



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

ANÁLISE DO SPI NAS DOZE MACRORREGIÕES DO BRASIL PARA IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS DE EXTREMA SECA

Marcos Vinícius Marques Santos ¹ ; Rodrigo Mikosz Gonçalves ¹ & Mariana Silva
Pinheiro ¹

Palavras-chave: precipitação, SPI, variabilidade climática.

INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico apresenta variações espaço-temporais habituais, com sazonalidades que são características da geografia da região de estudo e do momento do ano analisado. Entretanto, projeções globais, como as do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), indicam que eventos extremos relacionados aos fenômenos hidrometeorológicos podem se tornar cada vez mais frequentes nos próximos anos, sendo a variabilidade climática natural um elemento amplificador ou atenuante de suas consequências adversas (PARMESAN et al., 2022).

Isso significa que a água como recurso para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil pode estar ameaçada. Algumas projeções sugerem que a disponibilidade de água no Brasil pode diminuir em até 40% até 2040 devido às MCs (ANA, 2024). Em 2023, a grande seca na região amazônica foi atribuída às MCs em maior grau do que ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), tradicionalmente associado a episódios de seca na região (CLARKE et al., 2024).

O *Standard Precipitation Index* (SPI) é calculado a partir do registro histórico de precipitação, ou seja, sua série histórica, onde a acumulação de precipitação durante um período de tempo é comparada com o mesmo período de tempo durante todo o registro histórico nesse local. O SPI para qualquer valor de acumulação de precipitação representa a probabilidade de que a localização teria recebido pelo menos a quantidade observada de precipitação durante o período de tempo. Os valores positivos do SPI representam condições de chuva, enquanto que os valores negativos do SPI representam condições de seca.

A proposta deste trabalho é analisar a ocorrência de secas meteorológicas no Brasil ao longo do período de 1994 a 2024, utilizando as séries temporais disponibilizadas pelo Global Land Data Assimilation System (GLDAS) para o Brasil e, a partir delas, calcular o Índice de Precipitação Padronizada (Standard Precipitation Index, SPI) para identificar os principais eventos extremos de seca no país.

METODOLOGIA

Os dados utilizados do GLDAS foram dois *datasets* diferentes, onde o primeiro contempla dados de 1/1/1948 a 31/12/2014 e o segundo de 1/1/2000 a 31/5/2025, ambos

¹) Universidade Federal de Pernambuco, marcos.vmsantos@ufpe.br

com mesma resolução espacial e temporal de 0,25° e um mês. A variável utilizada corresponde a “Rainf_tavg” que se refere a taxa de precipitação de chuva em quilogramas por metro quadrado por segundo.

Estes dados foram posteriormente filtrados e classificados segundo a utilização de *shapefiles* elaborados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2021 na Divisão Hidrográfica Nacional – DNH250 voltados para macrorregiões hidrográficas, permitindo o cálculo de valores de precipitação médios por bacia.

A partir destes valores foi possível obter o SPI 12 meses para cada macrorregião ao longo da série histórica de 1994 a 2024, classificando os índices obtidos conforme os limiares de classificação de McKee, Doesken e Kleist (1993): > +2,00: Extremamente úmido +1,50 a +1,99: Muito úmido +1,00 a +1,49: Moderadamente úmido -0,99 a +0,99: Perto do normal -1,00 a -1,49: Seca moderada -1,50 a -1,99: Seca severa < -2,00: Seca extrema.

A validação dos dados foi realizada a partir da comparação geográfica homóloga da série temporal *in situ* fornecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA) através do Serviço Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) com a respectiva série temporal GLDAS. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) com intervalo de confiança de 95% para quantificar o tipo de correlação e dependência entre as séries temporais. Obtiveram-se os coeficientes de correlação de Pearson entre três bacias distintas, utilizando uma estação pluviométrica para cada bacia, totalizando três estações e três bacias validadas separadamente – estação Navio de código 51002 para a bacia Amazônica, estação Palmeirante de código 747009 para a bacia Tocantins-Araguaia, estação Caruaru de código 835106 para a bacia Atlântico Nordeste Oriental.

RESULTADOS

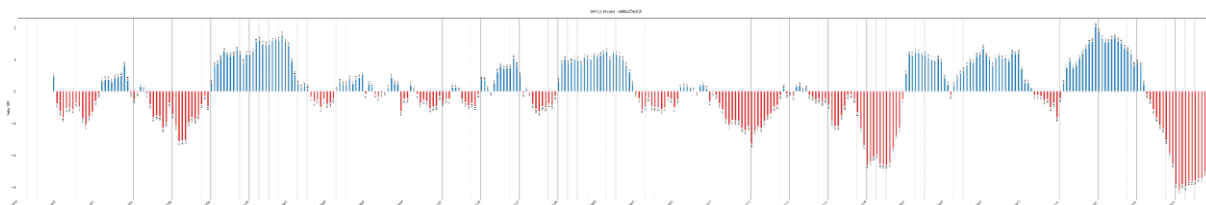
De forma agregada, observa-se que os anos de 1998, 2012, 2016 e 2023/24 foram particularmente críticos, pois apresentaram secas simultâneas em várias bacias, sugerindo uma possível associação com eventos de larga escala como El Niño e o aquecimento anômalo do Atlântico Tropical. Por exemplo, em 2016, seis bacias diferentes (Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, São Francisco, Atlântico Sudeste e Atlântico Leste) apresentaram $SPI \leq -2$, o que corrobora com o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil de 2017, com mais de 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas ou estiagens no território nacional no período entre 2013 e 2016, sendo registrados 4824 eventos de seca com danos humanos, sendo o ano de 2016 o mais crítico ao afetar 18 milhões de pessoas.

Abaixo segue um resumo dos gráficos obtidos do SPI em cada bacia, visualizando apenas a bacia Amazônica devido ao limite de páginas no resumo, nas figuras 1 e 2:

- Na bacia Amazônica, os anos de 2016 e 2024, e dezembro de 2023 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Tocantins-Araguaia, os anos de 2016 e 2024, os meses de dezembro de 2015, janeiro de 2017, novembro e dezembro de 2023 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Atlântico Nordeste Ocidental, os anos de 1998 e 2016 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Parnaíba, os anos de 1998 e 2012 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Atlântico Nordeste Oriental, os anos de 1998, 2012 e 2013 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;

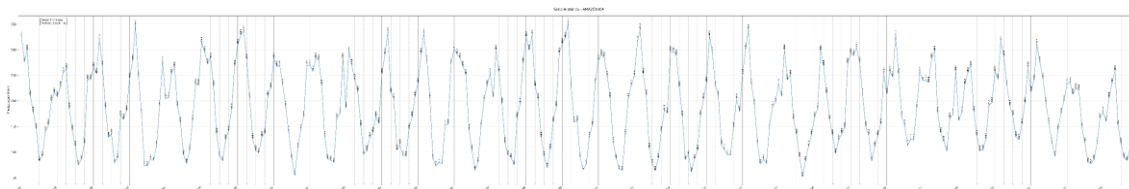
- Na bacia São Francisco, em dezembro de 2015 e 2023, e os anos de 2016, 2017 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Atlântico Leste, os anos de 2017 e dezembro de 2023 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Atlântico Sudeste, em novembro e dezembro de 2015, os anos de 2016 e 2017, e dezembro de 2019 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Atlântico Sul, nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2006, maio de 2020, dezembro de 2021 e janeiro, fevereiro e março de 2022 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Uruguai, os meses de outubro e novembro de 2006, agosto de 2021, janeiro e fevereiro de 2022 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Paraná, em novembro de 2019, e nos anos de 2021 e 2024 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;
- Na bacia Paraguai, em janeiro de 2006, e nos anos de 2013 e 2024 obtiveram valores iguais ou inferiores a -2;

Figura 1 – SPI 12 meses da bacia Amazônica



Fonte: Autor (2025)

Figura 2 – Série histórica da bacia Amazônica



Fonte: Autor (2025)

A validação dos dados obtidos pelo GLDAS foi realizada a partir de três estações pluviométricas *in situ*: Navio (bacia Amazônica, código 51002), Palmeirante (bacia Tocantins-Araguaia, código 747009) e Caruaru (bacia Atlântico Nordeste Oriental, código 835106). Os coeficientes de correlação de Pearson obtidos foram de 0,51, 0,80 e 0,50, respectivamente, indicando uma boa aderência do GLDAS na bacia Tocantins-Araguaia, mas apenas correlações moderadas nas bacias Amazônica e Atlântico Nordeste Oriental.

CONCLUSÕES

A utilização do índice de precipitação padronizado (SPI) mostrou-se eficiente para detectar anomalias de precipitação, permitindo não apenas a caracterização de eventos de seca extrema, mas também a comparação entre regiões com diferentes padrões pluviométricos.

Os resultados revelaram que anos específicos, como 2016 e 2024, concentraram ocorrências de seca em múltiplas bacias hidrográficas, reforçando a influência de

fenômenos climáticos de larga escala sobre a distribuição da precipitação no país. Além disso, constatou-se que, embora algumas regiões apresentem médias de precipitação relativamente altas, reduções significativas em determinados períodos foram suficientes para gerar valores críticos de SPI, demonstrando que tanto áreas úmidas quanto semiáridas estão vulneráveis à variabilidade climática.

Diante das projeções de intensificação das mudanças climáticas e da possibilidade de redução significativa da disponibilidade hídrica no Brasil nas próximas décadas, este estudo reforça a necessidade de um acompanhamento sistemático das secas meteorológicas e de sua incorporação no planejamento da gestão de recursos hídricos como ferramenta para o fortalecimento da resiliência hídrica nacional.

REFERÊNCIAS

- CLIMAINFO. Seca extrema: Rio Negro atinge seu menor nível em 122 anos. 07 out. 2024. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2024/10/07/seca-extrema-rio-negro-atinge-seu-menor-nivel-em-122-anos/>. Acesso em: 07/09/2025
- FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO (FUNDAJ). ANA faz levantamento sobre situação dos recursos hídricos no país – dezembro 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/documentarios-e-estudos-sobre-as-secas/ana-faz-levantamento-sobre-situacao-dos-recursos-hidricos-no-pais-dezembro-2017>. Acesso em: 07/09/2025
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Divisão Hidrográfica Nacional – DHN250. 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=informacoes_ambientais/estudos_ambientais/bacias_e_divisoes_hidrograficas_do_brasil/2021/Divisao_Hidrografica_Nacional_DHN250/vetores/. Acesso em: 07/09/2025
- SERVIÇO NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH). Séries históricas. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 07/09/2025
- UNIVERSITY OF NEBRASKA. Standardized Precipitation Index (SPI) Program. Drought Center. Disponível em: <https://drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx>. Acesso em: 07/09/2025
- Beaudoing, H. and M. Rodell, NASA/GSFC/HSL (2019), GLDAS Noah Land Surface Model L4 monthly 0.25 x 0.25 degree V2.0, Greenbelt, Maryland, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Accessed: [07/09/2025], [10.5067/9SQ1B3ZXP2C5](#)
- Rodell, M., P.R. Houser, U. Jambor, J. Gottschalck, K. Mitchell, C. Meng, K. Arsenault, B. Cosgrove, J. Radakovich, M. Bosilovich, J.K. Entin, J.P. Walker, D. Lohmann, and D. Toll, 2004: The Global Land Data Assimilation System, Bull. Amer. Meteor. Soc., 85, 381-394, doi:[10.1175/BAMS-85-3-381](#)
- Beaudoing, H. and M. Rodell, NASA/GSFC/HSL (2020), GLDAS Noah Land Surface Model L4 monthly 0.25 x 0.25 degree V2.1, Greenbelt, Maryland, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Accessed: [07/09/2025], [10.5067/SXAVCZFAQLNO](#)