



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

HIDROTOOLS: FERRAMENTA INTEGRADA PARA O PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS HIDROCLIMÁTICOS.

*Diego Cezar dos Santos Araujo¹; Arivânia Bandeira Rodrigues² & Vanine Elane
Menezes de Farias³*

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, Eventos Extremos, Índices de Seca, Gestão de Recursos Hídricos.

INTRODUÇÃO

Eventos climáticos severos impõem vulnerabilidades críticas ao planejamento hídrico contemporâneo (Tenagashaw et al., 2022). No entanto, a eficácia das estratégias de resposta é frequentemente prejudicada pela fragmentação de informações e pela barreira técnica imposta pelo processamento de dados complexos (Nagireddy et al., 2023). Nesse cenário, a plataforma *HidroTools* surge como uma solução computacional voltada à simplificação e automação da análise hidroclimática. A plataforma integra funções estatísticas e o cálculo de índices padronizados em um ambiente web acessível. O presente artigo detalha as potencialidades do software e demonstra sua utilidade analítica em um cenário real, utilizando dados da cidade do Recife.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O estudo foi aplicado à cidade do Recife, capital de Pernambuco, localizada no litoral do Nordeste brasileiro (Latitude 8° 04' 03" S e Longitude 34° 55' 00" W). Possui um clima tropical quente e úmido e uma precipitação média anual de aproximadamente 2.270 mm. De acordo com último censo demográfico, Recife possui uma população total de 1.488.920 pessoas, com densidade demográfica de 6.803,60 hab/Km², ocupando a nona posição dentre as cidades mais populosas e a posição de número doze entre as cidades mais densas do Brasil (IBGE, 2022).

Processamento no Hidrotools

Para a aplicação da ferramenta, foram utilizados dados de precipitação da estação climatológica do INMET (Recife – Curado– Cód. OMM: 82900) para o período histórico de 1980 a 2010. Para as projeções futuras (2015-2100), foram empregados dados do modelo climático global MIROC6 (Ballarin et al., 2023). Os dados do modelo foram corrigidos pelo método Quantile Mapping para reduzir vieses.

As aplicações foram realizadas utilizando os módulos da plataforma HidroTools, que integram as seguintes funcionalidades:

¹ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil. 81 98815-1111. diego.caraujo@ufpe.br

² Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Lagarto- Sergipe / Recife - Pernambuco, Brasil. 81 999169963. arivania.rodrigues@ufpe.br

³ Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil. 83 98732-9645. vaninefarias@usp.br

- **Análise de dados climatológicos:** A ferramenta calcula a climatologia mensal, a análise sazonal e a frequência de precipitação, além de gerar visualizações dinâmicas, como gráficos e mapas de calor, a partir de séries temporais.

- **Análise de Tendência:** Realizada a partir do teste não paramétrico de Mann-Kendall para detectar tendências estatisticamente significativas nas séries temporais de precipitação e temperatura.

- **Índices de Extremos Climáticos:** Calculados baseados dos dados diários para avaliar mudanças na frequência e intensidade de eventos extremos. Para precipitação, são calculados o total anual (PRECTOT), a precipitação máxima em 1 e 5 dias (Rx1day, Rx5day), o número de dias com chuva acima de 10 mm e 20 mm (R10mm, R20mm) e os dias consecutivos secos e chuvosos (CDD, CWD).

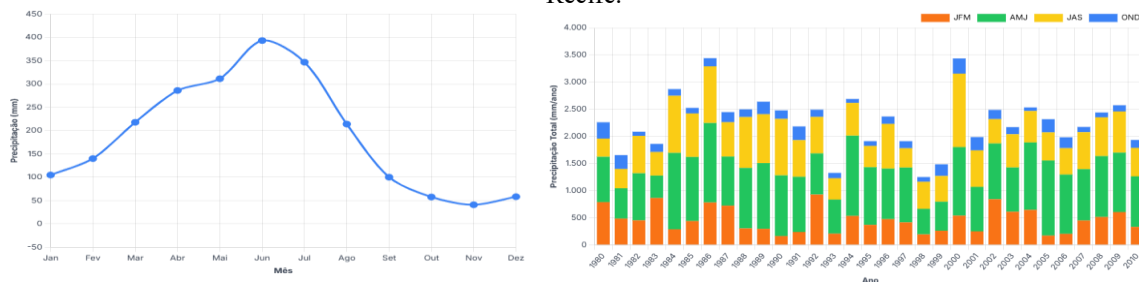
- **Índices de Seca:** A plataforma calcula o Índice de Precipitação Padronizado (SPI) para avaliar a seca meteorológica, ajustando os dados de precipitação a uma distribuição de probabilidade Gama, que é o aplicado para esse estudo. Outras ferramentas para secas agrícolas e hidrológicas também estão disponíveis na ferramenta.

RESULTADOS

Dinâmica pluviométrica da cidade do Recife

A plataforma é capaz de realizar análises climatológicas detalhadas de forma automatizada. O processamento da série temporal de dados de precipitação para calcular a climatologia mensal e a distribuição sazonal das chuvas, gera visualizações dinâmicas, como os gráficos de normal climatológica e de precipitação total anual como os apresentados para o Recife (Figura 1). A análise climatológica caracterizou o padrão sazonal de chuvas de Recife, com pico entre abril e julho.

Figura 1 – a) Climatologia mensal de 1980 a 2010; b) Distribuição sazonal das chuvas, no município de Recife.



Apresentação dos Índices de Extremos Climáticos

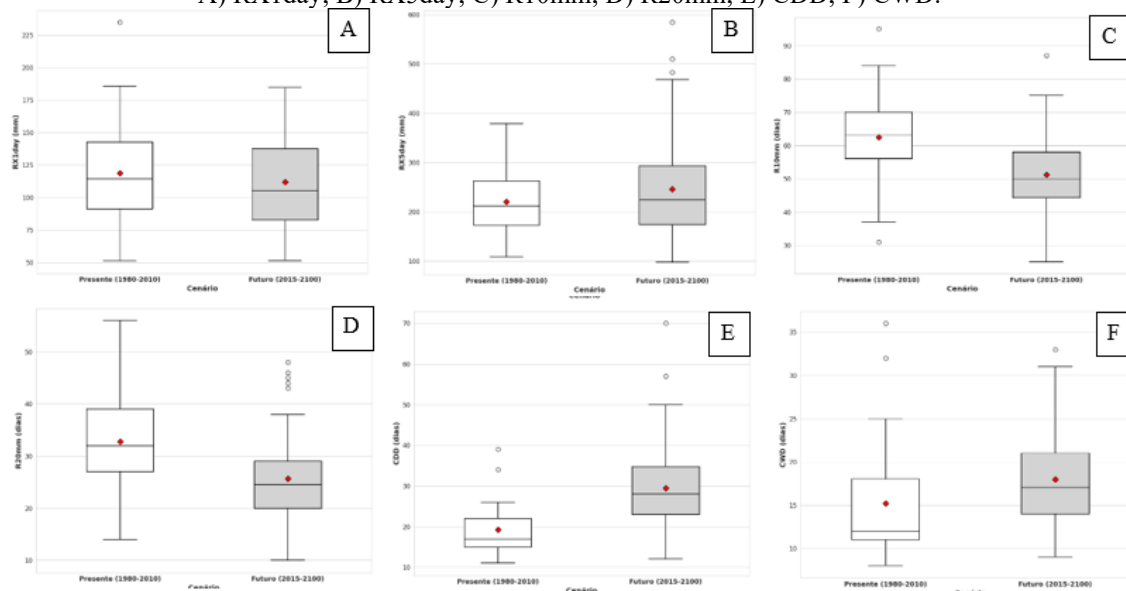
Com base nos dados do modelo climático global MIROC6, a ferramenta permitiu realizar a validação para o período histórico, que nesse estudo indicou boa coerência com os dados observados, garantindo boa representação para as projeções futuras (Figura 2).

Figura 2 – Validação do período histórico do modelo MIROC6 (1980-2010).



A partir disso, o *HidroTools* permite calcular os índices de extremos climáticos (Figura 3). Para o Recife, as projeções sugerem que o clima futuro tende a se concentrar em extremos: períodos de estiagem mais longos e severos, interrompidos por eventos de chuva mais persistentes e concentrados, agravando os riscos de desastres.

Figura 3 – Índices climáticos de precipitação para o período presente (1980-2010) e futuro (2015-2100): A) RX1day; B) RX5day; C) R10mm; D) R20mm; E) CDD; F) CWD.



Análise de tendência de precipitação

A análise de tendência com o teste de Mann-Kendall não detectou variação estatisticamente significativa para a precipitação anual total na série histórica e futura, conforme apresentado na Tabela 1.

Contudo, a avaliação mensal para os dados futuros revelou uma importante alteração na sazonalidade das chuvas, com tendência de redução nos meses de janeiro a maio e novembro, e de aumento em julho, agosto e setembro.

Tabela 1 - Estatísticas do teste de Mann-Kendall para dados históricos e projetados de precipitação na RMR.

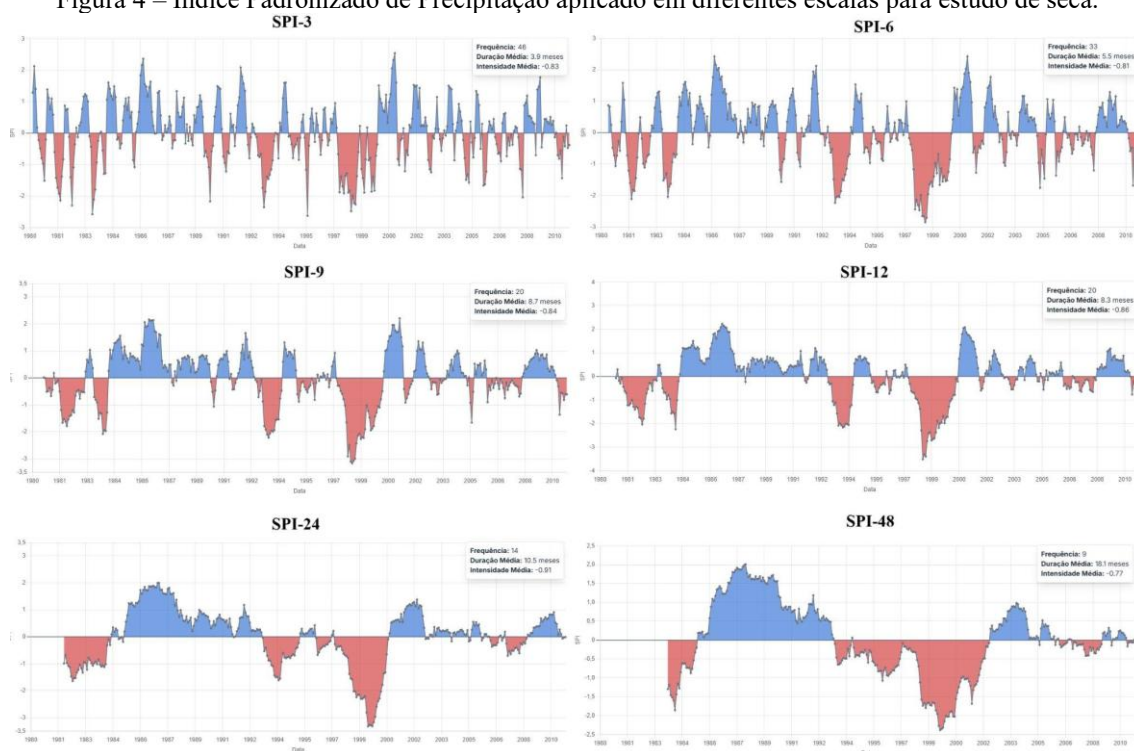
Período	Tendência	Tau de Kendall	<i>p</i> -valor
1980 - 2010	Sem tendência	-0,058	0,659
2015 - 2100	Sem tendência	-0,065	0,379

Análise de Secas

A plataforma também possibilita o cálculo de diferentes índices para o monitoramento de secas, como a meteorológica (Índice de Precipitação Padronizado - SPI), a hidrológica (Índice de Escoamento Padronizado - SRI) e a agrícola (anomalia de umidade do solo). Estes índices podem ser gerados para múltiplas escalas de tempo (3, 6, 12, 24 e 48 meses), permitindo caracterizar a frequência e a intensidade dos eventos.

A Figura 4, por exemplo, representa a aplicação do índice SPI para Recife no período histórico, demonstrando a capacidade da ferramenta no monitoramento da seca. Junto a esses índices também são fornecidas informações dos índices de frequência, duração e intensidade dos eventos.

Figura 4 – Índice Padronizado de Precipitação aplicado em diferentes escalas para estudo de seca.



CONCLUSÕES

A plataforma HidroTools viabiliza a superação de obstáculos técnicos associados à compilação e ao processamento de séries históricas complexas. Sua arquitetura permite que informações hidroclimáticas sejam processadas de forma integrada, facilitando o acesso de gestores e pesquisadores a diagnósticos precisos. No contexto das mudanças climáticas, a ferramenta apresenta-se como um recurso indispensável para o planejamento de estratégias adaptativas em áreas de alta vulnerabilidade, a exemplo do cenário analisado em Recife.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto INCT- Observatório Nacional de Segurança Hídrica e Gestão Adaptativa (Proc. 406919/2022-4) CHAMADA Nº 58/2022/CNPq.

REFERÊNCIAS

- BALLARIN, A. S.; SONE, J. S.; GESUALDO, G. C.; SCHWAMBACK, D.; REIS, A.; ALMAGRO, A.; WENDLAND, E. C. CLIMBra - Climate change dataset for Brazil. *Scientific Data*, 10, 1–31. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-01956-z>
- NAGIREDDY, N.R.; KEESARA, V.R.; VENKATA RAO, G.; SRIDHAR, V.; SRINIVASAN, R. (2023). Assessment of the Impact of Climate Change on Streamflow and Sediment in the Nagavali and Vamsadhara Watersheds in India. *Appl. Sci.* 13, 7554. <https://doi.org/10.3390/app13137554>.
- TENAGASHAW, D.Y., MULUNEH, M., METAFERIA, G. MEKONNEN, Y. A. Land Use and Climate Change Impacts on Streamflow Using SWAT Model, Middle Awash Sub Basin, Ethiopia. *Water Conserv Sci Eng* 7, 183–196. 2022. <https://doi.org/10.1007/s41101-022-00135-2>.