



VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E SEUS REFLEXOS NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO DE AÇAILÂNDIA-MA

VARIATION IN PRECIPITATION AND ITS IMPACT ON WATER SUPPLY IN THE AÇAILÂNDIA-MA REGION

VARIACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES Y SU IMPACTO EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA REGIÓN DE AÇAILÂNDIA-MA

 <https://doi.org/10.56238/levv16n55-132>

Data de submissão: 26/11/2025

Data de publicação: 26/12/2025

Ruan Lima Sousa

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: ruan.sousa@uemasul.edu.br

Gabriel Silva Santos

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: gabriel.santos@uemasul.edu.br

Ana Carolina Linhares dos Santos

Graduanda em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: ana.linhares@uemasul.edu.br

Gustavo Gomes Duarte da Silva

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: gustavosilva.20200010096@uemasul.edu.br

Helena Gabriela de Medeiros Cavalcante

Graduanda em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: helena.cavalcante@Uemasul.edu.br

Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho

Engenheiro Civil Especialista em Infraestrutura de Transportes e Rodovias

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

leonardo.filho@uemasul.edu.br

Maria Helena Rosa de Moura

Graduanda em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: maria.rosa@uemasul.edu.br

RESUMO

A água é um recurso estratégico para o desenvolvimento urbano e para a manutenção dos ecossistemas, sendo diretamente influenciada pela variabilidade climática. O presente artigo tem como objetivo analisar a variação da precipitação pluviométrica na região de Açaílândia (MA) e avaliar seus impactos potenciais sobre o abastecimento público de água. A metodologia adotada foi quantitativa e descritiva, utilizando séries históricas de precipitação do período de 2005 a 2024, obtidas junto ao INMET e ao sistema HidroWeb, além de dados operacionais do SINISA. A análise dos dados evidenciou uma tendência sistemática de redução nos volumes anuais de chuva ao longo das últimas duas décadas, influenciada por fenômenos climáticos como o El Niño e por pressões antrópicas, como o desmatamento na região de transição Amazônia-Cerrado. Foi observado também uma alteração no regime sazonal, com o deslocamento dos picos de precipitação. Diante da capacidade limitada dos reservatórios locais frente à demanda populacional, conclui-se que o município não possui capacidade de armazenamento adequada. É recomendado a ampliação da infraestrutura de reserva e a adoção de um monitoramento integrado entre clima e gestão hídrica para mitigar os riscos de desabastecimento em períodos de estiagem.

Palavras-chave: Ciclo Hidrológico. Índice Pluviométrico. Abastecimento de Água. Açaílândia.

ABSTRACT

Water is a strategic resource for urban development and the maintenance of ecosystems, being directly influenced by climate variability. This article aims to analyze the variation in rainfall in the Açaílândia region (MA) and evaluate its potential impacts on public water supply. The methodology adopted was quantitative and descriptive, using historical precipitation series from 2005 to 2024, obtained from INMET and the HidroWeb system, in addition to operational data from SINISA. The data analysis showed a systematic trend of reduction in annual rainfall volumes over the last two decades, influenced by climatic phenomena such as El Niño and by anthropogenic pressures, such as deforestation in the Amazon-Cerrado transition region. An alteration in the seasonal regime was also observed, with the displacement of precipitation peaks. Given the limited capacity of local reservoirs in relation to population demand, it is concluded that the municipality does not have adequate storage capacity. It is recommended to expand the reservoir infrastructure and adopt integrated climate and water management monitoring to mitigate the risks of water shortages during periods of drought.

Keywords: Hydrological Cycle. Rainfall Index. Water Supply. Açaílândia.

RESUMEN

El agua es un recurso estratégico para el desarrollo urbano y el mantenimiento de los ecosistemas, y se ve directamente influenciada por la variabilidad climática. Este artículo busca analizar la variación de las precipitaciones en la región de Açaílândia (MA) y evaluar sus posibles impactos en el suministro público de agua. La metodología adoptada fue cuantitativa y descriptiva, utilizando series históricas de precipitación de 2005 a 2024, obtenidas del INMET y del sistema HidroWeb, además de datos operativos del SINISA. El análisis de datos mostró una tendencia sistemática a la reducción de los volúmenes anuales de precipitación durante las últimas dos décadas, influenciada por fenómenos climáticos como El Niño y por presiones antropogénicas, como la deforestación en la región de transición Amazonía-Cerrado. También se observó una alteración del régimen estacional, con el desplazamiento de los picos de precipitación. Dada la capacidad limitada de los embalses locales en relación con la demanda poblacional, se concluye que el municipio no cuenta con una capacidad de almacenamiento adecuada. Se recomienda ampliar la infraestructura de embalses y adoptar un sistema integrado de monitoreo del clima y la gestión hídrica para mitigar los riesgos de escasez de agua durante períodos de sequía.

Palabras clave: Ciclo Hidrológico. Índice de Precipitaciones. Abastecimiento de Agua. Açaílândia.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (2020), a precipitação pluviométrica é o elemento central do ciclo hidrológico, sendo responsável pela recarga de rios, reservatórios e aquíferos que sustentam o abastecimento de água para consumo humano, agricultura, indústria e manutenção dos ecossistemas.

A precipitação é quando a água da atmosfera se condensa e incide no solo através da força gravitacional. Isso acontece quando o vapor d'água no ar se transforma em gotículas de água ou cristais de gelo, e então é precipitado em direção ao solo.

Segundo Salgueiro & Montenegro (2008), a ocorrência da chuva possui características circunstancial apesar de haver uma probabilidade de incidência maior em alguns locais, dessa forma, a distribuição dos valores espacial da precipitação não se repete exatamente a cada período anual. Sendo, portanto, um fenômeno meteorológico que possui aleatoriedade tanto em sua ocorrência quanto em sua intensidade.

Arai et al. (2009) ressaltam que a precipitação pluvial é um fator determinante para a caracterização do clima de cada região. Nesse contexto, os longos períodos de estiagem provocam prejuízos ao abastecimento urbano, uma vez que afetam diretamente os níveis de água dos mananciais, conforme destacado por Silva et al. (2011).

Diante desse contexto, torna-se fundamental a investigação do comportamento da precipitação pluviométrica, visto que através da mesma é possível detectar tendências ou alterações no clima, consequentemente, torna-se um componente de análise para organização e planejamento territorial (Sant' Anna Neto, 2000).

Além dos aspectos gerais sobre a dinâmica das chuvas, torna-se essencial compreender esse fenômeno no contexto específico de Açailândia – MA. O município está inserido na mesorregião Oeste Maranhense, abrange uma área de 5.806 km², com uma população de, aproximadamente, 113.783 habitantes (IBGE 2021) e densidade demográfica de 17,92 habitantes/km² (IBGE, 2010).

A região apresenta clima tropical e, segundo a classificação de Köppen-Geiger, enquadra-se no tipo Aw, caracterizado por um inverno seco. Esse regime climático define uma estação chuvosa concentrada no verão, que ocorre aproximadamente de novembro a abril, responsável pela maior parte da recarga hídrica do município, e uma estação seca bem marcada no inverno, de maio a outubro, período em que a disponibilidade de água tende a diminuir significativamente.

O município depende das precipitações para a recarga de seus mananciais superficiais e subterrâneos, que sustentam o seu abastecimento. Assim, compreender o comportamento da precipitação torna-se fundamental para avaliar a disponibilidade de água ao longo do ano.

À vista disso, o presente artigo tem como objetivo analisar a variação da precipitação pluviométrica e seus impactos potenciais sobre o abastecimento de água na região de Açailândia–MA. Para tanto, serão analisados dados históricos de precipitação, a fim de avaliar tendências de aumento

ou diminuição, bem como discutir os possíveis efeitos dessas variações sobre os mananciais e os sistemas de captação, considerando fatores climáticos.

2 OBJETIVO GERAL

Analisar a variação da precipitação pluviométrica na região de Açailândia – MA e avaliar seus impactos potenciais sobre a disponibilidade hídrica e o abastecimento de água, considerando também a influência das mudanças climáticas e das alterações no uso do solo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar e sistematizar dados históricos de precipitação pluviométrica do município de Açailândia, utilizando plataformas oficiais de monitoramento climático.
- Identificar tendências temporais de aumento, redução ou irregularidade na distribuição das chuvas ao longo da série histórica analisada.
- Avaliar os impactos das variações pluviométricas sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, bem como sobre os sistemas de captação e distribuição de água do município.
- Investigar a influência das mudanças climáticas na ocorrência de eventos extremos, como estiagens prolongadas ou chuvas intensas, e sua relação com a segurança hídrica regional.
- Analisar como as alterações no uso e ocupação do solo como desmatamento, expansão urbana e redução de áreas de infiltração podem afetar o regime de chuvas e a recarga hídrica local.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Soares (2019), a água é um dos recursos mais vitais para a manutenção da vida na Terra. O autor enfatiza que o ciclo hidrológico corresponde à dinâmica da água na natureza, sendo responsável por nutrir as florestas, influenciar diretamente os processos biogeoquímicos nos ecossistemas terrestres e aquáticos, além de sustentar a produção agrícola. Dessa forma, Soares destaca que os recursos hídricos possuem caráter estratégico para os seres humanos. Esse processo ocorre por meio da energia solar, que atua como agente responsável pela transformação da água em vapor — fenômeno denominado evaporação — e pelas correntes de ar, que promovem o transporte das massas de chuva ao longo do continente.

Conforme a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) explica, o ciclo da água é composto pelos seguintes componentes: precipitação, que ocorre quando a água é transferida da atmosfera para a superfície terrestre; evaporação, que consiste na transformação do estado líquido para o gasoso, acumulando-se posteriormente na atmosfera; transpiração, que corresponde ao processo pelo qual as plantas liberam vapor d'água para a atmosfera; infiltração, que é a penetração da água no solo;

percolação, entendida como o movimento da água infiltrada até atingir os lençóis freáticos; e, por fim, a drenagem, decorrente do escoamento da água na superfície.

Segundo Santos (2013), a precipitação da água é procedente das mudanças de fase do vapor da água e transferida para a superfície por meio da gravidade, seja ela na forma líquida ou sólida. Contudo, para que ocorra a precipitação, deve existir a formação de gotas maiores, designadas de precipitação, resultantes da coalescência das gotas menores, que acontece mediante a diferenças de temperatura e ao próprio movimento turbulento.

Conforme destacado por Tucci (2020), o ciclo hidrológico pode ser compreendido, de uma maneira simplificada, como a movimentação contínua da água entre a atmosfera, os oceanos e os continentes, cuja manutenção ocorre em função da energia proveniente do Sol, responsável por intensificar os processos de evaporação e fusão da água em estado sólido.

De acordo com Magalhães (1989), a bacia hidrográfica corresponde a uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural, ou seja, uma área composta de um sistema de drenagem natural onde o movimento de água superficial inclui todos os usos da água e do solo existentes na localidade. Ainda destaca que, as bacias hidrográficas, também chamadas de bacias de drenagem ou de contribuição, possuem sua divisão mediante ao relevo, conhecidos como divisores de água e são associados a morros, montanhas, serras e picos.

A área de Açailândia, por fazer parte dessa região amazônica, sente os efeitos diretos da perda da cobertura florestal, o que acaba reduzindo a precipitação. Quando a vegetação é retirada, a evapotranspiração diminui, e isso prejudica a reciclagem da umidade do ar que a floresta normalmente faz. O resultado disso é a formação de menos nuvens e chuvas. Esses processos têm um impacto bem sério na recarga de rios e aquíferos, afetando a disponibilidade de água e o abastecimento.

Além do desmatamento, a ampliação das áreas em pastagens, urbanizações e monoculturas também exercem pressão sobre os recursos hídricos. Essas mudanças no uso e na cobertura do solo aumentam a redução da evapotranspiração e da reciclagem de umidade, o que piora a escassez de chuvas e amplifica os efeitos sobre a recarga das fontes de água e a segurança hídrica na região.

Outro fator relevante a ser considerado na análise da variabilidade da precipitação é o fenômeno El Niño. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), esse fenômeno climático está associado ao aumento do risco de secas na faixa norte das regiões Norte e Nordeste do Brasil, ao mesmo tempo em que favorece a ocorrência de volumes elevados de precipitação na Região Sul do país. O evento El Niño ocorrido no período de 2023–2024 foi classificado como um dos cinco mais intensos já registrados, conforme comunicado da organização meteorológica mundial (WMO). Durante esse episódio, o aquecimento da temperatura superficial das águas do oceano Pacífico atingiu um pico de aproximadamente 2 °C acima da média climatológica do período de 1991 a 2020. Apesar de sua intensidade, esse evento foi menos severo do que os episódios observados em 1997/1998 e

2015/2016. Dessa forma, a ocorrência de um El Niño de forte magnitude contribui para a justificativa das condições de estiagem registradas nos anos de 2015 e 2016.

A atuação combinação de diferentes fatores climáticos e antrópicos que contribuem para a redução da precipitação resulta em uma tendência de diminuição da recarga de mananciais superficiais e aquíferos, além da redução dos volumes armazenados em reservatórios, elevando, consequentemente, o risco de déficit no abastecimento público de água. No caso, segundo a SINURB, o município de Açailândia dispõe de reservatórios com capacidade total de armazenamento de aproximadamente 5.345 m³, essa situação torna-se particularmente crítica, uma vez que, quando analisado o consumo de água da população, o valor excede a capacidade de armazenamento da cidade.

A precipitação deve ser analisada como parte de um sistema maior, em que a água circula continuamente entre a atmosfera, a superfície terrestre e os corpos hídricos. Esse conjunto de processos interligados caracterizam o ciclo hidrológico, no qual é responsável pela distribuição e renovação da água no planeta.

4 METODOLOGIA

A pesquisa é referente a um estudo de caso aplicada na cidade de Açailândia - MA, tem um caráter descritivo e quantitativo. O município em que a pesquisa está sendo realizada se encontra em uma região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, no qual a dinâmica climática e hidrológica é de fundamental importância para analisar o funcionamento hídrico na região.

Para a caracterização do regime de chuvas, foram coletados dados referentes aos índices pluviométrico da região ao longo de vinte anos, no intervalo temporal entre 2005 e 2024, permitindo a identificação de padrões de sazonalidade, bem como a detecção de anomalias climáticas e eventos extremos de estiagem que incidem sobre a região, os dados estão disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e no sistema HidroWeb, administrado pela ANA.

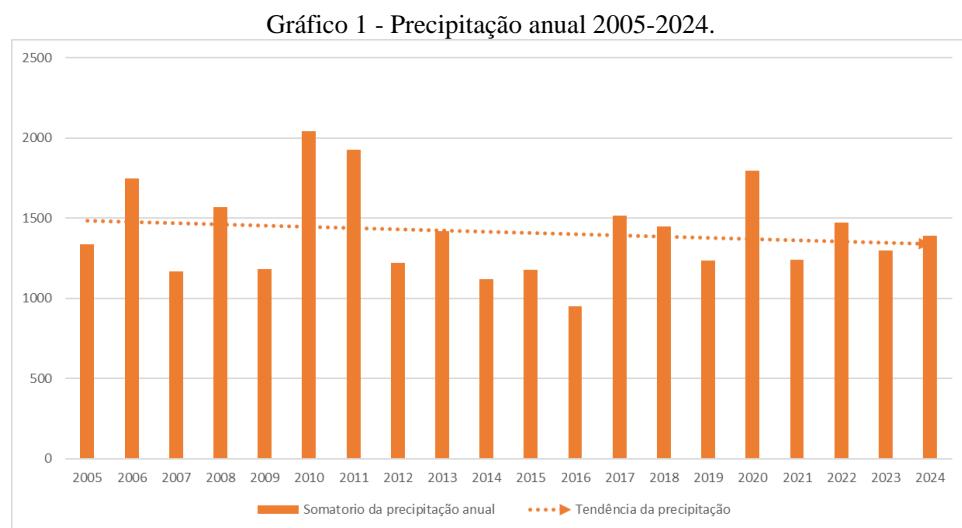
Em relação aos impactos no abastecimento público, a coleta de dados referentes as variáveis de volume de água armazenada, foi conduzida utilizando o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), com objetivo de analisar a capacidade do sistema de abastecimento em responder às variações da oferta hídrica natural.

Utilizando a ferramenta Excel foi possível desenvolver um tratamento dos dados obtidos e analisá-los graficamente o que possibilitou a tanto a observação das variações da sazonalidade das chuvas quanto o consumo per capita de água da população em relação a capacidade de armazenamento.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

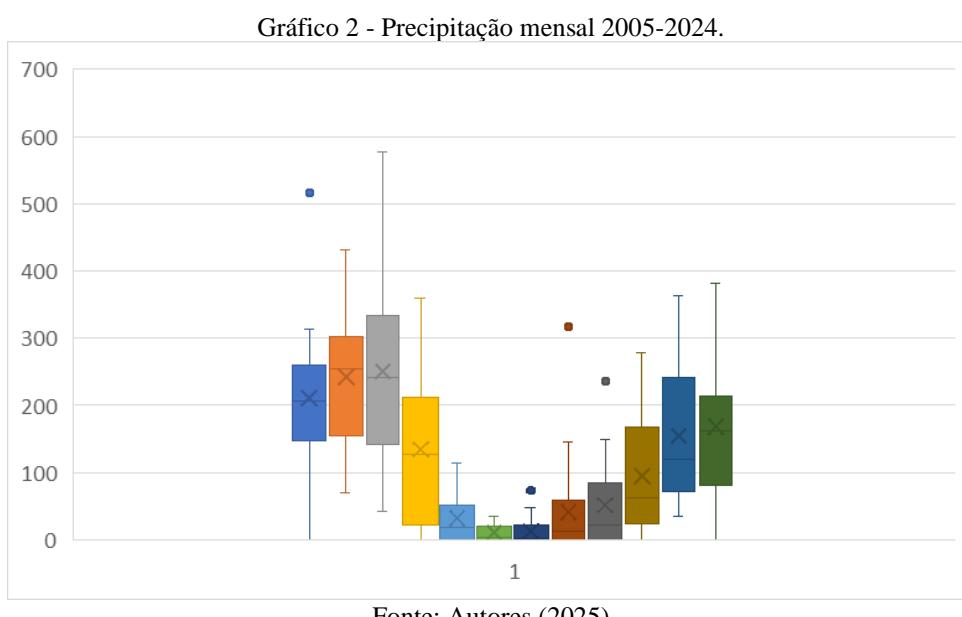
O desmatamento é um dos grandes vilões na diminuição das chuvas na Amazônia Legal, sendo responsável por cerca de 74% da queda nas precipitações durante a estação seca nas últimas décadas

(Franco et al., 2025). A partir dos dados obtidos no sistema HidroWeb, com as redes de coleta de precipitação na cidade de Açailândia, foi possível construir gráficos para analisar as variações da precipitação. O gráfico 1 mostra a variação da precipitação de 2005 a 2024 onde há uma queda sistemática da precipitação ao longo de 20 anos. Uma provável razão para esta atenuação, é o conjunto de fatores associados a mudanças climáticas regionais, visto que, segundo a Revista Brasileira de Climatologia, nas últimas duas décadas, nota-se uma variabilidade e uma irregularidade no regime de chuvas no bioma da Amazônia e no Nordeste brasileiro.



Fonte: Autores (2025).

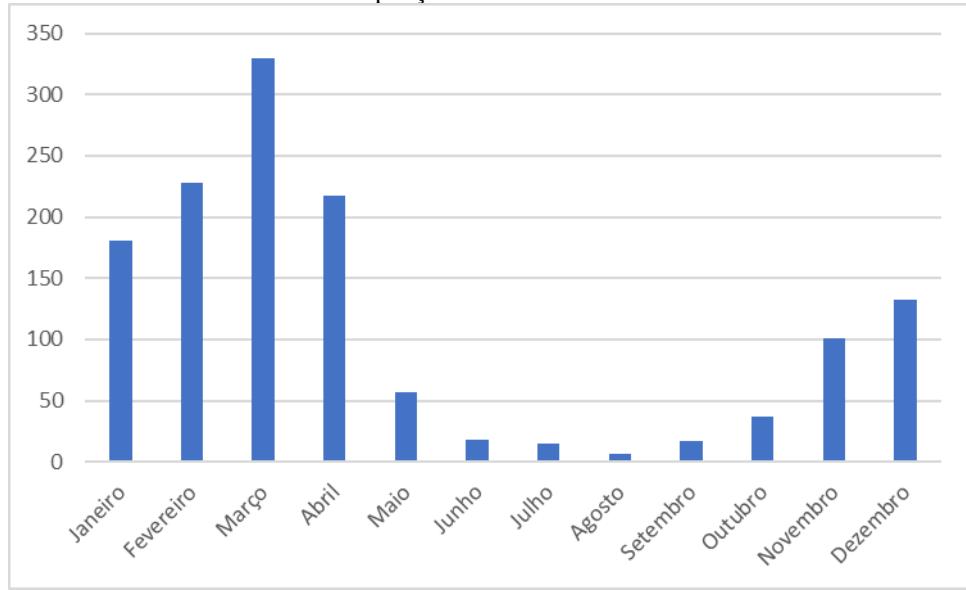
Por meio do gráfico 2, observa-se a distribuição da precipitação pluviométrica (de janeiro a dezembro sucessivamente), no período compreendido entre 2005 e 2024, possibilitando a análise da média das chuvas, bem como das variações anuais e sazonais. É notório que os dados de precipitação apresentam oscilações consideráveis, o que reflete a variabilidade climática típica da região.



Fonte: Autores (2025)

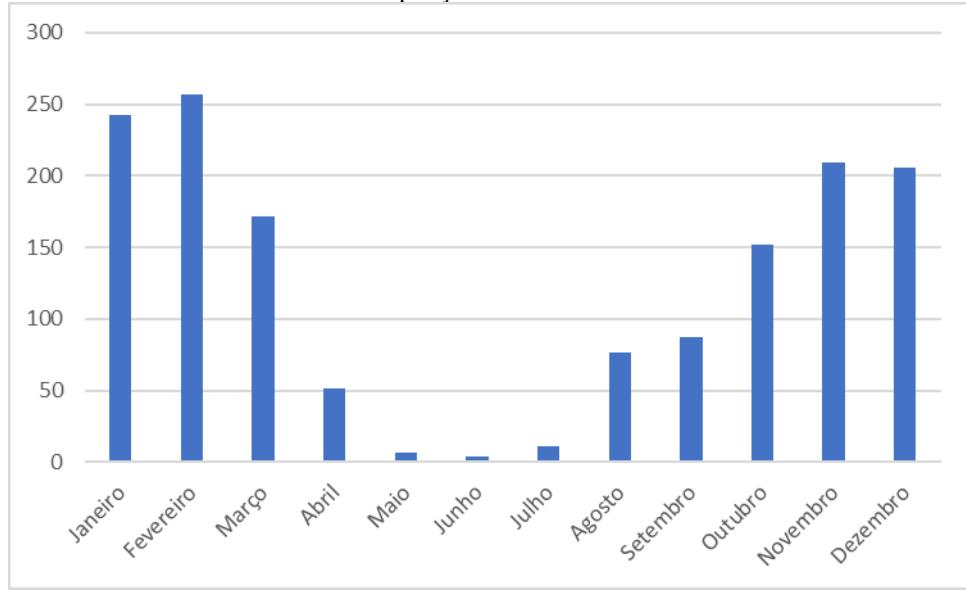
Ao comparar os gráficos 3 e 4, que mostram as médias mensais de precipitação organizadas por décadas (2005-2014 e 2015-2024), nota-se uma mudança no padrão sazonal das chuvas ao longo do tempo. Durante o período de 2005 a 2014, a maior parte da chuva ocorria nos últimos meses do ano, o que indica um padrão de chuvas mais tardio. Já entre 2015 e 2024, os picos de precipitação começaram a acontecer mais cedo, nos primeiros meses do ano, o que sugere que o início da temporada de chuvas está se antecipando.

Gráfico 3 - Precipitação média mensal de 2015 a 2024.



Fonte: Autores (2025).

Gráfico 4 - Precipitação média mensal 2005-2014.



Fonte: Autores (2025).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante desse cenário, recomenda-se a integração do monitoramento pluviométrico com séries históricas dos níveis dos reservatórios e das vazões de captação, bem como a adoção de políticas



voltadas à redução de perdas no sistema de distribuição e à diversificação das fontes de abastecimento. Considerando que a capacidade atual dos reservatórios é limitada para garantir o fornecimento contínuo de água, o monitoramento sistemático é essencial para a gestão hídrica e para a mitigação dos impactos associados a períodos de seca ou estiagem prolongada.

Depois de analisar os dados dos últimos 20 anos, percebemos que a chuva em Açailândia está diminuindo, o que é um sinal de alerta para a segurança da água na região. Não só o volume total de chuvas caiu, mas também o padrão das estações de chuva mudou. Esses fatores, juntos, acabam pressionando o sistema de abastecimento público.

A estrutura atual dos reservatórios, que tem uma capacidade de 5.345 m³, não é suficiente para garantir um abastecimento regular, especialmente com a instabilidade climática crescente e eventos extremos como o El Niño. Além disso, o desmatamento e as mudanças no uso da terra só pioram a situação da água disponível na região.

Assim, se torna de suma importância continuar estudando o clima local e planejar obras de infraestrutura que ampliem a capacidade de armazenamento água da cidade. Outrossim é essencial implementar políticas públicas que se concentrem na conservação das fontes de água e na gestão eficiente da demanda para garantir um abastecimento adequado da população no futuro.



REFERÊNCIAS

Água & Saneamento. **Municípios e saneamento – Açailândia (MA)**. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ma/acailandia>. Acesso em: 06 dez. 2025.

ARAI, F. K.; PEREIRA, S. B.; GONÇALVES, G.; DANIEL, O.; PEIXOTO, P.; VITORINO, A. C. T. **Espacialização da precipitação pluvial na Bacia do Rio Dourados**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2-7 ago., Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **HidroWeb**: Sistema de Informações Hidrológicas. Brasília, DF: SNIRH, [2024]. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 06 nov. 2025

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Painel de Indicadores SINISA**: Módulo Água. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2025. Disponível em: <https://indicadores-sinisa-2025.cidados.gov.br/dashboard?modulo=agua>. Acesso em: 06 dez. 2025.

Franco, M.A., Rizzo, L.V., Teixeira, M.J. *et al.* **How climate change and deforestation interact in the transformation of the Amazon rainforest**. *Nat Commun* 16, 7944 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-63156-0>

IBGE. **Censo Demográfico 2010: resultados gerais do universo**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

IBGE. **Estimativas da população residente para os municípios brasileiros em 2021**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados de precipitação**. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/prec>. Acesso em: 06 dez. 2025.

KOTTEK, M. *et al.* **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

MAGALHÃES, A.; LORENA, M. **Hydraulic Design of Labyrinth Weirs**. Report nº 736, National Laboratory of Civil Engineering, Lisbon, Portugal, 1989.

SALGUEIRO, J. H. P.B & MONTENEGRO, S. M. G. L. **Análise da distribuição espacial da precipitação na bacia do rio Pajeú em Pernambuco segundo método geoestatístico**. In: Revista Tecnológica Fortaleza, v. 29, n. 2, 2008; p.174-185.

SANT' ANNA NETO, J.L. **As chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos**. In: SANT' ANNA NETO, J.L. & ZAVATINI, J. A. Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas, - Maringá: Eduem, 2000; p. 95 –120.

SANTOS, Ednaldo Oliveira dos. **Apostila de Meteorologia Básica**. IF 111, DCA/IF/UFRRJ, 2013. Cap. 9 – Precipitação.

SILVA, V. P. R.; LIMA, E. R. V.; BOTTEGA, E. L. **Variabilidade da precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba**. Holos, v. 4, p. 116-128, 2011.



SINURB. Município de Açailândia (MA). Secretaria Municipal de Infraestrutura e Urbanismo – SINURB. **TERMO DE REFERÊNCIA READEQUADO**. Açailândia, MA: Prefeitura Municipal de Açailândia. Disponível em: <https://acailandia.ma.gov.br/SINURB>. Acesso em: 11 nov. 2025.

SNIRH. **HidroWeb – Séries Históricas**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 06 dez. 2025.

SOARES, Stela de Almeida. **Gestão de recursos hídricos**. 1. ed. Curitiba: Intersaber, 2015. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 03 dez 2025.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; ABRH, 2020. (Coleção ABRH, v. 4). ISBN 978-85-7025-924-0.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. ***El Niño/La Niña Update june 2023***. Disponível em: <https://wmo.int/news/media-centre/world-meteorological-organization-declares-onset-of-el-nino-conditions>. Acesso em: 22 nov. 2025