



# Influência de fenômenos climáticos sobre as chuvas na bacia hidrográfica do Rio Tapajós

Gabriela Rosa Batista<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará, Discente, gabriela.batista@tucurui.ufpa.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará, Docente, cecosta@ufpa.br

Recebido em: 20/10/2023

Aceito em: 26/03/2024

## Resumo

Mudanças climáticas resultam em fenômenos climáticos como os observados atualmente, afetando a precipitação, possivelmente com mais intensidade na região amazônica. Esta pesquisa é justificada pela escassez de medidas de mitigação de riscos climáticos na Amazônia. Foram analisados dados pluviométricos de 1992 a 2021, revelando longas ocorrências de anomalias de dipolo por meses consecutivos. A partir dos índices climáticos, os adequados resultados de correlação ocorreram nos anos com alto índice de precipitação, havendo ocorrência de dipolo negativo, coincidindo também com a ocorrência de La Niña. Portanto, os índices climáticos podem indicar a possível capacidade de previsão de eventos extremos de chuva. De acordo com os resultados encontrados, percebe-se que a influência dos fenômenos climáticos é mais pronunciada na região norte da bacia do Rio Tapajós.

**Palavras-chave:** Precipitação. ENOS. Correlação. Dipolo.

## 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 mudanças 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).

As mudanças climáticas têm resultado no aumento da intensidade e frequência dos fenômenos climáticos, que desempenham papel significativo na interferência direta ou indireta na precipitação. As influências climáticas, ou processos naturais, que afetam a precipitação são conhecidos como El Niño Oscilação Sul (ENOS). O ENOS tem origem no Oceano Pacífico e impacta o clima global de maneiras distintas. Resulta de interações anômalas entre a atmosfera e o oceano, ocorrendo irregularmente na região equatorial do Oceano Pacífico. Envolve o aquecimento das águas e a ação dos ventos alísios, resultando no acúmulo de águas quentes no lado oeste do Oceano Pacífico (ZHANG; SPRINTALL; ZENG, 2021; ANDRADE, 2011).

Durante a ocorrência do El Niño (EN), os ventos alísios relacionados são enfraquecidos ou alteram sua direção na superfície, resultando na permanência de águas quentes por praticamente toda a extensão do Oceano Pacífico (JOHARI et al., 2021; OLIVEIRA; MARCUZZO; BARROS, 2015; SILVA et al., 2015). O fenômeno La Niña (LN), 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 30° (ATAÍDE et al., 2022; FREIRE; LIMA; CAVALCANTI, 2011).

O dipolo do Atlântico é outra anomalia que impacta significativamente o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Essa anomalia surge devido à disparidade de temperatura entre as regiões norte e sul do Oceano Atlântico Equatorial: por exemplo, quando ocorre o aquecimento no Atlântico Tropical Norte, a ZCIT tende a deslocar-se para essa região, resultando em redução nas chuvas na região amazônica. Por outro lado, se a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) aumenta no Atlântico Equatorial Sul em relação ao norte, isso leva à formação de chuvas mais intensas no sul (FU et al., 2001).

As florestas tropicais são altamente vulneráveis às mudanças climáticas, que ameaçam a biodiversidade dessas florestas, assim como as comunidades tradicionais e outros grupos que dependem delas para subsistência. Além disso, comprometem os serviços ambientais que as florestas prestam tanto para regiões próximas quanto distantes (FEARNSIDE, 2008).

Nas últimas décadas, a Amazônia vem sofrendo mais intensamente com a carência de infraestrutura, planejamento técnico e políticas públicas voltadas para a mitigação dos riscos

climáticos, sendo que a variabilidade climática influencia fortemente os componentes do ciclo hidrológico (NOBRE; SAMPAIO; SALAZAR, 2007; COSTA; BLANCO; OLIVEIRA-JÚNIOR, 2021). Por meio deste estudo, foi possível analisar eventos extremos, com base na ocorrência e intensidade de fenômenos climáticos, identificando tendências de variabilidade, o que pode auxiliar os tomadores de decisões da região a estabelecer ações preventivas ou de remediação.

Assim sendo, objetivou-se analisar a influência dos fenômenos climáticos sobre a precipitação na bacia hidrográfica do Rio Tapajós (BHRT), a intensidade dos fenômenos ENOS e sua relação com as chuvas, a determinação das fases do gradiente inter-hemisférico no Atlântico Equatorial e sua relação com as precipitações, calcular a correlação entre as chuvas e os índices climáticos e verificar, após os resultados, em qual área da BHRT determinado fenômeno tem ou teve mais influência.

## Material e métodos

### Área de estudo e dados pluviométricos

A BHRT tem uma área de drenagem de 493.200 km<sup>2</sup>, 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, 2022). Devido à sua extensão, a BHRT possui duas classificações de Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006): da cabeceira ao centro, o clima predominante é classificado como “Aw”, ou seja, chuvas no verão, característica climática de regiões de savana; já do centro à foz, o clima é classificado como “Am”, clima tropical de monção, com uma estação seca e chuvas intensas durante o resto do ano, característico do bioma da Amazônia. 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.

Os dados das estações pluviométricas trabalhadas foram coletados do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2022), via Hidroweb, e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), 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.

### Índices climáticos do ENOS

Os dados referentes ao Índice Oceânico do Niño (ION) foram coletados junto ao Climate

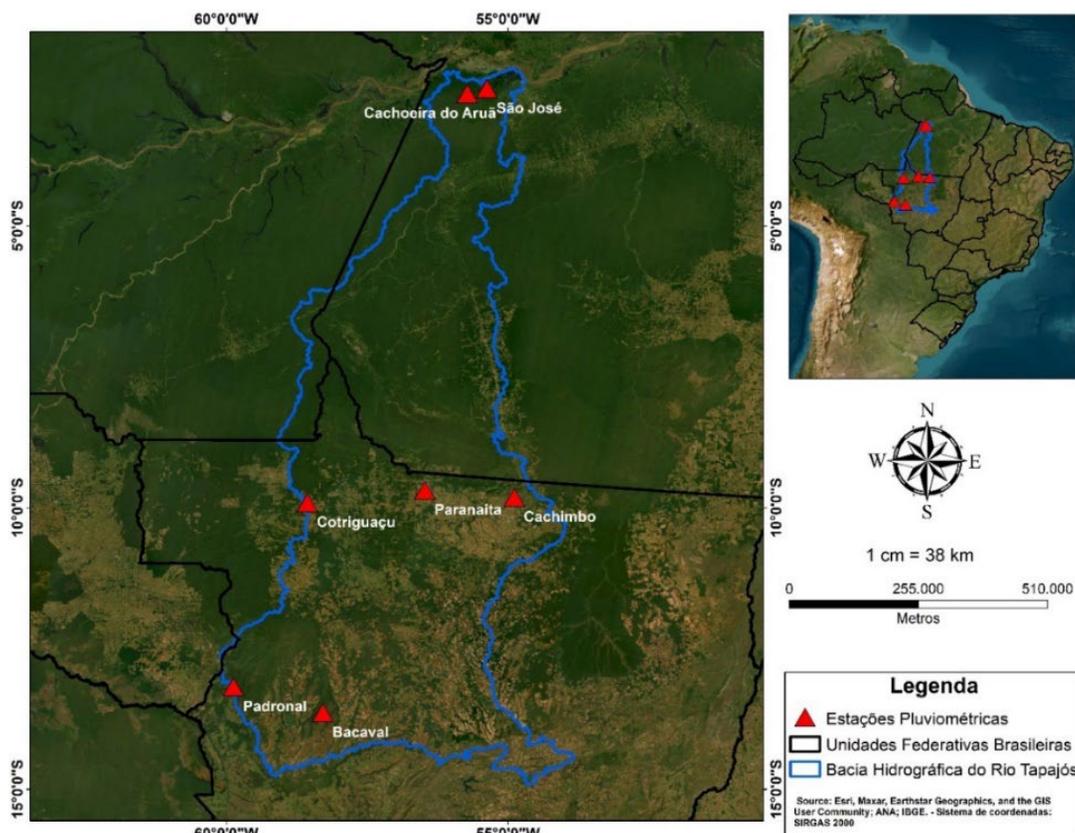
**Tabela 1.** Descrição das estações e período de coleta de dados.

Estação	Código	Período
Cachoeira do Aruã	255001	1997/2021
São José	255002	2004/2021
Cachimbo	954001	1992/2020
Paranaíta	956002	1999/2020
Cotriguaçu	958004	2004/2020
Bacaval	1358001	1992/2020
Padronal	1359000	1992/2021

**Fonte:** Autores, 2023.

Prediction Center (CPC) e ao National Weather Service, gerenciado pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2022). O ION identifica as anomalias de TSM no Oceano Pacífico por meio de uma média móvel de três meses; logo, as anomalias foram classificadas e analisadas quanto a sua ocorrência e intensidade segundo o critério apresentado pelo Golden Gate

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



**Fonte:** Autores, 2023.

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.

### 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 (2022), 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.

### 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

**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, 2022.

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).

$$R = \frac{\sum(X_i - \bar{X}) \times (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \times \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad [1]$$

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 X<sub>i</sub>) e “n” valores de Y (representados por Y<sub>i</sub>). Em outras palavras, para cada valor X<sub>i</sub> em X, há um correspondente valor de Y<sub>i</sub> em Y.

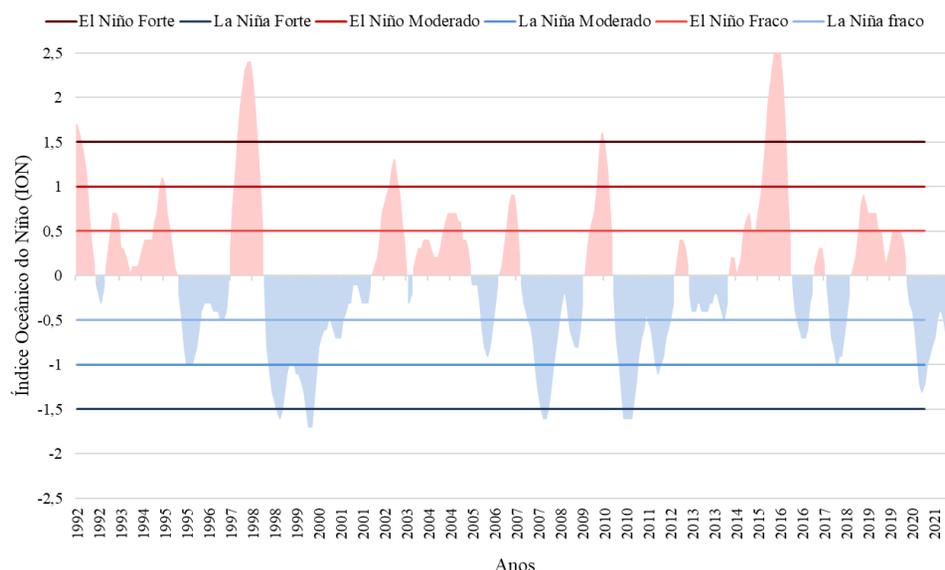
A avaliação adotada neste estudo para medir a correlação foi baseada no método proposto por Dancey e Reidy (2006), que estabeleceram uma correlação fraca para valores que variam de 0,10 a 0,39, correlação moderada de 0,40 a 0,69 e correlação forte de 0,70 a um.

## Resultados e discussão

### 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 30 anos trabalhados, dois (1993 e 2013) foram considerados neutros e ocorreram eventos de EN e/ou LN nos outros 28. Em sete 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,

**Figura 2.** Ocorrência do fenômeno ENOS de 1992 a 2021.



**Fonte:** Autores, 2023.

1999, 2011 e 2020 como LN moderado. Os demais anos foram distribuídos nas classes de intensidade fraca (sete em EN e dez em LN).

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. Em anos de EN, espera-se

que ocorra a diminuição das precipitações, e o aumento nas chuvas nos anos de LN.

### 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 23 dos 30 anos da série.

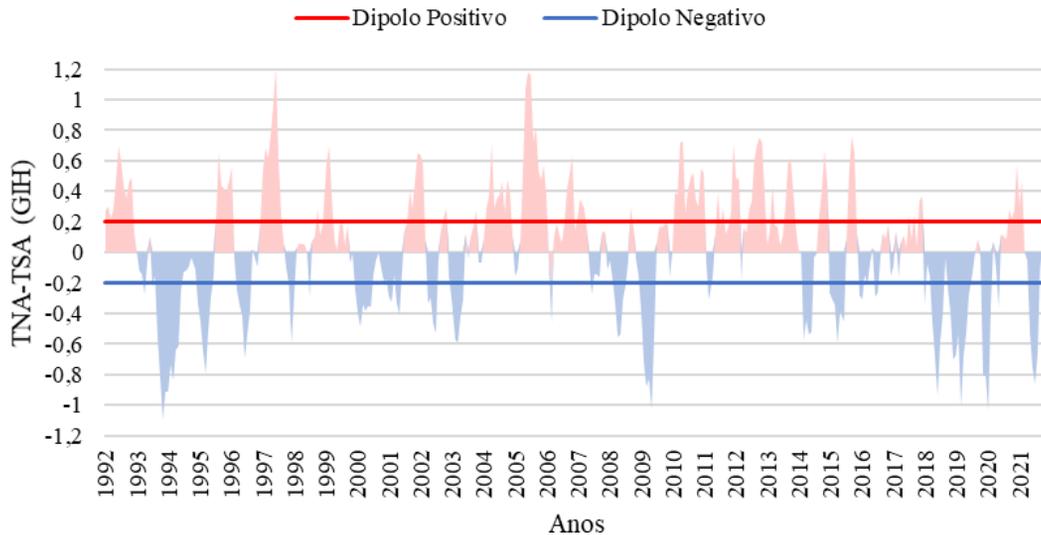
O menor intervalo em que as anomalias de dipolo positivo ocorreram foi de quatro meses, especificamente nos anos de 2006, 2013 e 2014. Já para a maior duração das anomalias de dipolo positivo, o valor máximo observado foi de 12 meses, durante o período de 2010/2011.

**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	1994, 2002	2003, 2004, 2005, 2006, 2014, 2018, 2019	1998, 2007, 2010	1995, 1999, 2011, 2020	1996, 2000, 2001, 2005, 2008, 2009, 2012, 2017, 2018, 2021

**Fonte:** Autores, 2023.

**Figura 3.** Gradiente inter-hemisférico (TNA-TSA) no período de 1992 a 2021.



**Fonte:** Autores, 2023.

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 11 anos no total, sendo que em quatro também ocorreram fenômenos de EN (1992, 1997, 2002 e 2004).

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.

### Análise da correlação entre a precipitação e os índices climáticos

#### 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. É importante salientar 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.

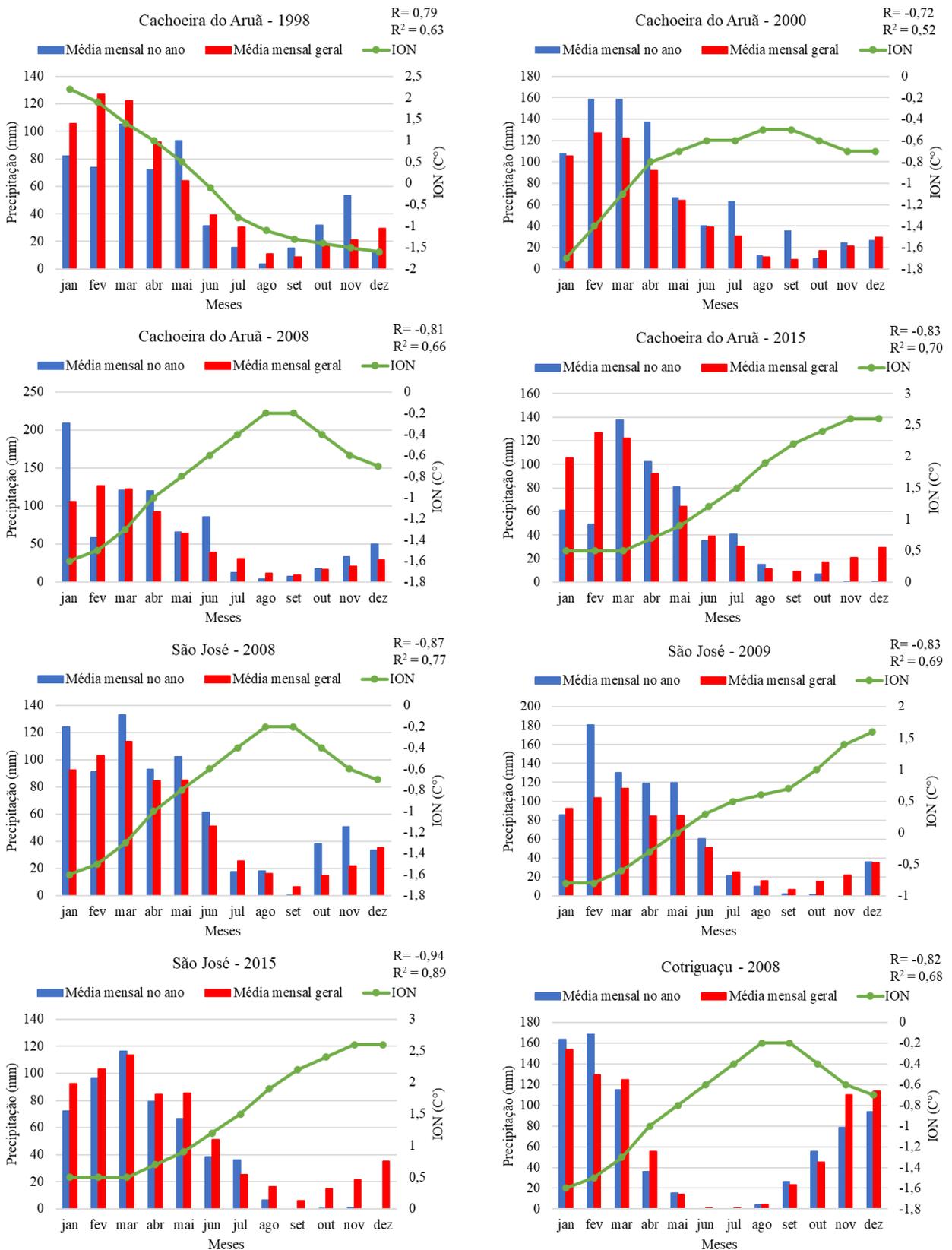
Com o gráfico das médias mensais da estação Cachoeira do Aruã no ano de 1998 (Figura 4), pode-se observar que os meses de maio, setembro, outubro e novembro, em média mensal geral, ficaram abaixo da média mensal do ano em questão. Percebe-se que esses mesmos

**Tabela 4.** Resumo dos anos das anomalias classificadas no Atlântico Tropical.

Dipolo negativo	Dipolo positivo
1993, 1994, 1995 <sup>1</sup> , 1996 <sup>1</sup> , 2000 <sup>1</sup> , 2003, 2008 <sup>1</sup> , 2009 <sup>1</sup> , 2014, 2015, 2018 <sup>1</sup> , 2019	1992 <sup>2</sup> , 1995, 1997 <sup>2</sup> , 2001, 2002 <sup>2</sup> , 2004 <sup>2</sup> , 2005, 2010, 2012, 2020, 2021
<sup>1</sup> Anos de La Niña	<sup>2</sup> Anos de El Niño

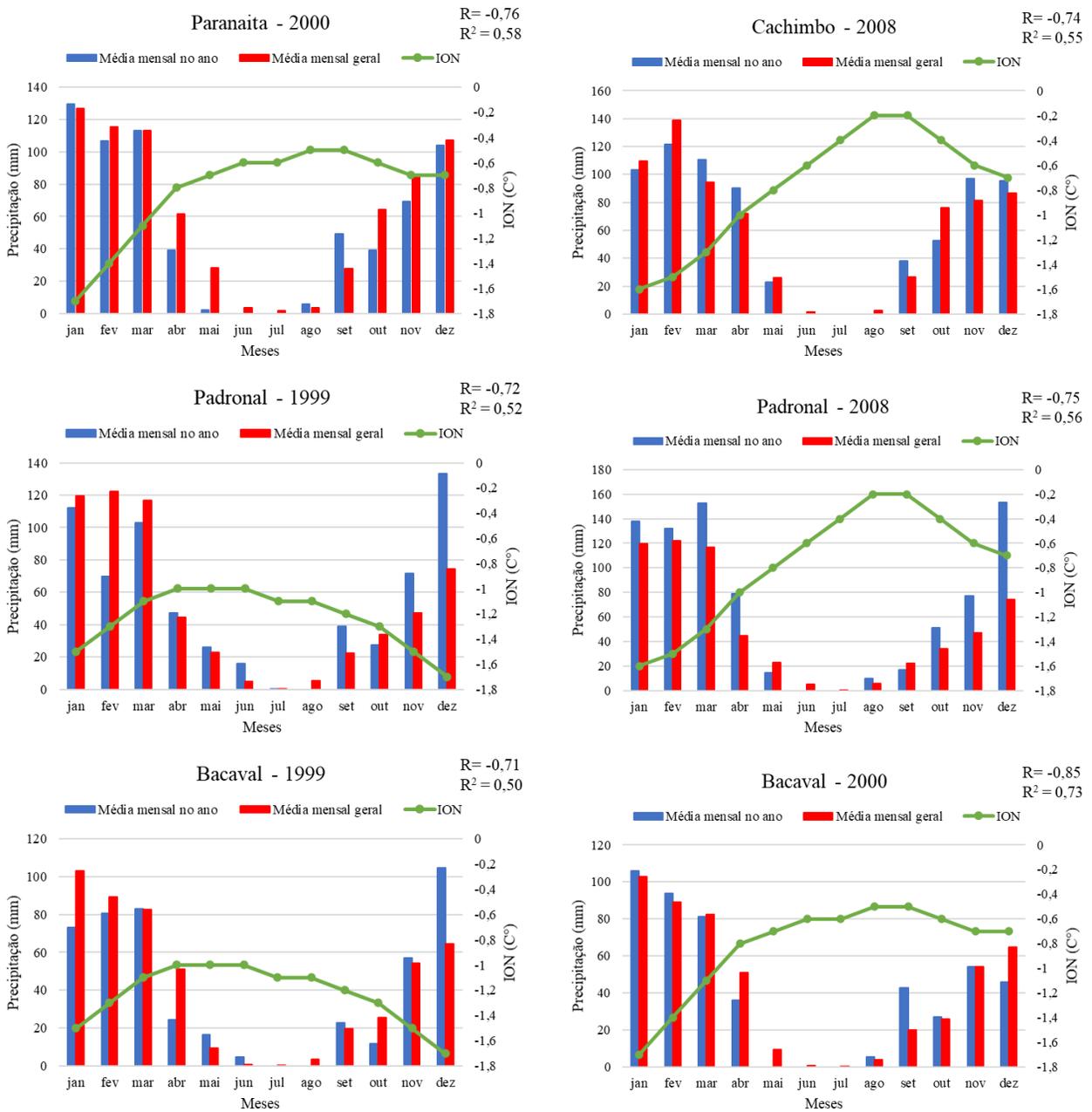
**Fonte:** Autores, 2023.

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



Fonte: Autores, 2023.

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



Fonte: Autores, 2023.

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<sup>2</sup> 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.

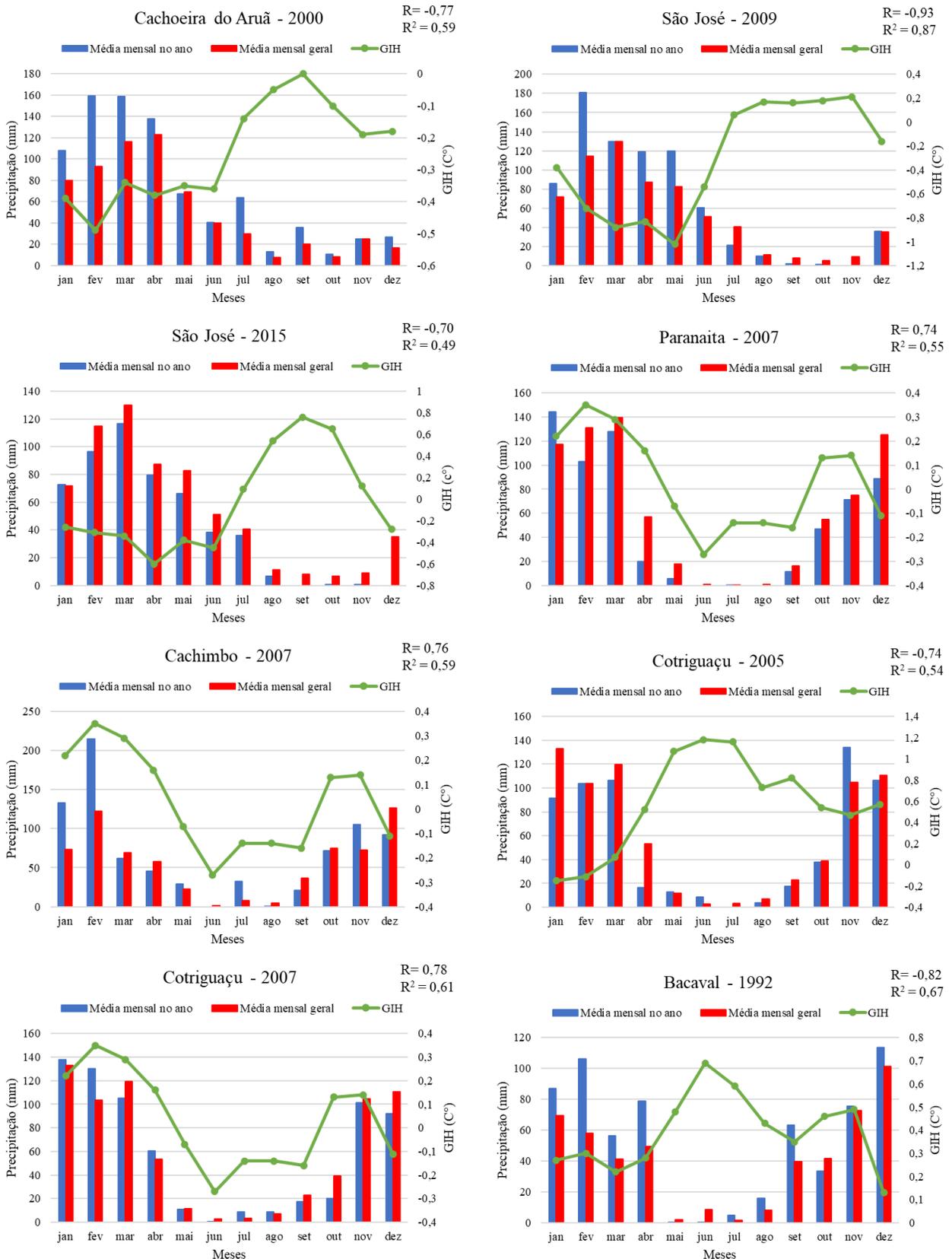
Ao analisar os resultados encontrados de acordo com cada estação estudada nas diversas localizações da bacia e seus respectivos anos, observa-se que a influência dos eventos ENOS é mais forte para a região norte da BHRT. A maior parte dos anos com alto índice de precipitação foi classificada como LN,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

### **Precipitação × 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: Autores, 2023.

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 índice de precipitação nos primeiros meses do ano e baixo índice de chuva nos últimos.

## Conclusões

A influência do ENOS nos níveis de precipitação da BHRT foi evidente, com aumento observado nos índices de precipitação durante os anos de LN. A maioria dos anos com correlações  $R$  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.

## Referências

- ANA - Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas - HIDROWEB. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2022.
- ANDRADE, F.S. Variabilidade da precipitação pluviométrica de um município do estado do Pará. **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 4, p. 138-145, 2011. ISSN: 1809-0664.
- ATAÍDE, W.L.; OLIVEIRA, F. de A.; BRAGA, E. O.; AMORIM, M. B.; CARNEIRO, F. da 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>

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). Acesso em: 21 nov. 2022.

COSTA, C. E. A. de 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.

COSTA, C.E.A.S.; BLANCO, C.J.C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F. Impact of climate change in the flow regimes of the Upper and Middle Amazon River. **Climatic Change**, v. 166, n. 3-4, p. 45, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03141-w>

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>

FEARNSIDE, P. M. Mudanças climáticas globais e a floresta amazônica. **A biologia e as mudanças climáticas no Brasil**. São Carlos: RiMa editora, 2008. 316 p.

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, E. R.; 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. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<4003:HDTSSST>2.0.CO2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<4003:HDTSSST>2.0.CO2)

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. 2022.

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>

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

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: the influence 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

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. 2006. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml) Acesso em: 15 ago. 2022.

NOBRE, C.A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

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.

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>

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

SOUSA, E.S.; DOS SANTOS, V.C.; DE SOUZA COSTA, C. E. A. 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>

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>