Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

VARIABILIDADE INTERANUAL DAS PRECIPITAÇÕES NA SUB-BACIA DO RIO BANABUIÚ, CEARÁ

Interannual variability of precipitation in the Banabuiú River sub-basin, Ceará

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la subcuenca del río Banabuiú, Ceará

Bruno Wesley Freitas da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Quixadá, Ceará, Brasil
brunowesleyoficial@gmail.com

Jander Barbosa Monteiro
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)
Sobral, Ceará, Brasil
jander_monteiro@uvanet.br

João Luís Sampaio Olímpio
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Quixadá, Ceará, Brasil
joao.olimpio@ifce.edu.br

Resumo: Compreender os padrões de precipitação é essencial para a gestão dos recursos hídricos, sobretudo em contextos climáticos com elevada variabilidade, como o semiárido do Brasil. Neste estudo, foi selecionada a sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, localizada no estado do Ceará. O objetivo foi investigar a variabilidade interanual das precipitações, bem como levantar os impactos nos anos extremamente e muito secos e chuvosos. Foram utilizados dados de 13 postos pluviométricos com séries históricas entre 1990 e 2019. Inicialmente, procedeu-se à correção de falhas por meio de

regressão linear simples. Aplicou-se a técnica dos quantis para classificar os anos pluviométricos. O estudo também relacionou os acumulados anuais com as manifestações dos fenômenos El Niño-Oscilação Sul e Dipolo do Atlântico. A pesquisa detectou 629 falhas. Os dados revelam forte irregularidade (desvio padrão = 207,7 mm). Os anos mais secos resultaram em perdas agrícolas, redução das reservas hídricas e decretações de situação de emergência, enquanto os anos mais chuvosos ocasionaram danos estruturais e prejuízos econômicos. Destaca-se a seca plurianual iniciada em 2012 e os anos chuvosos de 2004 e 2009. Esta pesquisa forneceu dados pluviométricos mais precisos, que podem subsidiar estudos e decisões gerenciais sobre os recursos hídricos.

Palavras-chave: Seca. Chuva. Semiárido. Quantis. Bacia hidrográfica.

Abstract: Understanding precipitation patterns is essential for the management of water resources, particularly in climates characterized by high variability, such as Brazil's semi-arid region. In this study, the Banabuiú River sub-basin, located in the state of Ceará, was selected. The objective of the research was to investigate the interannual variability of precipitation, as well as to assess the impacts of extremely and very dry and wet years. Data from 13 rain gauge stations with historical series spanning from 1990 to 2019 were used. Initially, missing data was corrected using simple linear regression. The quantile technique was applied to classify hydrological years. The study also related annual totals to the manifestations of the El Niño–Southern Oscillation and the Atlantic Dipole. A total of 629 data gaps were identified. The data reveals strong irregularity (standard deviation = 207.7 mm). The driest years resulted in agricultural losses, reduction of water reserves, and declarations of emergency status, whereas the wettest years caused structural damage, and economic losses. Noteworthy are the multi-year drought beginning in 2012 and the wet years of 2004 and 2009. This research provided more accurate rainfall data, which can support further studies and inform water resource management decisions.

Keywords: Drought. Rain. Semiarid. Quantiles. Hydrographic basin.

Resumen: Comprender los patrones de precipitación es esencial para la gestión de los recursos hídricos, especialmente en contextos climáticos con alta variabilidad, como el semiárido brasileño. En este estudio, se seleccionó la subcuenca hidrográfica del río Banabuiú, ubicada en el estado de Ceará. El objetivo de la investigación fue analizar la variabilidad interanual de las precipitaciones, así como evaluar los impactos en años extremadamente y muy secos y lluviosos. Se utilizaron datos de 13 estaciones pluviométricas con series históricas entre 1990 y 2019. Inicialmente, se procedió a la corrección de fallas mediante regresión lineal simple. Se aplicó la técnica de los cuantiles para clasificar los años hidrológicos. El estudio también relacionó los acumulados anuales con las manifestaciones de los fenómenos El Niño–Oscilación del Sur y el Dipolo del Atlántico. Se detectaron un total de 629 fallas. Los datos revelan una fuerte irregularidad (desviación estándar = 207,7 mm). Los años más secos resultaron en pérdidas agrícolas, reducción de las reservas hídricas y declaraciones de estado de emergencia, mientras que los años más lluviosos ocasionaron daños estructurales y pérdidas económicas. Se destacan la sequía plurianual iniciada en 2012 y los años lluviosos de 2004 y 2009. Esta investigación proporcionó datos pluviométricos más precisos, que pueden respaldar estudios futuros y apoyar la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos.

Palabras clave: Sequía. Lluvia. Semiárido. Cuantiles. Cuenca hidrográfica.

Submetido em: 18/05/2026
Aceito para publicação em: 05/09/2026
Publicado em: 15/11/2026

1. INTRODUÇÃO

Dentre os elementos climáticos, a precipitação pluvial é um fenômeno de grande interesse, haja vista que está fortemente relacionada ao funcionamento dos ecossistemas e é um insumo para as atividades humanas (Gois *et al*., 2019). Em razão disso, a redução ou o incremento substancial das chuvas em relação aos valores habituais podem deflagrar impactos sociais, econômicos e ambientais severos nas comunidades e nos sistemas ecológicos.

O aumento do consumo de água doce é uma realidade na população global, impulsionado por fatores como crescimento econômico, aumento populacional e expansão da agropecuária, o que pode resultar em crises hídricas, sobretudo quando as precipitações são insuficientes para repor os volumes consumidos (UNEP, 2025). Por outro lado, os eventos extremos associados ao clima e às condições meteorológicas, aparentemente, estão aumentando de intensidade e frequência em várias partes do mundo (Marengo *et al*., 2020).

No Brasil, os desastres socionaturais (Monteiro; Zanella, 2019) decorrentes de secas, inundações e chuvas extremas são os mais comuns (Brasil, 2023). Em 2020, os episódios de secas afetaram 53,4% dos municípios brasileiros, enquanto as inundações impactaram 32,8% (Brasil, 2021). Neste contexto, os territórios localizados no domínio climático semiárido, na região Nordeste, possuem especial interesse em virtude da maior predisposição à variabilidade espacial e temporal das precipitações.

Vários estudos investigaram a variabilidade interanual das chuvas no Nordeste e as suas conexões com as anomalias dos campos de pressão sobre os oceanos Pacífico e Atlântico tropicais (Harzallah; Aragão; Sadourny, 1996; Monteiro, 2022; Reboita; Santos, 2014; Xavier *et al*., 2003). Em menor medida, outras pesquisas se dedicaram à compreensão dos fenômenos oceano-atmosféricos causadores da variabilidade intrassazonal (Nobre; Melo, 2001; Repelli *et al*., 1998). Em ambos os casos, os efeitos negativos nas populações e nos ecossistemas podem ser devastadores, especialmente durante a ocorrência de episódios pluviométricos extremos, como secas intensas e chuvas excepcionais (Nóbrega; Santiago, 2014; Seirgmann *et al*., 2024).

A seca é o fenômeno climático mais frequente, que afeta o maior número de pessoas e que causa os maiores prejuízos econômicos no semiárido brasileiro. Entre 2003 e 2014, os registros oficiais indicam que 77,4% de municípios nordestinos (incluindo aqueles que estão

sob outros regimes climáticos) estiveram sob situação de emergência por escassez hídrica pelo menos uma vez (Olímpio, 2020). Para o período de 1995 a 2019, a falta d'água causou danos e prejuízos estimados em R$90,89 bilhões, especialmente na agricultura, na pecuária e no abastecimento humano (Banco Mundial; UFSC, 2020).

No entanto, o semiárido também é suscetível a eventos de precipitações extremas e a grandes acumulados pluviométricos. Moura *et al*. (2016) contabilizaram 111 decretações de Estado de Calamidade Pública ocasionadas por chuvas extremas, inundações graduais ou enxurradas na região Nordeste ao longo do período de 2003 e 2015. Recentemente, a região foi impactada por episódios de chuvas excepcionais. Ao longo de março e abril de 2023, a região do Sertão Central cearense recebeu vários acumulados diários de precipitação significativos, sendo alguns extremos (maiores que 135,5 mm/24h) (Monteiro, 2016), ocasionando rompimentos de barragens, destruição de edificações e severo comprometimento das vias de circulação e dos serviços públicos (Seirgmann *et al*., 2024).

Contudo, estes cenários podem ser agravados pela intensificação do aquecimento global. Para o nordeste do Brasil, as projeções climáticas apontam para uma tendência decrescente da precipitação média e tendências crescentes para aridez e para secas agrícolas e ecológicas ainda neste século (IPCC, 2021; PBMC, 2016). Também é esperada a expansão das áreas climáticas secas sobre os ambientes subúmidos circundantes e o aumento das terras suscetíveis à desertificação (Morais; Wanderley; Delgado, 2023; Silva, *et al*., 2023).

Neste contexto, o conhecimento sobre os padrões de comportamento da pluviosidade são instrumentos essenciais para a gestão eficiente das reservas hídricas (Gois *et al*., 2019), na medida que podem fundamentar as tomadas de decisão a partir do uso de informações técnica e cientificamente confiáveis. Para tanto, a contínua aquisição de dados pluviométricos e de previsão atmosférica auxiliam a compreensão dos padrões espaço-temporais de aportes e perdas hídricas ao longo de uma bacia hidrográfica, sendo úteis para decisões sobre armazenamento das águas, volumes liberados e usos prioritários.

Contudo, frequentemente existem lacunas nas séries históricas. A ausência de dados pode ter origens diversas, tais como problemas nos equipamentos, ausência de um operador, equívocos no registro ou falhas na comunicação dos dados. Elas comprometem a continuidade das informações e podem inviabilizar o uso da série histórica ou provocar interpretações errôneas pelos tomadores de decisão (Oliveira *et al*., 2010; Pinto *et al*., 2017). Por isso, é

necessário estimar os dados pluviométricos ausentes, visando garantir a consistência da informação climática (Pereira; Barbieiro; Quevedo, 2020).

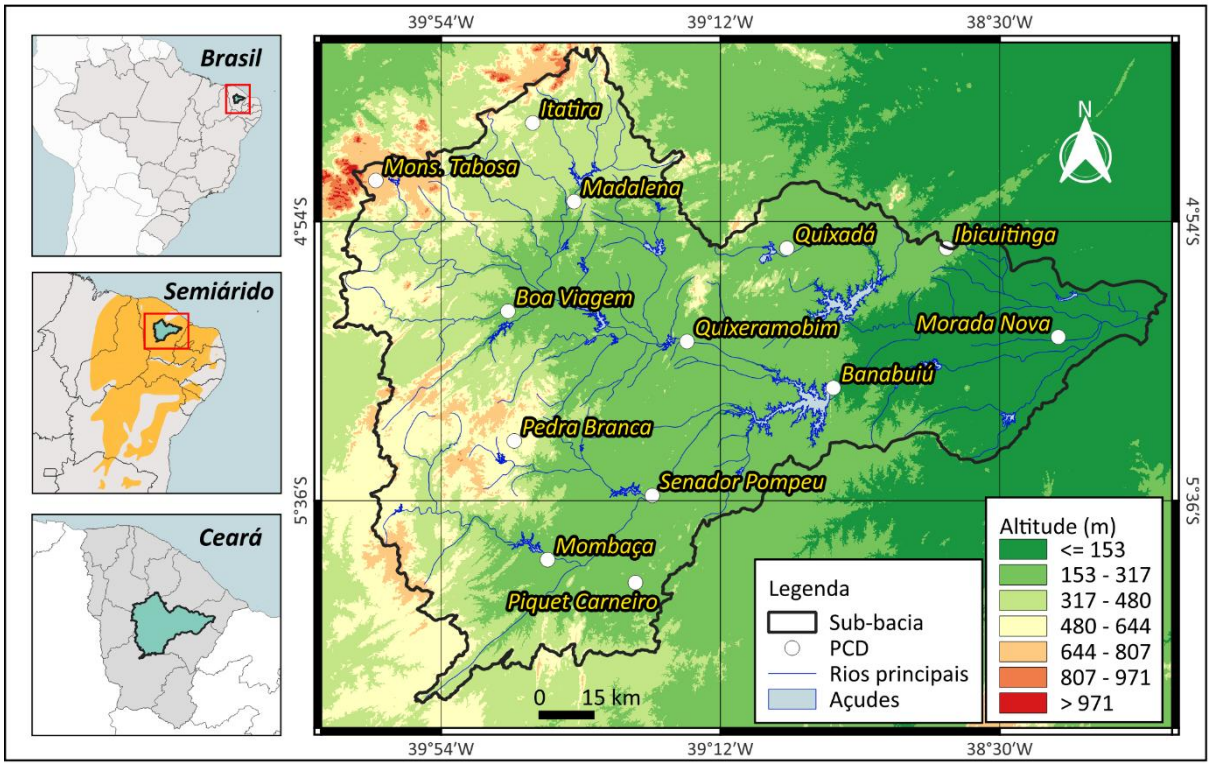
Outro desafio é o estabelecimento de valores pluviométricos máximos e mínimos para definição e classificação de episódios intensos nas diferentes escalas temporais. Para o semiárido brasileiro, há diferentes propostas de limiares. Zanella (2006) considerou para a cidade de Fortaleza, Ceará, que as precipitações extremas são aquelas cujo acumulado diário é igual ou superior a 60 mm. Por meio da Metodologia dos Máximos de Precipitação, Monteiro (2016) estabeleceu limites mínimos diários entre 66,1 e 76,7 mm para localidades situadas em uma das oito Regiões Pluviometricamente Homogêneas (RPH) do Ceará. Para as anomalias negativas das precipitações, o projeto Monitor das Secas definiu seis classes de severidade das secas para as regiões brasileiras, tendo como limiar inicial (seca fraca) os acumulados mensais com valores do Índice de Padronizado de Precipitação (SPI) e do Índice de Padronizado de Precipitação-Evaporação (SPEI) menores que -0,5 (Martins *et al*., 2015).

Estas problemáticas afetam o estado do Ceará. No interior do seu território, há doze regiões hidrográficas de planejamento dos recursos hídricos. Dentre elas, esta pesquisa selecionou a sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, por ser uma área estratégica para o abastecimento humano e irrigação de lavouras. Assim, nesse estudo é investigada a variabilidade interanual das precipitações na sub-bacia do rio Banabuiú e suas relações com as anomalias das temperaturas das superfícies dos oceanos Pacífico e Atlântico tropicais.

2. ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú está localizada na porção central do estado do Ceará (Figura 1) e pertence ao médio curso da bacia do rio Jaguaribe. A área sub-bacia é de 19.603,09 km², o que equivale a 13,2% do território estadual. A região de planejamento da bacia é composta por 17 municípios (Ceará, 2022). Climatologicamente, a região é classificada como semiárida quente (Bsh) (Köppen, 1948).

Figura 1 - Localização da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, Ceará.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Naturalmente, todos os cursos d'água são intermitentes devido às condições de semiaridez (Ceará, 2022). O substrato geológico é formado, predominantemente, por rochas do embasamento cristalino, de modo que as águas subterrâneas estão condicionadas apenas às zonas fraturadas, resultando em um baixo potencial hídrico (Souza; Aguiar; Paula, 2022). Até 2024, a sub-bacia possuía 8.221 espelhos d'água, sendo que 86,7% são de pequeno porte (menos de cinco hectares) (Ceará, 2024). O Governo estadual realiza a gestão das águas em 19 reservatórios, cuja capacidade de armazenamento somada é de 2.682.485.826 m³. Em 2021, 59,7% das vazões de consumo foram destinadas à agricultura irrigada, seguida pelo abastecimento urbano (18,2%) e dessedentação animal (13,4%) (Ceará, 2022).

As principais formas de uso e ocupação são as coberturas florestais de caatinga (67,4%), a agropecuária (30,6%) e os espelhos d'água (1,4%). As áreas urbanas, de mineração e os afloramentos rochosos somam 0,6% (MapBiomas, 2026). A população foi estimada em 456.475 habitantes, em 2010, sendo que 57,7% ocupam áreas urbanas (Ceará, 2022).

Na porção setentrional do semiárido, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema indutor de instabilidades, de modo que determina a quadra chuvosa anual

(fevereiro-maio). Outros sistemas também afetam a região. O Vórtice Ciclônico de Altos Níveis atua, principalmente, na pré-estação (janeiro), enquanto os Distúrbios Ondulatórios de Leste na pós-estação (junho) (Ferreira; Mello, 2005; Monteiro, 2022; Zanella, 2014).

Não obstante, a variabilidade dos acumulados pluviométricos é significativa, tanto na escala interanual, como na intrassazonal. O período de atuação, a intensidade, a duração e a cobertura dos fenômenos El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e Dipolo do Atlântico são responsáveis por anomalias nos padrões atmosféricos que influenciam o vigor e as incursões da ZCIT sobre o Nordeste setentrional (Aragão, 1998; Ferreira; Mello, 2006). Assim, é esperado que episódios de El Niño (fase positiva do ENOS) combinados com o dipolo positivo produzam anos muito secos. Enquanto eventos de La Niña (fase negativa do ENOS) concomitantes com o dipolo negativo resultem em anos mais chuvosos (Monteiro, 2022; Xavier *et al*., 2003; Zanella, 2014). Não obstante, as anomalias positivas e negativas das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico e Atlântico tropicais podem diferir, de modo que as precipitações na região podem estar associadas a maior influência de um deles (Reboita; Santos, 2014; Rodrigues *et al*., 2021).

Além disso, há evidências que o comportamento do ENOS é modulado por fenômenos de baixa frequência, especialmente a Oscilação Decenal do Pacífico (DPO). O DPO é uma anomalia nos padrões de temperatura do oceano Pacífico extratropical norte com duração aproximada de 20 a 30 anos e que modifica a circulação tropical (Mantua *et al*., 1997). Na fase quente da DPO há uma tendência para aumento de episódios de El Niño, enquanto a fase fria tende a provocar uma maior frequência de La Niña (Gerólamo, 2008).

Na escala intrassazonal, a Oscilação Madden-Julian (OMJ) é o principal fenômeno indutor de variações na flutuação da célula de Walker (Kayano; Jones; Dias, 2009). A OMJ provoca distúrbios nos campos de Radiação de Ondas Longas (*rol*), gerando sequências de nebulosidade em torno do globo, intercaladas por áreas de tempo estável, originando uma sequência de dipolos de *rol* (Repelli *et al*., 1998). Se a fase positiva da OMJ ocorrer na quadra chuvosa há uma tendência para a intensificação das precipitações. Se ocorrer a fase negativa é esperada a redução da nebulosidade e o estabelecimento de veranicos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa tem caráter exploratório-descritivo e natureza quanti-qualitativa. As etapas das pesquisas foram: a) revisão bibliográfica; b) seleção de dados pluviométricos; c) correção de falhas nas séries históricas; d) determinação dos anos pluviométricos; e) análise das condições oceânico-atmosféricas do Pacífico e Atlântico tropicais; f) avaliação dos danos e prejuízos e; g) produção cartográfica.

A revisão bibliográfica teve o objetivo de aprofundar os fundamentos teóricos sobre os temas de interesse da pesquisa, com ênfase nas discussões sobre: dinâmica climática do semiárido do Brasil (Aragão, 1998; Ferreira; Melo, 2005; Kayano; Jones; Dias, 2009; Monteiro, 2022; Reboita; Santos, 2014; Xavier *et al*., 2003; Zanella, 2014) e aplicações das técnicas de quantis (Monteiro; Rocha; Zanella, 2012; Monteiro, 2016; Xavier; Xavier; Alves, 2007) e de correção de falhas (Oliveira *et al*., 2010; Pinto *et al*., 2017). Também foram realizadas consultas sobre os aspectos demográficos, econômicos, hidrográficos e ambientais para a caracterização da área de estudo (Brasil, 2026a; Ceará, 2022, 2024). As buscas ocorreram na plataforma do *Google acadêmico* e no portal de Periódicos da Capes.

Na segunda etapa ocorreu a seleção de dados pluviométricos. Foram utilizados apenas os Postos de Coleta de Dados (PCDs) localizados no interior da área de estudo e que possuíam séries históricas iguais ou superiores a 30 anos, conforme estabelece a Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization, 2017). Assim, dos 63 PCDs presentes na sub-bacia foram selecionados apenas 13 postos, cujas séries históricas abarcavam o período de 1990 a 2019. Os dados foram disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) (Ceará, 2026a).

Em seguida, procedeu-se à detecção de falhas nas séries históricas, na escala diária. Para estimar os acumulados mensais dos PCDs com valores diários faltantes utilizou-se a série histórica do PCD mais próximo. Para tanto, foi aplicado o teste de correlação de Pearson entre os dados de ambos os PCDs. Se a correlação entre as séries históricas fosse significante (≥0,7), a série histórica do PCD de apoio era considerada (Oliveira *et al*., 2010). Em seguida, aplicou-se a técnica de regressão linear para estimar os dados ausentes (Equação 1).

$$P_Y = aPx + b \quad (1)$$

Onde: P_Y é a precipitação estimada do posto a ser corrigida; *a* é o coeficiente angular da reta; P_x é a precipitação do posto de apoio, e; *b* é o coeficiente linear da reta. Optou-se pela regressão linear simples por ser uma técnica eficiente e de fácil operacionalização (Pinto *et al*., 2017). Leitão, Giordani e Studart (2016) compararam diferentes métodos de correção de dados pluviométricos em quatro municípios do semiárido cearense e concluíram que a regressão linear simples apresenta menores erros relativos. Além disso, a área de estudo desta pesquisa possui padrão climático homogêneo, em função da ausência de mudanças expressivas nos fatores geográficos.

Em seguida, foi empregado o método da Dupla Massa para verificar o grau de homogeneidade dos dados das séries históricas corrigidas (Mello; Silva, 2013). Os dados da estação de interesse foram posicionados no eixo das ordenadas, enquanto os acumulados médios das estações próximas foram colocados no eixo das abscissas. A consistência é confirmada pela orientação linear no gráfico (Oliveira *et al*., 2010).

Na etapa posterior foram determinadas as classes quantílicas para a pluviometria anual e a classificação dos anos da série histórica selecionada. Para tanto, foi empregada a técnica dos Quantis. De acordo com Xavier, Xavier e Alves (2007), os quantis são:

> ...medidas de separação para distribuições de probabilidade ou para suas amostras. Um quantil de ordem p (definido para 0 < p < 1) é um valor numérico que secciona a distribuição em duas partes, com probabilidades p (à esquerda deste quantil "teórico") e 1-p (à direita). Em termos amostrais, permitindo separar uma amostra em duas massas de observações numéricas, com 100xp% dos elementos localizados à esquerda do quantil "amostral" e os demais 100x(1-p)%, à direita. [...] Até o quantil de ordem 5% estão compreendidos "valores extremos inferiores", ao passo que a partir do quantil de ordem 95% encontram-se valores extremos superiores". Decerto são admitidos outros níveis para definir eventos extremos. Menos exigentes, como 15% e 85%. Ou mais exigentes, como 1% e 99%, etc., ou seja, no sentido de caracterizar eventos ainda mais raros (Xavier; Xavier; Alves, 2007, p. 3).

Assume-se que a precipitação acumulada anual é uma variável aleatória e que está contida entre limites arbitrários (Monteiro; Rocha; Zanella, 2012). Neste estudo, foram determinados os seguintes quantis: Q(0,05), Q(0,15), Q(0,35), Q(0,65), Q(0,85) e Q(0,95), os quais representam as medidas de separação para representar as classes quantílicas que categorizam anos pluviométricos Extremamente Secos (ES), Muito Secos (MS), Secos (S), Normais (N), Chuvosos (C), Muito Chuvosos (MC) e Extremamente Chuvosos (EC), respectivamente. Os intervalos dos percentis de cada quantil representam a intensidade de um evento pluviométrico anual, considerando o comportamento das chuvas registradas

continuamente (Gois, *et al*., 2019). Para determinar os limites de cada quantil, utilizou-se a equação 2:

$$Q(p): y_i + \left\{\frac{[P - P_i]}{[P_{i+1} - P_i]}\right\} * [y_{i+1} - y_i] \quad (2)$$

Onde: *Q(p)* é o quantil referente a ordem quantílica *p*; *i* é o número referente a ordem dos dados; *y* refere-se a determinada ordem *i*; *Pi =i/((N+1))* é a ordem quantílica, e; *N* é número dos dados pertencentes a série. Foi utilizada a média pluviométrica anual da sub-bacia obtida a partir dos acumulados totais corrigidos dos postos selecionados.

Para análise das anomalias de TSM do oceano Pacífico tropical foi utilizado o *Oceanic Niño Index* (ONI) para a região *Niño 3.4*. Foram utilizados apenas os valores médios entre os trimestres janeiro-fevereiro-março (JFM) e abril-maio-junho (AMJ), os quais abrangem os meses que correspondem ao período chuvoso na sub-bacia. Os dados são disponibilizados pelo *Climate Prediction Center* (CPC). As anomalias positivas (negativas) de TSM devem permanecer iguais ou superiores à 0,5°C (-0,5°C) durante cinco intervalos trimensais consecutivos para serem classificadas como El Niño (La Niña). A intensidade do ENOS foi classificada em fraca (+/- 0,5 a +/- 0,9), moderada (+/- 1,0 a +/- 1,4) e forte (+/- 1,5 ou superior), além da classe de neutralidade (valores entre 0,4 a -0,4) (NOAA, 2026).

Para estimar o Gradiente Inter-hemisférico (GIH) da TSM do oceano Atlântico tropical foram utilizados os índices *Tropical Northern Atlantic* (TNA) e *Tropical Southern Atlantic* (TSA). Os dados são produzidos pelo CPC e foram coletados na plataforma Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Itajubá (Reboita; Carvalho, 2020). O IGH é obtido pela diferença de TNA por TSA (Soares, 2022; Souza; Kayano; Ambrizzi, 2005) (equação 3).

$$\text{GIH} = \text{TNA} - \text{TSA} \quad (3)$$

As categorias do GIH foram divididas em dipolo positivo (D+), dipolo negativo (D-) e neutralidade (D0). Quando a diferença for menor ou igual a -0,2 têm-se um dipolo negativo. Os valores entre -0,2° e 0,2 representam condições de neutralidade. Os valores iguais ou superiores a 0,2 indicam a condição de dipolo positivo. Também foram utilizados os valores médios para JFM e AMJ (Soares, 2022; Souza; Kayano; Ambrizzi, 2005).

Para avaliação dos danos e prejuízos, foram selecionados apenas os anos muito secos, muito chuvosos, extremamente secos e extremamente chuvosos. Foram coletados dados sobre a produção de grãos (milho e feijão) no Instituto de Pesquisa e Estatística Econômica do

Ceará (IPECE) (Ceará, 2026b) e comparados com o último ano habitual. A seleção destas lavouras é motivada porque são os grãos mais produzidos na região e estão na base da alimentação da população. Também foram levantadas as portarias de reconhecimentos federais de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública e os relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN) no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) para os eventos de secas, estiagens, chuvas extremas, inundações e enxurradas. Os dados são dos anos de 2003 a 2019, período em que há dados disponíveis (Brasil, 2026b). Por fim, o material cartográfico foi produzido no *software* QGIS 3.40.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Pluviometria corrigida

Foram identificados 629 dias sem dados no conjunto das séries históricas. Os PCDs comprometidos foram: Madalena, Pedra Branca, Boa Viagem, Morada Nova, Quixadá e Senador Pompeu (Tabela 1). Constatou-se que 11,4% das falhas ocorreram em meses da quadra chuvosa e 83,8% na estação seca.

Tabela 1 – Dias sem dados e valores totais estimados inseridos nas séries históricas, em mm.

PCD	Dias sem dados	mm	PCD	Dias sem dados	mm
Banabuiú	0	0,0	Morada Nova	26	64,0
Boa Viagem	127	181,6	Pedra Branca	176	250,4
Ibicuitinga	0	0,0	Piquet Carneiro	0	0,0
Itatira	0	0,0	Quixadá	9,0	13,0
Madalena	289	595,3	Quixeramobim	0	0,0
Mombaça	1	2,4	Senador Pompeu	1	7,8
Monsenhor Tabosa	0	0,0			

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Em termos de volume pluviométrico, os PCDs com ausências de dados mais representativos foram Madalena, Piquet Carneiro e Boa Viagem. Na tabela 2 são apresentados os acumulados pluviométricos anuais corrigidos para cada PCD selecionado.

Tabela 2 - Acumulados pluviométricos anuais corrigidos.

Anos	PCD						
	Banabuiú	Boa Viagem	Ibicuitinga	Itatira	Madalena	Mombaça	Monsenhor Tabosa
1990	532,0	550,3	278,3	500,6	410,6	815,6	593,9
1991	774,3	499,0	602,9	391,0	534,1	482,0	762,8
1992	601,2	679,4	642,0	450,1	453,0	583,9	438,8
1993	254,8	183,8	241,3	221,7	192,1	273,3	144,7
1994	993,6	761,0	879,9	767,2	822,9	923,9	800,0
1995	387,5	751,0	885,8	487,9	913,2	834,9	693,3
1996	674,5	667,8	753,6	795,6	835,4	829,8	904,6
1997	681,4	536,6	484,8	454,0	452,1*	769,3	556,5
1998	269,9	394,9	442,8	195,0	239,6	454,8	287,9
1999	879,6	546,6	552,6	435,1	435,8	830,0	647,0
2000	817,7	856,5	1.032,0	690,5	739,1	964,1	791,2
2001	468,9	490,6	539,1	313,7	265,3	603,7	540,2
2002	847,3	785,3	882,2	1.518,9	680,3*	742,3	743,4
2003	667,4	599,0	783,6	667,2	539,0	885,3	747,0
2004	1.223,4	1.284,2	860,4	1.007	884,4	1.142,5	1.187,6
2005	436,4	677,6	523,6	736,8	362,1	794,0	629,0
2006	626,2	538,0	965,8	501,3	656,9	729,0	633,2
2007	668,3	440,9	752,9	652,0	475,2	874,3	618,9
2008	882,9	655,0	858,2	890,9	537,7	997,6	925,2
2009	1.158,6	1.203,6	1.106,6	1.027,1	946,6*	985,5	979,8
2010	537,6	507,5*	582,0	249,4	340,2	644,1	448,8
2011	674,4	868,7	767,6	641,1	527,4	1.007,1	750,6
2012	251,9	185,2	257,8	117,6	144,7	410,6	166,2
2013	726,3	492,5*	702,6	399,8	373,2	407,3	361,7
2014	593,0	330,4	656,8	351,0	552,0	511,4	471,8
2015	382,8	443,0	402,9	288,5	286,7	515,0*	405,4
2016	434,3	370,2	282,4	330,2	728,3*	586,0	490,4
2017	559,3	434,8	684,6	528,3	574,2	705,1	409,0
2018	711,3	524,3	724,6	755,0	543,8	641,5	628,8
2019	656,7	724,0	767,8	488,0	402,5	734,1	618,2
Média	645,8	606,5	663,3	561,8	501,6	729,8	612,5

Continua.

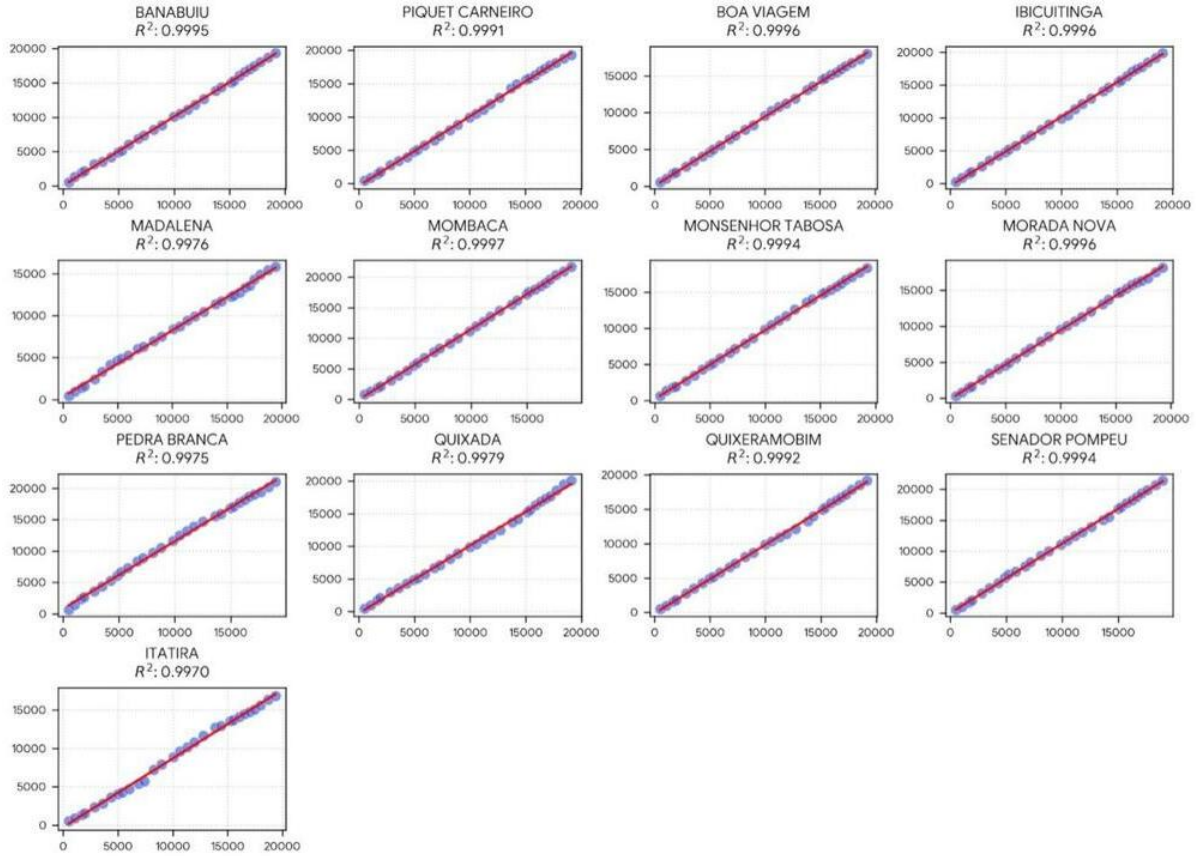
Tabela 2 - Acumulados pluviométricos anuais corrigidos.

Anos	PCD					
	Morada Nova	Pedra Branca	Piquet Carneiro	Quixadá	Quixeramobim	Senador Pompeu
1990	288,5	625,0	448,1	455,6	480,3	500,8
1991	543,4	817,5	458,8	508,3	485,4	503,9
1992	612,5	900,0	544,0	718,1	587,3	694,7
1993	192,8	298,2	328,5	382,9	240,1	345,7
1994	939,9	955,0	1.037,0	867,0	995,2	1.119,5
1995	849,4	754,5	586,8	622,3	708,9	839,4
1996	625,8	942,0	570,0	735,5	769,2	814,6
1997	486,7	795,3	798,1	551,2	677,5	862,0
1998	390,5	543,9	298,2	226,5	225,5	506,8
1999	590,0	693,0	693,0	631,3	619,7	523,4
2000	870,8	1025,0	696,0	970,5	804,8	835,3
2001	525,0	511,6	702,8	469,8	505,9	676,9
2002	940,2	887,0	880,8	899,4	1.011,4	1.016,4
2003	694,3	723,5	783,3	800,6	574,4	774,0
2004	999,8	1.127,5	1.081,6	1.054,9	1.199,8	1.055,3
2005	481,2	833,5	579,4	441,0	453,6	685,6
2006	653,1	759,0	636,2	806,1	603,2	673,4
2007	613,3*	676,0	846,1	604,0	503,0	613,5
2008	767,0	783,0	907,5	730,3	705,3	880,7
2009	1.019,5	863,5	1.406,2	1.166,1	1.107,5	1.091,5
2010	615,3	393,12*	621,0	538,6*	706,4	475,8
2011	880,8	955,11*	706,0	1.021,3	1.012,8	1.313,2
2012	134,3	186,5	176,0	359,8	270,2	298,1
2013	502,6*	656,3	477,0	734,6	682,7	636,8*
2014	551,8*	413,5	585,0	549,0	401,6	503,2
2015	268,0	551,9*	415,0	454,9	421,7	532,8
2016	282,0	287,5	488,0	405,8	394,6	543,5
2017	363,7	399,0	366,0	836,6	699,1	590,4
2018	829,6	790,5	640,0	935,0	703,5	752,1
2019	601,9	851,2	539,0	622,4	664,9	771,2
Média	609,1	707,4	643,2	674,5	640,5	717,0

Legenda: *valores corrigidos. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2026).

Os resultados do teste de dupla massa apresentaram valores de R^2 superiores a 0,99, demonstrando ausência de erros sistemáticos (Oliveira; Sanches; Ferreira, 301). A tendência linear indica homogeneidade nos dados corrigidos (Oliveira *et al*., 2010) (Figura 2).

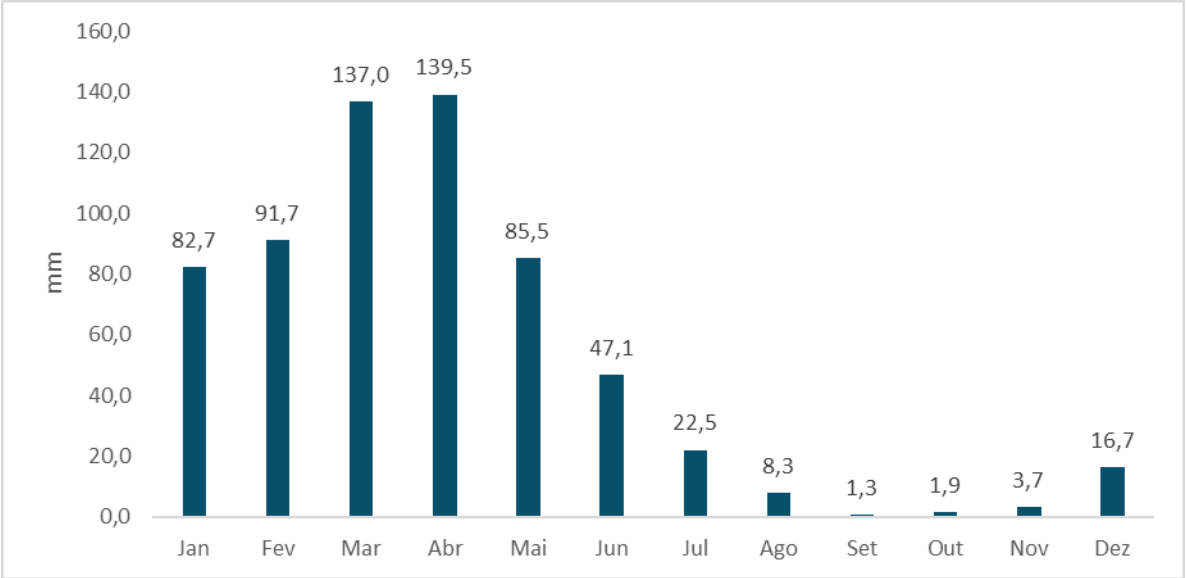
Figura 2 - Teste de dupla massa com dados corrigidos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os dados corrigidos de todos os PCDs mostram que a pluviosidade média da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú é de 638,9 mm. Já a mediana é de 622,4 mm. Todavia, o desvio padrão é 207,7 mm, indicando elevada variação pluviométrica. O acumulado anual mínimo foi 227,6 mm e ocorreu em 2012, enquanto o máximo foi de 1.805,3 mm, em 2004. Portanto, a amplitude pluviométrica interanual é de 857,7 mm (Figura 3). Com relação à distribuição média mensal, na quadra chuvosa ocorre 71,1% da pluviosidade anual. Os meses mais chuvosos são abril e março. Na pré-estação e na pós-estação ocorre 13,0% e 7,4% das chuvas, respectivamente. O período seco ocorre nos meses do segundo semestre, sendo os meses mais secos setembro, outubro e novembro, com precipitações mensais médias inferiores a 4,0 mm.

Figura 3 – Pluviosidade média mensal corrigida na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026), a partir dos dados dos PCDs da FUNCEME (Ceará, 2026a).

4.2. Classificação dos anos pluviométricos

A partir da técnica dos quantis, foram definidos os limiares dos acumulados anuais de chuva utilizados para classificação do ano pluviométrico (Tabela 3). Os resultados indicam que anos normais possuem acumulados entre 550,3 e 706,9 mm. No entanto, em anos com pluviosidade inferior a 425,9 mm são esperados severos impactos motivados pela escassez hídrica. Por outro lado, anos com pluviosidade superior a 874,7 mm indicam a ampliação dos riscos associados às chuvas intensas, inundações e rompimentos de barragens.

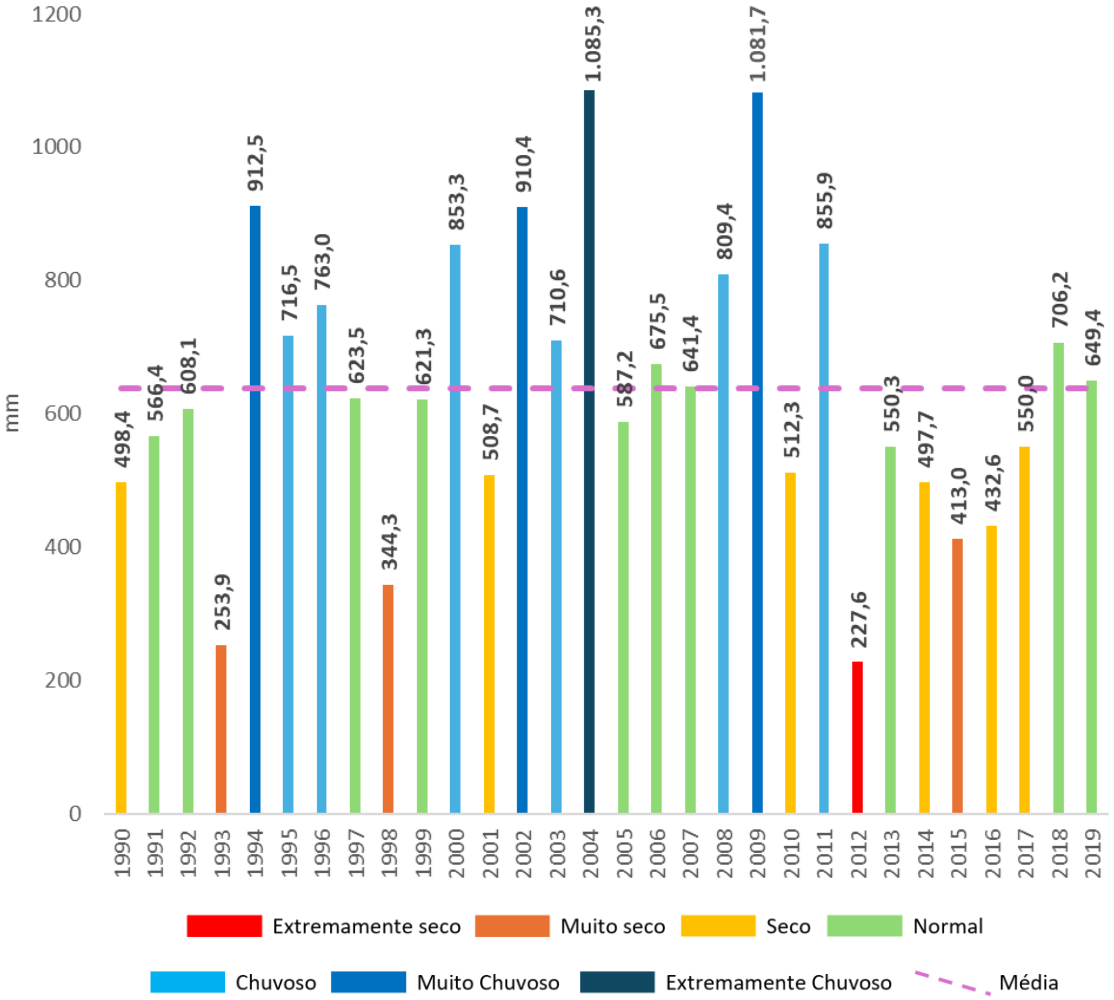
Tabela 3 – Classificação da intensidade da precipitação anual.

Categorias	Intervalos entre quantis	Intervalos (mm)
Extremamente Seco	Xi ≤ Q (0,05)	Xi ≤ 242,4 mm
Muito Seco	Q (0,05) < Xi ≤ Q (0,15)	242,4 mm< Xi ≤ 425,9 mm
Seco	Q (0,15) < Xi ≤ Q (0,35)	425,9 mm< Xi ≤ 550,3 mm
Normal	Q (0,35) < Xi < Q (0,65)	550,3 mm< Xi ≤ 706,9 mm
Chuvoso	Q (0,65) ≤ Xi < Q (0,85)	706,9 mm< Xi ≤ 874,7 mm
Muito Chuvoso	Q (0,85) ≤ Xi < Q (0,95)	874,7 mm< Xi ≤ 1.083,4 mm
Extremamente chuvoso	Xi ≥ Q (0,95)	Xi ≥ 1.083,4 mm

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A figura 4 apresenta a intensidade e a classificação das precipitações anuais. É verificado que 33,3% (10 anos) da série histórica foi categorizada como anos normais. Os anos considerados abaixo (ES, MS e S) e acima (EC, MC e C) das normais também abrangeram, cada grupo, 33,3% da série histórica.

Figura 4 – Variabilidade interanual das precipitações na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026), a partir dos dados dos PCDs da FUNCEME (Ceará, 2026a).

Os anos mais secos ocorreram em 2012 (extremamente seco) e 1993 (muito seco). Em 1993, o total precipitado corresponde a apenas 39,7% da média histórica. A redução das precipitações esteve condicionada a ocorrência de neutralidade nos oceanos Pacífico e Atlântico tropicais nos meses de JFM, situação que foi agravada no trimestre seguinte (AMJ) pelo estabelecimento de El Niño fraco (Quadro 1).

Monteiro (2022) ressalta, inclusive, que as situações de neutralidade nos oceanos Pacífico e Atlântico são verdadeiros desafios para os especialistas e órgãos responsáveis pela previsão, em termos preditivos, da ocorrência (ou não) de precipitações significativas no Nordeste setentrional.

Tabela 4 - Classificação dos anos pluviométricos e situações de anomalia nos oceanos Pacífico tropical centro-leste e Atlântico tropical.

Anos	Categorias pluviométricas	ENOS		Dipolo		Anos	Categorias pluviométricas	ENOS		Dipolo	
		JFM	AMJ	JFM	AMJ			JFM	AMJ	JFM	AMJ
1990	Seco	0,2	0,3	-0,1	0,0	2005	Normal	0,6	0,3	-0,1	0,9
1991	Normal	0,3	0,5	-0,3	-0,8	2006	Normal	-0,8	-0,1	0,1	0,2
1992	Normal	1,6	1,1	0,3	0,5	2007	Normal	0,2	-0,4	0,3	0,0
1993	Extremamente Seco	0,3	0,7	0,0	-0,1	2008	Chuvoso	-1,5	-0,8	-0,2	-0,4
1994	Muito Chuvoso	0,1	0,4	-0,8	-0,5	2009	Muito Chuvoso	-0,8	0,0	-0,6	-0,8
1995	Chuvoso	0,7	0,1	-0,6	-0,3	2010	Seco	1,5	-0,2	0,2	0,6
1996	Chuvoso	-0,8	-0,3	0,1	-0,5	2011	Chuvoso	-1,3	-0,5	0,0	0,1
1997	Normal	-0,4	0,8	0,6	1	2012	Extremamente Seco	-0,7	-0,2	0,3	0,2
1998	Muito Seco	1,9	0,5	0,0	0,0	2013	Normal	-0,3	-0,3	0,2	0,1
1999	Normal	-1,3	-1,0	-0,4	-0,5	2014	Seco	-0,3	0,3	-0,3	-0,5
2000	Chuvoso	-1,4	-0,7	-0,4	-0,4	2015	Muito Seco	0,7	1,0	-0,3	-0,5
2001	Seco	-0,5	-0,3	-0,2	-0,3	2016	Seco	2,6	0,5	-0,3	-0,1
2002	Muito Chuvoso	0,0	0,4	0,5	-0,5	2017	Seco	-0,2	0,4	0,0	0,1
2003	Chuvoso	0,6	-0,3	-0,5	-0,2	2018	Normal	-0,8	-0,1	-0,2	-0,7
2004	Extremamente Chuvoso	0,3	0,2	0,3	0,5	2019	Normal	0,9	0,6	-0,7	-0,5

Legenda: Quadrículas laranjas: El Niño ou Dipolo positivo; Quadrículas azuis: La Niña ou Dipolo negativo. Quadrículas sem cor: neutralidade de ENOS ou no Dipolo do Atlântico. **Fonte:** Elaborado pelos autores. Baseado em dados de NOAA (2026).

O ano de 2012 apresenta o menor volume precipitado ao longo da série histórica, correspondendo a apenas 35,6% da média. Além disso, este ano é o primeiro de uma seca plurianual que se estendeu até 2017, configurando a seca mais longa registrada desde 1911 (Martins; Magalhães; Fontenele, 2015). As condições atmosféricas de 2012 são caracterizadas pela permanência do Dipolo Positivo ao longo do primeiro semestre associado à La Niña (fraca) em JFM e a neutralidade do ENOS em AMJ. Embora episódios de La Niña geralmente caracterizam condições de maior precipitação no período chuvoso na região, a sua fraca intensidade não representa uma influência significativa na atividade convectiva na área em análise. Nesse caso, o efeito do dipolo positivo do Atlântico se sobrepôs, reduzindo significativamente as precipitações. Rodrigues *et al.* (2021) observaram padrões de precipitação abaixo e dentro da média histórica em situações de dipolo positivo ou neutralidade do Atlântico concomitantes a La Niña fraca nos meses iniciais da quadra chuvosa ou neutralidade do Pacífico nos meses finais.

Ainda nesta seca plurianual, o ano de 2015 obteve acumulado equivalente a 64,6% da média. Essa situação foi decorrente da manifestação de um El Niño fraco em JFM e forte em AMJ, os quais se sobrepuseram às condições favoráveis do dipolo do Atlântico. Reboita e

Azevedo (2014) demonstraram que há redução das precipitações no Nordeste quando ocorrem episódios de El Niño concomitantes à TSA maiores do que TNA. O ano de 1998 apresentou acumulados categorizados na classe muito seco, provavelmente em razão das condições desfavoráveis no Pacífico tropical em JFM (El Niño forte) e AMJ (El Niño fraco).

Em contrapartida, os anos mais chuvosos foram 2004 (extremamente chuvoso) e 2009 (muito chuvoso). No primeiro houve um incremento de 69,9% do volume precipitado sobre a média histórica. No decorrer do primeiro semestre de 2004 foram observadas anomalias positivas de ENOS, porém bem reduzidas, classificando-o como neutro. No mesmo período também ocorreu o dipolo positivo no Atlântico tropical. Reibota e Azevedo (2014) observaram que a situação de TNA superior a TSA concomitante a anomalias positivas do Pacífico tropical no período dezembro-janeiro-fevereiro favorecem o excedente pluviométrico no Nordeste do Brasil. Com efeito, em janeiro e fevereiro de 2004 as chuvas foram cinco e três vezes maiores que a média mensal climatológica, respectivamente. Marengo (2008) atribui a intensificação das precipitações ao transporte incomum de umidade atmosférica do Atlântico tropical e da bacia Amazônica para o Nordeste.

Em 2009, no primeiro trimestre, houve La Niña fraca combinada com dipolo negativo. No segundo, a situação do dipolo permaneceu, enquanto o ENOS se manteve neutro, colaborando assim para o incremento das precipitações. Embora classificado como “muito chuvoso”, o acumulado deste ano foi apenas 1,7 mm abaixo do limiar quantílico para a classe superior. Rodrigues *et al.* (2021) verificaram que os maiores volumes de chuva no Ceará ocorrem quando há La Niña fraca ou moderada combinada com dipolo negativo.

Os anos de 1994 e 2002 também foram “muito chuvosos”. Em 1994, em ambos os trimestres houve neutralidade de ENOS e no dipolo negativo. No ano de 2002 houve neutralidade no Pacífico tropical durante o primeiro semestre. Já no Atlântico ocorreu a fase positiva em JFM e negativa em AMJ. Com efeito, as chuvas do primeiro trimestre foram escassas. No PCD Quixadá, as precipitações de janeiro foram 16,2% da média histórica e em fevereiro atingiram apenas 60,6%. Com as mudanças na TSM do Atlântico, os meses de maio e julho registraram acumulados de 89,5% e 72,6% acima da média, respectivamente.

4.3. Impactos nos anos extremamente e muito secos e chuvosos

A seca é o fenômeno natural que mais ameaça às seguranças hídrica e alimentar das

pessoas residentes nas terras secas do mundo (Marengo *et al.*, 2020). Porém, os impactos diferem acentuadamente entre os países e no interior de um mesmo país, principalmente devido à vulnerabilidade das atividades econômicas e da população. Em países em desenvolvimento, os efeitos gerados pelas secas podem ser devastadores, especialmente quando suas economias são muito dependentes da agricultura não irrigada (Wilhite, 2016).

Em 1993, houve uma redução de 93% da produção de milho e feijão, sendo que os municípios de Boa Viagem, Ibicuitinga e Itatira não registraram colheitas (Tabela 5). Em 1998, as perdas chegaram a 90%, com destaque para Itatira devido a perda total das lavouras. Em 2012, todos os municípios estavam sob Situação de Emergência em função dos prejuízos no abastecimento humano e nas atividades agropecuárias (Brasil, 2026b).

Tabela 5 - Variação da produção de milho e feijão nos anos extremamente e muito secos em relação ao último ano normal.

Ano	1992	1993	1997	1998	2007	2012	2013	2015
Classificação	N	MS	N	MS	N	ES	N	MS
Produção (t)	50.149	4.055	46.823	4.807	66.689	8.934	27.126	18.461
Variação	*-0,92*		*-0,90*		*-0,87*		*-0,32*	

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em dados do IPECE (Ceará, 2026b).

Barbosa *et al*. (2021) demonstraram que houve uma redução de 39,5% da área dos espelhos d'água dos 11 principais açudes da sub-bacia entre 2012 e 2013. A produção de alimentos foi severamente afetada. Ocorreu uma queda de 87% das colheitas de milho e feijão. O município de Monsenhor Tabosa perdeu 99% das suas lavouras. Ainda na seca plurianual de 2012-2017, no ano de 2015 (muito seco) todos os municípios registraram situação de emergência devido aos impactos das secas. A produção de grãos caiu 32%.

Em ambos os anos, as respostas institucionais foram reativas, a exemplo da abertura de poços, abastecimento das comunidades rurais por carros-pipas e instalação emergencial de adutoras (Martins; Magalhães; Fontenele, 2015). Tradicionalmente, a execução de recursos financeiros em gestão de riscos se concentra em ações de respostas. Damacena *et al*. (2023) demonstraram que a operação carro-pipa utiliza 1/3 do orçamento da defesa civil nacional, enquanto apenas 6% são destinadas à mitigação e prevenção de desastres.

Em contraste, nos anos de 2004, 57,1% dos municípios da região hidrográfica receberam reconhecimento federal de situação de emergência decorrente de chuvas intensas

ou inundações (Brasil, 2026b). Destes, apenas cinco possuíam registro de AVADAN no S2ID, nos quais consta 1.763 km de estradas danificadas, 164 residências destruídas e 37.025 pessoas afetadas. Para o Nordeste, as precipitações deste ano resultaram em 370.000 desabrigados e desalojados. Por outro lado, as reservas hídricas da região que mantinham apenas 30% da capacidade de armazenamento no início de janeiro passaram para 90% no término do mês (Marengo, 2008).

As precipitações de 2009 provocaram a mesma situação em 85,7% dos municípios. Estima-se que 86.650 pessoas foram afetadas, sendo que 13.703 foram desalojadas. Foram danificadas ou destruídas 678 residências, 15 escolas, 13 unidades de saúde, 6.745 km de estradas e 212 açudes. As perdas agrícolas relatadas foram de 42.799 toneladas (Brasil, 2026b). Monteiro (2016) expõe a ocorrência de vários eventos de precipitações intensas no Ceará em 2009 e estima-se que mais de 600.000 pessoas foram atingidas.

Logo, evidencia-se que o binômio seca-inundação é uma característica marcante do comportamento hidroclimatológico da área de estudo. Assim, a ocorrência de extremos de precipitação denota riscos socionaturais sobre as populações, economias e ecossistemas, principalmente em um contexto de agravamento da crise climática.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre o comportamento das precipitações e dos extremos climáticos são essenciais para o planejamento estratégico e para a tomada de decisão. A correção das falhas nas séries históricas resultou em dados com maior confiabilidade. A técnica dos quantis possibilitou a definição dos limiares para a classificação pluviométrica anual específicas para a sub-bacia, representando uma metodologia adequada à categorização de anos extremos. Foram identificados os anos extremamente secos (Q0,05) e chuvosos (Q0,95). Os resultados demonstraram forte associação entre a variabilidade das chuvas e as condições oceânico-atmosféricas no Pacífico e Atlântico tropicais.

Os impactos ocorridos em anos com secas severas ou chuvas intensas resultaram em desastres socionaturais. As secas afetam, principalmente, o abastecimento humano e a agricultura de sequeiro, ocasionando restrições socioeconômicas às populações e às economias locais. As chuvas intensas e inundações, por sua vez, provocam danos estruturais e no funcionamento de serviços básicos. Todavia, a ausência de dados sistematizados sobre

danos e prejuízos anteriores à 2003 limitou a realização de análises mais robustas.

Para pesquisas futuras, recomenda-se: a) investigar a variabilidade intrassazonal e o seus efeitos da produção agrícola de sequeiro; b) aplicar técnicas de modelagem para estimar as tendências de comportamento das chuvas em cenários de mudanças climáticas; c) mapear as áreas de riscos; d) avaliar a gestão de riscos aos extremos climáticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os recursos destinados pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) ao projeto “Análise multicritério dos riscos à desertificação na bacia hidrográfica do rio Banabuiú, Ceará: mapeamento, monitoramento e capacidade de adaptação (projeto n. BP6-0241-00101.01.00/25)”.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO J. O. R. O impacto do ENSO e do dipolo do Atlântico no nordeste do Brasil. **Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines**, v. 27, n. 3, p. 839-844, 1998.

BANCO MUNDIAL. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019**. Banco Mundial. GFDRR. FAPEU. CEPED. Florianópolis: FAPEU, 2020.

BARBOSA, A. H. S.; CUELLAR, M. D. Z.; MOREIRA, M. M.; ALVES, K. A.; SILVA, C. S. P. Seis anos de seca: análise espaço-temporal dos espelhos d’água dos reservatórios do Ceará por sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2220-2241, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.4.p2220-2241.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MIDR, 2023.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres**. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/index.xhtml>. Acesso em 31 de mar. de 2026b.

CEARÁ. **Diagnóstico da região hidrográfica do rio Banabuiú.** COGERH/FUNCAP/UFC/CSRH, 2022.

CEARÁ. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME. SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH. **Relatório técnico – espelho d'água - CE 2024**: conjuntura dos espelhos d'água situados no estado do Ceará, referente ao ano de 2024. Fortaleza: FUNCEME, 2024.

CEARÁ. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS (SRH). **Plataforma de Coleta de Dados**. Disponível em: https://pcd.funceme.br/estacoes>. Acesso em 07 de abr. de 2026a.

CEARÁ. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **IPECEDATA**. Disponível: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/>. Acesso em 04 de mai. de 2026b.

DAMACENA, F. D. L.; COSTA, R. E.; FONSECA, F.; MARCHEZINI, V. Desastres socionaturais e política fiscal: uma análise crítica do orçamento federal voltado à Defesa Civil no Brasil. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 13, n. 3. p. 178-201, 2023.

FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região**. Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

GERÓLAMO, R.O.P. **Variabilidade interanual e decenal do ciclo anual da temperatura da superfície do mar no Pacífico Sul**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 139f, 2008.

GOIS, G.; FREITAS, W.; K.; TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; PORTZ, A. Vulnerabilidade anual e mensal da chuva e da temperatura do ar no município de Resende, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, a. 15, v. 24, p. 67-88, 2019.

HARZALLAH, A; ARAGÃO, J. O. R; SADOURNY, R. Interannual rainfall variability in north-east Brazil: observation and model simulation. **International Journal of Climatology**. v. 16, p. 861-878, 1996. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0088(199608)16:8<861::AID-JOC59>3.0.CO;2-D.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021:** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.

KÖPPEN W. **Climatologia**: com un estúdio de los climas de la tierra. México: Ed. Fondo de Cultura Econômica; 1948.

LEITÃO, F. T. P; GIORDANI, L. C; STUDART, T. M. C. Análise intercomparativa de métodos de preenchimento de falhas de precipitações anuais para o estado do Ceará. *In*: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Aracaju. **Anais [...]**, ABRHidro, p. 1-10, 2016.

KAYANO, M. T; JONES, C; DIAS, P. L. S. Variabilidade Intrassazonal. *In*: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 2024 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/coverage/coverage_lclu. Acesso em 18 mar. 2026.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS, R.C. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 6, p. 1069-1079, 1997.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Parcerias Estratégicas**, n. 27, CGEE/MCT, p. 149-170, 2008.

MARENGO, J. A. *et al.* Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C'. **Natural Hazards**. Springer Netherlands, v. 103, n. 2, p. 2589–2611, 2020. DOI: 10.1007/s11069-020-04097-3.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R.; FONTENELE, D. A seca de 2012-2015 no Nordeste e seus impactos. **Parceria Estratégica**, Brasília, v. 20, n. 41, p. 107-128, 2015.

MARTINS, E. S. P. R.; NYS, E.; MALEJÓN, C. BIAZETO, B.; SILVA, R. F. V.; ENGLE, N. **Monitor de Secas do Nordeste, em busca de um novo paradigma para a gestão de secas**. Brasília: Banco Mundial, 2015.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia**: princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455 p.

MORAES, J. B.; WANDERLEY, H. S.; DELGADO, R. C. Areas susceptible to desertification in Brazil and projected climate change scenarios. **Natural Hazards**. P. 1463-1483, 2023. DOI: 10.1007/s11069-022-05724-x.

MONTEIRO, J. B. A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.15, n.1, p. 312-332, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v15.1.p312-332.

MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no estado do Ceará: uma análise de episódios pluviométricos extremos**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 255f, 2016.

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. Técnica dos quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980-2009): baixo curso do Apodi-Mossoró/RN. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 12, p. 232-249, 2012. DOI: 10.7154/RDG.2012.0023.0010.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. Desnaturalizando o desastre: as diferentes concepções teóricas que envolvem o conceito de desastre natural. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 21, n. 2, p. 40-54, 2019.

MOURA, M. O.; CUNICO, C.; NÓBREGA, R. S.; DUARTE, C. C. Desastre hidrometeorológicos na região Nordeste do Brasil: distribuição espaço-temporal dos reconhecimentos de Estado de Calamidade Pública. **Caderno de Geografia**, v. 26, número especial 2, p. 259-271, 2016. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2016v26nesp2p259.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA. **Cold & Warm Episodes by Season Oceanic Niño Index (ONI)**. Disponível em https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em 08 de abr. de 2026.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade climática intrassazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1988-2000. **Climanálise**, v. 2, p. 1-10, 2001.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Mercator**, v. 13, p. 107-118, 2014.

OLÍMPIO, J. L. S. Desastres naturais no Nordeste do Brasil: um enfoque nas secas e estiagens. *In*: MOURA, M. O.; LUCENA, D. B.; CUNICO, C. (Orgs.). **Climatologia geográfica**: do local ao regional e dimensões socioambientais, João Pessoa, Editora UFPB, p. 255-274, 2020.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p.1186-1192, 2010. DOI: 10.1590/S1415-43662010001100008.

OLIVEIRA, T. A.; SANCHES, F.; FERREIRA, C. C. M. Aplicação e avaliação de técnicas para o preenchimento de falhas de dados pluviométricos em anos habituais, secos e chuvosos. **Entrelugar**, v. 13, n. 24, p; 301-320, 2021.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. **Mudanças Climáticas e Cidades**. **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.** RIBEIRO, S. K.; SANTOS, A. S. (Eds.). Rio de Janeiro: COPPE – UFRJ, 2016.

PEREIRA, M. A. F.; BARBIEIRO, B. L.; QUEVEDO, D. M. Importância do monitoramento e disponibilização de dados hidrológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos. **Sociedade & Natureza**. v. 32, p. 308-320, 2020. DOI: 10.14393/SN-v32-2020-43458.

PINTO, Á. A.; FERREIRA, I. R. D.; STUDART, T. M. C.; LUNA, R. M. Metodologias de preenchimento de falhas de séries pluviométricas anuais: comparativo entre o método do vetor regional e a regressão linear simples. *In*: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XXII., 26 nov. a 01 dez. 2017, Florianópolis. **Anais…** Florianópolis, SC: ABRHidro, 2017.

REBOITA, M. S.; CARVALHO, V. S. B. **Ciências Atmosféricas - UNIFEI**. Disponível em <https://meteorologia.unifei.edu.br>. Acesso em 21 de abr. de 2026.

REBOITA, M. S.; SANTOS, I. A. Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no norte e nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, p. 28-48, 2014. DOI: 10.5380/abclima.v15i0.37686.

REPELLI, C. A; SOUZA, E. B; QUADRO, M. F. L; ALVES, J. M. B; SAKAMOTO, M. S. O episódio de chuvas intensas no Nordeste brasileiro no final de março/1997: influência da Oscilação 30-60 dias. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, n. 1, 1998.

RODRIGUES, B. D.; COUTINHO, M. D. L.; SAKAMOTO, M. S.; JACINTO, L. V. Uma análise sobre as chuvas baseada nos eventos de El Niño, La Niña e Dipolo do Servain durante a estação chuvosa. **Revista Brasileira de Climatologia**, a. 17, v. 28, p. 507-218, 2021.

SERGERMANN, C. K.; LEITE, N. S.; MARTINS, E. S. P. R.; NELSON, D. R. At the extremes: assessing interrelations among the impacts of and responses to extreme hydroclimatic events in Ceará, Northeast Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 632, 2024. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2024.130850.

SILVA, L. A. P. e*t al*. Mapping of aridity and its connections with climate classes and climate desertification in future scenarios - Brazilian semi-arid region. **Sociedade & natureza**, v. 35, 2023. DOI: 10.14393/SN-v35-2023-67666x.

SOARES, A. C. M. **Influência de fenômenos climáticos sobre o regime hidrológicos no médio rio Negro (Amazonas - Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 77f, 2022.

SOUZA, E.; KAYANO, M.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the Eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 81, p. 177–191, 2005. DOI: 10.1007/s00704-004-0081-4.

SOUZA, R. R.; AGUIAR, R. B.; PAULA, T. L. F. **Mapa hidrogeológico do estado do Ceará**. [S. l.]: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022. 1 mapa, color. Escala 1:500.000.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Global Environment Outlook 7**: A future we choose – Why investing in Earth now can lead to a trillion-dollar benefit for all, Nairobi, 2025. DOI: https://wedocs.unep.org/ handle/20.500.11822/49014.

WILHITE, D. A. Managing drought risk in a changing climate. **Climate Research**, v. 70: p. 99-102, 2016. DOI: 10.3354/cr01430.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals**: 2017 edition. Geneva: WMO, 2017. 29 p. (WMO-No. 1203). Disponível em: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166. Acesso em: 23 abr. 2026.

XAVIER, T.; M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos: aplicações em ciências da terra e ambientais**. Fortaleza: RDS, 2007.

XAVIER, T.; M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, M. A. F.; DIAS, P. L. S. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 111-116, 2003.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

ZANELLA, M. E. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. *In*: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. A. (Org.). **Litoral e Sertão**: natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, p 195-207, 2006.