



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
CAMPUS ALTAMIRA
FACULDADE DE GEOGRAFIA - FACGEO

ADRIANY FLOR FERNANDES

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AMAZÔNIA: ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA
PRECIPITAÇÃO E DOS IMPACTOS NOS RIOS PARAENSES**

Altamira – Pará
2026

ADRIANY FLOR FERNANDES

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AMAZÔNIA: ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA
PRECIPITAÇÃO E DOS IMPACTOS NOS RIOS PARAENSES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Geografia da Universidade Federal do Pará – Campus Altamira, como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Geografia.

Orientadora: Profª. Dra Livânia Norberta de Oliveira

Altamira – Pará
2026

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AMAZÔNIA: ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO E DOS IMPACTOS NOS RIOS PARAENSES**, de autoria de Adriany Flor Fernandes, apresentado ao Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal do Pará – Campus Altamira, como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Geografia.

Banca Examinadora:

Orientadora

Orientadora: Prof^ª. Dra Livânia Norberta de Oliveira

Examinador interno: Prof. Dr. Gabriel Alves Veloso

Examinador interno: Prof. Dr. Wellington de Pinho Alvarez

Data de aprovação: __/__/____

Conceito: _____

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)

-
- F363m Fernandes, Adriany Flor.
Mudanças climáticas na Amazônia: : análise espaço - temporal da precipitação e dos impactos nos rios paraenses / Adriany Flor Fernandes.
— 2026.
23 f. : il. color.
- Orientador(a): Profª. Dra. Livânia Norberta de Oliveira Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira, Faculdade de Geografia , Altamira, 2026.
1. Seca. 2. Recursos hídricos. 3. Eventos extremos. 4. Precipitação . I. Título.

CDD 551.609811

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação no estado do Pará, no período de 1995 a 2024, e seus impactos em rios paraenses, com ênfase nos períodos mais recentes de seca severa na região. Para essa análise, foram utilizados dados pluviométricos do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS), e dados de órgãos oficiais como INMET, INPE, ANA e SEMAS, além de registros fotográficos obtidos em campo nos anos de 2023 e 2024. As mudanças climáticas têm provocado alterações significativas no regime hidrológico da Amazônia, intensificando a ocorrência de eventos climáticos extremos. Os resultados indicam uma elevada variabilidade interanual da precipitação, com tendência ao aumento desses eventos, especialmente em 2023 e 2024, associados à atuação do El Niño e a intensificação das atividades antrópicas, como desmatamento e queimadas. Observou-se que a redução da precipitação impactou em 2023 e 2024 diretamente diversos rios no estado, ocasionando baixos níveis d'água, exposição de leitos fluviais e prejuízos às populações ribeirinhas e à biodiversidade. As mudanças climáticas, integradas às alterações no uso da terra, têm ampliado a vulnerabilidade socioambiental no Pará, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo, políticas públicas de adaptação climática e gestão sustentável dos recursos hídricos.

Palavras chaves: Seca, Recursos hídricos, Eventos extremos, Precipitação

ABSTRACT: This study aims to analyze the spatiotemporal variability of precipitation in the state of Pará, from 1995 to 2024, and its impacts on the main rivers of Pará, with emphasis on the most recent periods of severe drought in the region. To this end, rainfall data from the Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) and data from official agencies such as INMET, INPE, ANA, and SEMAS were used, in addition to photographic records obtained in the field in 2023 and 2024. Climate change has caused significant alterations in the hydrological regime of the Amazon, intensifying the occurrence of extreme weather events. The results indicate a high interannual variability of precipitation, with a tendency for an increase in these events, especially in 2023 and 2024, associated with the El Niño phenomenon and the intensification of anthropogenic activities, such as deforestation and fires. It was observed that the reduction in rainfall directly impacted several rivers in 2023 and 2024 in the state, causing low water levels, exposure of riverbeds, and harm to riverside populations and biodiversity. Climate change, combined with changes in land use and land cover, has increased socio-environmental vulnerability in Pará, reinforcing the need for continuous monitoring, public policies for climate adaptation, and sustainable management of water resources.

Keywords: Drought, Water resources, Extreme events, Precipitation

INTRODUÇÃO

A Amazônia, reconhecida por sua biodiversidade e sua importância para o equilíbrio climático global, enfrenta desafios ambientais significativos decorrentes das mudanças na dinâmica do uso da terra nas últimas décadas. Eventos climáticos como El Niño e La Niña, associado com o desmatamento desenfreado, alteram o ciclo hidrológico da região, levando a uma diminuição das chuvas e ao aumento das temperaturas (ZOGAHIB et al, 2024). Essas mudanças afetam principalmente a dinâmica dos principais rios paraenses: Amazonas, Tocantins, Araguaia, Tapajós e Xingu, como as secas e cheias de grandes proporções que estão se tornando frequentes na região.

As mudanças climáticas estão associadas às atividades humanas com o aumento da emissão de gases de efeito estufa, de queimadas, com o desmatamento, a formação de ilhas urbanas de calor, dentre outros (NOBRE; SAMPAIO; SALAZAR, 2007). Os desmatamentos e queimadas ilegais são motivados principalmente por questões econômicas, visando a expansão do agronegócio na região amazônica.

Segundo Marengo e Souza Junior (2018) as mudanças climáticas podem influenciar os processos que regulam a dinâmica do El Niño e La Niña, alterando sua intensidade e duração. Esses fenômenos impactam diretamente o clima da Amazônia, fazendo com que a ocorrência de eventos extremos como secas prolongadas e inundações severas sejam mais frequentes. Além dos fenômenos climáticos naturais, a situação no estado do Pará é agravada pelas atividades antrópicas intensas, principalmente minerais e agropecuária.

Segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2023), a Amazônia enfrenta calores extremos nos últimos anos, sendo o Pará o Estado que concentra as cidades com maiores índices de altas temperaturas, o que pode se relacionar também com o maior índice de desmatamento e queimadas na Amazônia. O boletim publicado do INPE (2024) aponta ainda, que o estado registrou mais de 14.000 focos de queimada entre janeiro e agosto de 2024. Isso contribui não só para o aumento da temperatura como também a destruição da floresta e a saúde da população.

De acordo com Nobre, Sampaio e Salazar (2007) essas mudanças climáticas na Amazônia estão relacionadas principalmente com as alterações do uso da terra. O

desmatamento para a expansão agropecuária intensifica a liberação de dióxido de carbono na atmosfera, um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global.

Aquino et al (2025) destacam que as mudanças de estiagem dos rios são ocasionadas por um conjunto de fatores, que envolvem eventos climáticos como a mudança no regime hídrico na Amazônia e principalmente a ação humana. A mudança nos padrões de precipitação impacta, especificamente, rios e águas superficiais, bem como as águas subterrâneas. (DIAS, p 1581, 2023).

Segundo Amaral e Souza (2025) a mudança no padrão de precipitação que causa a seca na Amazônia, impacta diretamente a fauna, flora e as populações locais, como ribeirinhos e camponeses que dependem do rio para subsistência.

Dados do boletim anual do SEMAS/ANA (2024) apontam que o Pará registrou uma seca grave, de longo prazo, afetando com maior intensidade as regiões oeste e sudeste do estado. A redução da precipitação, integrada ao El Niño e as ações antrópicas, ocasionou a estiagem dos rios amazônicos, afetando diretamente a vida aquática com o aquecimento das águas. As alterações na temperatura são um fenômeno preocupante na Amazônia, com impactos significativos sobre seus ecossistemas, biodiversidade e populações humanas (JUNIOR, DA SILVA p 13, 2025).

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é analisar os impactos das mudanças climáticas na Amazônia paraense, analisando o índice de precipitação entre os anos de 1995 a 2024, através do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) e os efeitos da variabilidade climática nos anos atuais. Compreendendo os impactos nos principais rios do estado. Considera-se que avaliar o índice de precipitação é fundamental para compreender os eventos climáticos que se intensificaram ao longo dos anos na região.

A delimitação temporal e da área foi considerada pelo contexto da estiagem severa que afetou o estado nos anos 2023 e 2024, com destaque nas alterações de alguns rios como o rio Xingu e seus tributários em Altamira, o rio Tocantins e o Araguaia na região sudeste do estado.

A partir de uma análise temporal da precipitação no Estado Paraense, este estudo também busca observar a dinâmica dos fenômenos climáticos como El Niño e La Niña a fim de compreender suas consequências e impactos para a biodiversidade, os corpos hídricos e a sociedade.

REFERENCIAL TEÓRICO

O impacto climático mais conhecido provocado pela mudança do uso da terra, é a contribuição ao efeito estufa através de emissões de gases (FEARNSIDE, p 24, 2022). Nobre; Reid e Veiga (2012) destacam o aumento exorbitante do CO² (gás carbônico) e outros gases como, óxido nitroso e metano na atmosfera, são ocasionado principalmente pelas atividades antrópicas, o que contribui respectivamente para o aumento da temperatura.

A Amazônia vive um período da história com desregulamentação de políticas de proteção ambiental e de direitos dos povos originários, além de uma crise de institucionalidade na relação Estado e Sociedade (ARTAXO, p 3,2024).

Segundo Nascimento e Corrêa, 2024 o avanço extremo do desmatamento na amazônia afeta toda dinâmica da floresta, o que atesta uma realidade preocupante.

A maior contribuição absoluta foi do Pará, com 5.257 km² de área desmatada. Em 2022, mesmo com uma redução de 11,27 % em relação ao ano anterior, o desmatamento seguiu bastante elevado, com 11.568 km², o que corresponde a 58% do total desmatado no país inteiro. O Pará seguiu como o estado que mais desmatou, com 4.141 km², seguido do Amazonas (2.607 km²) e do Mato Grosso (1.906 km²) (NASCIMENTO; CORREA, 2024, p 100).

O Brasil é um dos maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE) do mundo. Historicamente, desde a revolução industrial, o Brasil é o sexto maior emissor global de GEE, o que faz de nosso país um dos maiores responsáveis pela crise climática (ARTAXO, p 2, 2022). Isso significa que, apesar do país ter uma grande floresta tropical em seu território, como a Amazônia, não são elaboradas soluções concretas para proteger as florestas, reduzir a emissão de gases e construir uma sociedade mais sustentável. Em relação ao Brasil, Artaxo (2020, pg 56) ainda afirma que:

As mudanças climáticas vão muito além do aumento de temperatura. Alterações na precipitação, circulação atmosférica, eventos climáticos extremos, aumento do nível do mar e outros, também são questões chaves que impactam fortemente nosso sistema socioeconômico. Sendo um país com extensa área costeira, o aumento do nível do mar e da erosão em áreas costeiras é particularmente importante.

As questões das mudanças climáticas são uma temática que vem sendo discutida por toda sociedade mundial. A conferência de Estocolmo (1972) foi o primeiro grande evento das Nações Unidas dedicado às questões ambientais. Essa discussão ganhou força na década de 1980 com a criação do Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (1988), mas foi na conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992, que as mudanças climáticas foram, de fato, discutidas.

Assim, a preservação do Planeta, é considerada a única solução para a salvação da raça humana, uma vez que não se tem para onde ir, caso não haja recursos naturais essenciais à sobrevivência do homem. Diante disso, o respeito ao meio ambiente, representa um dever de sobrevivência, cabendo aos Governantes, as Empresas e a todas as pessoas, fiscalizarem os agentes poluidores, reciclar todos os materiais possíveis, de modo a estabelecer um desenvolvimento sustentável, como forma de proteger a Natureza, adequar o Planeta para as futuras gerações e garantir a vida do homem na Terra (DELLAGNEZZE, 2022,p 16)

Apesar do marco do surgimento de grandes eventos e conferências ambientais, ainda faltava algo específico para a discussão das mudanças climáticas.

A ideia de um protocolo multilateral, que fixasse procedimentos concretos em relação às mudanças de clima, surge em 7 de abril de 1995, na COP-1 (United Nations Climate Change Conference – Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima), em Berlim, Alemanha, que deu início a negociações com essa finalidade (MARCOVITCH, p 19, 2007).

Atualmente essa discussão é o eixo central para debates globais em relação ao meio ambiente, economia e política. Tanto que a 30ª conferência sobre as mudanças climáticas, foi realizada em Belém do Pará em novembro de 2025. Foi a primeira vez que a Conferência das Partes é realizada na Amazônia, o que a coloca em uma posição central no debate ambiental.

Com a da COP - 30, o Brasil deve estabelecer um novo cenário no contexto ambiental, que busque promover e desenvolver políticas públicas que satisfaçam as expectativas da população. Nesse momento, políticos, ambientalistas, cientistas, movimentos sociais e a imprensa do mundo todo debaterão o futuro do planeta, e como parte importante da discussão certamente estará a problemática ambiental e o destino da Amazônia (DA COSTA, p 3, 2024). O aumento da frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos auxiliou na percepção de que as mudanças climáticas deixaram de ser uma ameaça para nosso futuro, e que estão conosco agora. (ARTAXO, p 1, 2025).

A Amazônia desperta interesse no meio científico por ter a maior floresta tropical do mundo, e principalmente por desempenhar um papel importante na circulação atmosférica global, devido à dimensão continental da floresta, associada a uma grande disponibilidade hídrica e de energia solar devido sua localização geográfica na faixa equatorial (DE SOUSA et al., p 16, 2015).

Durante o verão, especialmente entre dezembro e maio, a região recebe a maior parte das chuvas, enquanto o período de junho a novembro é relativamente mais seco (MIRANDA et al., p 1, 2024).

Morais et al, (2024) explicam que, as alterações nas precipitações da Amazônia estão diretamente ligadas a fenômenos climáticos globais, conhecidos como teleconexões atmosféricas e oceânicas. Esses fenômenos ocorrem devido às variações na temperatura dos oceanos Atlântico e Pacífico, como por exemplo a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que influencia os padrões climáticos de grandes regiões como a Amazônia.

Segundo Silva (2020) os eventos extremos na Amazônia como secas severas e enchentes afetam não só a fauna e a flora como também a própria população, principalmente ribeirinhos e os povos originários que utilizam o rio como fonte de sobrevivência e meio de circulação. De acordo com o INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) a seca na região em 2024 foi na verdade uma continuidade da seca de 2023 que se estabeleceu de forma extremamente severa.

Em vista dos eventos climáticos extremos na Amazônia brasileira, os principais efeitos podem ser observados na alteração do seu regime hidrológico, caracterizado pela dinâmica de secas e cheias dos seus rios (DOS SANTOS et al, p 425, 2023). As alterações observadas na taxa de precipitação e sua sazonalidade e no aumento de temperatura estão afetando o funcionamento dos ecossistemas (ARTAXO et al., p 4, 2022) Segundo dados de relatório do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023) a região amazônica registrou um dos mais baixos índices de precipitação da história do século. As mudanças climáticas, caracterizadas pelo aumento contínuo das temperaturas médias (cerca de 1,5°C acima da média histórica nas últimas três décadas) e pela redução progressiva das chuvas, estão reconfigurando drasticamente a disponibilidade hídrica na região (DE AMARAL; SOUZA, p 106, 2025).

No ano de 2023, a Amazônia sofreu com o impacto da seca na região e, afetando às famílias que dependem da floresta e principalmente dos rios para sua sobrevivência (MAMEDE, et al., 2025). Essa realidade é preocupante para o Brasil, pois a Amazônia ocupa grande parte do território nacional.

O Pará corresponde a 18% da Amazônia Legal, que representa 59% do território nacional. O Pará apresenta três tipos climáticos segundo a classificação de Köppen: Af, Am e Aw, sendo que estes se diferenciam pela precipitação pluviométrica mensal e anual (COSTA et al, p 21, 2022). Segundo Martorano et al, (1993), todos os subtipos são de classificação tropical, representados pela letra A e que se diferenciam pelas variações de precipitação representadas por f, m e w.

METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa baseou-se em um conjunto de procedimentos voltados à compreensão das questões climáticas na Amazônia, com ênfase no fenômeno da seca no estado do Pará. Foram adotadas abordagens qualitativas e quantitativas, com o intuito de evidenciar os padrões climáticos regionais e suas possíveis variações ao longo do tempo.

Inicialmente, realizou-se uma análise bibliográfica sobre o tema, complementada por levantamento de dados secundários e registros fotográficos obtidos por meio de observações diretas em campo nos anos de 2023 e 2024. As imagens de satélite foram disponibilizadas através da plataforma Google Earth, utilizadas para auxiliar na visualização e interpretação espacial da área de estudo, além de consultas a fontes digitais de pesquisa.

Apesar da dimensão da Amazônia, a escassez de dados pluviométricos dificulta uma análise precisa da precipitação na região. Dessa forma, optou-se pelos dados do CHIRPS (Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations, versão 3.0) por ser uma ótima ferramenta para obtenção de dados pluviométricos para a análise climatológica, por possuir série histórica superior a 40 anos, abrangendo as latitudes de 60°N a 60°S. O CHIRPS integra observações de satélite com medições *in situ*, gerando informações contínuas de precipitação em grade com resolução espacial de 0,05° (5 km) (FUNK et al., 2015).

Foram considerados os dados anuais de precipitação, referentes ao período de 1995 a 2024, para o estado do Pará. Os arquivos foram processados nos softwares ArcGIS e QGIS, Sistema de Informações Geográficas (SIG). O processamento envolveu as seguintes etapas: (1) Recorte espacial da área de interesse; (2) Cálculo da precipitação total anual para cada pixel; (3) Classificação dos valores em intervalos de precipitação acumulada (≤ 1.500 mm, 1.500–2.000 mm, 2.000–2.500 mm, 2.500–3.000 mm e 3.000–4.220 mm); e (4) Geração dos mapas anuais temáticos, que permitiram a análise comparativa dos padrões de precipitação.

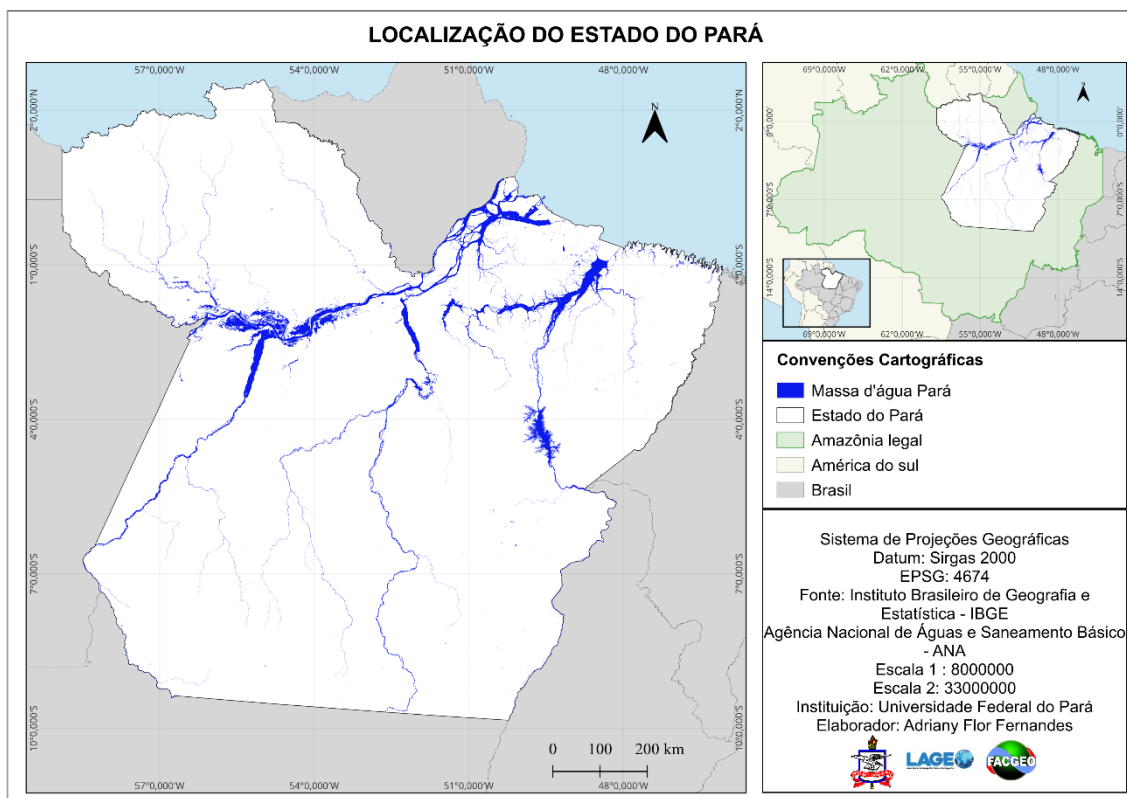
Além do CHIRPS, foram integradas informações provenientes de fontes governamentais brasileiras, incluindo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), visando complementar a análise comparativa dos dados.

O uso do SIG possibilitou a integração, processamento e representação espacial dos dados, permitindo a elaboração cartográfica que evidencia as variações anuais da precipitação e identificam possíveis tendências de redução ou aumento das chuvas, associadas aos episódios de eventos extremos na região.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estado do Pará possui uma extensão de 1.245.828,829 km², é o segundo maior em extensão territorial, com uma população de mais de 8 milhões de indivíduos (IBGE,2025). Seus rios de maior relevância estadual são: Amazonas, Tocantins, Araguaia, Tapajós e Xingu. Na figura 1 é possível observar o destaque da massa d'água paraense. Silva (2014), destaca que a bacia amazônica é o maior complexo fluvial do mundo e possui diversos outros rios e tributários paraenses que são relevantes para a manutenção dos ecossistemas, biodiversidade, população e economia.

Figura 1: Mapa de localização do Pará (Massa d'água do Pará)

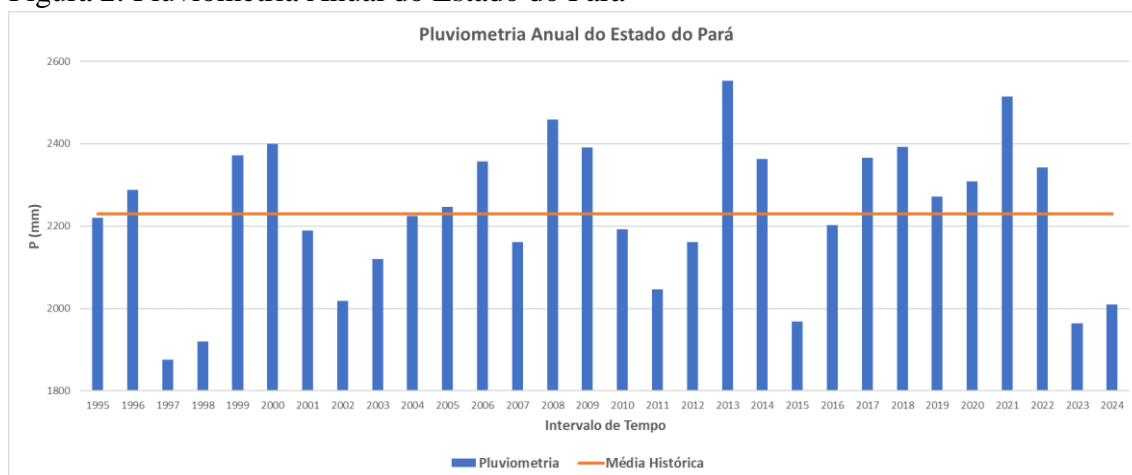


Fonte: Autor, 2025

Segundo Lopes et al (2013) o Pará apresenta poucas mudanças referente às variáveis climáticas. De modo que a Amazônia é marcada regionalmente por duas estações: inverno amazônico e verão amazônico. O período de chuva no estado concentra-se entre os meses de dezembro a maio com picos maiores entre Janeiro e Abril. Já o menos chuvoso nos meses de Junho a Novembro. Na figura 2 observa-se que a pluviometria no Estado é marcada por grandes

variações ao longo dos 30 anos analisados. Os anos marcados por déficits acentuados de precipitação foram principalmente em 1997, 1998, 2005, 2023 e 2024, relacionados a período de anomalias climáticas pelo EL Niño. Apesar da média se manter constante, na maioria do período, a distribuição temporal da precipitação tem se tornado gradualmente irregular.

Figura 2: Pluviometria Anual do Estado do Pará



Fonte: Autores, 2025

No Período de 1995 a 2004 percebe-se uma alta variabilidade pluviométrica com destaque para anos muito abaixo da média como 1997, 1998 e 2002 já os anos de 1999 e 2000 apresentaram índices acima da média.

No período de 2005 a 2014 há um predomínio da pluviometria acima da média esperada, especialmente nos anos 2008, 2009, 2013 e 2014, sendo que 2013 foi o ano com maior índice de todo o período apontado (acima de 2.400 mm). Essa fase pode ter sido influenciada por fenômenos como o La Niña, que tende a aumentar a pluviosidade na região. A partir de 2015, observa-se uma tendência de redução da pluviometria onde o El Niño aconteceu de forma extrema.

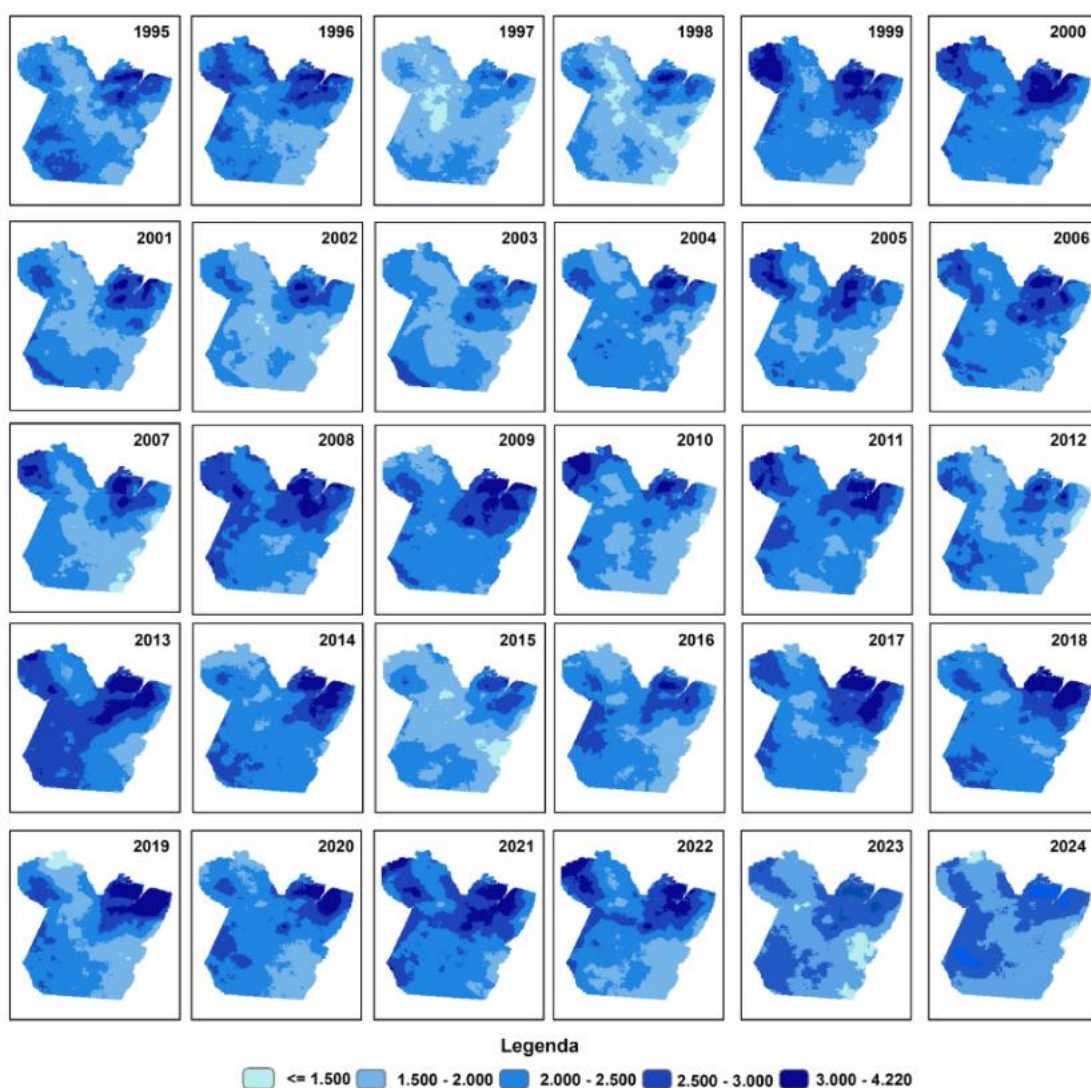
Essas mudanças aqui evidenciadas estão associadas ao aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, chuvas intensas e secas severas. A elevação de temperaturas extremas e a diminuição da precipitação são ocasionadas por um conjunto de fatores associados a forças naturais e atividades antrópicas como o desmatamento, para expansão da agropecuária. Uma possível crise hídrica, bem próxima, afeta não só os ecossistemas amazônicos, mas também a agricultura, o abastecimento, o equilíbrio ambiental da região e toda a sociedade.

Observa -se que os intervalos dos eventos extremos estão cada vez menores, o que evidencia o ponto de não retorno da Amazônia, discutido por Nobre (2025). Algumas evidências já observadas desses processos incluem: prolongamento da estação seca, aumento

do déficit de pressão de vapor atmosférico, e elevação das taxas de mortalidade de árvores (NOBRE et al., p 8, 2025).

A análise espacial e temporal da precipitação anual entre 1995 e 2024, obtida a partir dos dados do CHIRPS, observada na (figura 3), para melhor compreensão em relação a variabilidade interanual no regime de chuvas no estado do Pará. Essa análise reforça a importância do monitoramento contínuo dos padrões pluviométricos e do uso de bases como o CHIRPS para identificar tendências de aridização e eventos extremos na Amazônia.

Figura 3: Variação pluviométrica espaço-temporal no estado do Pará



Fonte: Autores, 2025

É possível observar na figura 3, a variação da precipitação do Estado nos últimos 30 anos. As regiões sudeste e sudoeste registraram baixos índices de precipitação em 2023 e 2024 quando comparados com anos anteriores. Apesar das melhorias em algumas regiões, o ano de

2024 foi marcado por desafios contínuos, com a seca grave atingindo áreas como o oeste e o sudeste, enquanto o Leste e o Sul mostraram sinais de recuperação em determinados períodos.

Nos anos de 2023 e 2024, a região amazônica, principalmente o estado do Pará, enfrentou uma das piores secas da história recente. Foi observado, de modo geral, uma diferença no regime pluviométrico, com alternância entre anos mais secos e mais chuvosos, além do predomínio de maiores índices de precipitação nas porções norte e noroeste do Estado. Influenciadas por um conjunto de fenômenos climáticos.

O Pará apresentou déficits significativos de precipitação. Durante o episódio de estiagem severa recente, registrados nos afluentes do rio Xingu, conforme verificado em Altamira na figura 4. Em outubro de 2023 é ilustrado de maneira evidente os efeitos locais dessas anomalias climáticas. Isso evidencia o aumento da frequência e da severidade das secas na região amazônica, o que reforça a necessidade de políticas públicas voltadas à adaptação climática, gestão sustentável dos recursos e promoção da educação ambiental. Ambrizzi et al, (2024) discutem que as mudanças climáticas estão afetando a Amazônia de diversas maneiras. As atividades humanas associadas principalmente à expansão do agronegócio, estão ocasionando consequências irreversíveis na região.

Figura 4: Seca igarapé panelas em Altamira



Fonte: autores – Outubro 2023

A seca extrema e o volume de chuvas e das águas dos rios muito abaixo do normal, já é uma terrível realidade em muitas regiões da Amazônia (NASCIMENTO; CORREA, p 99, 2024). Em Altamira, como observado nos registros fotográficos, as consequências foram

visíveis tanto na paisagem física quanto nas dinâmicas socioambientais. A seca extrema dos igarapés, como o Altamira e Panelas aqui observados, provocaram impacto na biodiversidade, no aumento da temperatura da superfície, na exposição de áreas úmidas a processos de assoreamento. Além disso, a redução do fluxo hídrico afetou também as comunidades que dependem do rio para atividades domésticas e de subsistência.

Observa-se nas figura 5 e 6, uma redução drástica da lâmina d'água do igarapé Altamira, com trechos do leito e vegetações completamente expostas que, em condições normais, permaneceriam submersas. Essa configuração demonstra o quadro de anormalidade hidrológica discutida, associado à escassez de precipitação observada nos anos de 2023 e 2024.

Figura 5: Registro de seca no igarapé Altamira – Altamira/PA



Fonte: Autores, setembro de 2023

Figura 6: Seca foz Igarapé Altamira



Fonte: Autores, outubro de 2024

Na seca de 2024, é possível observar na figura 6 a estiagem severa do igarapé Altamira, ocorrido em outubro de 2024 na região urbana do município de Altamira, sudoeste do Pará. Nota-se o rebaixamento do nível da água, no ponto de confluência com o rio Xingu, o que evidencia as condições hidrológicas que afetaram o município. Essas condições extremas dos corpos hídricos, afetam diretamente a vida aquática, comprometendo a sobrevivência de diversas espécies, muitas delas endêmicas da região.

Esse cenário, enfrentado pelo rio Xingu e seus tributários, torna-se ainda mais crítico, com a conexão dos eventos climáticos e a construção de barragens, como a Usina Hidrelétrica de Belo Monte, que também altera o sistema hídrico. Durante períodos de estiagem severa, como essa registrada em 2024, essas alterações potencializam os efeitos da seca, causando reduções significativas em trechos do Xingu e seus afluentes, como o igarapé Altamira.

Localizado na região urbana de Altamira, o Igarapé Ambé apresenta impactos ambientais significativos. Impactado diretamente pela Usina Hidrelétrica de Belo Monte, esta área tornou-se consideravelmente vulnerável. É possível observar na figura 7 a redução da lâmina d'água em 2024. Essas transformações são semelhantes aos outros igarapés urbanos como o Igarapé Panelas e Altamira.

Figura 7: Seca no Igarapé Ambé em outubro de 2024



Fonte: Autores, 2024

Durante as observações em campo, foi possível visualizar algumas áreas com exposição do leito, o que alterou o fluxo natural do curso d'água. Além desses fatores, a seca do igarapé Ambé causou degradação da qualidade da água como, o acúmulo de resíduos sólidos e esgoto doméstico, o que aumenta o risco de problemas sanitários e ambientais. Os igarapés urbanos respondem mais rapidamente à seca, pois apresentam menor volume hídrico, e maior dependência da precipitação local, o que os torna bastantes vulneráveis.

Os boletins oficiais de outubro da SEMAS (2024), mostram que o nível do rio Tocantins em Marabá permaneceu dentro da faixa considerada normal pelos órgãos de monitoramento. A visualização de trechos expostos ou lâmina de água, visualmente baixa, indica os efeitos locais da estiagem e evidência sensível das variações pluviométricas. Isso comprova que, mesmo sem registro de alerta hidrológico, a percepção visual (figura 8), e a experiência local podem refletir impactos da seca no cotidiano da população que acessa o rio.

Figura 8: Seca no rio Tocantins em Marabá



Fonte: Autores, outubro de 2024

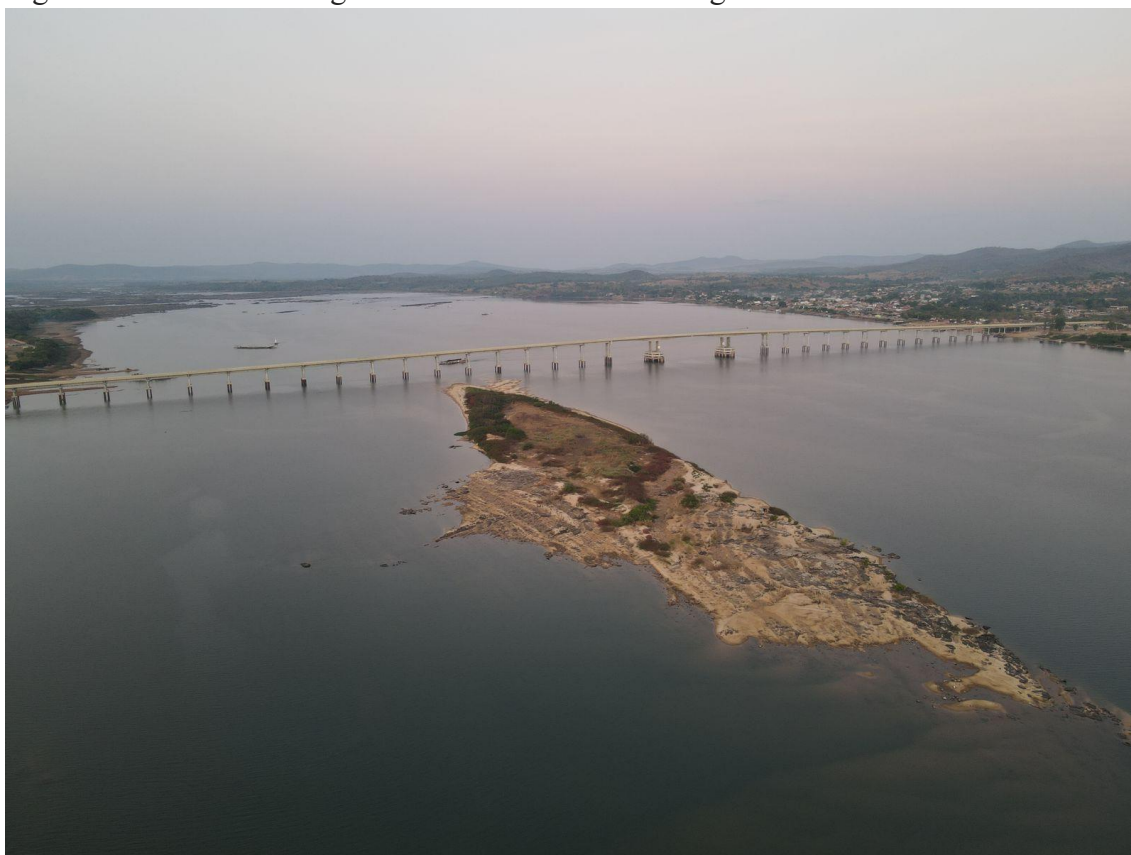
O rio Tocantins, desde sua nascente no estado de Goiás até desaguar no Amazonas, apresenta rara beleza cênica e relevância ecológica (OLIVEIRA, p 2, 2024). Por se tratar de um rio de grande porte e elevada vazão, sua estiagem pode apresentar resposta mais lenta, o que explica a manutenção de níveis consideravelmente estáveis durante o curso d'água.

Além da estiagem observada no rio Tocantins, outro curso d'água de grande relevância estadual que apresentou impactos associados à seca foi o rio Tapajós. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2024), a escassez de precipitação registrada entre outubro de 2023 e agosto de 2024 ocasionou o rebaixamento do nível do rio, com maior intensidade nos trechos entre os municípios de Itaituba e Santarém. A redução da lâmina d'água comprometeu o fluxo fluvial, além de afetar diretamente as atividades das populações ribeirinhas, especialmente a pesca e o acesso à água para uso doméstico. Esses impactos mostram que, mesmo rios de grande porte, como o Tapajós, tornam-se vulneráveis durante esses longos períodos de estiagem, o que reflete os efeitos da crise climática. Eventos recentes de seca severa, como o registrado em 2024 – quando o nível mínimo atingiu 83 cm, o mais baixo da série histórica –, destacam a vulnerabilidade do sistema e a necessidade de ferramentas aprimoradas para previsão e gestão de riscos. (SANTOS et al, p 5, 2025)

Localizado na região sudeste paraense, o município São Geraldo do Araguaia apresentou impactos significativos relacionados à seca extrema de 2024. É possível observar na figura 9, o baixo nível do rio Araguaia, com bancos de areia expostos. O rio enfrentou condições predominantemente abaixo da normalidade em termos de cotas, especialmente nos trechos de médio e baixo curso da bacia, entre Bandeirantes e Araguaetins (TRINDADE et al,

2024). Essa realidade afeta o desenvolvimento de atividades da população ribeirinha na Amazônia, marcada pela forte ligação com o rio, especialmente a atividade pesqueira.

Figura 9: Seca no rio Araguaia em São Geraldo do Araguaia



Fonte: Autores, outubro de 2024

Diante do exposto, observa-se que os eventos de seca extrema no estado do Pará podem comprometer a manutenção dos ecossistemas, da população, assim como das atividades econômicas, sendo necessário ações de gestão e planejamento para minimizar seus efeitos.

Apesar dos resultados obtidos, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A escassez e distribuição irregular de estações pluviométricas na Amazônia, o que dificulta uma análise totalmente precisa da precipitação, tornando necessário a utilização de outras fontes de dados espaciais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados ao longo deste trabalho evidenciam que as mudanças climáticas já não constituem uma ameaça distante, mas uma realidade que se manifesta de forma crescente na Amazônia. A análise espaço-temporal da precipitação revelou uma intensificação da variabilidade pluviométrica, marcada por períodos de estiagem mais

prolongados e com maior frequência, especialmente nos anos recentes. Diante desse cenário, é inevitável questionarmos: Será possível o bioma amazônico atingir um ponto de não retorno?

A redução da precipitação e o rebaixamento dos níveis dos recursos hídricos, expõem não apenas a vulnerabilidade dos ecossistemas aquáticos, mas também a relação histórica e cultural da população amazônica com o rio. Será possível garantir o abastecimento de água, o alimento e a manutenção dos modos de vida ribeirinhos em um contexto de secas cada vez mais severas? A recorrência desses eventos evidencia que a dinâmica hidrológica na região pode estar passando por transformações irreversíveis.

Além dos fatores naturais, as ações antrópicas, como o desmatamento, as queimadas e a implantação de grandes empreendimentos, fortalecem os efeitos da seca, ampliando os riscos socioambientais. A permanência de modelos de “desenvolvimento”, como o avanço da monocultura na Amazônia, desconsideram totalmente os limites ambientais, o que tende a aprofundar as mudanças climáticas.

Nesse sentido, este estudo reforça a necessidade de monitoramento contínuo da precipitação e dos sistemas fluviais, bem como da implementação de políticas públicas voltadas à adaptação climática e à gestão dos recursos hídricos. Esses impactos, observados hoje, já sinalizam os desafios que poderão se intensificar em um futuro próximo, exigindo ações imediatas que considerem a dimensão da crise climática na Amazônia.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA) **Monitoramento e eventos críticos – dados hidrológicos e pluviométricos**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/eventos-criticos>. Acesso em: Nov. 2025

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA) **Monitoramento e eventos críticos – dados hidrológicos e pluviométricos**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Disponível em: [ANA declara situação de escassez hídrica na Bacia do Tapajós \(PA\) — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico \(ANA\)](#) . Acesso em: Jan. 2026

AMBRIZZI, Tercio; ARTAXO, Paulo; NOBRE, Carlos. Impactos das mudanças climáticas na América do Sul e a necessidade de ação conjunta e urgente. [s.d]

ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 34, p. 53–66, 2020.

ARTAXO, Paulo. COP-30 e o agravamento da crise climática-caminhos para a construção de uma sociedade sustentável. **Estudos Avançados**, v. 39, p. e39114019, 2025.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil: a construção de uma sociedade minimamente sustentável requer esforços da sociedade com colaboração entre a ciência e os formuladores de políticas públicas. **Ciência e Cultura**, v. 74, n. 4, p. 1–14, 2022.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas e a transversalidade do conhecimento. **Ciência e Cultura**, v. 76, n. 3, p. 1–4, 2024.

ARTAXO, Paulo et al. Mudanças climáticas globais: seus impactos e estratégias de mitigação e adaptação. In: **FAPESP 60 anos: A ciência no desenvolvimento nacional**. 2022.

BATISTA, Lucas Mota; NAHUM, João Santos. Potencial de aproveitamento de água de chuva para abastecimento unifamiliar no Estado do Pará-Amazônia Oriental. **Revista GeoAmazônia**, v. 11, n. 21, p. 55-73, 2023.

COSTA, Renan Ribeiro et al. Análise dos focos de calor no estado do Pará no período de 2016 a 2019. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e31611625793-e31611625793, 2022.

DA COSTA, Eduardo José Monteiro. A Amazônia, Sustentabilidade e Soberania: estabelecendo a arena para os debates durante a COP 30 em Belém (Paper 572). **Papers do NAEA**, v. 1, n. 1, 2024.

DA SILVA, Nayandra Carvalho. Eventos extremos na Amazônia e seus efeitos na dinâmica hidrológica do rio e lagos de várzea amazônicos. 2020.

DELLAGNEZZE, René. 50 anos da Conferência de Estocolmo (1972–2022) realizada pelas Nações Unidas sobre o meio ambiente humano. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, p. 12–146, 2022.

DE AQUINO, Rafael Norberto et al. Alterações na Disponibilidade Hídrica: Uma Análise da Percepção Ambiental da População na Amazônia Ocidental. **Revista de Geopolítica**, v. 16, n. 5, p. e907-e907, 2025.

DE AMARAL, Rafael Araújo; SOUZA, Rafael Jovito. Revisão Integrativa sobre as Secas na Região Amazônica e seus Impactos nos Recursos Hídricos. **Revista GeoAmazônia**, v. 13, n. 26, p. 96-112, 2025.

DE MIRANDA, Thiago Sousa; MERCÊS, Adonair Viana; VELOSO, Gabriel Alves. Análise da dinâmica pluviométrica na sub-bacia do Jauruçu-PA mediante ao desflorestamento. In: **XX Simpósio de Geografia Física e Aplicada**, 2024.

DE MORAIS, Bergson Cavalcanti, et al. Impacto das alterações climáticas na Amazônia Oriental: o avanço da seca na região agrícola do sudeste paraense. **Editora Científica**, 2024. DOI: 10.37885/240817401

DE SOUSA, Adriano Marlison Leão et al. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia durante eventos ENOS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1, p. 13–24, 2015.

DIAS, Reinaldo; MATOS, Fernanda. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. **Revista Sociedade Científica**, v. 6, n. 1, p. 1571-1603, 2023.

DOS SANTOS, Danielle Ivana Pereira, et al., Mudanças climáticas e modo de vida ribeirinho: bases para a governança de risco no Amazonas. **EDUCamazônia: Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 16, n. 2, p. 416–438, 2023.

FEARNSIDE, Philip M. Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. **FLORESTA AMAZÔNICA**, v. 10, n. 2, p. 21, 2022.

FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M. et al. Os riscos climáticos da precipitação infravermelha com estações — um novo recorde ambiental para monitoramento de extremos. **Scientific Data**, v. 2, p. 150066, 2015.

IBGE Cidades: informações estatísticas dos municípios brasileiros. **Agência Rio de Janeiro: IBGE**, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em : Dez. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Portal de serviços e dados meteorológicos. Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/>. Acesso em Out. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: dados, informações e pesquisas científicas**. São José dos Campos: INPE, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br>. Acesso em Nov. 2025

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Infoqueima – Boletim Técnico Mensal de Monitoramento de Focos de Fogo – Agosto de 2024**. São José dos Campos: Programa Queimadas – INPE, 2024. Disponível em: https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Infoqueima/2024/2024_08_infoqueima.pdf. Acesso em: Out. 2025.

JÚNIOR, Silvio Luiz Fernandes; DA SILVA DESLANDES, Rafael. Impactos do Desmatamento da Amazônia para o Clima e para a Biodiversidade. **Revista Hórus**, v. 20, n. 01, 2025.

LOPES, Marcio Nirlando Gomes; DE SOUZA, Everaldo Barreiros; DA SILVA FERREIRA, Douglas Batista. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, 2013.

MAMEDE, Jessi Emilly Lopes et al. A Seca Na Amazônia Em 2023: Reflexões Sobre Os Impactos Na Biodiversidade Socioeconômica. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, v. 14, n. 16, p. 1-13, 2025.

MARENGO, José A.; SOUZA JUNIOR, Carlos. Mudanças climáticas: Impactos e Cenários para a Amazônia. São Paulo: **Instituto Alana**, 2018.

MARCOVITCH, Jacques. Mudanças climáticas e multilateralismo. **Revista USP**, n. 72, p. 16–27, 2007.

Martorano, L. G., Pereira, L. C., César, E. G. M., Pereira, I. C. B., EVALDO GUILHERME MARTINS CESAR, S. U. D. A. M., & ISABEL CRISTINA BERGH PEREIRA, S. U. D. A. M. (1993). Estudos climáticos do estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite, Mather), 1993.

NASCIMENTO, Sabrina; CORREA, Simy Almeida. Emergência climática na Amazônia: agroecologia e conhecimentos tradicionais contra os modelos empresariais de conservação. **Novos Cadernos NAEA**, v. 27, n. 1, 2024.

NOBRE, Carlos Afonso; ARIEIRA, Julia; BRANDÃO, Diego Oliveira. Amazônia coloca em risco a COP 30 como uma oportunidade crítica para evitar o ponto de não retorno. **Estudos Avançados**, v. 39, n. 114, p. e39114029, 2025.

NOBRE, Carlos A.; REID, Julia; VEIGA, Ana Paula Soares. Fundamentos científicos das mudanças climáticas. São José dos Campos, SP: **Rede Clima/INPE**, 2012.

NOBRE, Carlos A.; SAMPAIO, Gilvan; SALAZAR, Luis. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22–27, 2007.

OLIVEIRA, Railton Moraes et al. Diagnóstico ambiental e proposta de restauração ecológica em mata ciliar no rio Tocantins. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, p. e12285-e12285, 2024.

SANTOS, Marcus Suassuna; AMÂNCIO, Bruna Gomes; MATOS, Artur José Soares. Nota técnica: prognóstico de níveis do Rio Tapajós para o período de vazante de 2025: estação Itaituba–Rio Tapajós. **SGB-Serviço Geológico do Brasil**, 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS). **Sistema de visualização de dados hidro meteorológicos do Pará**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará. Disponível em: [HIDROMET - Portal Hidrometeorologia do Estado do Pará](#). Acesso em: Nov. 2025

SILVA, Pedro Rocha. Os rios paraenses: uma breve descrição potamográfica. **Boletim Amazônico de Geografia**, v. 1, n. 2, p. 88-104, 2014.

TRINDADE, Mauro Campos; PASCHOAL, Victor Scardua; MATOS, Artur José Soares. Relatório de operação do sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Araguaia 2022 a 2024. **Serviço Geológico do Brasil**, 2024.

ZOGAHIB, A. L. N. et al. Mudanças climáticas e seus impactos nas cidades: estudo de caso do fenômeno da seca no Estado do Amazonas, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 9, 2024.

