



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

SPI EM DIFERENTES ESCALAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE SECAS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

*Aline Maria Soares das Chagas*¹; *Abelardo Antônio Assunção Montenegro*²; *Talita Xavier Gouveia*³

Palavras-chave: índices de seca, SPI multiescalar, gestão de reservatórios

INTRODUÇÃO

A seca difere de outros desastres naturais em vários aspectos. Ela costuma se acumular lentamente ao longo do tempo, e seus efeitos podem persistir por anos após o fim do evento. Em contraste com outros desastres, os impactos da seca não são predominantemente estruturais e tendem a se espalhar por áreas geográficas mais amplas; por isso a seca é frequentemente descrita como um fenômeno gradual modificando a dinâmica de recursos hídricos da região (Wilhite et al., 2000).

Ademais, as secas afetam diferentes regiões do Brasil, reduzindo a segurança hídrica, alimentar e energética (Cunha et al., 2019) e tendem a ter maior intensidade e frequência em regiões semiáridas. No Estado de Pernambuco, cerca de 88,2% do seu território é considerado semiárido, de acordo com Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Sendo necessário utilizar de estratégias para vencer as dificuldades impostas pela seca.

No sentido de adaptação e resiliência a secas, os reservatórios são importantes para a gestão dos recursos hídricos, pois proporcionam segurança hídrica em períodos de estiagem sendo essencial para a convivência com a seca.

Dessa forma, identificar secas e os seus impactos nessa região se torna crucial para um plano eficaz de preparação, mitigação e adaptação à seca não só a gestão dos recursos hídricos, mas também a gestão ambiental e o planejamento econômico (Bevacqua et al. 2021). Dessa forma, índices de seca como o Índice Padronizado de Precipitação (SPI), desenvolvido por McKee et al. (1993), é um das ferramentas mais utilizados na análise dos eventos de secas e um dos indicadores mais utilizados para monitorar as condições de seca em âmbito global e regional.

O objetivo deste trabalho é identificar e caracterizar eventos de seca na bacia do Alto Ipanema (1990–2020) e avaliar seus impactos no reservatório de Ingazeira, empregando o Índice de Precipitação Padronizado (SPI) em diferentes escalas temporais (6 e 12 meses) para distinguir secas de curta duração, recorrentes, e secas prolongadas com efeitos acumulados sobre os volumes armazenados.

¹) Universidade Federal Rural de Pernambuco– UFRPE, Recife, PE, Brasil, e-mail: alinemschagas@gmail.com

²) Universidade Federal Rural de Pernambuco– UFRPE, Recife, PE, Brasil, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com.

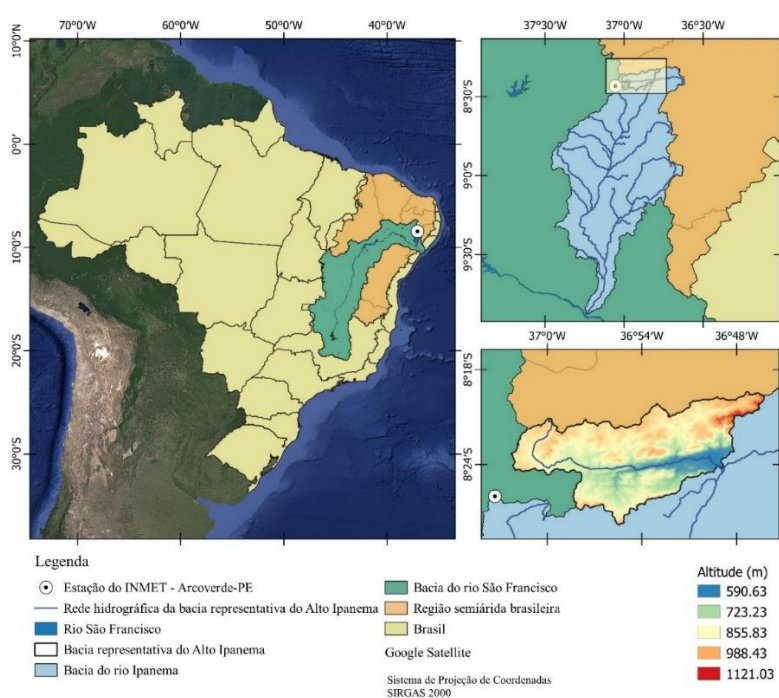
³) Universidade Federal Rural de Pernambuco– UFRPE, Recife, PE, Brasil, e-mail: talita.xgouveia@ufrpe.br

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na bacia do Alto Ipanema, sub-bacia representativa da bacia do Ipanema, localizada na região semiárida de Pernambuco. A área em estudo abrange a região da nascente da bacia do Ipanema, afluente da Bacia do Rio São Francisco (Figura 1), situando-se em sua porção inferior. O clima predominante é do tipo semiárido quente (BSsh), conforme a classificação de Köppen. A precipitação média anual é de aproximadamente 607 mm, com temperatura média de 23 °C e evapotranspiração potencial em torno de 2000 mm por ano (Silva Júnior et al., 2016).

Figura 1 – Localização da bacia representativa do Alto Ipanema.



Dados meteorológicos

Devido ao elevado número de falhas no monitoramento pluviométrico da região, este estudo utilizou os dados do *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BRDWGD) (Xavier et al., 2022) como entrada para o cálculo do SPI referente à estação climatológica do INMET — Arcoverde (Cód. 82890). O produto apresenta resolução espacial de 0,1° e cobre o período de 1° de janeiro de 1961 a 31 de julho de 2020. A escolha do BRDWGD foi justificada pela validação realizada contra as observações da estação de Arcoverde, que mostrou boa concordância, com coeficiente de determinação de 0,85, indicando que o produto representa adequadamente a variabilidade pluviométrica local. Neste estudo foram utilizados dados de precipitação referentes ao período 1990–2020, que coincide com a normal climatológica mais recente, garantindo representatividade climática para as análises.

Índice padronizado de precipitação (SPI)

O SPI é uma ferramenta que normaliza os dados de precipitação, permitindo a compreensão do quanto um determinado valor de precipitação se afasta da média histórica

(Mckee et al., 1993). Para realizar essa normalização, registros de precipitação a longo prazo são ajustados a uma distribuição de probabilidade e, em seguida, transformados em uma distribuição normal. Valores positivos indicam condições mais úmidas do que o usual, enquanto valores negativos sugerem condições mais secas (Cuartas et al., 2022). Neste estudo, foram utilizadas as escalas de tempo de 06 e 12 meses para avaliar qual escala de tempo consegue indicar reduções de volume de reservatórios.

Índice de anomalia do volume de reservatório

A variável utilizada para identificar seca hidrológica neste estudo foi avaliado a anomalia do volume (AVR) no reservatório de Ingazeira na bacia do Rio Ipanema e monitorado pela Agência de Águas e Climas – APAC no período entre 2000 e 2020. A AVR é definida como a diferença do volume armazenado, em um determinado mês, em relação à média do período avaliado. Essa análise visa avaliar os desvios dos dados de volume, em torno da média durante a série temporal de dados. Neste trabalho, a média foi substituída pela mediana, e a anomalia do volume foi calculada segundo a equação a seguir:

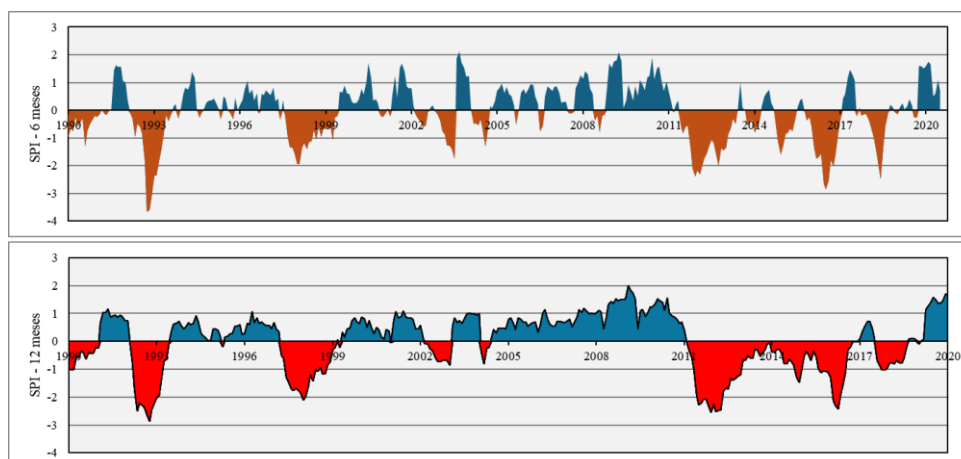
$$Volanomalia_i = \frac{Vol_i - Volmed}{IOR}$$

corresponde à anomalia do volume no mês i , Vol_i é o valor do volume médio do mês i , $Volmed$ é a mediana do volume do reservatório no período estudado e o IOR é o Intervalo Interquartil (diferença entre o terceiro quartil e o primeiro quartil), utilizado para normalizar a anomalia).

RESULTADOS

A Figura 2 mostra os comportamentos do SPI calculado em janelas de 6 e 12 meses. O SPI-6 evidencia a recorrência de secas na bacia do Alto Ipanema, com intervalos curtos entre eventos, o que indica alta variabilidade e episódios frequentes de déficit hídrico. Em contraste, o SPI-12 destaca períodos de seca prolongada, revelando tendências de longo prazo — em particular o episódio crítico entre 2012 e 2017, quando o déficit se manteve de forma persistente. Ao considerar todo o período avaliado, 42,20% do intervalo correspondente à normal climatológica foi classificado como condição de seca, o que confirma que eventos de déficit hídrico não são apenas episódicos, mas ocupam uma fração significativa do regime climático local.

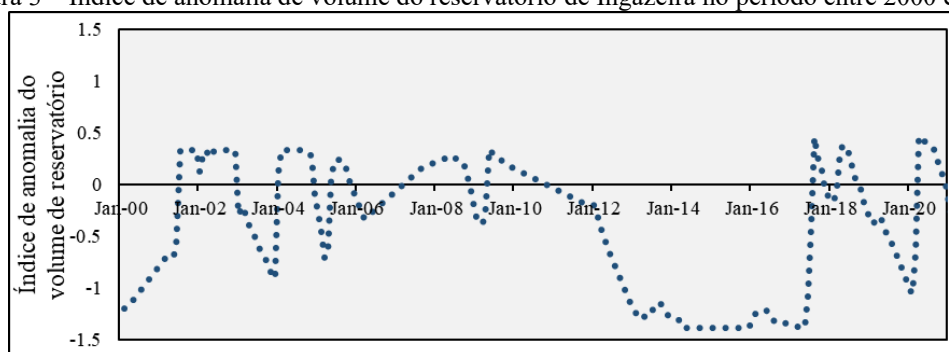
Figura 2 – SPI nas escalas de seis e doze meses para a estação climatológica de Arcoverde no período da Normal Climatológica de 1990 – 2020.



Além disso, é possível identificar períodos mais úmidos, quando o SPI atinge valores próximos a 2, como o intervalo entre 2009 e 2011, durante o qual nem o SPI-6 nem o SPI-12 registraram condições de seca. Esses episódios de excesso pluviométrico são relevantes para a região, pois reforçam a segurança hídrica e contribuem para o enchimento de reservatórios essenciais ao abastecimento.

Na Figura 3, ao avaliar o índice de anomalia do volume do reservatório de Ingazeira, observa-se variação marcada por episódios concentrados de escassez intercalados com breves períodos de recuperação. De forma consistente com o SPI-12, identifica-se um longo período de déficit a partir do final de 2011, estendendo-se até o final de 2017, o que é evidenciado através do índice de anomalia de volume e evidencia a persistência da seca e suas implicações para a gestão de recursos hídricos.

Figura 3 – Índice de anomalia de volume do reservatório de Ingazeira no período entre 2000 e 2020.



Embora o SPI-6 registre a ocorrência e a frequência de secas de curta duração, o SPI-12 se mostrou mais adequado para identificar secas prolongadas que exercem maior impacto sobre os volumes dos reservatórios. Entretanto, para uma avaliação completa dos impactos de uma seca, é fundamental calcular o SPI para diferentes períodos de acumulação e confrontá-lo com outros índices de seca, assegurando uma análise mais precisa.

CONCLUSÕES

A bacia do Alto Ipanema tem enfrentado recorrentes secas ao longo dos últimos 30 anos, e o SPI é uma ferramenta que permitiu identificar e compreender o efeito dessas

secas. O SPI-6 evidenciou alta variabilidade e episódios frequentes de déficit hídrico na bacia do Alto Ipanema, enquanto o SPI-12 destacou secas prolongadas de maior impacto, como a seca prolongada que ocorreu entre final de 2011 e 2017, impactando diretamente no reservatório de Ingazeira e no abastecimento da região.

A combinação de SPI multiescalar com o índice de anomalia de volume permitiu uma melhor compreensão no impacto da seca na bacia do Alto Ipanema nos reservatórios da bacia. Estudos como esse oferecem subsídios para ações estratégicas voltadas à segurança hídrica da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), à FACEPE (BFP-0092-5.03/24), à CAPES, CNPq (11.588/2023-9), à Financiadora de Estudos e Projetos-FINEP pelo financiamento e suporte ao projeto de pesquisa, e a APAC e o INMET pelo fornecimento de dados que possibilitaram o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

WILHITE, D. A.; HAYES, M. J.; SVOBODA, M. D. Drought Monitoring and Assessment: Status and Trends in the United States. In: VOGT, J. V.; SOMMA, F. (eds). Drought and Drought Mitigation in Europe. Advances in Natural and Technological Hazards Research, vol. 14. Springer, Dordrecht, 2000. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9472-1_11

BEVACQUA, A.; CHAFFE, P.; CHAGAS, V.; AGHA, K. A. Spatial and temporal patterns of propagation from meteorological to hydrological droughts in Brazil. Journal of Hydrology, v. 603, 126902, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126902>

ARAUJO, D. C. dos S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, S. F. da; FARIAS, V. E. M. de; RODRIGUES, A. B. Analysis of climate change scenarios using CMIP6 models in Pernambuco, Brazil. Revista Brasileira De Ciências Ambientais, v. 59, e1868, 2024. <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781868>

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In: Eighth Conference on Applied Climatology. Anaheim, California, 1993.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. Theoretical and Applied Climatology, v. 129, n. 3–4, p. 1189–1200, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>

SILVA JUNIOR, V. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; MELO, R. O. Temporal stability of soil moisture in an experimental watershed in the Pernambuco semi-arid region. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 20, n. 10, p. 880–885, 2016.

XAVIER, A. C. F.; MARTINS, L. L.; RUDKE, A. P.; MORAIS, M. V. B.; MARTINS, J. A.; BLAIN, G. C. Evaluation of Quantile Delta Mapping as a bias-correction method in maximum rainfall dataset from downscaled models in São Paulo state (Brazil). International Journal of Climatology, 2021. <https://doi.org/10.1002/joc.7238>