

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS - CCAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - DEAGRI

ADONAI BASTOS BORGES

**CARACTERIZAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU, ESTADO DA BAHIA, A PARTIR DA BASE
DE DADOS BRAZILIAN DAILY WEATHER GRIDDED DATA (BR-DWGD)**

SÃO CRISTÓVÃO - SE
JULHO - 2026

ADONAI BASTOS BORGES

**CARACTERIZAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU, ESTADO DA BAHIA, A PARTIR DA BASE
DE DADOS BRAZILIAN DAILY WEATHER GRIDDED DATA (BR-DWGD)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Agrícola
(DEAGRI) da Universidade Federal de Sergipe
como requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu
Lucas.

Coorientador: Prof. Dr. Gregório Guirado
Faccioli.

SÃO CRISTÓVÃO - SE

JULHO - 2026

ADONAI BASTOS BORGES

**CARACTERIZAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU (BA) A PARTIR DA BASE DE DADOS
BRAZILIAN DAILY WEATHER GRIDDED DATA (BR-DWGD)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Agrícola
(DEAGRI) da Universidade Federal de Sergipe
como requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro Agrícola.

APROVADO EM: 07 de julho de 2026

Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Prof. Dr. Gregório Guirado Faccioli
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Msc. Ketylen Vieira Santos
Programa de Pós-graduação em Recursos
Hídricos (PRORH - UFS)

Msc. Ana Lara Araújo Santos
Programa de Pós-graduação em Recursos
Hídricos (PRORH - UFS)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e da sabedoria.

À minha esposa, Marineide Gois dos Santos, fonte de amor, paz, companheirismo e força. Sem ela, essa vitória não seria conquistada. Agradeço eternamente por ter você ao meu lado, sempre.

À meus pais, José Fernando Silva Borges e Mírian Messias Bastos, base firme e suporte para todos os meus passos, acreditando em mim mesmo quando não o faço.

À família que se fez presente em toda a caminhada acadêmica, Andressa Borges Noronha de Oliveira, Mariana Novais Noronha, Alessandra Santos Silva e Deivid Oliveira Silva, por todo apoio, carinho, cuidado, parceria, risadas, loucuras, sacrifícios, puxões de orelha e amizade. Sou eternamente grato a vocês.

Aos amigos que chegaram nesse período, Valdir Pimenta, Stéfane Balieiro, William Balieiro, Carlos Manuel, Camilo Santos, Larissa Ribeiro, Antônio Jairo, Natália Rocha, Jefferson David, Pedro Neto, Ana Clara, e tornaram os dias mais leves e divertidos.

Aos professores do departamento de Engenharia Agrícola, em especial Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas, Gregório Guirado Faccioli, Nara Silveira Velloso, Luis Gustavo Figueiredo França e Mário Cupertino da Silva Júnior, por acreditarem em mim e dar suporte na minha formação além da sala de aula.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrônômica, em especial Flávio Marques Castanho Barrero, Maria Aparecida Moreira e Gláucia Barretto Gonçalves, por terem me acolhido e me ensinado o dom da perseverança, resiliência e empatia.

Às minhas queridas amigas de PROFOR-EXT/PRO-SEMEIA, Rafaela de Carvalho Santos Souza, Milena Campos de Oliveira Alencar Viana, Aryelly Xavier Teodoro e Elba Costa de Jesus, por me acompanhar no processo de amadurecimento profissional, mas também no amadurecimento humano, por todo carinho, amizade e alegrias compartilhadas.

Aos colegas de curso, Giselle Raquel, Jonas Rodrigues, João Henrique, Fabiano Santos, Cosmira Araújo, Talita Carvalho e Gleice Trindade por todo apoio e acolhimento na vida acadêmica e pessoal.

À nossa querida Marluce Lisboa, secretária do DEAGRI, que está sempre de braços abertos e que nos recebe com amor e felicidade em seu coração. É sempre uma alegria compartilhar um abraço contigo.

Ao colega Ronaldo Guilherme, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH), pela disponibilidade e ajuda na utilização das ferramentas de coleta de dados da pesquisa que tornaram possível e facilitaram a escrita desse trabalho.

Ao Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA) e a Universidade Federal de Goiás (UFG), pela execução do projeto PROFOR-EXT/PRO-SEMEIA o qual atuei enquanto estagiário, que contribui significativamente com minha formação acadêmica e profissional através do fomento a curricularização da extensão universitária.

Aos assentados e assentadas da Reforma Agrária assistidos pelo PROFOR-EXT/PRO-SEMEIA, por me receberem com tanto carinho e amor em seus territórios e me presentearem com sua sabedoria inestimável.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação acadêmica.

RESUMO

Eventos extremos de chuva são oscilações climáticas episódicas dos padrões de precipitação que estão associadas à ocorrência de desastres naturais em todo o mundo e provocam impactos significativos a vários setores da sociedade. A previsão desses eventos a partir do monitoramento de variáveis climáticas é essencial para a elaboração de sistemas de tomada de decisão e políticas públicas de mitigação de impactos ambientais dos órgãos governamentais, especialmente em regiões sensíveis a períodos de estiagem e consequente déficit hídrico, como o semiárido nordestino. As bacias hidrográficas dessa região do país, importantes unidades territoriais de gestão dos recursos hídricos, são essencialmente vulneráveis ao desequilíbrio de seus processos biológicos, agravados pelo cenário atual de mudanças climáticas, a exemplo da bacia do rio Itapicuru, um dos mais importantes reservatórios de água do estado da Bahia, que abriga a sub-bacia do Tucano Central. Nesse contexto, índices de monitoramento de secas são utilizados por pesquisadores a fim de disponibilizar um panorama espaço-temporal da frequência de ocorrência de anomalias de chuva a partir de uma série histórica de dados de precipitação, fornecidos pela rede de monitoramento climático brasileira, como o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), categorizado por meio de totais pluviométricos anuais e de fácil manipulação matemática. Devido às limitações de cobertura espacial, esses índices podem ser calculados com o uso de informações fornecidas por bases de dados de grade, modeladas a partir de interpolações de estações pluviométricas vizinhas, em alta resolução espacial. Para o Brasil, foi desenvolvida a base *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR-DWGD) que armazena variáveis climáticas diárias em uma cobertura temporal de 65 anos (1961-2025) e possui resolução espacial de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$. Assim, objetivou-se com este trabalho caracterizar o IAC da bacia hidrográfica do rio Itapicuru a partir da base de dados BR-DWGD, a fim de analisar o comportamento de anomalias de chuva e sua associação temporal com oscilações climáticas ENOS (El Niño-Oscilação Sul). O índice demonstrou ser capaz, de maneira prática, de oferecer uma visão geral das anomalias de chuva para a série de dados analisada. Além disso, observou-se que há influência razoável do ENOS na ocorrência de anomalias de precipitação, mas não é suficiente para explicar os eventos extremos. Como perspectiva para estudos futuros, sugere-se investigar a relação com outras oscilações climáticas ocorridas no período analisado e utilizar outros índices de monitoramento, a fim de ampliar a robustez das análises.

Palavras-chave: variabilidade climática; semiárido; eventos extremos.

ABSTRACT

Extreme rainfall events are episodic climatic fluctuations in precipitation patterns that are associated with the occurrence of natural disasters worldwide and have significant impacts on various sectors of society. Forecasting these events based on the monitoring of climate variables is essential for the development of decision-making systems and public policies to mitigate environmental impacts by government agencies, especially in regions susceptible to periods of drought and consequent water shortages, such as the northeastern semi-arid region. The watersheds in this region of the country—which serve as key territorial units for water resource management—are particularly vulnerable to disruptions in their biological processes, exacerbated by the current climate change scenario. A prime example is the Itapicuru River basin, one of the most important water reservoirs in the state of Bahia, which encompasses the Central Tucano sub-basin. In this context, drought monitoring indices are used by researchers to provide a spatiotemporal overview of the frequency of rainfall anomalies based on a historical series of precipitation data provided by the Brazilian climate monitoring network, such as the Rainfall Anomaly Index (IAC), which is categorized using annual rainfall totals and is easy to manipulate mathematically. Due to limitations in spatial coverage, these indices can be calculated using information provided by gridded databases, which are modeled based on interpolations from neighboring rain gauge stations at high spatial resolution. For Brazil, the Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD) dataset was developed, which stores daily climate variables over a 65-year time span (1961–2025) and has a spatial resolution of $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$. Thus, the objective of this study was to characterize the IAC of the Itapicuru River watershed using the BR-DWGD database, in order to analyze the behavior of rainfall anomalies and their temporal association with ENSO (El Niño-Southern Oscillation) climate oscillations. The index proved capable, in practical terms, of providing an overview of rainfall anomalies for the analyzed data series. Furthermore, it was observed that ENSO exerts a reasonable influence on the occurrence of precipitation anomalies, but this influence is not sufficient to explain extreme events. As a direction for future studies, we suggest investigating the relationship with other climate oscillations that occurred during the analyzed period and using other monitoring indices to enhance the robustness of the analyses.

Keywords: climate variability; semi-arid region; extreme events.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Itapicuru.	15
Figura 2 - Representação espacial em malha de pontos da base de dados BR-DWGD.	16
Figura 3 - Delimitação espacial dos pontos e suas respectivas áreas de influência na bacia hidrográfica do rio Itapicuru.	17
Figura 4 - Valores do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), positivo e negativo, para a bacia hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia (1961 - 2025).	20
Figura 5 - Variação anual de IAC da bacia hidrográfica do rio Itapicuru associada a períodos de ocorrência de fenômenos ENOS.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorização das faixas de pluviosidade conforme o IAC.	18
Tabela 2 - Classificação do IAC para a bacia hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia (1961 - 2025).	19
Tabela 3 - Número e percentual de anos por classificação de IAC para a bacia hidrográfica do rio Itapicuru.	20
Tabela 4. Períodos de ocorrência de El Niño e La Niña.	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. Geral	9
2.2. Específicos	10
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3.1. Variabilidade climática e eventos extremos de chuva	10
3.2. Bacias hidrográficas como unidades de gestão de recursos hídricos	11
3.3. Índices de monitoramento de secas	12
3.4. Bases de dados de grade e o BR-DWGD	13
4. METODOLOGIA	14
4.1. Caracterização da área de estudo	14
4.2. Aquisição e processamento dos dados de precipitação	16
4.4. Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS	25

1. INTRODUÇÃO

Eventos climáticos extremos são responsáveis por impactos negativos na vida da população mundial, desde a economia à saúde pública, em especial os relacionados às variações no regime de precipitações. O volume, intensidade, distribuição e o período de chuvas são variáveis de extrema necessidade para o planejamento do uso da água para consumo humano, animal e demais atividades cotidianas (Ferreira; Santos, 2024). Assim, monitorar as anomalias de chuva é uma tarefa de suma importância para a gestão de recursos hídricos e a prevenção de situações de risco à sociedade (Olimpio; Zanella, 2015; Santos, 2024).

O Brasil, por ser um país de grandes extensões territoriais, apresenta uma diversidade de climas, biomas, relevo, altitude e conseqüentemente, uma variação espacial e sazonal de precipitação (Luna *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2025). Desde o início do século XX, a rede de monitoramento das variáveis hidrometeorológicas composta por estações pluviométricas, fluviométricas e meteorológicas ou climatológicas são de responsabilidade do setor público. Porém, a insuficiência de equipamentos dificulta a cobertura espacial de monitoramento. Dessa forma, bases de dados climáticas elaboradas a partir de modelos estatísticos são utilizadas em análises climatológicas, a exemplo da base gradeada de alta resolução *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR-DWGD), desenvolvida por Xavier *et al.* (2022b), disponibilizada gratuitamente, e que tem demonstrado ser uma ferramenta eficaz para tal (Albuquerque, 2019; Lima, 2025; Silva Júnior, 2025).

A região semiárida do Nordeste Brasileiro (NEB) é caracterizada pela baixa pluviosidade, alta evapotranspiração e períodos longos de estiagem, condições influenciadas por múltiplos fatores climáticos associados ao Oceano Atlântico, como as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e sua atuação na variabilidade do padrão dos efeitos causados pelo El Niño - Oscilação Sul (ENOS), além da interação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) com Vórtices Ciclônicos de Alto Nível (VCAN) (Melo *et al.*, 2024; Peixinho, 2016). Portanto, o seu regime hidrológico e a recarga de suas bacias hidrográficas são extremamente afetados por períodos de seca, o que gera problemas de abastecimento de água aos diversos setores socioeconômicos de suas áreas de contribuição.

Nesse contexto, a bacia hidrográfica do rio Itapicuru, XXII Região de Planejamento e Gestão de Águas (RPGA) do estado da Bahia, localizada no nordeste do estado e que abastece cerca de 1,3 milhão de habitantes de 55 municípios mostra-se como uma área de extrema

necessidade de monitoramento hidrometeorológico, pois abriga em seu território a porção central da Bacia de Tucano, uma importante área de disponibilidade e armazenamento de água superficial e subterrânea baiana, e apresenta déficit hídrico em praticamente todos os meses do ano por estar inserida no Polígono das Secas (Veras; Vidon, 2023; Virões, 2013).

Com intuito de subsidiar diagnósticos e sistemas de monitoramento de condições de seca e umidade, pesquisadores utilizam índices de monitoramento de chuvas, calculados a partir de séries temporais de volumes de precipitação, dentre eles, o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) desenvolvido por Van Rooy (1965), que permite categorizar eventos extremos de chuva de acordo com sua intensidade a partir de totais mensais ou anuais de pluviosidade e auxilia na identificação de alterações no comportamento desses eventos. Essa ferramenta matemática, além de fácil utilização, demonstrou ser eficiente para a análise climática de chuva em várias regiões nordestinas (Carvalho *et al.*, 2023; Ferreira; Santos, 2024; França *et al.*, 2022; Freitas, 2004; Melo *et al.*, 2024). Apesar da ampla aplicação do IAC no NEB, são escassos estudos de caracterização desse índice para a bacia hidrográfica do rio Itapicuru diante de sua relevância enquanto fonte de recursos hídricos.

Dessa forma, além de contribuir com a gestão de recursos hídricos e de possuir relevância científica, a pesquisa está alinhada com Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, a exemplo do ODS 13 - Ação contra mudança global do clima e do ODS 6 - Água potável e saneamento, em razão da caracterização da variabilidade de eventos extremos de seca e de seu potencial para apoiar estratégias de adaptação e planejamento frente aos impactos climáticos e da gestão sustentável e garantia da disponibilidade de água potável.

Diante disso, objetivou-se com este trabalho caracterizar o Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Itapicuru com o uso da base de dados BR-DWGD para uma série histórica de 65 anos a fim de fornecer um panorama da variabilidade de eventos extremos de seca que pode ser utilizado como suporte para gestão dos recursos hídricos do estado da Bahia.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Caracterizar o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) da bacia hidrográfica do rio Itapicuru (BA) a partir dos dados BR-DWGD.

2.2. Específicos

- a) Detectar a ocorrência de anomalias pluviométricas positivas e negativas em uma cobertura temporal de 65 anos;
- b) Classificar as anomalias anuais de precipitação segundo as faixas do Índice de Anomalia de Chuva;
- c) Analisar a associação temporal entre as fases do El Niño-Oscilação Sul e a ocorrência de anomalias pluviométricas na bacia.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Variabilidade climática e eventos extremos de chuva

A Variabilidade climática é definida como um fenômeno natural do sistema climático terrestre que promove oscilações nos padrões climáticos, de maneira contínua ou episódica, em nível local, regional e global, que podem favorecer a ocorrência de eventos climáticos extremos, como precipitações intensas excepcionais, bem como de anomalias negativas de chuva que, quando persistem, podem estar associadas a condições de seca meteorológica. Em contrapartida, as mudanças climáticas são caracterizadas pelas alterações globais de temperatura provocadas pelas intervenções antropogênicas no meio ambiente, principalmente ligadas às emissões de gases de efeito estufa e o desmatamento (Confalonieri, 2003; Silva *et al.*, 2025; Silvestre, 2016;).

Os eventos climáticos extremos podem ser responsáveis por provocar desastres naturais que trazem consequências à saúde humana em dimensões nutricionais, econômicas, de infraestrutura e de sobrevivência, além de favorecerem a proliferação de agentes patogênicos no meio ambiente. Ressalta-se que esses impactos são mais expressivos à população caracterizada em estado de vulnerabilidade socioeconômica, uma vez que esta categoria encontra-se alocada em regiões propícias ao agravamento de acidentes, traumas e demais efeitos resultantes de eventos extremos (Confalonieri, 2003; Silvestre, 2016). Nesse sentido, compreender e analisar as variáveis climatológicas pode auxiliar na gestão de recursos naturais, na manutenção de ecossistemas, no planejamento de atividades econômicas e na prevenção de desastres naturais, principalmente em termos de temperatura e precipitação (Ferreira; Kemenes, 2023).

Do ponto de vista de impactos ambientais e socioeconômicos, o estudo da precipitação pluvial é essencial para tomada de decisão de órgãos governamentais em relação à gestão de recursos naturais, uma vez que afeta a demografia de regiões, o abastecimento de alimentos, a produção agrícola e a infraestrutura de cidades (Santos, 2024; Olímpio; Zanella, 2015). No caso do Brasil, esses impactos variam de acordo com as características de cada região afetada, visto que o país apresenta grandes dimensões territoriais influenciadas por outros sistemas atmosféricos que atuam em regiões tropicais, o que promove uma variabilidade sazonal de chuvas (Luna *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2025).

3.2. Bacias hidrográficas como unidades de gestão de recursos hídricos

Bacias hidrográficas são conjuntos de terras drenadas, com fronteiras delimitadas, por um corpo d'água principal e seus afluentes, que possuem uma diversidade de escalas espaciais, desde pequenas bacias hidrográficas de 100 a 200 km² até grandes bacias com área de 3000000 km² e integram de forma sistêmica aspectos físicos, bióticos, climáticos e socioeconômicos que desempenham papel fundamental no seu regime hidrológico (Pires; Santos; Del Prette, 2002; Rocha; Santos, 2025; Tundisi, 2006).

Nesse sentido, foi criada a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e tornou-se instrumento legal para o planejamento e gestão de recursos hídricos no país, que devem ser elaborados de modo descentralizado e participativo entre os diversos setores da sociedade brasileira, na figura dos Conselhos de Recursos Hídricos (federal, estadual e municipal) e dos Comitês de Bacias (Brasil, 1997). Nela, a bacia hidrográfica é definida como a unidade territorial para implementação do PNRH e do SNGRH, e são estabelecidos instrumentos de gerenciamento e preservação da água, como a outorga de uso e a cobrança sobre o consumo.

Os processos de recargas das bacias hidrográficas seguem as direções vertical (precipitação e evapotranspiração) e longitudinal, no sentido dos gradientes da superfície (escoamento superficial e subsuperficial). Porém, em bacias com afloramento de rochas e alta evapotranspiração, os rios não são perenes, como as localizadas na região semiárida do Nordeste (Tucci, 1997). Historicamente, o NEB sempre foi afetado com longos períodos de estiagem. Grande parte de seu território possui classificação climática semiárida, caracterizada por curtas estações úmidas e altas taxas de evapotranspiração, condição

influenciada por fenômenos atmosféricos naturais, dentre eles: o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), cujas fases incluem El Niño e La Niña, que interferem no padrão de circulação atmosférica; a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical, onde condições dinâmicas e termodinâmicas estão associadas à alteração de posição e intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Ondas de Leste, Frente Frias e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (Marengo, 2007; Melo *et al.*, 2024; Peixinho, 2016).

Estudos apontam projeções de aumento de temperatura, de evapotranspiração e a redução de precipitação em uma larga área da região, uma vez que o semiárido é sensível ao cenário atual de mudanças climáticas (Lima, 2025; Marengo; Torres; Alves, 2017; Silva *et al.*, 2023). Ademais, foi verificado que essa tendência pode intensificar a susceptibilidade a desastres naturais ligados a eventos extremos de chuva em bacias hidrográficas da região, o que pode acarretar em graves problemas no abastecimento de setores industriais, agrícolas e de consumo humano (Gomes *et al.*, 2022; Rocha; Assis; Fontes, 2024; Rocha; Santos, 2025; Souza; Fontes; Luz, 2016).

3.3. Índices de monitoramento de secas

Com o intuito de mitigar os efeitos das mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica do Nordeste Brasileiro, diversos índices de monitoramento da variabilidade pluviométrica e de períodos de secas meteorológicas foram adaptados para elaboração de ações preventivas e para a tomada de decisão de órgãos governamentais a nível federal, estadual e municipal (Freitas, 2004), a exemplo do Standardized Precipitation Index (SPI), o Índice de Concentração de Precipitação (PCI), o Índice de Aridez (IA), o BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index) e IAC (Índice de Anomalia de Chuva). Contudo, ressalta-se que, apesar do objetivo comum de subsidiar tais ações, esses instrumentos se diferenciam em relação aos dados utilizados em seus cálculos e a representação da variabilidade climática.

O SPI e o PCI consideram exclusivamente dados de precipitação, em que o primeiro quantifica desvios de precipitação acumulada em relação às suas condições historicamente “normais” e o segundo possibilita a avaliação da distribuição temporal das chuvas ao longo do ano. O BMDI avalia a persistência de anomalias pluviométricas no monitoramento de secas (Bhardwaj; Mishra; Khedun, 2025; Freitas, 1998; Silva Júnior, 2025). Já o IA incorpora dados de evapotranspiração para monitorar áreas suscetíveis à desertificação (Lima, 2025).

Em contrapartida, o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), desenvolvido por Van Rooy (1965), mostra-se uma ferramenta de fácil aplicação e possibilita a comparação das condições atuais de precipitação com séries históricas em virtude da classificação da intensidade de anomalias positivas e negativas de chuva, que o constitui enquanto uma ferramenta importante para o monitoramento da distribuição espacial de uma seca meteorológica (Freitas, 1998). Essa afirmação é corroborada por diversos estudos que consideraram o IAC como modelo eficiente para análise climática de precipitação de municípios do Nordeste (Assis; Souza; Sobral, 2015; Carvalho *et al.*, 2023; Ferreira; Santos, 2024; França *et al.*, 2022; Gomes *et al.*, 2022). Porém, cabe ressaltar que o IAC, assim como o SPI e PCI, não incorpora outras variáveis climatológicas além da precipitação, como evapotranspiração, por exemplo, e é sensível ao recorte temporal da série histórica analisada. Além disso, não substitui índices multiescalares ou hidrológicos e é mais adequado como indicador inicial de variabilidade pluviométrica.

3.4. Bases de dados de grade e o BR-DWGD

A rede hidrometeorológica brasileira é formada por estações pluviométricas, fluviométricas e meteorológicas ou climatológicas, instalados em todo o país. Contudo, devido à finalidade de sua instalação no início de implantação do sistema de monitoramento climático, são observadas falhas na cobertura espacial desses equipamentos, situação que confere limitação à aquisição de dados pluviométricos (Lima, 2025; Souza, 2023). Além disso, de acordo com Haylock *et al.* (2008), bases de dados em grade possibilitam melhores estimativas climáticas principalmente para locais descobertos pela rede de monitoramento climático e, segundo Wong, Yusop e Ismail (2018) são essenciais para pesquisas hidrológicas.

Nesse contexto, Xavier *et al.* (2022b) desenvolveram a *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR-DWGD) que dispõe de informações meteorológicas em grade de resolução 0,1° x 0,1°. Os dados de precipitação disponibilizados foram obtidos a partir dos seguintes métodos de interpolação de pluviômetros e estações automáticas: média aritmética, splines, vizinho natural, ponderação de distância inversa, ponderação de distância angular e krigagem ordinária (Lima, 2025).

Silva Júnior (2025), utilizou dados BR-DWGD em uma cobertura temporal de 60 anos (1961-2022) para investigar a variabilidade de índices de precipitação na bacia hidrográfica do Rio Terra Nova e constatou que a base oferece uma visão clara dos padrões hidrológicos

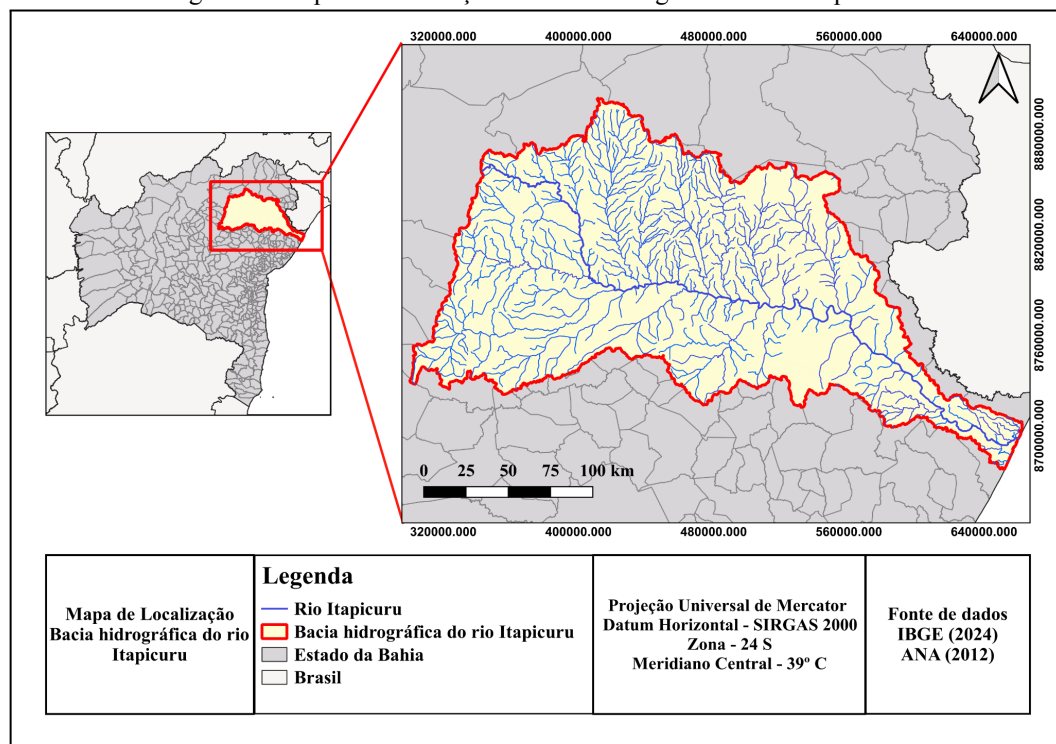
rapidamente. Lopes *et al.* (2026) ao compararem o BR-DWGD com a base ERA5-Land na modelagem hidrológica do Cerrado brasileiro, avaliaram que o primeiro, apesar de suavizar os dados extremos, reflete melhor os totais de precipitação observados. Já no estudo de Silva Júnior *et al.* (2026), que o comparou com os produtos de precipitação CHIRPS e GPM-IMERG para a bacia do Rio Ipojuca, em Pernambuco, destacou que a base de Xavier *et al.* (2022b) é mais confiável e possui melhor desempenho em métricas de correlação com pluviômetros, sendo o único produto a apresentar acurácia média diária acima de 70%.

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Itapicuru (Figura 1) localiza-se na região nordeste do estado da Bahia e possui área total de 38.664 km², o que representa cerca de 6,6% do estado. Limita-se pelas bacias do rio Vaza Barris e do rio Real ao norte, ao sul pelas bacias dos rios Paraguaçu e Inhambupe e a oeste pela bacia do rio São Francisco. Abrange integral ou parcialmente 55 municípios e conta com uma população estimada em 1,3 milhão de habitantes, que exploram economicamente na região as atividades de mineração, agricultura de subsistência e pecuária (Albuquerque, 2019; Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2026).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Itapicuru.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

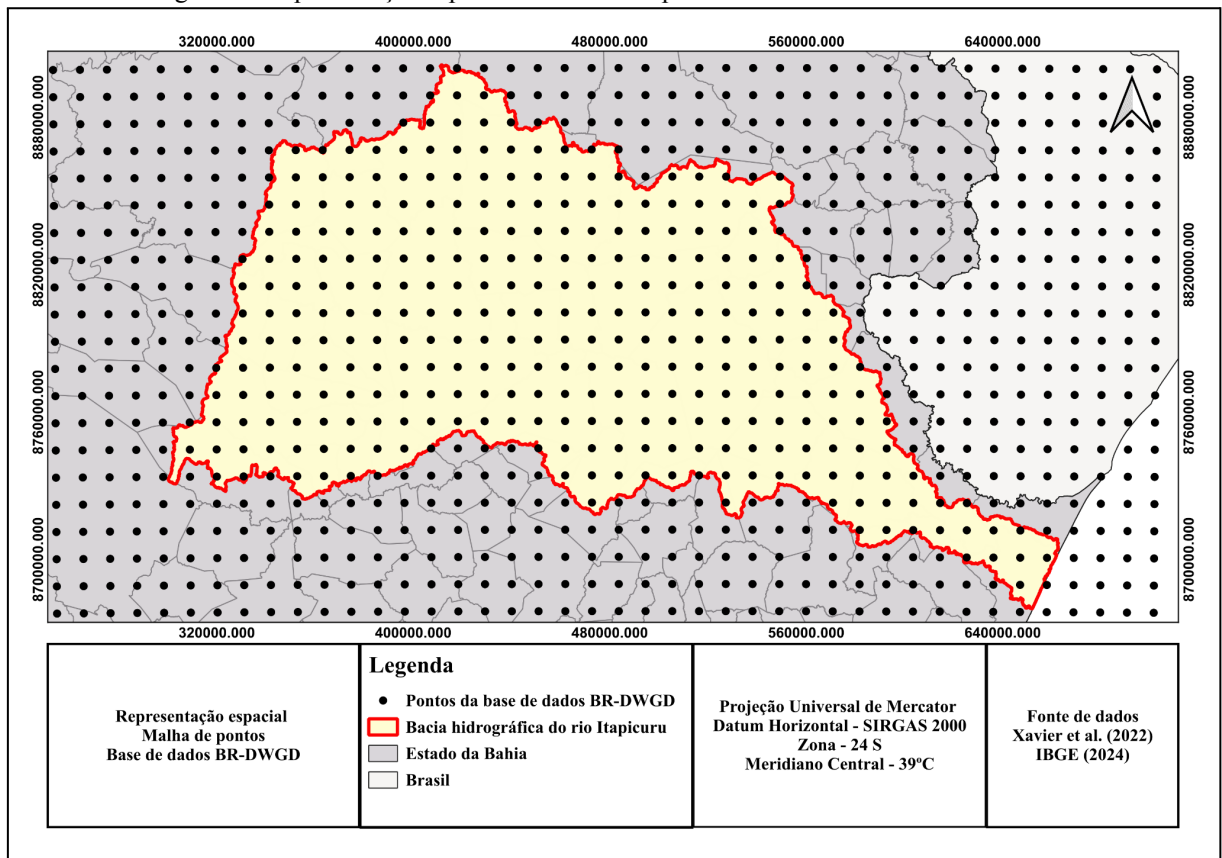
Em 81% da área da bacia o clima é caracterizado como semiárido (parte central da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA), com totais anuais de chuva inferiores a 700 mm. No trecho superior, há uma mudança do tipo de clima, de subúmido a seco, mais ameno, com chuvas que chegam a 900 mm. Já na região inferior, há variações entre o tipo úmido e subúmido, com precipitação que atingem 1000 a 1400 mm por ano. Em relação a cobertura vegetal, são encontradas remanescentes de florestas estacionais e campos rupestres na região norte (Pediaplano da Chapada), depressões periféricas e interplanálticas e a bacia sedimentar de Tucano na região central, onde há predominante vegetação de Caatinga mescladas com pastagens e, no trecho final, ocorrência de espécies florestais secundárias da Mata Atlântica sobre o Planalto Costeiro (INEMA, 2026).

O relevo da bacia é predominantemente suave. Possui 18,8% da área em relevo plano, 43,2 % em suave ondulado, 27,7% ondulado, 8,1% forte ondulado e 2,2 % entre montanhoso e forte montanhoso. O rio principal, Itapicuru, nasce no município de Campo Formoso, a 766 m de altitude e percorre 534,8 km até sua foz no oceano Atlântico, localizada no município do Conde. Os principais afluentes são os rios Itapicuru-Açu, Itapicuru Mirim e o rio do Peixe, todos localizados à margem direita do principal (Virães *et al.*, 2013).

4.2. Aquisição e processamento dos dados de precipitação

A grade BR-DWGD com dados de precipitação para a série histórica analisada (1961 a 2025), fornecida gratuitamente em repositório hospedado no servidor Google Drive, foi baixada através de link disponibilizado no repositório GitHub (Xavier *et al.*, 2022a). Também foi baixada a camada vetorial relativa a delimitação da bacia hidrográfica do rio Itapicuru, em formato *shapefile*, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021). Com o uso do *software* livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG), QGIS, versão 3.40.2 (QGIS Development Team, 2025), foi representada, em uma malha de pontos, a cobertura espacial (latitude: 33,85° S – 5,35° N e longitude: 73,85° W - 34,85° W) e a resolução (0,1° x 0,1°) da base de dados BR-DWGD (Figura 2).

Figura 2 - Representação espacial em malha de pontos da base de dados BR-DWGD.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

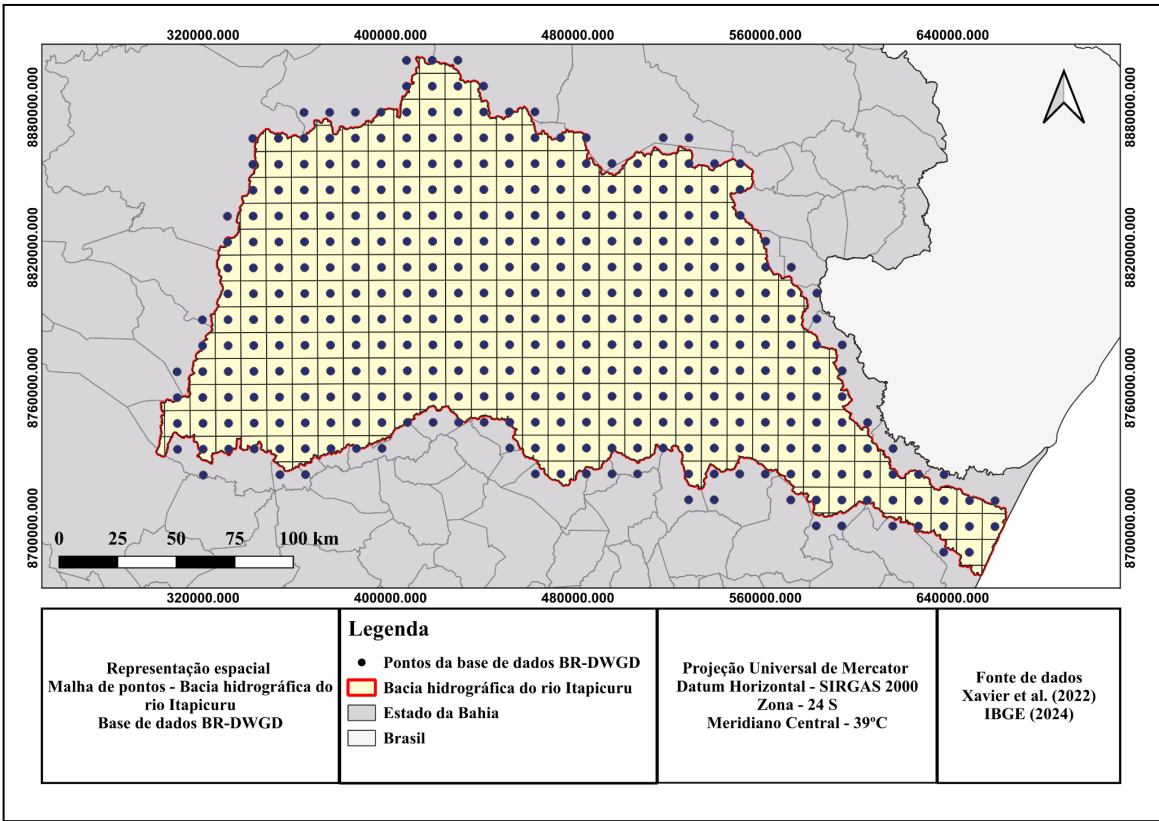
A grade e a camada vetorial foram utilizados no processamento dos dados de precipitação através de rotina de programação em linguagem R, no *software* RStudio 4.5 (Posit Team, 2025), em que foram extraídos os totais anuais de chuva da série histórica para todos os pontos que interceptam a delimitação da bacia. Gerou-se uma planilha eletrônica

com essas informações organizadas em colunas por coordenada geográfica e ano, com um total de 360 pontos georreferenciados.

4.3. Precipitação média na bacia

Em virtude da interceptação parcial da área de influência dos pontos localizados próximos ou externamente aos limites da bacia, foi utilizado o método de Thiessen para delimitar e calcular as áreas de influência de todos os pontos, através da ferramenta do software QGIS “polígonos de Voronoi”. Tal método utiliza a teoria dos diagramas de Voronoi para, em forma de polígonos, determinar esses contornos, onde qualquer localização dentro desse polígono está mais próxima desse ponto do que de qualquer outro do diagrama (Souza, 2023).

Figura 3 - Delimitação espacial dos pontos e suas respectivas áreas de influência na bacia hidrográfica do rio Itapicuru.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em seguida, utilizou-se a equação abaixo (Equação 1) para calcular a precipitação média na bacia (Marciano; Barbosa; Silva, 2018):

$$P_m = \frac{\sum(P_i \times A_i)}{A_t} \quad (1)$$

onde:

- P_m : precipitação média anual na bacia (mm);
- P_i : precipitação anual observada no ponto i (mm);
- A_i : área de influência do ponto i (km²);
- A_t : área total da bacia (km²).

4.4. Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Para o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva, foram utilizadas as equações 2 e 3 (Araújo *et al.*, 2024). Além disso, a classificação das faixas de precipitação foi realizada a partir dos parâmetros apresentados na Tabela 1 (Ferreira; Santos, 2024).

$$IAC_{positivo} = 3 \times \frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \quad (2)$$

$$IAC_{negativo} = -3 \times \frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \quad (3)$$

onde:

- N : precipitação anual do ano observado (mm);
- $\bar{N}$: precipitação média anual da série histórica (mm);
- $\bar{M}$: média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm);
- $\bar{X}$: média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Tabela 1 - Categorização das faixas de pluviosidade conforme o IAC.

Faixa do IAC	Classificação da pluviosidade
Acima de 4	Extremamente Úmido
de 2 a 4	Muito Úmido
de 0 a 2	Úmido
de 0 a -2	Seco
de -2 a -4	Muito Seco
Abaixo de -4	Extremamente Seco

Fonte: Adaptado de Ferreira e Santos (2024).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

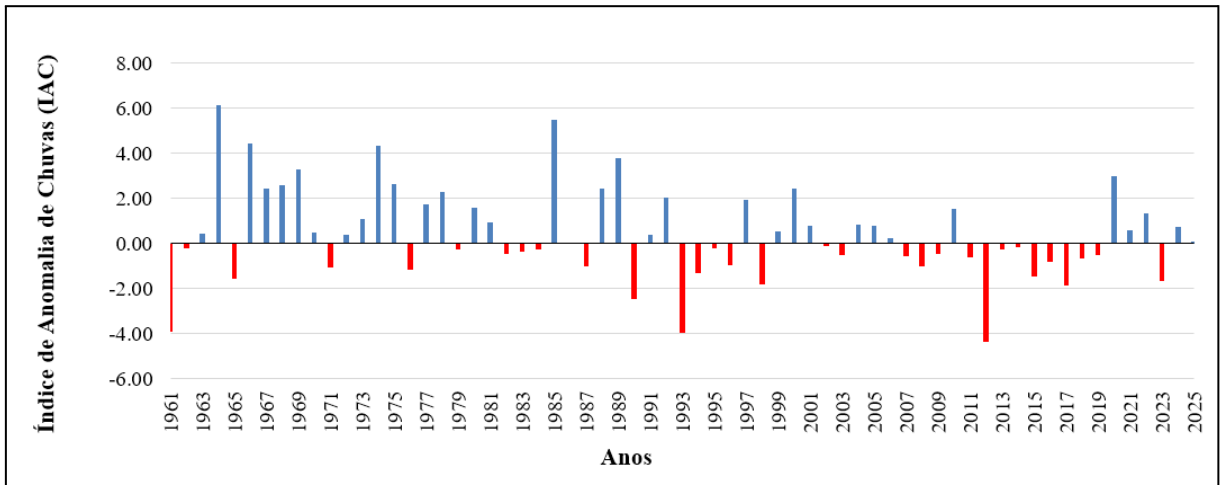
Na Tabela 2 e na Figura 4 é apresentada a classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Itapicuru para a série histórica analisada.

Tabela 2 - Classificação do IAC para a bacia hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia (1961 - 2025).

Ano	IAC	Classificação	Ano	IAC	Classificação	Ano	IAC	Classificação
1964	6,16	Extremamente Úmido	2001	0,78	Úmido	2019	-0,50	Seco
1985	5,52	Extremamente Úmido	2005	0,76	Úmido	2003	-0,53	Seco
1966	4,43	Extremamente Úmido	2024	0,71	Úmido	2007	-0,59	Seco
1974	4,35	Extremamente Úmido	2021	0,57	Úmido	2011	-0,60	Seco
1989	3,77	Muito Úmido	1999	0,53	Úmido	2018	-0,69	Seco
1969	3,29	Muito Úmido	1970	0,50	Úmido	2016	-0,80	Seco
2020	2,99	Muito Úmido	1963	0,43	Úmido	1996	-0,99	Seco
1975	2,65	Muito Úmido	1972	0,41	Úmido	1987	-1,01	Seco
1968	2,59	Muito Úmido	1991	0,40	Úmido	2008	-1,04	Seco
1967	2,45	Muito Úmido	2006	0,23	Úmido	1971	-1,08	Seco
2000	2,42	Muito Úmido	2025	0,08	Úmido	1976	-1,15	Seco
1988	2,42	Muito Úmido	1986	0,003	Úmido	1994	-1,32	Seco
1978	2,30	Muito Úmido	2002	-0,09	Seco	2015	-1,46	Seco
1992	2,05	Muito Úmido	2014	-0,18	Seco	1965	-1,56	Seco
1997	1,95	Úmido	1962	-0,21	Seco	2023	-1,67	Seco
1977	1,75	Úmido	1995	-0,24	Seco	1998	-1,84	Seco
1980	1,60	Úmido	1984	-0,24	Seco	2017	-1,88	Seco
2010	1,55	Úmido	2013	-0,25	Seco	1990	-2,48	Muito seco
2022	1,35	Úmido	1979	-0,28	Seco	1961	-3,94	Muito seco
1973	1,07	Úmido	1983	-0,35	Seco	1993	-3,95	Muito seco
1981	0,92	Úmido	1982	-0,44	Seco	2012	-4,37	Extremamente Seco
2004	0,83	Úmido	2009	-0,44	Seco			

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Figura 4 - Valores do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), positivo e negativo, para a bacia hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia (1961 - 2025).



Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Foi observado no período analisado a ocorrência de 34 anos categorizados com IAC positivo e 31 anos categorizados com IAC negativo, com valores na faixa de -4,37 a 6,16. Verificou-se no intervalo de 1961 a 1980 maior número de anos úmidos em comparação ao número de anos considerados secos (14 anomalias positivas e 6 anomalias negativas). Entretanto, entre 1981 e 2000, notou-se um gradativo crescimento da ocorrência de anomalias negativas (10 negativas para 10 positivas) e observou-se maior frequência de anomalias negativas nas últimas décadas da série, com os últimos 24 anos, 2001 a 2025, apresentando 15 destas para 10 positivas. Na tabela abaixo (Tabela 3) são apresentados o número de anos de acordo com sua classificação de IAC e seu respectivo percentual em relação à série histórica analisada.

Tabela 3 - Número e percentual de anos por classificação de IAC para a bacia hidrográfica do rio Itapicuru.

Classe de IAC	Número de anos	Percentual
Extremamente Úmido	4	6,15 %
Muito Úmido	10	15,38 %
Úmido	20	30,77 %
Seco	27	41,54 %
Muito Seco	3	4,62 %
Extremamente Seco	1	1,54 %

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Nesse sentido, mesmo com a identificação de quatro anos extremamente úmidos (1964, 1966, 1974 e 1985), e relativo equilíbrio entre a ocorrência de anomalias positivas e negativas nas primeiras décadas da cobertura temporal, os resultados sugerem concentração mais expressiva de anos com IAC negativo após a década de 1990, com destaque para 1993 e 2012, que foram categorizados com valores de IAC de -3,95 e -4,37, respectivamente. Esse comportamento pode indicar uma possível redução da recarga dos corpos hídricos superficiais e subsuperficiais da bacia hidrográfica do rio Itapicuru, e, conseqüentemente, no abastecimento de água para os diversos fins, do consumo humano à dessedentação animal e a produção agrícola.

Os resultados encontrados corroboram com o observado em análises de precipitação de regiões do semiárido, em especial, do Nordeste brasileiro, que historicamente enfrenta longas estações secas (Marengo, 2007). Assis, Souza e Sobral (2015), ao avaliarem o regime temporal e espacial de precipitação no submédio da bacia do Rio São Francisco com IAC, diagnosticaram que até a década de 1980 os anos com chuva ocorriam com mais frequência, com alteração desse padrão a partir da década de 1990. Rocha, Assis e Fontes (2024) ao analisarem o IAC anual médio da bacia do Rio Cachoeira, estado da Bahia, identificaram comportamento semelhante na variação de anomalias positivas e negativas de precipitação. Silva Júnior (2025) e França *et al.* (2022) detectaram o mesmo comportamento nos resultados de seus estudos sobre o Rio Terra Nova, Pernambuco e o município de Amparo de São Francisco, em Sergipe, respectivamente.

Desse modo, todas as pesquisas supracitadas apontam anomalias negativas extremas na década de 2010 e o ano de 1993 como extremamente seco. Essa variação no regime de precipitação das séries analisadas pode estar associada a três ocorrências de El Niño (1991-1992, 1992-1993 e 1997-1998) identificadas na década de 1990, considerada um dos períodos mais secos da história do país (Rocha; Assis; Fontes, 2024). Esses resultados sugerem que a ocorrência e a intensidade dos fenômenos ENOS podem estar associadas às anomalias de precipitação. Ademais, as pesquisas supracitadas também avaliam o IAC enquanto índice que demonstrou ser capaz de subsidiar os sistemas de monitoramento de eventos extremos de chuva. Nesse contexto, buscou-se analisar a associação temporal entre as fases do El Niño-Oscilação Sul e a ocorrência de anomalias pluviométricas na bacia.

Na Tabela 4 são apresentados os períodos de ocorrência de fenômenos ENOS e seus respectivos graus de intensidade e, na Figura 5, a variação anual do IAC da bacia associada a esses períodos.

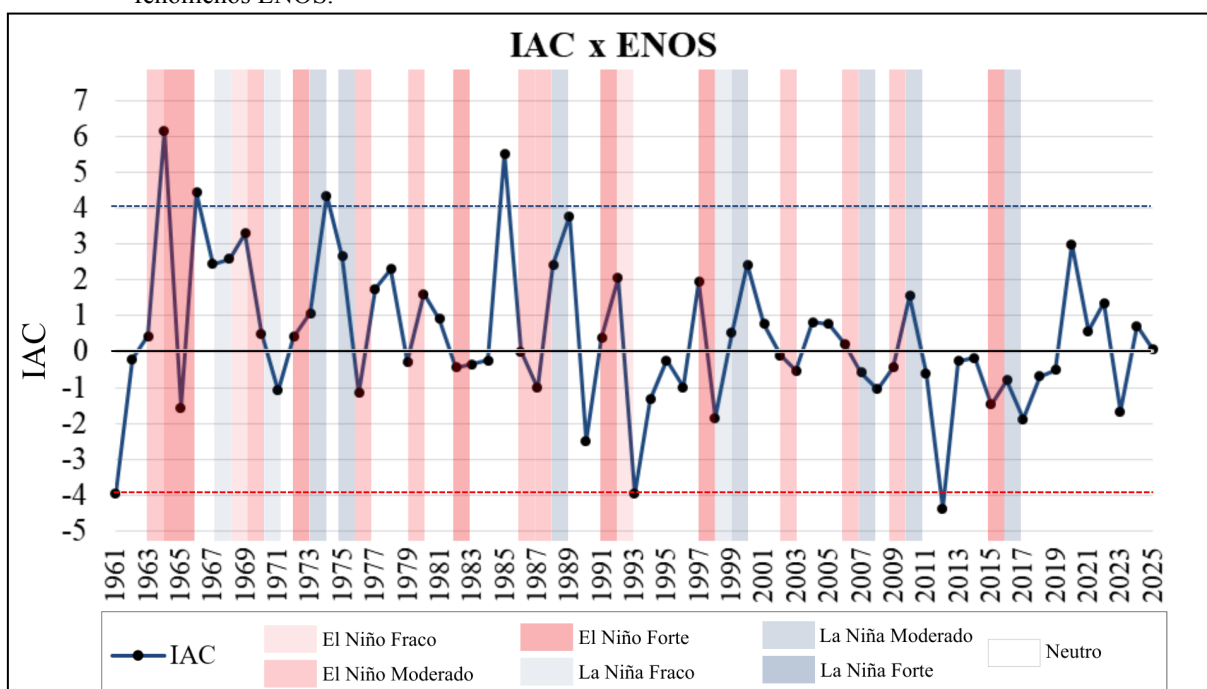
Tabela 4. Períodos de ocorrência de El Niño e La Niña.

Ocorrências de El Niño	Ocorrências de La Niña
1963-1964**	1967-1968*
1965-1966***	1970-1971*
1968-1969*	1973-1974**
1969-1970**	1975-1976**
1972-1973***	1988-1989**
1976-1977**	1998-1999*
1979-1980**	1999-2000**
1982-1983***	2007-2008**
1986-1987**	2010-2011**
1987-1988***	2017-2018**
1991-1992***	
1992-1993*	
1997-1998***	
2002-2003**	
2006-2007**	
2009-2010**	
2015-2016***	

*Fraco; **Moderado e ***Forte

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2026).

Figura 5 - Variação anual de IAC da bacia hidrográfica do rio Itapicuru associada a períodos de ocorrência de fenômenos ENOS.



Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Nesse quesito, quando comparada a ocorrência de fenômenos ENOS e de intensidade de anomalias de chuva para a bacia do rio Itapicuru, verificou-se que no ano de 2012 (extremamente seco) não houve ocorrência de El Niño. Dos anos muito secos, somente 1993

possui coincidência de ocorrência com o El Niño, além de 12 dos 27 anos secos. Já em relação ao La Niña, verificou-se que, dos anos classificados como extremamente úmidos, somente o ano de 1974 teve associação temporal com o fenômeno e somente quatro dos dez muito úmidos e três dos vinte úmidos tiveram associação. Em contrapartida, observou-se que dois anos extremamente úmidos (1964 e 1966) foram associados a períodos de El Niño, como também sete anos secos a períodos de La Niña. Desse modo, os resultados indicaram que pode haver influência parcial de ENOS no acréscimo de intensidade de anomalias de chuva na bacia, porém, essa correlação não é suficiente para estabelecer um quadro preciso de previsão desses eventos, pois cabe avaliar a atuação de outros sistemas atmosféricos.

Pesquisas indicam essa possível relação parcial de correspondência entre os fenômenos a partir da análise de precipitação pelo IAC. Carvalho *et al.* (2023) em sua análise de variabilidade de precipitação para 10 municípios do Piauí, identificaram o predomínio de anos mais secos no período de 2012 a 2016, associados a presença de El Niño. Por sua vez, Melo *et al.* (2024) em seu estudo de IAC da precipitação de CRAJUBAR, estado do Ceará, observaram que apesar da ocorrência de ENOS em anos de anomalias de chuva, esta correlação limita-se a alguns eventos específicos.

Dessa forma, cabe levar em consideração esses aspectos nas modelagens e produção de informação para suporte à previsão de períodos de estiagem, aliado a avaliação de outras dinâmicas climáticas propícias à região Nordeste, visto que no contexto atual de mudanças climáticas, alteração nos padrões de pluviosidade são cada vez mais perceptíveis, como apontado por Marengo, Torres e Fontes (2017) em sua elaboração do panorama temporal de secas no Nordeste.

Nesse contexto, os resultados desse estudo podem subsidiar sistemas de monitoramento de variabilidade pluviométrica e de distribuição espacial e temporal de anomalias de precipitação da bacia hidrográfica do rio Itapicuru ao contribuir com o planejamento da gestão de recursos hídricos, tanto para a agropecuária quanto para o abastecimento dos municípios, como também para a formulação políticas públicas de enfrentamento a períodos de seca ou de precipitação intensa e de ações voltadas à conservação ambiental e mitigação de impactos provenientes de desastres naturais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto neste trabalho, conclui-se que houve uma maior frequência de anomalias negativas de precipitação a partir da década de 1990 na bacia hidrográfica do rio Itapicuru, comportamento semelhante ao verificado em regiões do semiárido nordestino, o que pode indicar condições menos favoráveis à disponibilidade hídrica regional, demandando acompanhamento integrado de precipitação, vazão, armazenamento e recarga.

O uso da base BR-DWGD na classificação do IAC mostrou aplicabilidade para a caracterização preliminar das anomalias anuais de precipitação na escala da bacia, uma vez que os procedimentos computacionais e matemáticos demonstraram aplicabilidade metodológica para escalas regionais e temporais de análise de precipitação.

Em relação aos fenômenos ENOS e sua influência na taxa de intensidade das anomalias, verifica-se que pode haver relação de sua ocorrência com intensificação de períodos secos e chuvosos, principalmente para anomalias negativas em sua fase quente (El Niño). Entretanto, cabe avaliar em estudos futuros a associação temporal com outros fenômenos atmosféricos que influenciam as oscilações climáticas do Nordeste.

Assim, foi possível caracterizar o IAC da bacia do rio Itapicuru com o uso da base BR-DWGD, o que possibilitou a identificação da variabilidade de precipitação e da ocorrência de eventos extremos de seca ao longo da série histórica, produto que pode subsidiar os sistemas de monitoramento climático, o planejamento da gestão de recursos e ações e estratégias para enfrentamento e mitigação dos impactos causados por desastres naturais.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Y. R. T. de. **Regionalização de vazões mínimas, médias e máximas na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru - BA**. 2019. 67 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/14264/2/YTALLO_RAFAEL_TEIXEIRA_ALBUQUERQUE.pdf. Acesso em: 21 abr. 2026.
- ARAÚJO, E.; GONÇALVES, G. G.; QUEIROZ, M. G.; REIS, M. J. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) aplicado à análise das precipitações em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, v. 35, n. 1, p. 178-191, 2024. DOI: 10.33360/RGN.2318-2695.2024.i1.p.178-191. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/geonordeste/article/view/19075/16210>. Acesso em: 23 mar. 2026.
- ASSIS, M. O. de; SOUZA, W. M. de; SOBRAL M. DO. C. Análise climática da precipitação no submédio da bacia do Rio São Francisco com base no Índice de Anomalia de Chuva. **RBCIAMB**, [s. l.], n. 36, p. 115-127, 2015. DOI: 10.5327/Z2176-947820151012. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/194/158. Acesso em: 4 jun. 2026.
- BHARDWAJ, K.; MISHRA, A.; KHEDUN, C. P. Global droughts in a warming climate: Evaluation of SPI and SPEI under 1.5°, 2°, and 3 °C global warming. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 659, n. 133309, p. 1-14, 2025. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2025.133309. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216942500647X>. Acesso em: 19 jul. 2026.
- BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 6 jun. 2026.
- CARVALHO, M. W. L.; CORRÊA, W. C.; TEIXEIRA, M. A. de C. M.; TEIXEIRA CORTEZ, C.; SILVA, A. C. da. Variabilidade pluviométrica e índice de anomalia de chuvas em municípios do Piauí. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [s. l.], v. 27, p. 1-19, e71043, 2023. DOI: 10.5902/2236499471043. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/71043>. Acesso em: 23 mar. 2026.
- CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**, [s. l.], v. 1, n. 20, p. 193–204, 2003. DOI: 10.62516/terra_livre.2003.185. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/185>. Acesso em: 22 abr. 2026.
- FERREIRA, L. G. C.; KEMENES, A. A influência dos eventos climáticos extremos na climatologia da planície litorânea piauiense. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 32, n. 19, p. 634–657, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16349. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16349>. Acesso em: 22 abr. 2026.

FERREIRA, R. M. A.; SANTOS, L. F. L. dos. Análise Comparativa do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) nos Municípios de Paulista, Abreu e Lima e Igarassu, Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. **Geografia**, Londrina, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 91–108, 2024. DOI: 10.5433/2447-1747.2025v34n1p91. Disponível em:

<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/50496>. Acesso em: 23 mar. 2026.

FRANÇA, M. V. de; MEDEIROS, R. M. de; SABOYA, L. M. F.; HOLANDA, R. M. de. Análise do Índice de Anomalia de Chuva para Amparo de São Francisco - Sergipe, Brasil. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 211-220, 2022. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/20187/209209216703>. Acesso em: 23 mar. 2026.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE REPRESAS Y OPERACIÓN DE EMBALSES, 2004, Puerto Iguazú. In: **Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses**. Puerto Iguazú : CACIER, v. 1. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/275958581_A_Previsao_de_secas_e_a_gestao_hidroenergetica_o_caso_da_bacia_do_Rio_Parnaiba_no_Nordeste_do_Brasil. Acesso em: 27 abr. 2026.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semiáridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, [s. v.], n. 19, p. 19-30, 1998. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/1175/4324>. Acesso em: 4 jun. 2026.

GOMES, D. J. S.; SILVA, L. P. da; PIRES, E. A.; OLIVEIRA, M. R. da S.; FERREIRA, N. S.; LIMA, I. C. C. P.; DIAS, G. F. de M. Variabilidade hidroclimática e alterações do uso e cobertura da terra, Sub-Bacia Hidrográfica do Médio São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 050–067, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v15.1.p050-067. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf/article/view/250602>. Acesso em: 4 jun. 2026.

HAYLOCK, M. R.; HOFSTRA, N.; KLEIN TANK, A. M. G.; KLOK, E. J.; JONES, P. D.; NEW, M. A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. **Journal of Geophysical Research**, [s. l.], v. 113, d. 20119, p. 1-12, 2008. DOI: 10.1029/2008JD010201. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1029/2008JD010201?download=true&campaigns=%5B%7B%22position%22%3A%22ereader-last-page%22%2C%22uri%22%3A%22uri%3A707b1a3c-73e6-4188-b21f-2b05b70307d8%22%7D%2C%7B%22position%22%3A%22ereader-first-page%22%2C%22uri%22%3A%22uri%3A7691ea89-90f5-4086-9241-486673caed61%22%7D%5D>. Acesso em: 6 jun. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Bacias Hidrográficas do Brasil – BHB250: vetores, nível 4**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em:

https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=informacoes_ambientais/estudos_ambientais/bacias_e_divisoes_hidrograficas_do_brasil/2021/Bacias_Hidrograficas_do_Brasil_BHB250/vetores/. Acesso em: 27 mar. 2026.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru**. 2026. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/inema/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-itapicuru>. Acesso em: 21 abr. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **El Niño e La Niña**. CPTEC (Online). Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 27 abr. 2026.

LIMA, R. G. S. **Análise da evolução temporal da região semiárida brasileira a partir de base de dados espacializada em alta resolução**. 2025. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2025. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/21346/2/RONALDO_GUILHERME_SANTOS_LIMA.pdf. Acesso em: 20 abr. 2026.

LOPES, V. C.; PINHEIRO, E. A. R.; VIOLA, M. R.; VAN LIER, Q. de J. Comparing ERA5-Land and BR-DWGD Datasets and Their Impacts on Vadose-Zone Hydrological Modelling in the Brazilian Cerrado. **Hydrological Processes**, [s. l.], v. 40, e70568, p. 1-21, 2026. DOI: 10.1002/hyp.70568. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1002/hyp.70568?download=true&campaigns=%5B%7B%22position%22%3A%22ereader-last-page%22%2C%22uri%22%3A%22uri%3A707b1a3c-73e6-4188-b21f-2b05b70307d8%22%7D%2C%7B%22position%22%3A%22ereader-first-page%22%2C%22uri%22%3A%22uri%3A7691ea89-90f5-4086-9241-486673caed61%22%7D%5D>. Acesso em: 6 jun. 2026.

LUNA, V. F.; DUARTE, C. C.; SILVA, J. M. O.; SANCHES, F. de O.; NÓBREGA, R. S. Eventos extremos diários de precipitação em cidade do semiárido cearense. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 35, n. 20, p. 607–629, 2024. DOI: 10.55761/abclima.v35i20.18731. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/18731>. Acesso em: 23 abr. 2026.

MARCIANO, A. G.; BARBOSA, A. A.; SILVA, A. P. M. Cálculo de precipitação média utilizando método de Thiessen e as linhas de cumeada. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2018. DOI: 10.4136/1980-993X. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/sdNHVHFwqXBgsTRG5KsR6BK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 jul. 2026.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA, 2007. 2. ed. 212 p. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Livro2_completo.pdf. Acesso em: 4 jun. 2026.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, [s. l.], v. 129, [s. n.], p. 1189-1200, 2017. DOI: 10.1007/s00704-016-1840-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-016-1840-8>. Acesso em: 4 jun. 2026.

MELO, R. B. de.; BELÉM, P. J. A.; COSTA, C. T. F. da.; PEREIRA, A. R. B.; BATISTA, P. H. T.; SILVA, W. V. da. Índice de Anomalia de Chuva aplicado ao estudo das precipitações na Região Crajubar - Ceará. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 34, n. 20, p. 557–575, 2024. DOI: 10.55761/abclima.v34i20.17518. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/17518>. Acesso em: 23 mar. 2026.

OLÍMPIO, J. L. S.; ZANELLA, M. E. Distribuição espaço-temporal dos desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 30, [s. n.] p. 110–131, 2015. DOI: 10.11606/rdg.v30i0.100002. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/100002>. Acesso em: 6 jun. 2026.

PEIXINHO, M. A. L. **Hidrogeologia do sistema aquífero Marizal/São Sebastião na sub-bacia do Tucano Central, estado da Bahia**. 2016. 377 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/22501/1/Marco%20Peixinho.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2026.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. Cap. 1. p. 17-35. Disponível em: https://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf. Acesso em: 6 jun. 2026.

POSIT SOFTWARE, PBC. **RStudio Integrated Development Environment for R**. Boston, MA, 2025. Disponível em: <https://posit.co/products/open-source/rstudio/>. Acesso em: 23 abr. 2026.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.40.12. Open Source Geospatial Foundation Project, 2025. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 23 abr. 2026.

ROCHA, N. N. C. S. G.; ASSIS, J. M. O.; FONTES, A. S. Índice de anomalia de chuva e ocorrência de desastres relacionados à precipitação na bacia hidrográfica do rio Cachoeira, Bahia. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 21, n. 16, p. 1-18, 2024. DOI: 10.21168/reg.v21e16. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/915/155>. Acesso em: 23 mar. 2026.

ROCHA, W. da S.; SANTOS, S. de A. Vulnerabilidade ambiental e hídrica em bacias hidrográficas semiáridas: dinâmica, riscos e conservação. **Revista Ouricuri**, Brasil, v. 15, n. 1, p. 03–25, 2025. DOI: 10.59360/ouricuri.vol15.i1.a23256. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/ouricuri/article/view/23256>. Acesso em: 23 mar. 2026.

VAN ROOY, M. P. A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, *Notes*, 14, 43, 1965.

SANTOS, L. K. L. dos. A utilização do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

durante a análise dos dados pluviométricos do município de Natal - RN de 1993 a 2019. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 20., 2024, João Pessoa. **Anais do XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente**. Campina Grande: Realize, 2024. p. 1-8. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/118629>. Acesso em: 26 abr. 2026.

SILVA, A. C. S. L. da; SILVA, J. F. B. R. da; PINTO, C. A. D.; COSTA, A. C. L. da; SOUZA, M. H. F.; SANCHEZ-MARTINEZ, P. Análise do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e a influência do fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) na Floresta Nacional de Caxiuanã. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 36, n. 21, p. 384–408, 2025. DOI: 10.55761/abclima.v36i21.19299. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/19299>. Acesso em: 23 mar. 2026.

SILVA JÚNIOR, J. A. da. Análise de índices de precipitação utilizando dados BR-DWGD na bacia hidrográfica do rio Terra Nova, Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 37, n. 21, p. 454–473, 2025. DOI: 10.55761/abclima.v37i21.19455. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/19455>. Acesso em: 23 mar. 2026.

SILVA JÚNIOR, J. A. da; JOVINO, E. S.; NETO, A. R.; OLIVEIRA, L. M. M. de. Evaluation of BR-DWGD, CHIRPS and GPM-IMERG precipitation products: case study in the Ipojuca River Basin. **Meteorology and Atmospheric Physics**, [s. l.], v. 138, n. 25, p. 1-19, 2026. DOI: 10.1007/s00703-026-01127-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00703-026-01127-w>. Acesso em: 6 de jun. 2026.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica: diagnóstico e propostas**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b18c1ddd-ae4d-4cab-9dc3-8e6c083ac81f/content>. Acesso em: 23 abr. 2026.

SOUZA, N. C. R. de; FONTES, A. S.; LUZ, L. D. da. Avaliação do comportamento do regime hidrológico natural dos rios Itapicuru e Paraguaçu, 21., 2015, Brasília. **Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Brasília, DF: ABRH, 2016. p. 1-8. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/4/PAP020157.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2026.

SOUZA, T. P. de. **Uso de base de dados hidrológicos especializada em alta resolução para estudo de indicadores climáticos em Sergipe**. 2023. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2023. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/18395/2/THIERS_PEREIRA_SOUZA.pdf. Acesso em: 23 abr. 2026.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impactos da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/233443>. Acesso em: 6 jun. 2026.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, [s. v.], n. 70, p. 24-35, 2006. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revusp/en/article/download/13529/15347/16504>. Acesso em: 6 jun. 2026.

VERAS, R. de A. S. de; VIDON, A. C. de A. **Atlas Águas da Bahia**. Consórcio Hidrobahia (Coord.). [s. l.], 2023, 147 p. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/sihs/sites/site-sihs/files/2024-10/2%20-%20ATLAS%20AGUAS%20DA%20BAHIA%20-%20REV01%20%281%29.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2026.

VIRÃES, M. V. **Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: Estudo da vazão de 95% de permanência da sub-bacia 50 – Bacias dos rios Itapicuru, Vaza Barris, Real, Inhambupe, Pojuca, Sergipe, Japarutuba, Subaúma e Jacuípe.** / Múcio Valença Virões. Recife, CPRM, 2013. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/11562>. Acesso em: 21 abr. 2026.

WONG, C.-L.; YUSOP, Z.; ISMAIL, T. Trend of daily rainfall and temperature in peninsular Malaysia based on gridded data set. **International Journal of GEOMATE**, v. 14, i. 44, p. 65-72, 2018. DOI: 10.21660/2018.44.3707. Disponível em: <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/1828/1687>. Acesso em: 5 jun. 2026

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. **BR-DWGD**. GitHub (Online), 2026. Disponível em: <https://github.com/AlexandreCandidoXavier/BR-DWGD>. Acesso em: 23 abr. 2026.

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 42, n. 16, p. 8390– 8404, 2022. DOI: 10.1002/joc.7731. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.7731>. Acesso em: 23 abr. 2026.