

ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA EM PORTO VELHO **(RO) ENTRE OS ANOS DE 2000 A 2023**

Raimundo Carneiro da Conceição Neto¹ ; Vanessa Ferreira Damaceno² ; Illan dos Santos Sena³

Resumo: A precipitação é um elemento climático fundamental para o planejamento urbano e gestão de recursos hídricos em Porto Velho/RO, onde os extremos pluviométricos, especialmente os volumes excessivos, desencadeiam alagamentos recorrentes com impactos socioeconômicos e ambientais. Este estudo analisou a variabilidade temporal da precipitação (2000-2023) utilizando dados das estações meteorológicas do INMET (82825D e A925D), aplicando análise estatística descritiva e a metodologia de Bezerra et al. (2010). Os resultados mostraram redução na precipitação média anual de 2.131,7 mm (2000-2011) para 1.580,7 mm (2012-2023), com aumento da variabilidade interanual, embora mantendo o padrão sazonal (83% das chuvas concentradas entre novembro e abril). Eventos extremos como o recorde de 2.740 mm em 2001 (La Niña) e a seca de 1.091,6 mm em 2010 (El Niño) evidenciaram a influência de fenômenos climáticos globais, enquanto a comparação com estudos sobre desmatamento sugere que a perda florestal na Amazônia pode estar intensificando essa variabilidade, reduzindo a evapotranspiração e alterando o ciclo hidrológico local. Essa combinação de fatores naturais e antrópicos exige políticas integradas de monitoramento climático, planejamento urbano adaptativo, sistemas de alerta e conservação florestal para mitigar os impactos, especialmente em áreas vulneráveis de Porto Velho. A compreensão desses mecanismos é crucial para desenvolver estratégias de resiliência frente às mudanças climáticas e ao avanço do desmatamento na região.

Abstract: Precipitation is a fundamental climatic element for urban planning and water resource management in Porto Velho, Rondônia, where extreme rainfall events, particularly excessive volumes, trigger recurrent flooding with socioeconomic and environmental impacts. This study analyzed temporal rainfall variability (2000-2023) using data from INMET meteorological stations (82825D and A925D), applying descriptive statistical analysis and the methodology of Bezerra et al. (2010). Results showed a decrease in mean annual precipitation from 2,131.7 mm (2000-2011) to 1,580.7 mm (2012-2023), with increased interannual variability while maintaining the seasonal pattern (83% of rainfall concentrated between November and April). Extreme events such as the record 2,740 mm in 2001 (La Niña) and the drought of 1,091.6 mm in 2010 (El Niño) highlighted the influence of global climate phenomena, while comparison with deforestation studies suggests that Amazon forest loss may be intensifying this variability by reducing evapotranspiration and altering the local hydrological cycle. This combination of natural and anthropogenic factors demands integrated policies for climate monitoring, adaptive urban planning, early warning systems, and forest conservation to mitigate impacts, especially in vulnerable areas of Porto Velho. Understanding these mechanisms is crucial for developing resilience strategies against climate change and advancing deforestation in the region.

Palavras-Chave – Variabilidade pluviométrica, Eventos extremos, Amazônia Sul Ocidental

¹ Graduando em Engenharia Civil: Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Av. Calama, 4985 - Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO, raimundo.carneiro@estudante.ifro.edu.br

² Graduanda em Engenharia Civil: Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Av. Calama, 4985 - Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO, vanessa.ferreira@estudante.ifro.edu.br

³ Graduando em Engenharia Civil: Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Av. Calama, 4985 - Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO, illan.sena@estudante.ifro.edu.br

INTRODUÇÃO

A precipitação é um dos principais elementos climáticos que afetam diretamente a vida humana e as atividades econômicas de uma sociedade. Seus extremos, como secas prolongadas ou chuvas intensas, podem causar sérios prejuízos, como racionamento de energia e até mesmo enchentes. Por isso, é fundamental compreender seu comportamento ao longo do tempo por meio de análises sistemáticas e locais (Salgado *et al.*, 2007).

Pisani (2001) destaca que as inundações são fenômenos naturais decorrentes do excesso de vazão em relação à capacidade de escoamento dos sistemas hídricos. No entanto, o autor ressalta que esses eventos tornam-se desastres quando ocorrem em áreas ocupadas por atividades humanas não adaptadas à dinâmica fluvial, gerando impactos socioeconômicos significativos. Já os alagamentos urbanos tendem a ocorrer preferencialmente em áreas planas, depressões ou fundos de vale, onde a topografia dificulta o escoamento natural das águas. A ausência ou deficiência de sistemas de drenagem pluvial adequados nas cidades agrava significativamente esses eventos (Grilo, 1992).

Em Porto Velho, a recorrência de alagamentos, especialmente na zona leste, evidencia a insuficiência do sistema de drenagem urbana diante de eventos de chuvas intensas. A expansão urbana acelerada, muitas vezes desprovida de planejamento adequado, tem agravado essa situação, ao impermeabilizar o solo e comprometer áreas de escoamento natural da água.

Essa dinâmica confirma o que foi apontado por Souza (2022), ao identificar que os setores com alta e muito alta vulnerabilidade social em Porto Velho estão concentrados, principalmente, na zona leste, seguida da zona sul. Essas regiões, fruto de uma expansão urbana acelerada e desordenada, coincidem com áreas de maior risco de alagamentos e refletem um processo contínuo de segregação socioespacial.

A elaboração de estratégias eficazes para minimizar os danos causados pelas chuvas é limitada pela insuficiência de dados e análises locais. Dessa forma, torna-se essencial sistematizar e interpretar informações sobre a distribuição espacial e temporal da precipitação, garantindo uma base sólida para o planejamento e a tomada de decisões voltadas à gestão de riscos ambientais. (Salgado *et al.*, 2007).

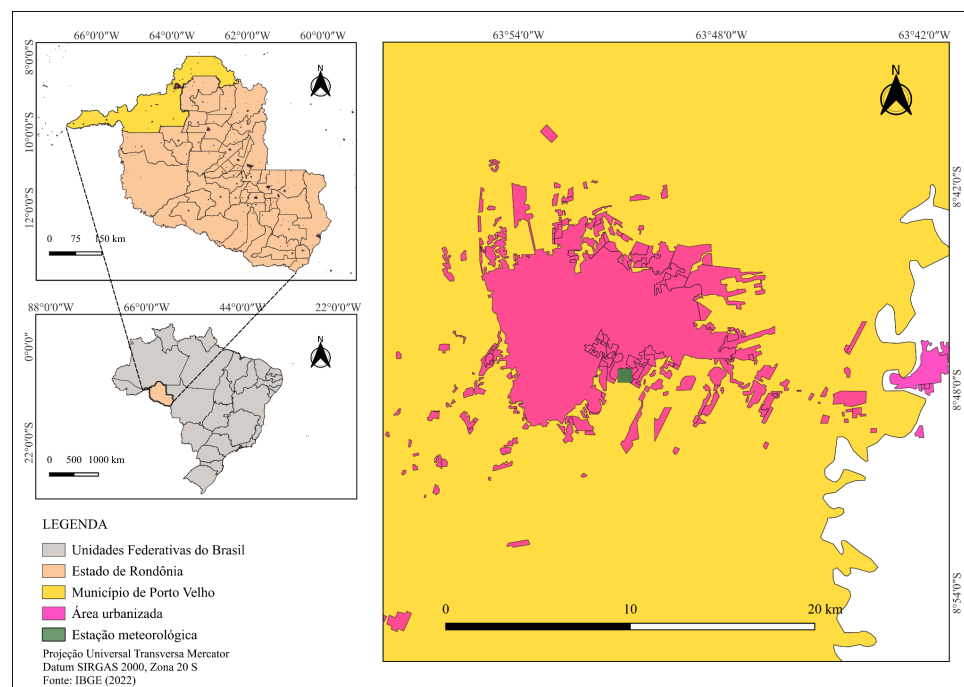
Esse cenário revela a urgência de estudos que analisem o comportamento da precipitação e sua relação com a dinâmica urbana, a fim de subsidiar estratégias de mitigação e adaptação frente aos impactos hidrológicos nas áreas mais vulneráveis da cidade.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar os dados de precipitação do período de 2000 a 2023 de duas estações meteorológicas localizadas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) na zona sul de Porto Velho, operado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

METODOLOGIA

As estações meteorológicas utilizadas neste estudo estão localizadas na sede da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em Rondônia (Embrapa-RO) no município de Porto Velho, situada nas proximidades da BR-364, no km 5,5, latitude 8° 47' 34" S, longitude 63° 50' 46" W.

Figura 1 – Mapa de localização da estação meteorológica



Com base na classificação climática de Köppen, a região de Porto Velho apresenta clima tropical do tipo Aw, marcado por uma estação seca bem definida entre os meses de junho e agosto. Esse período de escassez de chuvas coincide com o aumento da inflamabilidade da vegetação, o que favorece a ocorrência de queimadas tanto em áreas urbanas quanto rurais. De acordo com Santos (2010), essas estações são popularmente conhecidas como inverno amazônico (período chuvoso) e verão amazônico (período seco), denominações associadas ao costume local e à percepção térmica da população.

Os dados pluviométricos, consistindo em precipitações totais diárias, foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes de duas estações: a convencional (código 82825) e a automática (código A925D). A série histórica analisada abrange 24 anos (2000-2023), sendo dividida em dois períodos para análise comparativa: 2000-2011 e 2012-2023. Os registros de precipitação diária de 2000 a 2007 foram coletados pela estação convencional, enquanto os de 2008 a 2023 foram obtidos da estação automática, conforme a disponibilidade dos dados em cada sistema de monitoramento.

Após a coleta dos dados, procedeu-se à organização e análise das informações por meio do software Microsoft Excel. Verificou-se a presença de dados ausentes ao longo da série histórica, sendo necessário ressaltar que a análise foi conduzida considerando essas lacunas. Em seguida, foram calculadas as somas das precipitações anuais para cada ano do período estudado, o que possibilitou a elaboração de gráficos representando a variabilidade temporal da precipitação na região próxima à estação. Essa abordagem permitiu uma visualização clara do comportamento anual desse índice climático na cidade de Porto Velho, RO, ao longo dos 24 anos analisados.

Para avaliar a estabilidade interanual da precipitação no município de Porto Velho, aplicou-se a metodologia proposta por Bezerra et al. (2010), a qual consiste em uma análise

estatística descritiva da série histórica de precipitação anual, com base nos valores da média e do desvio padrão. Essa abordagem permite verificar a presença de padrões recorrentes, bem como a existência (ou não) de tendência de aumento ou redução da pluviosidade ao longo do tempo.

O primeiro passo foi o cálculo da média aritmética (\bar{x}) da série histórica, obtida pela soma dos valores anuais de precipitação dividida pelo número total de anos da série. Em seguida, foi determinado o desvio padrão amostral (S), que representa a dispersão dos dados em torno da média. Com esses dois parâmetros, foi possível estabelecer o intervalo de estabilidade da série, delimitado por:

$$IE = \bar{x} \pm S \quad (1)$$

Onde:

IE = Intervalo de estabilidade

\bar{x} = média da precipitação anual;

S = desvio padrão da série.

Esse intervalo estabelece os limites dentro dos quais se considera que a precipitação anual ocorreu de forma estável, ou seja, dentro da variação natural esperada da série histórica. Após a definição do intervalo para cada período analisado, procedeu-se à contagem do número de anos cujos totais anuais de precipitação permaneceram dentro dessa faixa de estabilidade. Esse resultado foi então convertido em percentual, permitindo comparar a regularidade dos diferentes períodos da série e avaliar possíveis mudanças no comportamento do regime pluviométrico ao longo do tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da série histórica de precipitação para o período de 2000 a 2023, com base nos dados da estação meteorológica do INMET, foi organizada em dois intervalos distintos: de 2000 a 2011 e de 2011 a 2023. Para a apresentação dos resultados, foram elaborados gráficos que ilustram de forma clara a variabilidade observada. As Figuras 2 e 3 mostram os valores de precipitação interanuais ao longo da série, enquanto a Figura 4 evidencia o comportamento da pluviosidade com base em sua distribuição trimestral, permitindo uma melhor compreensão das variações sazonais no regime de chuvas.

No período de 2000 a 2011, a precipitação anual apresentou relativa estabilidade, com valores variando entre 2.000 mm e 2.750 mm entre os anos de 2000 a 2009, média de 2.131,7 mm e desvio padrão de 436,3 mm. Com base nesses dados, o intervalo de estabilidade foi calculado entre 1.695,4 mm e 2.568,0 mm. Dentro dessa faixa, 10 dos 12 anos (83,3%) permaneceram dentro da variação natural, indicando uma tendência predominante de estabilidade no período.

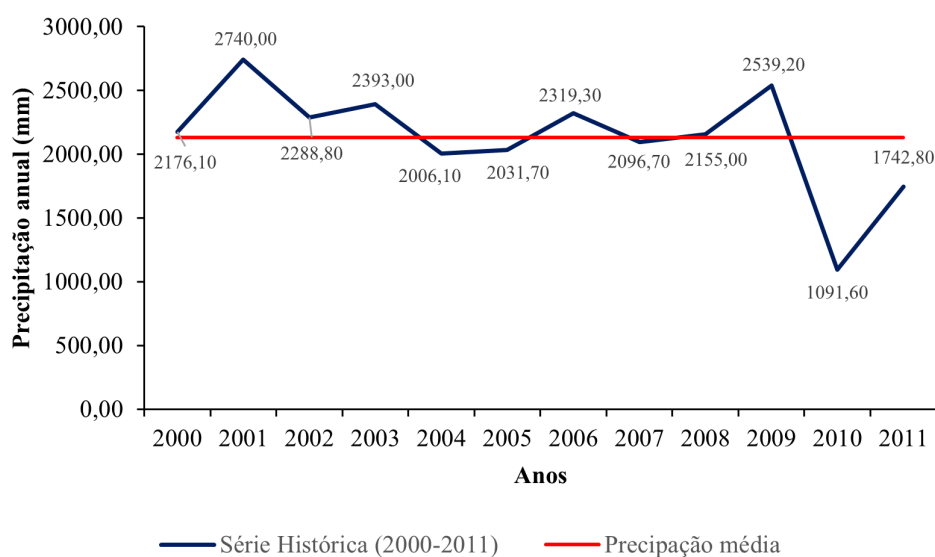
Os valores de precipitação no período analisado (2000-2011) seguiram a mesma tendência observada no estudo de Tejas et al. (2012) sobre a variabilidade climática em Porto Velho com base em dados da estação do Aeroporto. Ambos os trabalhos identificaram 2001 como o ano de maior volume pluviométrico (2.670,1 mm no estudo citado e 2.740 mm nesta pesquisa), associado à atuação do fenômeno La Niña, enquanto 2010 registrou o menor acumulado (1.591,9 mm no estudo anterior e 1.091,6 mm neste trabalho), influenciado pelo El Niño.

Além disso, os anos de 2006 e 2009, que também integram a série histórica analisada neste estudo, apresentaram volumes elevados de precipitação, ambos com totais superiores a 2.300 mm. Esse comportamento segue o mesmo padrão identificado por Tejas et al. (2012), cujos resultados associam esses anos à ocorrência do fenômeno El Niño, o que reforça a influência desses eventos climáticos na variabilidade pluviométrica observada em Porto Velho.

Já os anos de 2005 e 2007, ambos associados a episódios do El Niño ou à transição para o fenômeno La Niña, apresentaram anomalias negativas, com totais anuais de precipitação inferiores a 2.100 mm. Destaca-se, no entanto, o comportamento do ano de 2003, que registrou um volume anual elevado, configurando uma anomalia positiva, o que diverge dos resultados apresentados por Tejas et al. (2012), que relacionam esse ano à atuação do El Niño.

Esses resultados reforçam a correlação entre os fenômenos climáticos de grande escala e a variabilidade pluviométrica local, indicando que os eventos de El Niño e La Niña têm papel significativo na modulação da quantidade de chuvas em Porto Velho.

Figura 2 – Série histórica de Precipitação anual em mm (2000 a 2011)

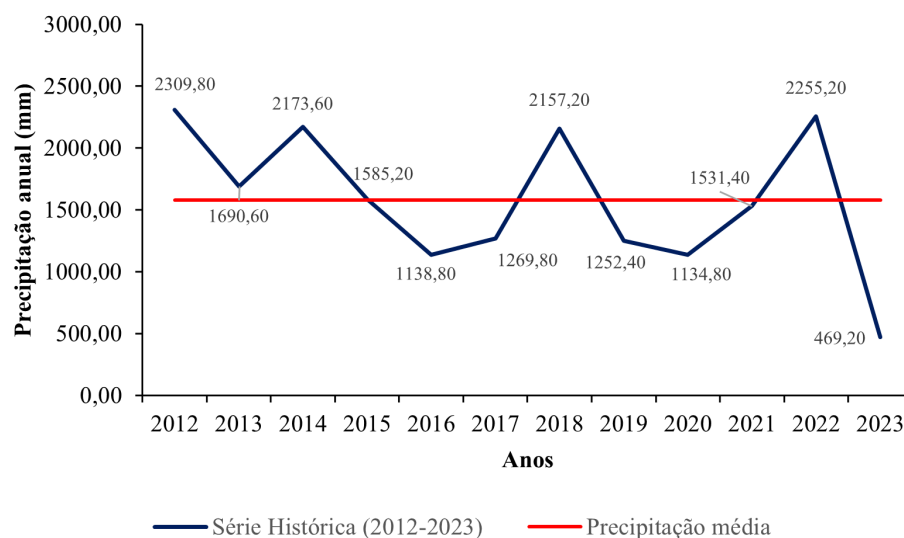


No período de 2012 a 2023, observou-se uma maior variabilidade e tendência de redução nos volumes anuais de precipitação. A média do período foi de 1.580,7 mm, com um desvio padrão de 521,3 mm, definindo um intervalo de estabilidade entre 1.059,4 mm e 2.102,0 mm. Dentro dessa faixa, apenas 6 dos 12 anos (50%) permaneceram, indicando uma maior variabilidade e diminuição das chuvas em comparação ao período anterior (2000-2011).

Segundo dados de precipitação anual em Porto Velho entre 2012 e 2023 revelam uma forte influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña no regime de chuvas da região.

Segundo dados do INMET (2024), o fenômeno El Niño de 2023-2024 é um dos cinco mais fortes já registrados. O aquecimento superficial das águas do oceano Pacífico atingiu pico de 2 °C acima da média de 1991 a 2020.

Figura 3 – Série histórica de Precipitação anual em mm (2012 a 2023)



A Figura 4 ilustra o padrão de variabilidade trimestral da série histórica de precipitação analisada, destacando uma característica específica desse evento pluviométrico na cidade de Porto Velho. Observa-se que existe uma tendência clara de crescimento ou redução nos valores médios de precipitação trimestral ao longo do período estudado.

A análise da precipitação distribuída por trimestres é uma ferramenta eficaz para compreender o padrão sazonal das chuvas em Porto Velho, conforme apontam Nobre e Melo (2001) e Varejão-Silva (2001). Na análise trimestral da série histórica, observa-se uma clara concentração dos maiores volumes pluviométricos nos trimestres iniciais e finais do ano, com destaque para o período de janeiro a março, que registra uma média de 270,96 mm. Já os meses centrais do ano, especialmente o trimestre que apresenta média de apenas 27,68 mm, configuram o período de estiagem, evidenciando a redução significativa das chuvas nessa fase.

Complementando essa análise, Bezerra, *et al.* (2010) descrevem que o regime pluviométrico de Porto Velho é marcado por uma sazonalidade bem definida, com um período chuvoso que vai de novembro a abril, apresentando precipitações mensais entre 228,9 mm e 329,6 mm. Em contrapartida, o período de estiagem ocorre de junho a setembro, com valores mensais mais baixos, entre 38,7 mm e 107,7 mm. Os meses de maio e outubro são caracterizados como transição entre esses dois regimes, reforçando a dinâmica sazonal que influencia o clima local e suas variáveis hidrológicas.

A redução nas chuvas em Porto Velho e região leste pode estar ligada ao desmatamento. Leite-Filho *et al.* (2021) constataram que o desmatamento na Amazônia Meridional reduz a precipitação em até 49,2 mm/ano para cada 10% de perda florestal após ultrapassar um limiar crítico. Além disso, Spracklen *et al.* (2012) comprovaram que áreas desmatadas recebem menos chuva devido à interrupção do ciclo de evapotranspiração. Esses fatores, somados à urbanização acelerada que reduz a infiltração da água no solo, ajudam a explicar tanto a diminuição das chuvas quanto os eventos de alagamentos.

De acordo com Gomes *et al.* (2020), o desmatamento na bacia do Rio Madeira reduz a evapotranspiração local, contribuindo para alterações no regime pluviométrico. No cenário

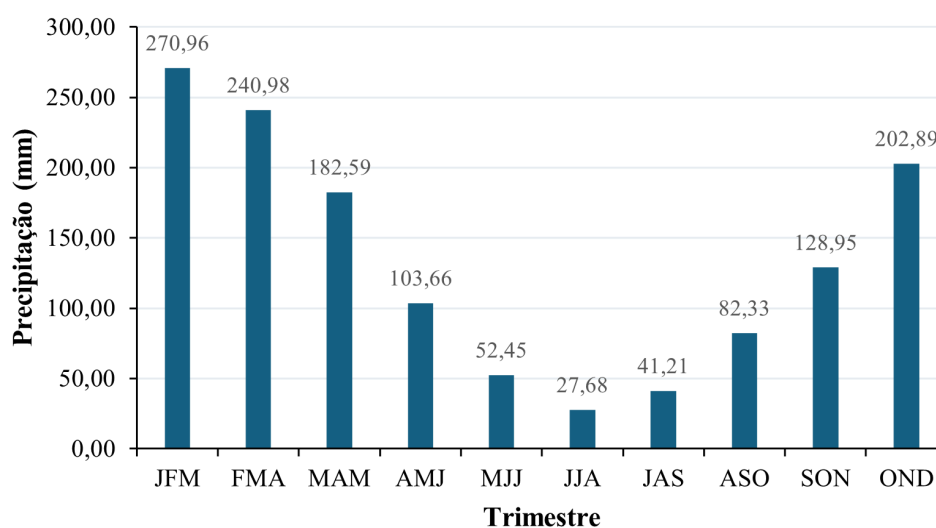
estudado, a pesquisa projeta eventos de chuva mais intensos e concentrados, o que potencialmente amplia riscos hidrológicos.

Isso explica a aparente contradição entre a tendência de redução pluviométrica notada na série histórica e a ocorrência de alagamentos repentinos em Porto Velho, onde sistemas de drenagem projetados para regimes pluviométricos anteriores tornam-se insuficientes para eventos extremos concentrados.

Além disso, Nobre (2016), destacam que o Arco do Desmatamento, onde Porto Velho está inserido, já apresenta reduções observáveis na precipitação devido à alteração do uso do solo, com diminuição da evapotranspiração em áreas de estação seca prolongada.

Essas mudanças podem trazer problemas ambientais e sociais, como alterações nos rios, dificuldades para a agricultura e riscos para as comunidades que dependem dos recursos hídricos. Os resultados reforçam a necessidade de monitoramento e políticas públicas para reduzir os impactos do desmatamento e se preparar para as variações climáticas na região.

Figura 3 – Precipitação trimestral em mm (2000 a 2023)



CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa contribuíram significativamente para a compreensão da variabilidade pluviométrica interanual ao longo dos 24 anos da série histórica analisada. Constatou-se que o maior volume anual de precipitação ocorreu em 2001, enquanto o menor foi registrado em 2010. Mesmo diante de algumas inconsistências nos dados, os valores encontrados apresentaram comportamento semelhante ao relatado por outros autores, o que reforça a confiabilidade das análises.

Além disso, observou-se que, no segundo período da série histórica, houve uma tendência de redução nos valores interanuais de precipitação, embora alguns anos ainda tenham registrado totais superiores a 2.000 mm. Embora alguns anos não tenha ultrapassado este valor, esse comportamento pode estar relacionado, em parte, à ausência de registros em determinados intervalos, o que compromete a completude das informações e a interpretação precisa dos dados.

Tal constatação evidencia a importância do monitoramento hidrometeorológico em diferentes pontos da cidade, bem como da operação contínua e eficiente dos sistemas de coleta e transmissão de dados hidrometeorológicos.

Esta análise demonstra a vulnerabilidade de Porto Velho às variações climáticas globais. Como sugerem os estudos citados, a compreensão desses padrões é essencial para o planejamento urbano, gestão de recursos hídricos e preparação para eventos extremos. Os dados evidenciam a urgência de políticas públicas que integrem a gestão dessas oscilações climáticas, especialmente no contexto do processo de urbanização acelerada e das mudanças climáticas globais, que tendem a intensificar a frequência e magnitude desses eventos extremos.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T.; TRINDADE, A. G.. *Caracterização temporal da precipitação pluvial do município de Porto Velho/RO no período de 1945 a 2003*. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 609–623, dez. 2010.

GOMES, W. B. et al. *Avaliação dos Impactos das Mudanças na Cobertura da Terra e Cenário de Emissões (RCP 8.5) no Balanço de Água na Bacia do Rio Madeira*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 37, n. 3, p. 423-437, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa*. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 20 mai. 2025.

KÖPPEN, W. *Climatologia*. México, Fondo de Cultura Económica. 1948.

Leite-Filho, A.T., Soares-Filho, B.S., Davis, J.L. et al. *Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon*. Nat Commun 12, 2591 (2021).

Nobre, C. et al. *Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm*. Proc. Natl Acad. Sci. USA 113, 10759–10768 (2016).

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. *Variabilidade Climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000*. Revista Climanalise, CPTEC/INPE, 2001.

NÓBREGA, R. S. *Modelagem de Impactos do Desmatamento nos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jamari (RO) Utilizando Dados de Superfície e do TRMM*. 2008. 213p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande - PB - UFCG, Campina Grande, 2008.

SOUZA, R. M. da S. de. *Vulnerabilidade socioambiental na cidade de Porto Velho/RO: uma análise da estruturação de lugares intraurbanos e a formação de áreas de risco*. 2019. 179 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (PGDRA), na Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, 2019.

SANTOS NETO, L. A. *Curso de meteorologia para jornalistas*. Edição Digital (DIVMET-SIPAM-CTO RO), Abr de 2010a. 1 CD-ROM.

SALGADO, C. M. et al. *Caracterização temporal e espacial da precipitação no entorno do município de São Gonçalo – RJ: considerando a série histórica de 1968 a 2002*. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 19-31, jun. 2007.

Spracklen, D. V., Arnold, S. R. & Taylor, C. M. *Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests*. *Nature* 489, 282–286 (2012).

TEJAS, G. T.; et al. *Estudo da variabilidade climática em Porto Velho/RO-Brasil, no período de 1982 a 2011*. *Revista de Geografia*, 29(2), 63–83.

VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e Climatologia Brasília*: INMET, Gráfica e Editora PAX, 2001.