



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA - CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO**

RAYANE ALVES DA PAZ

**TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARNAÍBA
(1994 A 2024): ANÁLISE POR SUB-BACIAS**

TERESINA

2025

RAYANE ALVES DA PAZ

TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARNAÍBA (1994
A 2024): ANÁLISE POR SUB-BACIAS

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de tecnologia em
Geoprocessamento do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus
Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Reurysson Chagas de Sousa
Morais.

TERESINA

2025

TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARNAÍBA (1999 A 2024): ANÁLISE POR SUB-BACIAS

Rayane Alves da Paz¹
Reurysson Chagas de Sousa Morais²

RESUMO

Este estudo analisa tendências climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba entre 1994 e 2024, visando avaliar precipitação, temperatura, evapotranspiração e umidade do solo por sub-bacias. Utilizou-se CHIRPS para precipitação e o modelo FLDAS Noah (FLDAS_NOAH01_C_GL_M) para temperatura, evapotranspiração e umidade do solo; os limites de sub-bacias foram obtidos na ANA. Séries anuais foram extraídas no Google Earth Engine e analisadas em Python; as tendências foram testadas com Mann–Kendall e inclinação de Sen, e as séries padronizadas por z-score. Os resultados mostram ausência de tendência significativa para precipitação, aumento estatisticamente significativo da temperatura (+0,025 °C/ano) e redução significativa da umidade do solo (slope $\approx -8,9$ unidades/ano); a evapotranspiração apresentou variação espacial, com aumento no oeste da bacia. Conclui-se que, apesar da estabilidade pluviométrica, o aquecimento e a maior perda de água para a atmosfera têm promovido redução da disponibilidade hídrica, exigindo medidas de monitoramento e adaptação por sub-bacia. urgentes localmente.

Palavras-chave: clima; tendências climáticas; bacia hidrográfica; rio Parnaíba; variabilidade ambiental.

ABSTRACT

This study analyzes climate trends in the Parnaíba River Basin between 1994 and 2024, aiming to evaluate precipitation, temperature, evapotranspiration, and soil moisture across its sub-basins. CHIRPS data were used for precipitation, and the FLDAS Noah model (FLDAS_NOAH01_C_GL_M) was used for temperature, evapotranspiration, and soil moisture; sub-basin boundaries were obtained from ANA. Annual series were extracted on Google Earth Engine and analyzed in Python; trends were tested using the Mann–Kendall test and Sen's slope estimator, and the series were standardized using z-scores. The results show no significant trend in precipitation, a statistically significant increase in temperature (+0.025 °C/year), and a significant decrease in soil moisture (slope ≈ -8.9 units/year). Evapotranspiration showed spatial variation, with increases occurring mainly in the western portion of the basin. The study concludes that, despite stable rainfall, the warming and increased atmospheric water loss have reduced water availability, requiring urgent monitoring and adaptation measures tailored to each sub-basin.

Keywords: climate; climate trends; watershed; Parnaíba River; environmental variability.

¹ Graduanda em Tecnologia em Geoprocessamento. Instituto Federal do Piauí.
catce.2023111tgeo0008@aluno.ifpi.edu.br.

² Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Professor de Geoprocessamento do Instituto Federal do Piauí.
reurysson@ifpi.edu.br.

Data de aprovação: 18/12/2025

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam a maior ameaça à biodiversidade dos biomas brasileiros (Malecha; Vale, 2024), e seus efeitos já podem ser observados nas alterações dos regimes dos rios brasileiros (Cortizo, 2023), na qualidade dos solos e produtividade agrícola (Félix et al., 2020). Essas mudanças têm provocado impactos significativos no semiárido nordestino, região marcada por secas recorrentes e elevada vulnerabilidade socioambiental (Buriti; Barbosa, 2018). Embora apresente volume anual de chuvas semelhante ao de outras áreas do país, a irregularidade espacial e temporal e a curta duração das precipitações intensas ampliam os riscos para a agricultura e o abastecimento hídrico (Penereiro; Orlando, 2013).

A bacia hidrográfica do rio Parnaíba é a maior bacia inteiramente nordestina e abrange áreas do Piauí, Maranhão e Ceará. Sua diversidade interna reflete disparidades no desenvolvimento social, econômico e na distribuição dos recursos hídricos, tornando-a um recorte essencial para estudos de tendências climáticas (Penereiro; Orlando, 2013).

Compreender as variações espaciais e temporais de parâmetros meteorológicos é, portanto, fundamental para planejar o uso eficiente da água e fortalecer a gestão hídrica (Cabral Júnior; Bezerra, 2018; Abreu; Mutti; Lima, 2019). Considerando tais aspectos, este estudo tem como objetivo analisar as distribuições espaciais e temporais de variáveis climáticas na bacia do rio Parnaíba, entre 1994 e 2024, a partir da análise segmentada de suas sub-bacias, contribuindo para o entendimento dos efeitos das mudanças climáticas e para a formulação de medidas de adaptação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O 5º Relatório do IPCC aponta aumento de 0,85 °C na temperatura média global desde 1880, o que tem intensificado eventos extremos e alterado o ciclo hidrológico (IPCC, 2014). Tais efeitos são mais severos em áreas vulneráveis, como o semiárido brasileiro (Campos; Chaves, 2020), onde se registram chuvas intensas em algumas regiões e estiagens prolongadas em outras. Casos semelhantes foram observados na bacia do Yangtze, na China, em 2022 (Zhuo-Zhuo et al., 2023), e na recente crise hídrica da bacia Amazônica (Fernandes; Rodrigues, 2018). Segundo Araújo et al. (2021), os baixos índices pluviométricos e sua distribuição irregular intensificam a escassez hídrica e seus impactos socioeconômicos.

No contexto da análise de tendências climáticas, as bacias hidrográficas representam unidades espaciais naturais de estudo, uma vez que, por serem sistemas dinâmicos e abertos, são particularmente sensíveis às alterações climáticas, tanto de origem natural quanto antrópica (Botelho; Silva, 2004; Garg et al., 2017).

Diversos estudos têm buscado avaliar as tendências climáticas da bacia do rio Parnaíba em sua integralidade (Abreu; Mutti; Lima, 2019; Penereiro, 2020; Penereiro; Orlando, 2013). Entretanto, os recortes temporais adotados diferem entre si, o que dificulta análises comparativas das tendências climáticas, além de muitos desses trabalhos focarem apenas na precipitação. Assim, torna-se relevante uma abordagem que considere múltiplas variáveis e a divisão por sub-bacias para permitir uma compreensão mais detalhada das dinâmicas ambientais da BHRP.

3 METODOLOGIA

A pesquisa utilizou o método hipotético-dedutivo para identificar a ocorrência de tendências climáticas na bacia hidrográfica do rio Parnaíba a partir da análise de séries históricas (1994-2024) de precipitação, temperatura, evapotranspiração e umidade do solo.

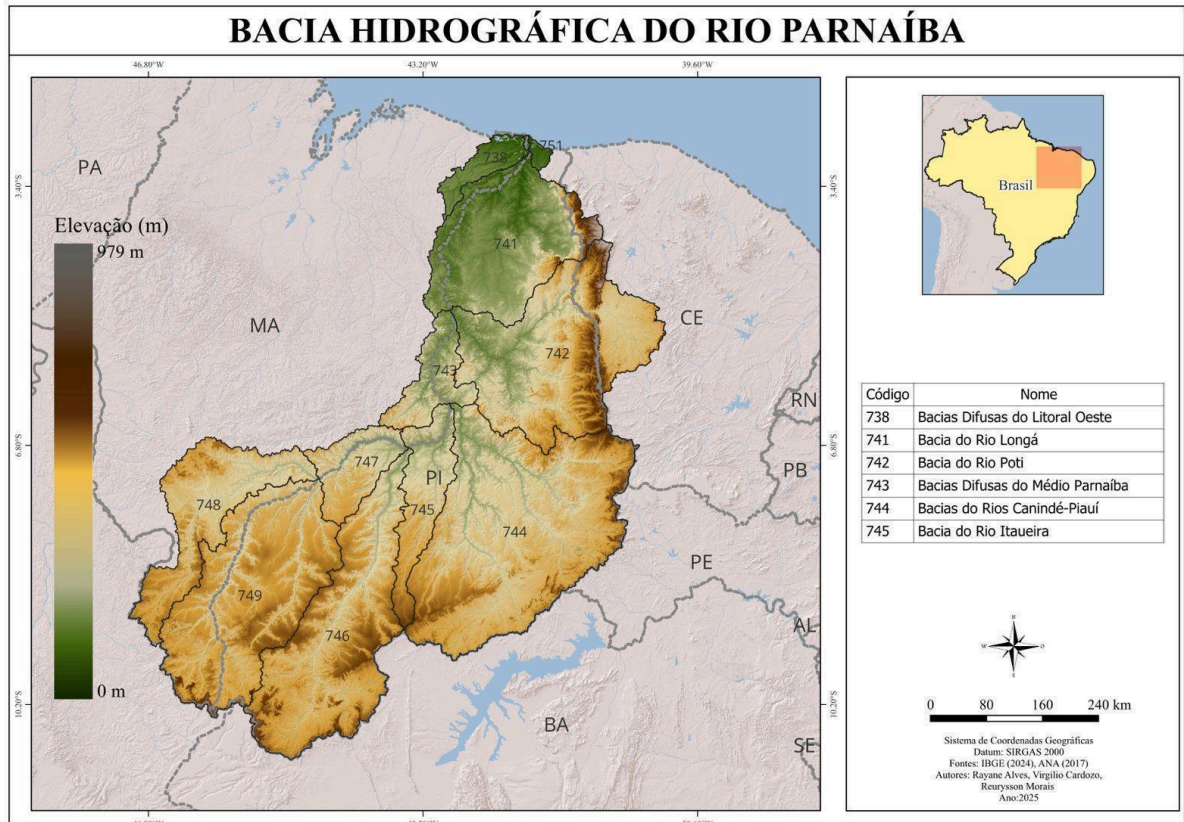
3.1 ÁREA DE ESTUDO

Este artigo teve como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba (BHRP), a maior bacia genuinamente nordestina. Localizada entre as coordenadas 2°21' e 11°06' de latitude sul e 47°21' e 39°44' de longitude oeste, apresenta 333.9 km² distribuídos entre os estados do Piauí, que abrange 75% da sua área total,

Maranhão (20%) e Ceará (5%). Tem como principal afluente em terras maranhenses o rio das Balsas, localizado ao sudoeste da bacia, enquanto o território cearense é drenado pelo rio Poti e seus afluentes. Além disso, em solo piauiense, destacam-se por suas dimensões de área drenada os rios Poti, Gurguéia, Uruçuí Preto, Canindé, Piauí e Longá.

Do ponto de vista geológico, a bacia do Parnaíba é constituída majoritariamente por rochas sedimentares da bacia sedimentar do Parnaíba, e em menor extensão, ao sul, rochas sedimentares da bacia Sanfranciscana, enquanto uma estreita faixa na porção sudeste e leste exibe formações cristalinas da Depressão Sertaneja. Essas características favorecem o armazenamento de água subterrânea responsáveis pela perenidade dos principais rios. O relevo é caracterizado por extensos planaltos e chapadas ocupados por agricultura comercial, além de vales encaixados e superfícies aplainadas com diferentes níveis de conservação, onde se desenvolvem atividades de agricultura de subsistência, pecuária extensiva e extrativismo vegetal (Ferreira; Dantas, 2010).

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba



Fonte: Os autores (2025)

3.2 BASE DE DADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE

Na análise da precipitação, foram utilizados dados do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation With Station Data (CHIRPS) (Funk et al., 2015), disponíveis para o período de 1994 a 2024, com resolução espacial de $0,05^\circ$ (~5 km) e frequência mensal. As informações de temperatura, evapotranspiração e umidade do solo foram obtidas do modelo FLDAS Noah Land Surface Model L4 Global Monthly (FLDAS_NOAH01_C_GL_M v001), disponibilizado pela NASA por meio do Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC) (NASA GSFC Hydrological Sciences Laboratory, 2018), com resolução de $0,1^\circ$ (~10 km) e dados mensais.

A escolha por essas bases de dados justifica-se pela baixa densidade da rede de monitoramento convencional na região, pelas falhas de registro, pela limitada cobertura temporal e, sobretudo, pela ausência de dados de umidade do solo em medições diretas.

Os limites da bacia hidrográfica do rio Parnaíba e de suas sub-bacias foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A obtenção das séries históricas anuais e o cálculo das estatísticas zonais foram conduzidos no Google Earth Engine (GEE). Para cada sub-bacia hidrográfica, utilizou-se a média espacial anual como estatística de agregação, de modo a representar as condições climáticas médias de cada unidade. As séries temporais assim geradas foram exportadas em formato CSV e analisadas em Python.

A exploração inicial dos dados foi realizada com o uso de bibliotecas de análise estatística em Python. A tendência monotônica das séries temporais foi avaliada pelo teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), considerado apropriado para distribuições desconhecidas ou não normais e amplamente aplicado em estudos hidrológicos (Penereiro, 2020). Para essa etapa, utilizou-se o pacote `pyMannKendall` (Hussain; Mahmud, 2019), em conjunto com `Pandas`, `Matplotlib` e `Seaborn`, empregados na manipulação e visualização dos dados.

Para fins de visualização, foram ajustadas retas de regressão linear às séries temporais normalizadas, de modo a representar graficamente a direção das tendências. Ressalta-se, entretanto, que a inferência estatística sobre a presença de tendência foi realizada exclusivamente com base no teste de Mann-Kendall, por ser mais robusto para séries ambientais. As séries temporais foram padronizadas

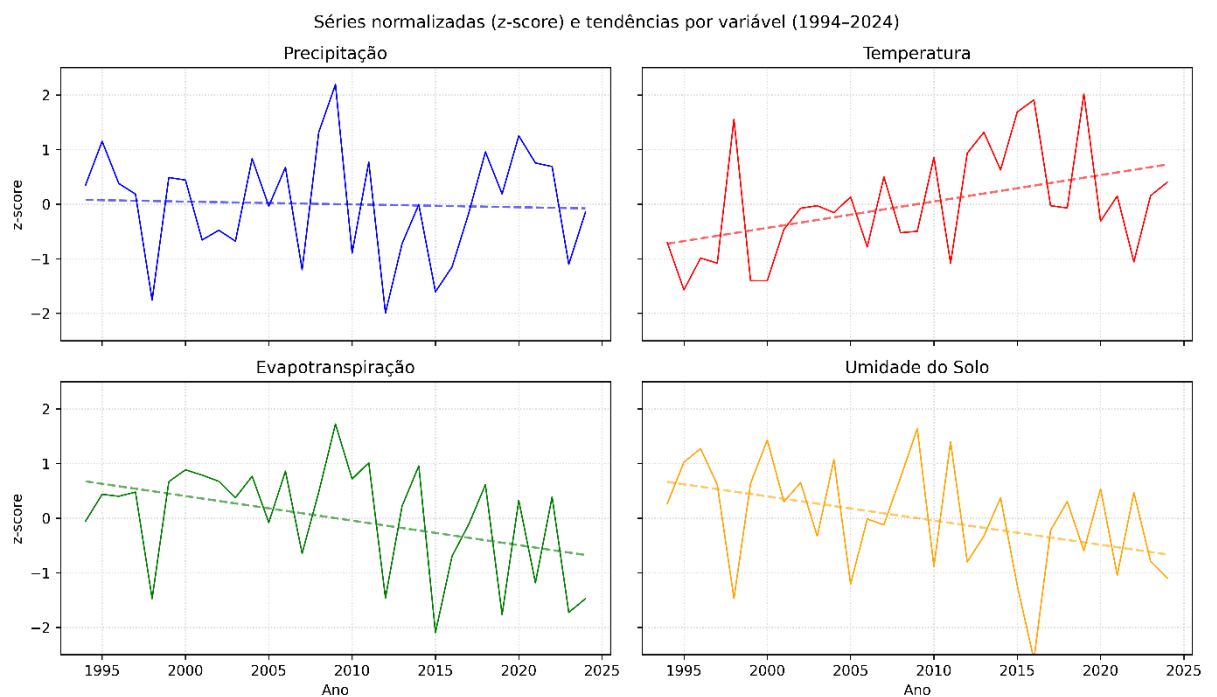
(z-score), de modo a permitir a comparação direta entre variáveis de magnitudes distintas (mm, °C e %).

As associações entre as variáveis foram examinadas por meio da correlação linear de Pearson, implementada com auxílio do pacote SciPy (Virtanen et al., 2020). Em todos os testes estatísticos, foi adotado um nível de significância de 0,05 ($\alpha = 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

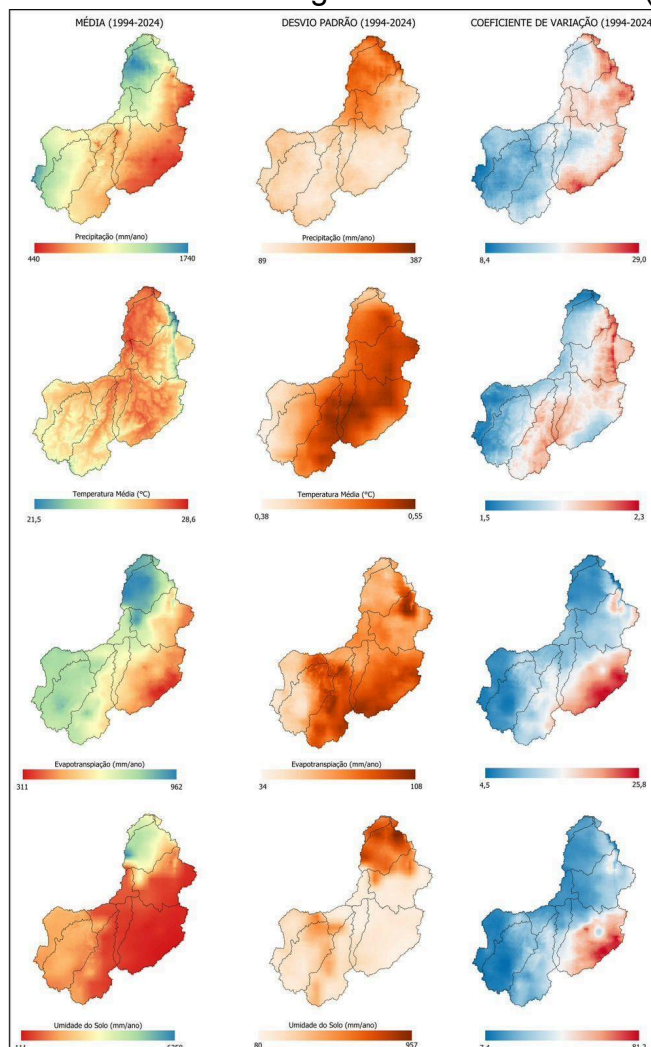
O teste de Mann-Kendall indicou ausência de tendência significativa para a precipitação ($\tau = -0,02$; $p = 0,865$) e para a evapotranspiração ($\tau = -0,23$; $p = 0,077$). Por outro lado, a temperatura apresentou tendência de aumento estatisticamente significativa ($\tau = 0,36$; $p = 0,004$), com slope de Sen estimado em $+0,025$ °C/ano. A umidade do solo exibiu tendência de decréscimo ($\tau = -0,26$; $p = 0,041$), com slope de Sen de $-8,9$ unidades/ano. Esses resultados evidenciam o aquecimento contínuo da região e a concomitante redução da umidade do solo, enquanto os demais parâmetros analisados não apresentaram tendências estatisticamente robustas.

Figura 2 - Séries Normalizadas (z-score) e tendências por variável(1994-2024)



Fonte: Os Autores (2025)

Figura 3 - Distribuição da média, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis climáticas da bacia hidrográfica do rio Parnaíba (1994 - 2024).



Fonte: Os Autores (2025)

A análise da distribuição espacial da precipitação revela um grau bem definido, com os maiores volumes médios concentrados na porção noroeste da bacia, aproximando-se da transição para o bioma amazônico, enquanto os menores índices ocorrem no sudeste, em áreas de clima semiárido. Embora essa região mais seca tenha menos chuva, o coeficiente de variação mostra que é justamente nela que a irregularidade interanual é mais acentuada. Isso significa que, além de chover menos, a previsibilidade das chuvas no sudeste piauiense é menor, o que impõe desafios severos para o planejamento agrícola e o abastecimento de água.

Em relação à temperatura, os mapas confirmam um padrão de aquecimento generalizado, mas com intensidades que variam conforme a altitude e a latitude. As médias mais elevadas são observadas nas áreas centrais e ao norte, coincidindo com as superfícies aplainadas e baixas altitudes da bacia. O baixo desvio padrão térmico indica que esse calor é uma característica persistente e homogênea, o que, somado à tendência de aumento detectada de $+0,025^{\circ}\text{C/ano}$, sugere que a bacia está enfrentando um estresse térmico cada vez mais constante e rigoroso.

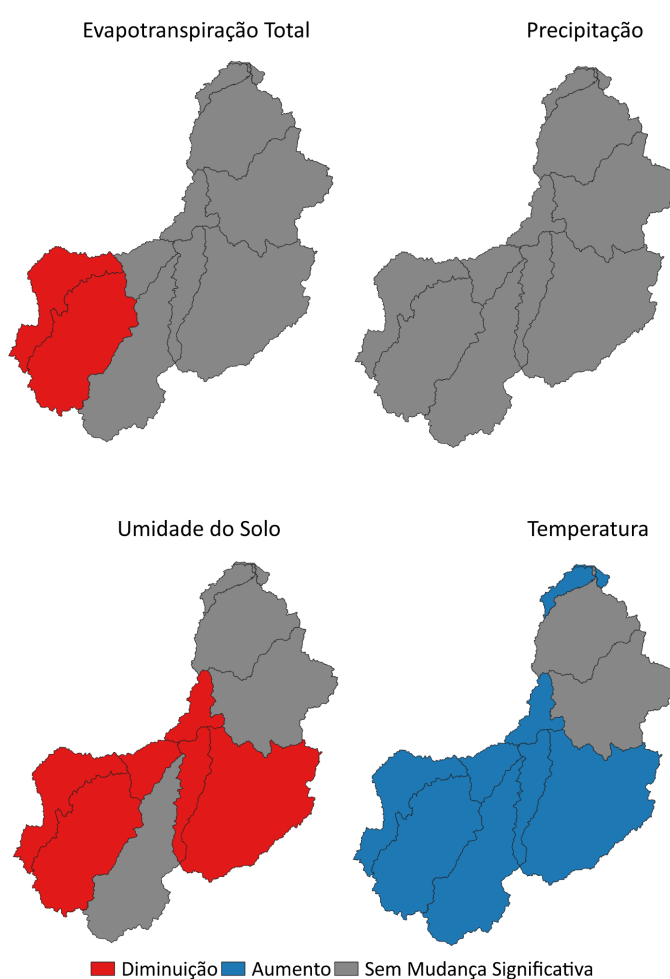
A evapotranspiração total apresenta um comportamento espacial que reflete a interação entre a disponibilidade de água e a energia solar disponível. Na porção oeste, especialmente na sub-bacia do rio das Balsas, notamos os maiores valores médios de perda de água para a atmosfera. O interessante é que essa variável apresenta uma variabilidade espacial significativa, sugerindo que o uso do solo e a cobertura vegetal, além dos fatores climáticos, desempenham um papel crucial em como a bacia devolve água para o ciclo hidrológico.

A umidade do solo mostra um cenário preocupante: as médias mais baixas estão distribuídas por uma vasta área que abrange o centro e o leste da bacia. O coeficiente de variação para essa variável é particularmente alto em certas sub-bacias, o que reforça a ideia de que o solo está se tornando mais suscetível a períodos críticos de dessecação. Esse padrão de redução da umidade, mesmo com a estabilidade das chuvas, confirma que o aumento da temperatura está acelerando a secagem do perfil do solo, afetando diretamente a produtividade das pastagens e das culturas de subsistência.

Por fim, a integração dessas variáveis na Figura 3 permite concluir que a BHRP vive uma realidade de desequilíbrio no balanço hídrico. Enquanto a precipitação permanece estável, o aumento das temperaturas e a variabilidade da evapotranspiração estão "expulsando" a água do sistema de forma mais agressiva. A análise espacial detalhada mostra que não podemos tratar a bacia como um bloco único; as sub-bacias do centro e do sul estão em um estágio de vulnerabilidade mais avançado, exigindo que as políticas de adaptação e gestão hídrica sejam desenhadas respeitando essas particularidades locais.

Figura 4 - Distribuição espacial da evapotranspiração total, precipitação, umidade do solo e temperatura

De acordo com os resultados mostrados nos gráficos acima, eles também foram visualizados na forma de mapas, mostrando a distribuição espacial de cada uma das variáveis.



Fonte: Os autores (2025)

Além dos resultados gerais apresentados pelo teste de Mann-Kendall, a análise espacial das tendências mostra que as respostas climáticas não são iguais entre as sub-bacias da BHRP. Os mapas mostram que a evapotranspiração total apresenta tendência significativa de diminuição concentrada principalmente na

porção oeste da bacia, área que corresponde à sub-bacia do rio das Balsas. A análise espacial da evapotranspiração total revela um comportamento intrigante na sub-bacia do rio das Balsas, onde a tendência de diminuição é mais evidente. Como essa área fica na porção oeste, mais próxima de regiões úmidas, essa redução pode indicar que a vegetação local está atingindo um limite de resistência ou que o balanço de energia na superfície está mudando.

No caso da precipitação, o mapa evidencia que nenhuma sub-bacia apresentou tendência estatisticamente significativa, o que reforça o resultado geral obtido pelo teste de Mann-Kendall. A distribuição espacial homogênea, marcada inteiramente pela cor referente à ausência de mudança, indica que os padrões pluviométricos anuais permaneceram relativamente estáveis ao longo dos 30 anos analisados. A Figura 4 indica que não há mudanças significativas em nenhuma sub-bacia nos últimos 30 anos. Embora a estabilidade das chuvas pareça positiva, ela ressalta que o problema da bacia não é a falta de entrada de água, mas sim a velocidade com que essa água é perdida. O mapa na cor cinza serve como uma prova técnica de que a crise hídrica na Bacia do Parnaíba é impulsionada por fatores térmicos e de solo, e não por uma alteração nos ciclos pluviométricos tradicionais da região

A distribuição espacial da umidade do solo revela um padrão mais amplo de redução, atingindo praticamente todas as sub-bacias localizadas no centro, sudoeste e sudeste da BHRP. A diferença entre a ausência de tendência significativa na precipitação e a redução consistente da umidade do solo indica que o balanço hídrico está sendo influenciado mais pela intensificação das perdas de água para a atmosfera do que por mudanças diretas nas chuvas, tornando as sub-bacias mais suscetíveis a déficits hídricos mesmo em cenários sem redução pluviométrica. A mancha de redução que cobre o centro e o sul da bacia é um dos achados mais críticos do mapa de tendências. Essa queda acentuada atinge sub-bacias vitais para a agricultura, como a do Gurguéia e do Canindé-Piauí, indicando que o solo está ficando mais seco a cada ano. Mesmo com chuvas estáveis, a capacidade do terreno de segurar água está sendo vencida pelo calor, o que coloca em risco a segurança alimentar das comunidades que dependem diretamente da umidade natural para suas plantações de subsistência

No caso da temperatura, os mapas reforçam a tendência estatisticamente significativa detectada pelo teste de Mann-Kendall, destacando que o aumento é

especialmente abrangente, sobretudo nas sub-bacias centrais e meridionais. A espacialização da temperatura mostra que o aquecimento não é apenas global, mas uma realidade geográfica muito clara nas sub-bacias meridionais e centrais. O mapa de tendência de aumento nessas áreas explica por que a evapotranspiração e a umidade do solo estão reagindo de forma tão negativa, criando um efeito cascata de degradação climática. Essa visão por partes confirma que o sul do Piauí é a região que mais sofre com o estresse térmico atual, exigindo que as medidas de adaptação climática sejam priorizadas nessas coordenadas para evitar um colapso produtivo

Portanto, a combinação entre o aumento da temperatura, redução da umidade do solo e elevação parcial da evapotranspiração aponta para um cenário de crescente estresse térmico e hídrico na bacia, com potenciais implicações para a manutenção dos ecossistemas, a produtividade agrícola e a disponibilidade de água para diferentes usos.

5 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a temperatura na bacia do Parnaíba vem aumentando de forma consistente ao longo dos anos, enquanto a umidade do solo diminui. Mesmo que a chuva não apresente uma tendência definida, o comportamento da evapotranspiração indica que o ambiente está perdendo mais água para a atmosfera. Isso cria um cenário de maior estresse hídrico, ou seja, o solo fica mais seco e o calor se manifesta de forma mais intensa. Esses dados apontam para um desequilíbrio no balanço de água da bacia, mesmo sem redução significativa da precipitação.

Outro ponto importante é que essas mudanças não acontecem da mesma forma em toda a bacia. Algumas áreas, principalmente as sub-bacias centrais e ao sul, mostram um aquecimento mais forte, enquanto a região oeste apresenta valores mais elevados de evapotranspiração. Isso significa que cada sub-bacia sente os impactos de um jeito diferente. Assim, enquanto algumas áreas ainda mantêm certa estabilidade, outras já demonstram sinais claros de perda de umidade e maior demanda hídrica. Esse comportamento desigual reforça a necessidade de olhar para a bacia por partes, e não como um único bloco.

Pensando nas consequências, os resultados deixam claro que essas mudanças já podem impactar diretamente as pessoas, a agricultura e os recursos

naturais. Com temperaturas mais altas e solo mais seco, plantações podem sofrer mais, a necessidade de irrigação aumenta e ecossistemas ficam mais vulneráveis. Mesmo que a chuva não tenha caído de forma significativa, a maior perda de água para a atmosfera pode fazer com que períodos de escassez se tornem mais frequentes.

Fechando a análise, o que fica evidente é a necessidade de ações práticas e coordenadas. Melhorar o monitoramento climático, investir em técnicas que aumentem a retenção de água no solo e fortalecer a gestão hídrica das sub-bacias são passos importantes. Também é essencial observar como essas mudanças afetam quem vive e produz na região, garantindo medidas de adaptação que realmente funcionem no dia a dia. Portanto, de forma geral, os resultados mostram que a bacia hidrográfica do rio Parnaíba está ficando mais quente e seca.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. DA. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: A. C. Vite; A. J. T. Guerra (Orgs.); **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. p.153–192, 2004. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

CAMPOS, Juliana De Oliveira; CHAVES, Henrique Marinho Leite. Tendências e Variabilidades nas Séries Históricas de Precipitação Mensal e Anual no Bioma Cerrado no Período 1977-2010. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 157–169, 2020.

DE ABREU, Lizandro Pereira; MUTTI, Pedro Rodrigues; LIMA, Kellen Carla. Variabilidade espacial e temporal da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, Nordeste do Brasil. [s. l.], 2019.

PENEREIRO, Júlio César; ORLANDO, Diogo Vieira. Análises de tendências em séries temporais anuais de dados climáticos e hidrológicos na bacia do rio Parnaíba entre os estados do Maranhão e Piauí/Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 5, 2013.

FERNANDES, L. G.; RODRIGUES, R. R. Changes in the patterns of extreme rainfall events in southern Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 3, p. 1337-1352, 2018.

ZHUO-ZHUO, L. Y. U.; GAO, H.; GAO, R.; DING, T. Extreme characteristics and causes of the drought event in the whole Yangtze River Basin in the midsummer of 2022. **Advances in Climate Change Research**, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S167492782300117X?via%3Dihub>. Acesso em: 02 set. 2025.

FERREIRA, R. V.; DANTAS, M. E. Relevô. Em: PFALTZGRAFF, P. A. DOS S.; TORRES, F. DE M. T.; BRANDÃO, R. DE L. (Ed.). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010. p. 45–64.

FUNK, C. et al. The Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations—a New Environmental Record for Monitoring Extremes. **Scientific Data**, v. 2, n. 1, p. 150066, 8 dez. 2015. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/sdata201566>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MANN, H. B. **Nonparametric Tests Against Trend**. *Econometrica*, v. 13, n. 3, p. 245, 1945.

KENDALL, M. **Rank correlation measures**. 4o ed. London: Charles Griffin, 1975.

HUSSAIN, M.; MAHMUD, I. pyMannKendall: a python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 39, p. 1556, 2019. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33925> >. Acesso em: 18 jun. 2024.

VIRTANEN, P. et al. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. **Nature Methods**, v. 17, n. 3, p. 261–272, 2 mar. 2020. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41592-019-0686-2>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

NASA GSFC HYDROLOGICAL SCIENCES LABORATORY (HSL). **FLDAS Noah Land Surface Model L4 Global Monthly 0.1 x 0.1 degree (MERRA-2 and CHIRPS) V001**. NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, 2018. Disponível em: <https://disc.gsfc.nasa.gov/datacollection/FLDAS_NOAH01_C_GL_M_001.shtml>. Acesso em: 10 jul. 2024.