao fato de que esse ano apresentou uma das maiores médias de anomalia de dipolo negativo. Além disso, não houve interferência do ENOS, uma vez que o evento EN ocorreu no final do ano e estendeu-se até 2010. Oliveira et al. (2020) definiram o seguinte período hidrológico do rio Tapajós em Santarém/PA (estações Cachoeira do Aruã e São José): cheia (abril a junho), vazante (julho a setembro), seca (outubro a dezembro) e enchente (janeiro a março). Essa definição condiz com as figuras apresentadas, ocorrendo elevado volume de precipitação nos primeiros meses do ano e baixo nos últimos.

Sousa et al. (2024) destacam a importância de variáveis hidrológicas e sedimentares para entender o regime hídrico do rio Tapajós, ressaltando como as alterações climáticas e antrópicas podem intensificar os fluxos de sedimentos, especialmente em áreas de grande impacto humano, como a região da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.

5 CONCLUSÃO

A influência do ENOS nos níveis de precipitação na BHRT foi evidente, com aumento observado nos índices de precipitação durante os anos de LN. A maioria dos anos com R e R^2 fortes coincidiu com a ocorrência de LN. Em relação às anomalias no Atlântico Equatorial, nos anos em que foram registradas correlações fortes, havia ocorrência de dipolo negativo, o que leva a concluir que esse fenômeno possivelmente tem mais influência sobre a precipitação, principalmente quando coincide com anos de LN. Observa-se também que a influência dos eventos ENOS é mais forte para a região norte da BHRT.

O impacto social desta pesquisa se reflete na potencial redução dos riscos para as populações vulneráveis que habitam a Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós, além de beneficiar toda região amazônica, proporcionando melhores condições para o planejamento de políticas públicas de gestão de recursos hídricos.

Para futuros trabalhos, recomenda-se a análise dos impactos dos fenômenos climáticos, sobre a operação e a segurança das barragens na Bacia do Rio Tapajós, o que poderia contribuir significativamente para a gestão hídrica e a mitigação de riscos. E uma possível continuidade seria aplicar a mesma metodologia em outras bacias hidrográficas da Amazônia, visando comparar a influência dos fenômenos climáticos em diferentes regiões.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. A. Emergência Climática e El Niño: Estratégias de Resiliência no Semiárido Nordestino. *Revista Avesso: Pensamento, Memória e Sociedade*, v. 4, n. 1, p. 41-56, 2023.

ANA - Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas - HIDROWEB. Disponível em:<http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Conjuntura recursos hídricos no Brasil 2017. Brasília-DF: Agência Nacional das Águas. 2017.

ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. D. S.; NAGY, L.; LUIZÃO, F. J.; CUNHA, H. B. D.; QUESADA, C. A. N.; MARENGO, J. A.; KRUSCHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da Floresta Amazônica. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 66, n. 3, p. 41-46, 2014.

ATAÍDE, W.L.; OLIVEIRA, F. de A.; BRAGA, E. O.; AMORIM, M. B.; CARNEIRO, F. S.; CHAGAS, G. F. B. das.; SOUSA, F. B. B. de.; MAESTRI, M. P. Caracterização dos ventos sobre a Flona Caxiuanã em ano de ENOS. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 1, e47711122584, 2022. ISSN: 2525-3409. DOI: https://doi.org/ 10.33448/rsd-v11i1.22584

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, J. L. G.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711- 728, 2013.

ALVES, S. W.; CABRAL, P. B. J.; NASCIMENTO, F. T. D. Variabilidade dos totais anuais de chuva em Goiás e no Distrito Federal. *Revista Caminhos de Geografia*, v.24, n.25, p. 321-338, 2023.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 21 nov. 2024.

BROECKER, C. The Great Ocean Conveyor: Discovering the Trigger for Abrupt Climate Change. 212 p., Princeton, *Princeton Univ*. Press., 2010.

CARVALHO, D. C.; TRICHES, J.; BERGMANN, F. C. J.; TORRIGLIA, P. L. Desastres ambientais: uma realidade que se faz cada vez mais presente. *Perspectiva*, v. 41, n. 3, 2023.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J. Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática. Oficina de Textos, 2021.

CAVALCANTI; I. F. A. AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In: Tempo e Clima do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, p.318-335, 2009.

COSTA, C. E. A. S.; BLANCO, C. J. C. Influência da variabilidade climática sobre a erosividade em Belém (PA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, p. 509-520, 2018.

DANCEY, C.; REIDY, J. Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 608 p.

FARIA, D. R.; RAMOS, M. C.; COLTRI, P. P. Sequência didática como estratégia para ensino sobre desafios socioambientais relacionados às mudanças climáticas. *Terra e Didática*, v. 17, e021052, 2021. DOI: https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8667126

FELÍCIO, J. D. Impactos da interrupção do abastecimento de água em áreas urbanas: um olhar para a questão de gênero no município de Piracicaba-SP. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FOSS, A. W.; KO, Y. Barriers and opportunities for climate change education: The case of Dallas-Fort Worth in Texas. *The Journal of Environmental Education*. 50(3), 145-159, 2019.

FRANCO, V. D. S.; SOUZA, E. B. D.; COSTA, C. P. W. D.; FERREIRA, D. B. D. S.; OLIVEIRA, J. V. D.; AZEVEDO, F. T. M. D. (2019). Prognóstico sazonal da precipitação para o verão e outono austral da Amazônia oriental (Seasonal prognosis for the southern summer and autumn in the Eastern Amazon). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(1), 057-070.

FREIRE, J.L.M.; LIMA, J.R.A.; CAVALCANTI, E.P. Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, n. 1, p. 429-444, 2011.

FU, R.; DICKINSON, R. E.; CHEN, M.; WANG, H. How do tropical sea surface temperatures influence the seasonal distribution of precipitation in the equatorial Amazon?. *Journal of Climate*, v. 14, n. 20, p. 4003-4026, 2001. https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<4003:HDTSST>2.0.CO;2.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. ENSO Years based on Oceanic Niño Index (ONI). Online. Disponível em:<http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 17 ago. 2024.

HOBBIE, S. E.; GRIMM, N. B. Nature-based approaches to managing climate change impacts in cities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 375, n. 1794, p. 20190124, 2020. DOI: https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0124

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate Change 2021: The Physical Sci-ence Basis. In: Masson-Delmotte, V. P., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Chen, Y., ... Caud, N. (Eds.) (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Work-ing Group I to the Sixth Assessment Report of the In-tergovernmental Panel on Climate Change. Cam-bridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2.391p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

JOHARI, A.; AKHIR, F. M.; SATAR, N. M.; ZAINOL, Z.; JINGSONG, G. Inter-annual changes of water temperature in the southern south China sea's continental shelf: theinfluence of enso on Malaysian waters. *Journal of Marine Science and Technology*, v. 29, n. 4, p. 569-581, 2021. ISSN: 2709-6998. DOI: 10.51400/2709-6998.1593.

KIST, A.; GEBERT, D. M. P. Contribuição aos estudos da influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 31, p. 207-229, 2022.

LOPES, R. F. C. Efeitos da TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico tropicais sobre o vento no Estado da Paraíba. 2022.

LOPES, R. F. C. L.; CAVALCANTI, E. P.; RODRIGUES, E. L.; NÓBREGA, R. S.; CORREIA, M. F. Variabilidade do Vento no Estado da Paraíba para Eventos de Anomalia de TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico Tropicais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 05, p. 2941-2959, 2023.

MACHADO, P. H. G.; DE OLIVEIRA NOGUEIRA, N. C.; REBOITA, M.S.; DOS REIS, A. L. Climatologia da ZCIT em anos de El Niño e La Niña. *Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica*, 2023.

MARTINS, A. C. Fatores climáticos e sistemas meteorológicos que atuam sobre o Brasil-uma revisão bibliográfica. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MARTINS, P. A. S. Normais climatológicas, balanço hídrico e classificação climática para a mesorregião sul do Amazonas. 2019. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências 50 Ambientais) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá.

MOURA, M. D. N.; VITORINO, M. I. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 4, p. 475-483, 2012.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, v. 9, n. 3, p. 364-371, 2005.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>Acesso em: 15 ago. 2024.

OLIVEIRA, L. L.; BARRETO, C. J. D. N.; JESUS, S. E.; CANANI, C. G. Le. Efeitos dos eventos extremos climáticos na variabilidade hidrológica em um rio de Ecossistema Tropical Amazônico. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 4, p. 145-153, 2020. ISSN: 2179-6858. DOI: https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0013.

OLIVEIRA, N. D. L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. *Ciência e Natura*, v. 37, n. 4, p. 284-297, 2015.

OLIVEIRA, R. N. A variabilidade da chuva na Amazônia Central: El Niño e La Niña. 2019, 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

OLIVA, F.G. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos relacionados. *GeoPUC*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 23, p. p74-99, 2019.

PEZZI, L. P., DE SOUZA, R. B., QUADRO, M. F. L. Uma Revisão dos Processos de Interação Oceano-Atmosfera em Regiões de Intenso Gradiente Termal do Oceano Atlântico Sul Baseada em Dados Observacionais. *Rev. bras. Meteorol*., 31. São Paulo out./dez. 2016.

PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D. A. Vulnerabilidades da segurança hídrica no Brasil frente às mudanças climáticas. *Derbyana*, v. 43, p. e777-e777, 2022.

PIMENTEL, F. O.; ASSIS, W. L. Análise da variabilidade climática no município de Petrolina–PE entre os anos de 1973-2021. *Revista de Geografia-PPGEO-UFJF*, v. 12, n. 2, p. 281-303, 2022.

RAMOS, A. M.; FORTES, L. T. G.; SANTOS, L. A. R.; CONDE, F. C.; BARBOSA, T. F.; VIANELLO, R. L.; MONTANDON, A. C. Revisão das Normais Climatológicas do Brasil para o Período 1961-1990: Procedimentos de Cálculo e Produto Final. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. Anais eletrônicos [...]. Belém: A Amazônia e o Clima Global. Disponível em: . Acesso em: 26 dez. 2023.

REYMÃO, A. E.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA, S. B. Considerações sobre a política de mudanças climáticas para o desenvolvimento da Amazônia. In: *Direito e desenvolvimento na Amazônia: estudos interdisciplinares e interinstitucionais*. Florianópolis: Qualis, v. 3, p. 271-302, 2021.

ROZA, M. P. O. Desastres naturais relacionados com tendências de precipitação no Espírito Santo. 2021. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, 2021.

SANTOS, V. C. dos; BLANCO, C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F. Distribution of rainfall probability in the Tapajos River Basin, Amazonia, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, v. 14, p. 1-21, 2019. ISSN: 1980-993X. DOI: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2284.

SANTOS, S. R. Q.; SILVA, R. B. C.; BARRETO, P. N.; SÁ, L. D. A.; NUNES, G. G. C.; RODRIGUES, R. S.; SANTOS, A. P. P. (2015). Avaliação mensal do regime térmico e hídrico do solo em anos de eventos extremos.

SALTON, F. G.; MORAIS, H.; LOHMANN, M. Períodos secos no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 2, p. 295-303, 2021.

SILVA JUNIOR, S. P. F.; CHAVES, V. V. S. Desastres naturais no Brasil: Um estudo acerca dos extremos climáticos nas cidades brasileiras. *Revista da Academia de Ciências do Piauí*, v. 2, n. 2, 2021.

SILVA, G. K. Análise da variabilidade climática, demandas hídricas e mudanças Climáticas: o hidrossistema Jaguaribe-Metropolitano, Ceará, Brasil. 2024.

SILVA, F. F.; DOS SANTOS, F. A.; DOS SANTOS, J. M. Índice de anomalia de chuva (IAC) aplicado ao estudo das precipitações no município de Caridade, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, p. 426-442, 2020.

SILVA, A. D.; SANDER, C.; JÚNIOR, A. R. C. A.; WANKLER, L. F. Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista-RR nos anos de 1910 a 2014. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 9, n. 2, p. 34-49, 2015. ISSN: 1678-7226.

SILVA, F. W. M. Projeção de energia natural afluente (ENA) a médio prazo para o setor elétrico do Brasil. 2017. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira, RedençãoCeara, 2017.

SILVA, M. T.; et al. Influência da Temperatura da Superfície do Mar na Ocorrência de Linhas de Instabilidade na Costa Norte e Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 2, p. 261-268, 2017.

SOARES, A. C. M. Influência de fenômenos climáticos sobre o regime hidrológico no médio rio Negro (Amazonas – Brasil). 2022. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2022.

SOUSA, S. E.; COSTA, S. A. E. C.; SOUZA, M. M.; PROGÊNIO, F. M.; CONCEIÇÃO, P. R. Projeções Futuras de Sedimentos no Rio Tapajós e sua possível relação com Áreas de Garimpo. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 13, n. 1, p. e25085-e25085, 2024.

SOUSA, E.S.; SANTOS, V.C.; COSTA, C. E. A. S. Influência de fenômenos climáticos sobre o regime de vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós. *Holos Environment*, v. 22, n. 1, p. 18-30, 2022. DOI: https://doi.org/10.14295/holos.v22i1.12464.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and sub monthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 81, p. 177-191. 2005. DOI: https://doi.org/10.1007/s00704-004-0081-4.

SOUZA NETO, P.F. 2019. Identificação de impactos da variabilidade climática sobre os Oceanos. Trabalho de Conclusão de Curso (Meteorologia)-Universidade Federal de Alagoas. 2019.

TAVARES, J. Características da climatologia de Macapá-AP. *Caminhos de Geografia*, v. 15, n. 50, 2014.

ZHANG, X.; SPRINTALL, J.; ZENG, L. What role does the barrier layer play during extreme El Niño events? *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 126, n. 5, e2020JC017001, 2021. DOI: https://doi.org/10.1029/2020JC017001.

ANEXO A – VALORES DE ION (1992-2023)

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1992	**1.7**	**1.6**	**1.5**	**1.3**	**1.1**	**0.7**	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	**0.6**	**0.7**	**1.0**	**1.1**
1995	**1.0**	**0.7**	**0.5**	0.3	0.1	0.0	-0.2	**-0.5**	**-0.8**	**-1.0**	**-1.0**	**-1.0**
1996	**-0.9**	**-0.8**	**-0.6**	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	**0.8**	**1.2**	**1.6**	**1.9**	**2.1**	**2.3**	**2.4**	**2.4**
1998	**2.2**	**1.9**	**1.4**	**1.0**	**0.5**	-0.1	**-0.8**	**-1.1**	**-1.3**	**-1.4**	**-1.5**	**-1.6**
1999	**-1.5**	**-1.3**	**-1.1**	**-1.0**	**-1.0**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.1**	**-1.2**	**-1.3**	**-1.5**	**-1.7**
2000	**-1.7**	**-1.4**	**-1.1**	**-0.8**	**-0.7**	**-0.6**	**-0.6**	**-0.5**	**-0.5**	**-0.6**	**-0.7**	**-0.7**
2001	**-0.7**	**-0.5**	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1.0**	**1.2**	**1.3**	**1.1**
2003	**0.9**	**0.6**	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**0.7**	**0.7**	**0.7**
2005	**0.6**	**0.6**	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	**-0.6**	**-0.8**
2006	**-0.9**	**-0.8**	**-0.6**	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	**0.5**	**0.8**	**0.9**	**0.9**
2007	**0.7**	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	**-0.5**	**-0.6**	**-0.8**	**-1.1**	**-1.3**	**-1.5**	**-1.6**
2008	**-1.6**	**-1.5**	**-1.3**	**-1.0**	**-0.8**	**-0.6**	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	**-0.6**	**-0.7**
2009	**-0.8**	**-0.8**	**-0.6**	-0.3	0.0	0.3	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**1.0**	**1.4**	**1.6**
2010	**1.5**	**1.2**	**0.8**	0.4	-0.2	**-0.7**	**-1.0**	**-1.3**	**-1.6**	**-1.6**	**-1.6**	**-1.6**
2011	**-1.4**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.7**	**-0.6**	-0.4	**-0.5**	**-0.6**	**-0.8**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.0**
2012	**-0.9**	**-0.7**	**-0.6**	**-0.5**	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	**0.5**	**0.6**	**0.7**
2015	**0.5**	**0.5**	**0.5**	**0.7**	**0.9**	**1.2**	**1.5**	**1.9**	**2.2**	**2.4**	**2.6**	**2.6**
2016	**2.5**	**2.1**	**1.6**	**0.9**	0.4	-0.1	-0.4	**-0.5**	**-0.6**	**-0.7**	**-0.7**	**-0.6**
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	**-0.7**	**-0.8**	**-1.0**
2018	**-0.9**	**-0.9**	**-0.7**	**-0.5**	-0.2	0.0	0.1	0.2	**0.5**	**0.8**	**0.9**	**0.8**
2019	**0.7**	**0.7**	**0.7**	**0.7**	**0.5**	**0.5**	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	**-0.6**	**-0.9**	**-1.2**	**-1.3**	**-1.2**
2021	**-1.0**	**-0.9**	**-0.8**	**-0.7**	**-0.5**	-0.4	-0.4	**-0.5**	**-0.7**	**-0.8**	**-1.0**	**-1.0**
2022	**-1.0**	**-0.9**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.0**	**-0.9**	**-0.8**	**-0.9**	**-1.0**	**-1.0**	**-0.9**	**-0.8**
2023	**-0.7**	- 0.4	-0.1	0.2	**0.5**	**0.8**	**1.1**	**1.3**	**1.5**	**1.8**	**1.9**	**2.0**

Fonte: NOAA, 2024.

ANEXO B – VALORES MENSAIS PARA TNA (1992-2023)

Ano/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1992	0,00	0,04	-0,18	-0,29	-0,18	-0,11	-0,01	-0,23	-0,21	-0,06	-0,30	-0,23
1993	-0,25	-0,25	-0,23	-0,07	-0,04	0,07	-0,17	-0,11	-0,12	-0,13	-0,34	-0,41
1994	-0,59	-0,61	-0,60	-0,46	-0,50	-0,43	-0,39	-0,29	-0,24	-0,08	-0,03	-0,13
1995	-0,05	-0,04	-0,05	0,11	0,30	0,48	0,58	0,59	0,40	0,37	0,51	0,47
1996	0,74	0,40	0,22	0,31	0,36	0,18	0,12	-0,03	0,15	0,08	0,03	0,14
1997	0,31	0,34	0,15	0,27	0,43	0,54	0,34	0,16	0,26	0,59	0,58	0,44
1998	0,43	0,77	0,75	0,59	0,59	0,66	0,56	0,67	0,51	0,49	0,43	0,29
1999	-0,10	-0,20	-0,23	-0,13	0,11	0,15	0,17	0,34	0,38	0,25	0,13	0,27
2000	-0,18	-0,10	0,06	-0,01	-0,06	-0,16	0,01	0,15	0,02	0,00	-0,12	-0,19
2001	-0,13	-0,15	0,15	0,05	0,06	0,24	0,30	0,34	0,51	0,48	0,62	0,66
2002	0,78	0,53	0,37	-0,02	-0,19	-0,13	-0,06	-0,05	0,07	0,36	0,22	0,20
2003	0,27	0,00	0,04	0,00	0,06	0,22	0,36	0,59	0,66	0,80	0,48	0,49
2004	0,50	0,51	0,36	0,46	0,17	0,27	0,46	0,68	0,59	0,62	0,63	0,53
2005	0,46	0,38	0,68	0,81	1,01	0,92	0,84	0,74	0,73	0,54	0,40	0,55
2006	0,41	0,19	0,18	0,41	0,43	0,52	0,36	0,53	0,69	0,74	0,71	0,47
2007	0,46	0,56	0,33	0,40	0,21	0,16	0,09	0,01	0,11	0,24	0,24	0,09
2008	0,14	0,18	0,27	0,09	0,28	0,39	0,45	0,45	0,57	0,43	0,27	0,26
2009	0,07	-0,37	-0,34	-0,31	-0,23	0,05	0,45	0,41	0,35	0,63	0,51	0,54
2010	0,80	1,07	1,27	1,40	1,35	1,11	1,01	0,97	0,75	0,77	0,70	0,96
2011	0,97	0,53	0,41	0,33	0,41	0,59	0,43	0,49	0,36	0,44	0,21	0,23
2012	0,16	-0,02	-0,26	-0,17	0,09	0,31	0,30	0,52	0,72	0,78	0,75	0,55
2013	0,44	0,40	0,70	0,53	0,64	0,32	0,34	0,56	0,61	0,66	0,32	0,27
2014	0,13	-0,08	-0,35	-0,21	-0,06	-0,05	0,14	0,23	0,51	0,56	0,35	0,34
2015	0,17	0,11	-0,11	-0,24	0,08	-0,07	0,16	0,43	0,72	0,93	0,49	0,42
2016	0,50	0,45	0,39	0,32	0,38	0,39	0,37	0,49	0,39	0,55	0,46	0,52
2017	0,49	0,23	0,13	0,47	0,58	0,60	0,60	0,67	0,52	0,45	0,53	0,54
2018	0,28	-0,09	0,02	-0,17	-0,40	-0,48	-0,21	0,01	0,33	0,29	-0,01	-0,04
2019	0,08	0,14	0,01	-0,02	0,12	0,30	0,37	0,42	0,57	0,44	0,26	0,25
2020	0,25	0,50	0,73	0,62	0,52	0,72	0,65	0,59	0,52	0,61	0,39	0,46
2021	0,52	0,41	0,14	0,32	0,24	0,14	0,25	0,26	0,54	0,46	0,42	0,46
2022	0,61	0,57	0,08	0,04	0,34	0,48	0,32	0,47	0,62	0,5	0,33	0,47
2023	0,47	0,22	0,64	0,78	1,04	1,41	1,41	1,36	1,43	1,32	1,09	1,17

Fonte: NOAA, 2024.

ANEXO C – VALORES MENSAIS PARA TSA (1992-2023)

Ano/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1992	-0,27	-0,26	-0,40	-0,57	-0,66	-0,80	-0,60	-0,66	-0,56	-0,52	-0,79	-0,36
1993	-0,25	-0,13	-0,09	0,20	0,03	-0,03	0,05	0,04	0,44	0,69	0,75	0,50
1994	0,32	0,12	0,24	0,18	0,11	-0,18	-0,26	-0,17	-0,15	-0,05	0,08	0,20
1995	0,40	0,61	0,74	0,61	0,59	0,64	0,35	-0,07	-0,04	-0,05	0,12	0,00
1996	0,18	0,43	0,47	0,65	0,77	0,87	0,66	0,35	0,13	0,12	0,12	-0,06
1997	-0,22	-0,34	-0,47	-0,50	-0,54	-0,67	-0,27	-0,09	0,21	0,69	0,79	1,03
1998	0,72	0,74	0,69	0,54	0,54	0,66	0,85	0,59	0,41	0,21	0,32	0,11
1999	0,13	0,05	0,33	0,45	0,53	0,49	0,64	0,55	0,24	0,28	0,33	0,36
2000	0,21	0,39	0,40	0,37	0,29	0,20	0,15	0,20	0,02	0,10	0,07	-0,01
2001	0,16	0,17	0,29	0,38	0,47	0,36	0,15	0,14	0,11	0,20	0,16	0,01
2002	0,14	-0,06	0,29	0,31	0,49	0,33	0,47	0,01	-0,08	0,14	-0,07	0,35
2003	0,56	0,57	0,63	0,42	0,37	0,10	0,40	0,49	0,49	0,53	0,55	0,56
2004	0,41	0,22	-0,01	-0,26	-0,12	-0,08	0,08	0,22	0,33	0,14	0,24	0,43
2005	0,61	0,49	0,61	0,29	-0,06	-0,26	-0,32	0,01	-0,09	0,00	-0,07	-0,02
2006	0,04	0,23	0,41	0,31	0,24	0,41	0,30	0,33	0,27	0,23	0,08	0,32
2007	0,24	0,21	0,04	0,24	0,28	0,43	0,23	0,15	0,27	0,11	0,10	0,20
2008	0,19	0,36	0,60	0,64	0,82	0,70	0,66	0,51	0,28	0,27	0,31	0,41
2009	0,45	0,35	0,54	0,52	0,79	0,59	0,39	0,24	0,19	0,45	0,30	0,70
2010	0,79	0,68	0,89	0,68	0,62	0,85	0,60	0,48	0,23	0,43	0,40	0,41
2011	0,45	0,59	0,72	0,49	0,30	0,20	0,27	0,20	0,24	0,28	-0,05	-0,48
2012	-0,32	-0,51	-0,08	-0,33	-0,04	0,04	-0,03	-0,08	0,02	0,03	0,03	0,18
2013	0,39	0,25	0,26	0,35	0,48	0,28	0,23	0,25	0,03	0,04	-0,07	0,11
2014	0,11	0,22	0,22	0,23	0,48	0,47	0,17	0,24	0,26	0,16	-0,32	-0,12
2015	0,43	0,42	0,23	0,36	0,46	0,38	0,07	-0,11	-0,04	0,28	0,37	0,70
2016	0,81	0,59	0,60	0,39	0,35	0,68	0,63	0,52	0,26	0,46	0,28	0,67
2017	0,58	0,09	0,29	0,40	0,47	0,57	0,35	0,59	0,27	0,42	0,20	0,17
2018	0,62	-0,01	0,17	0,28	0,28	0,46	0,38	0,41	0,36	0,53	0,39	0,66
2019	0,75	0,68	1,02	0,65	0,65	0,58	0,50	0,41	0,48	0,47	1,06	1,06
2020	1,28	0,84	0,66	0,72	0,88	0,60	0,55	0,50	0,24	0,39	0,12	-0,11
2021	0,21	-0,06	0,14	0,37	0,76	0,89	1,11	0,92	0,58	0,65	0,50	0,26
2022	0,47	0,73	0,57	0,46	0,36	0,61	0,34	0,38	0,35	0,52	0,51	1,31
2023	0,82	0,55	0,48	0,5	0,79	0,57	0,54	0,5	0,4	0,41	0,91	1,31

Fonte: NOAA, 2024.

Página de assinaturas

Junior Ishihara
868.009.572-91
Signatário

HISTÓRICO

30 out 2024 10:26:33 — **Junior Hiroyuki Ishihara** criou este documento. (Email: jhi@ufpa.br, CPF: 868.009.572-91)

30 out 2024 10:26:34 — **Junior Hiroyuki Ishihara** *(Email: jhi@ufpa.br, CPF: 868.009.572-91)* visualizou este documento por meio do IP 200.239.67.10 localizado em Belém - Pará - Brazil

30 out 2024 10:26:37 — **Junior Hiroyuki Ishihara** *(Email: jhi@ufpa.br, CPF: 868.009.572-91)* assinou este documento por meio do IP 200.239.67.10 localizado em Belém - Pará - Brazil