Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology

OPEN ACCESS

BIBLIOTECA Coordenadoria de Bibliotecas Portal de Periódicos
ISSN 2237-8642

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E VARIABILIDADE TERMOPLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Climate change and thermo-pluviometric variability in the Northeast region of Brazil

Cambios climáticos y variabilidad termopluviométrica en la región Nordeste de Brasil

Alíbia Deysi Guedes da Silva
Universidade Estadual de Feira de Santana
alibiadeysi.prof@gmail.com

Rafaela Fernandes Lopes
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
lopesrafaela009@gmail.com

Ingrid Winne de Lima Fernandes
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
winne.fernandes.079@ufrn.edu.br

Gabriel Victor de Araújo Pereira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
gabriel.pereira.702@ufrn.edu.br

Carlos Leandro Costa Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
carlosleandro232@gmail.com

João Santiago Reis
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
joao.reis@ufrn.br

Rebecca Luna Lucena
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
rebecca.luna@ufrn.br

Resumo: O Nordeste brasileiro (NEB) apresenta características termopluviométricas irregulares em termos de frequência, intensidade e na distribuição espacial e temporal. A compreensão desse comportamento é pertinente para a construção de melhores formas de convivência com o clima. Esta pesquisa analisa a variabilidade climática espaço-temporal na região Nordeste do Brasil. A análise compara duas séries históricas (1961-1990 e 1981-2010) de dados anuais de precipitação e temperatura média, máxima e mínima de 71 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia. A normal climatológica escolhida para representar o período mais recente (1981-2010), se deve ao fato da ampla ausência de dados existente na última série temporal (1991-2020), o que inviabilizaria a análise espacial da região Nordeste. Foi realizada análise descritiva, separatrizes, gráficos e mapas gerados para identificação e comparação de padrões nos dados utilizados. Os resultados indicaram mudanças entre os períodos analisados, sendo que houve uma redução de 8% na média da precipitação total da região Nordeste, especialmente no centro-sul e oeste da Bahia, com reduções de 19%, 15%, e 11% nos estados de Sergipe, Bahia e Piauí, respectivamente. A temperatura média aumentou cerca de 1°C em toda a região, destacando-se nos estados do Maranhão, partes do Piauí e do Ceará. A temperatura mínima apresentou um aumento percentual maior (2,91%) e uma redução na amplitude, indicando maior previsibilidade e redução na variabilidade dos dados em relação à média. Mesmo com a sobreposição de anos da década de 1980 entre as séries, o que suaviza os sinais das mudanças climáticas, foram identificadas alterações nos padrões climáticos ao longo do período. Os resultados sugerem um aumento geral na temperatura e uma redução na precipitação ao longo do tempo no NEB.
Palavras-chave: Alterações climáticas. Temperatura. Precipitação. Normais climatológicas. Nordeste brasileiro.

Abstract: The Brazilian Northeast (NEB) presents irregular thermopluviometric characteristics in terms of frequency, intensity, and spatial and temporal distribution. Understanding this behavior is pertinent to the development of improved strategies for coexisting with the regional climate. This study analyzes the spatiotemporal climatic variability in the Northeast region of Brazil. The analysis compares two historical series (1961–1990 and 1981–2010) of annual data on precipitation and average, maximum, and minimum temperatures from 71 meteorological stations of the National Institute of Meteorology. The climatological normal selected to represent the most recent period (1981–2010) is justified by the widespread lack of data in the latest time series (1991–2020), which would render spatial analysis of the Northeast region unfeasible. Descriptive statistics, separatrices, graphs, and maps were employed to identify and compare patterns in the data. The results indicated changes between the analyzed periods, with an 8% reduction in the average total precipitation in the NEB, especially in the south-central and western areas of Bahia, with decreases of 19%, 15%, and 11% in the states of Sergipe, Bahia, and Piauí, respectively. The average temperature increased by approximately 1°C across the entire region, with notable rises in Maranhão and parts of Piauí and Ceará. The minimum temperature exhibited a higher percentage increase (2.91%) and a reduction in amplitude, suggesting greater predictability and decreased variability relative to the mean. Despite the overlap of years from the 1980s in both series, which tends to moderate the signals of climate change, alterations in climate patterns over time were observed. The findings suggest a general increase in temperature and a reduction in precipitation across the NEB over the analyzed periods.
Keywords: Climate change. Temperature. Precipitation. Climatological normals. Northeast Brazil.

Resumen: El Nordeste brasileño (NEB) presenta características termopluvioméricas irregulares en términos de frecuencia, intensidad y en la distribución espacial y temporal. La compreensión de este

comportamiento es pertinente para la construcción de mejores formas de convivencia en el clima. Esta investigación analiza la variabilidad climática espacio-temporal en la región Nordeste de Brasil. El análisis compara las dos series históricas (1961-1990 y 1981-2010) de los datos anuales de precipitación y temperatura mediana, máxima y mínima, provenientes de 71 estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología. La norma climatológica eligida para representar el período más reciente (1981-2010), se debe al hecho de amplia ausencia de datos existentes en la última serie temporal (1991-2020), que impediría el análisis espacial de la región de Nordeste. Se realizó un análisis descriptivo y se generaron separatrices, gráficos y mapas para identificar y comparar los patrones de los datos utilizados. Los resultados han indicado que entre los períodos analizados, siendo que hubo una reducción mediana de 8% en la precipitación de la región Nordeste, especialmente en el centro sur y oeste de Bahia, con reducciones de 19%, 15% y 11% en los estados de Sergipe, Bahia y Piauí, respectivamente. La temperatura media aumentó alrededor 1°C en toda la región, destacándose en los estados de Maranhão, partes de Piauí y de Ceará. La temperatura mínima presentó un aumento percentual más elevado (2,91%) y una reducción en la amplitud, apuntando mayor previsibilidad y reducción en la variabilidad de los datos en relación a la mediana. Incluso con el solapamiento de años de la década de 1980 entre las series, que suaviza los signos de cambio climático, se identificaron cambios en los patrones climáticos a lo largo del periodo. En estos resultados sugieron un aumento general en la temperatura del aire y una reducción en la precipitación a lo largo del tiempo en NEB.

Palabras claves: Cambios climáticos. Temperatura. Precipitación. Normas climatológicas. Nordeste brasileño.

Submetido em: 10/07/2024
Aceito para publicação em: 17/04/2025
Publicado em: 25/04/2025

1. INTRODUÇÃO

As projeções de temperatura para a região Nordeste do Brasil (NEB) são de aumento em todos os aspectos, com maiores valores futuros nos meses mais quentes, de setembro a dezembro (Guimarães et al., 2016). Nesse sentido, existe uma grande preocupação da sociedade com relação aos eventos climáticos extremos e aos desastres associados, tais como ondas de calor, aumento de precipitações intensas, ampliação de secas e estiagens, entre outros (Marengo, 2007). O Brasil é um país localizado predominantemente entre latitudes tropicais, o qual é caracterizado por temperaturas elevadas e precipitação pluviométrica volumosa, características típicas de zonas quentes e úmidas (Ab Saber, 2003; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007). Entretanto, a região NEB, situada entre as latitudes 4°S e 18°S e as longitudes 35°W e 47°W, possui grande extensão territorial com característica de clima semiárido (Alvares et al., 2013), dispondo de uma diversidade nas propriedades de sua superfície (Araújo et al., 2019). Essa região do Brasil possui altas temperaturas anuais e está submetida à atuação de diversos sistemas meteorológicos de larga escala que interferem diretamente nas suas condições termopluviométricas, à exemplo da Zona de Convergência Intertropical, das Ondas de Leste, das Frentes Frias e dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (Andreoli e Kayano, 2007; Monteiro, 2022; Lucena, 2023). Logo, o Nordeste brasileiro é marcado por significativa variabilidade temporal e espacial das precipitações (Silva et al., 2012; Tinôco et al., 2018).

A variabilidade climática refere-se à variação natural dos parâmetros climáticos ao longo do tempo, expressa pelos desvios em relação à média padrão dos valores (Silvestre, 2016). A Região NEB tem um importante valor para o país em termos de população, economia e cultura, sendo, contraditoriamente, aquela que possui maior vulnerabilidade aos riscos de qualquer mudança climática (Nunes, 2016), onde a mesma já é palco e tem predisposição a eventos climáticos extremos de secas e inundações (CEPED, 2012). Tais eventos afetam diversos setores socioeconômicos, como a agricultura, a saúde, a segurança alimentar e a biodiversidade, devido às alterações recorrentes na disponibilidade hídrica (Sá e Silva, 2010). Portanto, compreender a distribuição espaço-temporal da variabilidade climática na região NEB fornece elementos para o desenvolvimento de estratégias adaptativas visando mitigar os efeitos prejudiciais das mudanças climáticas globais.

Esta compreensão torna-se ainda mais crucial ao considerar como o clima está em constante interação com os ecossistemas e as sociedades no tempo e no espaço (Malhi et al., 2020; Oliveira et al., 2022). Neste contexto, elementos como a temperatura do ar e a precipitação não apenas influenciam o conforto e a qualidade de vida, mas também são vitais para a manutenção dos recursos hídricos (Zanella, 2014). Segundo Ayoade (2011), a precipitação e a temperatura do ar são as variáveis mais utilizadas em pesquisas científicas sobre o campo atmosférico. Toda manifestação de inconstância climática altera os valores de precipitação pluvial e de temperatura do ar, o que resulta em aumento na variabilidade dos eventos, podendo acarretar episódios extremos (Fialho, 2007).

Para analisar o comportamento climático e sua variabilidade, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) recomenda para pesquisadores do clima que considerem nos estudos climáticos períodos de pelo menos 30 anos, denominados de "Normais Climatológicas" (Zavatini e Boin, 2013). O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) afirma que as normais climatológicas podem ser utilizadas para os mais diversos fins, sejam nas atividades econômicas, no setor de geração de energia, no planejamento urbano, em esportes e lazer, entre outros (INMET, 2023).

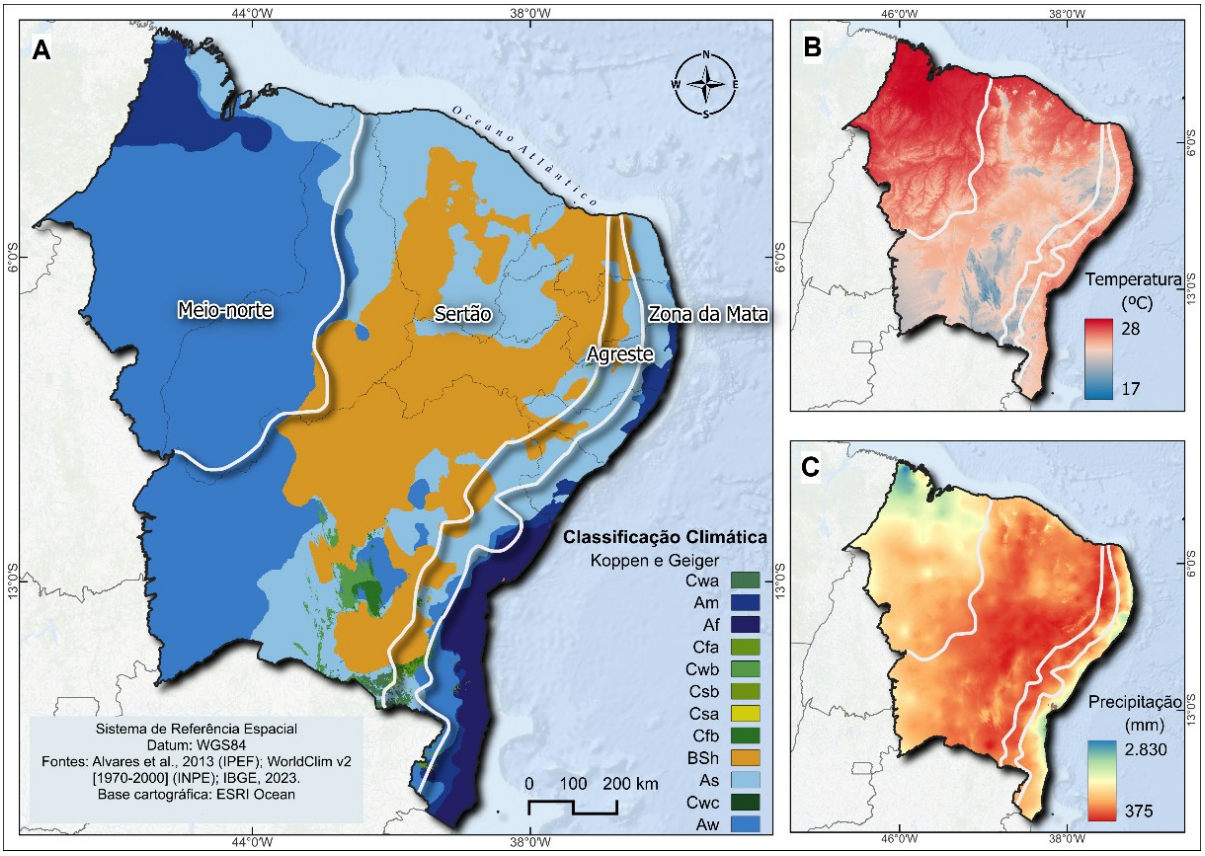
Logo, entendendo que a região Nordeste do Brasil possui elevadas temperaturas e precipitação fortemente variável (Marengo et al., 2011) e que o aumento da temperatura global é um consenso nas observações mundiais (IPCC, 2021), a presente pesquisa tem como objetivo principal analisar a variabilidade climática espaço-temporal na região Nordeste do Brasil em dois períodos temporais (1961-1990 e 1981-2010), explorando padrões e alterações das variações de precipitação e de temperatura. O estudo busca contribuir para o entendimento das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro ao longo do tempo.

1.1 Caracterização geográfica da área de estudo

O Nordeste brasileiro está localizado em uma zona de baixa latitude o que lhe confere elevadas temperaturas por quase todo o ano. As isotermas nesta região apresentam valores cujas médias anuais variam entre 20ºC e 28ºC (Kayano, Andreoli, 2009). Apesar de sua condição térmica mais homogênea, os valores de precipitação são bastante diferenciáveis na região, refletindo nos aspectos físicos, econômicos e culturais (Ab' Saber, 2003). De acordo

com Andrade (1970), o Nordeste brasileiro se divide em quatro sub-regiões definidas a partir de suas características geográficas heterogêneas, onde, segundo ele "é fundamental caracterizar o Nordeste pelos seus contrastes: o de possuir a leste uma estreita faixa úmida, e a oeste uma grande área de clima semiárido e, entre as duas, uma faixa de transição" (p. 26). Essa divisão destaca como o Nordeste é uma terra de diferenças (figura 1), onde a natureza e a sociedade se adaptam e interagem de maneiras únicas, moldando a paisagem e a cultura da região. Nesse ambiente versátil, vamos empregar a caracterização dessas sub-regiões nordestinas, explorando as variantes que conferem identidade e diversidade a cada uma delas.

Figura 1- (A) Mapa da classificação climática de Koppen e Geiger da região Nordeste destacando as sub-regiões geográficas (Zona da Mata, Agreste, Sertão e Meio-Norte). (B) Mapa de temperatura média da região Nordeste. (C) Mapa de precipitação média anual da região Nordeste.



Fonte: Alvares et. al., 2013 (IPEF, 2025); WorldClim v2 (INPE, 2025).

Zona da mata

A Zona da Mata é uma região marcada pela sua alta densidade populacional e atividades econômicas significativas. Estendendo-se do Rio Grande do Norte até o sul da Bahia, essa faixa úmida oriental é caracterizada por suas chuvas numerosas, que alimentam uma agricultura extensiva e outras atividades econômicas. Durante os meses de março-abril até aproximadamente agosto-setembro, a região experimenta suas chuvas de outono/inverno, impulsionadas principalmente pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), especialmente nos estados do Rio Grande do Norte, da Paraíba e de Pernambuco e por Frentes Frias e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) na Bahia (Kayano, Andreoli, 2009). Esse clima tropical úmido proporciona condições ideais para sua vegetação de Mata Atlântica. Os solos da Zona da Mata exibem uma diversidade que influencia diretamente a produtividade agrícola. As planícies e várzeas fluviais possuem solos altamente férteis, historicamente utilizados para o cultivo de cana-de-açúcar. Sant'anna Neto (1998, p. 122) evidencia que "o clima assume importante papel como insumo, tanto na produção agrícola quanto na construção do ambiente urbano", como na área mencionada onde ocorreu também formação de diversos polos econômicos, como fruticultura, grãos, calçados e turismo.

Agreste

Se caracteriza como área de transição entre a zona da mata e a zona das caatingas interioranas, com trechos quase tão úmidos como no litoral e outros secos como no sertão (Andrade, 1980; Andrade, 1989; Lins, 1989 *apud* Pereira et al. 2002). Localizado no alto do planalto da Borborema, é um obstáculo natural para a chegada das chuvas ao sertão, se estendendo do sul da Bahia até o Rio Grande do Norte (IBGE, 2000). Situado no domínio de influência dos ventos do quadrante leste, as chuvas que ocorrem no agreste se assemelham ao padrão climático presente na faixa úmida, seguem o ciclo característico de outono-inverno, porém se diferenciam por uma distribuição notadamente escassa. É uma região majoritariamente constituída pela vegetação do bioma Caatinga. Os solos predominantes na região contribuíram para uma paisagem dedicada à pecuária extensiva e a prática de agricultura diversificada, incluindo o cultivo de culturas como mandioca, milho e feijão. Nesse

contexto, é onde o agreste assume destaque como um importante centro na policultura de alimentos, capaz de atender não apenas às suas próprias necessidades, mas também de abastecer os centros urbanos costeiros e as regiões sertanejas vizinhas com uma variedade de produtos alimentícios. Ademais, nas regiões elevadas, a umidade é mais intensa, e os solos mais produtivos são destinados aos minifúndios.

Sertão

O Sertão nordestino está inserido dentro do polígono das secas, apresentando-se como uma área semiárida e com a presença de pontos elevados mais úmidos. A chuva no sertão tem o regime influenciado pelos sistemas meteorológicos responsáveis por chuvas de verão e outono, principalmente no período de atuação da ZCIT, conjugados a El Niño - Oscilações Sul e Ondas Leste (Kayano, Andreoli, 2009), além dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) (Gan et al., 2022). A vegetação nativa, a caatinga, foi e continua sendo degradada desde o primeiro momento de colonização portuguesa — sendo em sua maioria caatinga arbóreo-arbustiva, com focos de caatinga arbórea nos locais de difícil acesso (as serras). Nessa sub-região do Nordeste se registram os menores totais pluviométricos do Brasil, onde diversas localidades apresentam valores médios anuais de precipitação inferiores a 500 milímetros (Ab Saber, 2003; Novais, 2023). Historicamente, tem-se o registro de secas severas que geraram diversos danos ambientais e sociais, e que foram responsáveis pelo processo histórico de migração dos sertanejos para outras regiões do Brasil (Alpino et al., 2014). Mesmo com as dificuldades ao enfrentar períodos de estiagem e seca ou de praticar agricultura em solos rasos e pedregosos, o semiárido do Sertão Nordestino é o mais populoso do mundo e com a sua população bem distribuída (Ab'Saber, 1999).

Meio-Norte

A sub-região do Meio-Norte, que compreende o estado do Maranhão e as partes Oeste e Sul do estado do Piauí, apresenta um certo diferencial quando comparada às outras sub-regiões — principalmente o Agreste e o Sertão. As condições climáticas são mais úmidas sendo classificadas, em sua maioria, como clima Tropical de Inverno Seco - Aw e Tropical de Monção - Am (Alvares et al., 2013). A vegetação nativa é a mata dos cocais, com diversos tipos de

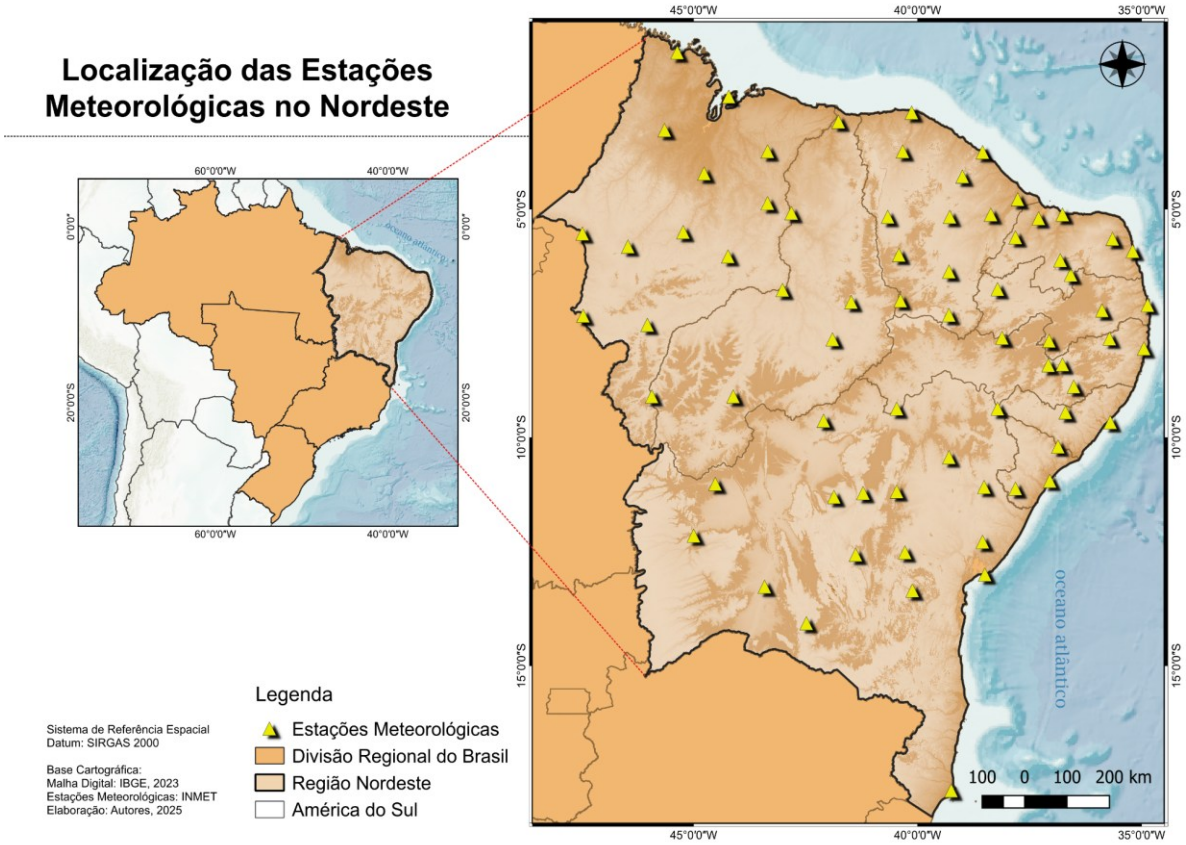
palmeiras, como: a do babaçu e a carnaúba — essencial para a agroindústria extrativista, que é tão importante para a economia dessa sub-região (Braz et al, 2009). Porém, no Meio-Norte houve uma intensificação da cultura canavieira (meados do século XIX) que se aproveitou dos solos e do clima nos entornos de São Luís (Pereira de Azevedo, 2003).

2. METODOLOGIA

Este estudo analisa a variabilidade climática a partir de dados mensais e anuais de precipitação e de temperatura do ar na região NEB para duas normais climatológicas: período 1961-1990 (P1) e período 1981-2010 (P2). Os dados coletados incluíram informações sobre a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar média, máxima e mínima de 71 estações meteorológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O estabelecimento dos critérios de seleção temporal e sazonal derivou de uma análise prévia da disponibilidade e consistência dos dados termopluviométricos. Em particular, destacou-se a preocupação com a representatividade desses dados para a região em questão. Dessa forma, a última normal climatológica publicada (1991-2020) foi excluída por apresentar número reduzido de estações meteorológicas bem como elevado número de dados faltosos de precipitação e temperatura das estações em operação o que, consequentemente, gerou um baixo acervo de dados. É pertinente destacar que, a despeito da qualidade e disponibilidade espacial dos dados, a normal climatológica de 1981-2010, acaba abarcando a década de 80 já presente na série de 1961-1990, gerando uma sobreposição temporal de 10 anos entre um período e outro. A Figura 2 apresenta a distribuição das estações selecionadas.

Figura 2- Localização das Estações Meteorológicas selecionadas do INMET, ativas no período de 1961 – 2010



Fonte: Elaboração da pesquisa (2025).

A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar as condições climáticas nos dois períodos, comparar os resultados analisados e avaliar a intensidade de episódios atípicos, como as temperaturas mais altas e baixas e as chuvas mais intensas e escassas. Nos estudos climáticos, a estatística descritiva auxilia na descrição, análise e representação dos dados científicos (Reboita, 2005; Rogerson, 2012; Silvestre, 2016). Nesse contexto, as variáveis climáticas foram submetidas à análise por meio de técnicas estatísticas descritivas, destacando-se a utilização da média e da mediana como medidas de tendência central.

Para a avaliação da dispersão dos dados, foram empregadas a amplitude, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV), enquanto o quartil foi utilizado como medida separatriz (Galvani, 2005; Monteiro et al., 2022). O DP revela o grau de variação dos valores em relação à média; assim, um DP maior indica uma dispersão mais ampla das observações. Paralelamente, o CV é uma medida que expressa o desvio padrão normalizado em relação à média, apresentando-o em termos percentuais (Rogerson, 2012).

Os dados foram organizados e refinados em planilhas e, nesse processo, foram calculadas as medidas de tendência central e gerados gráficos para a visualização das informações. Posteriormente, realizou-se análises de exploração e sintetização dos dados quantitativos no programa *RStudio* (versão 4.2.3), por meio do emprego da função *summary* para obter as medidas extremas, bem como o Quartil que separou a amostra em três partes (Qi25 - Quartil Inferior, M50 - Mediana, Qs75 - Quartil Superior) (R Core Team, 2023). Além disso, aplicou-se a função *describe,* contida no pacote *psych*, para obter os valores de desvio padrão e amplitude (William, 2023).

Na perspectiva de análise qualitativa, adotou-se o gráfico de *BoxPlot* (ou Diagrama de Caixa) como principal forma de representação dos dados, pois, como explica Silvestre *et al* (2013), esse tipo de gráfico fornece rápida visualização para o entendimento das distribuições dos valores estudados. O *BoxPlot* foi criado no programa *Rstudio* por meio do pacote *ggplot2* (Wickham, 2016). O diagrama de caixa no *ggplot2* segue a representação considerando as expressões da Tabela 1 para obter os limites superiores e inferiores e observar a presença/ausência de dados atípicos (*outliers*) na série (Tukey, 1977). Os limites estão relacionados com o Intervalo Interquartil (IQ), que subtrai o primeiro quartil do terceiro quartil. O IQ representa a concentração de 50% das observações centrais da caixa de diagrama, de modo que expressa a dispersão dos dados no intervalo. LI e LS, representam o Limite Inferior e o Limite Superior, respectivamente (tabela 1).

Tabela 1- Expressões matemáticas para a construção de um BoxPlot

Intervalo Interquartil	IQ = Q3 – Q1
Limite Inferior	LI = Q1 – 1,5 * IQ
Limite Superior	LS = Q3 + 1,5 * IQ

Fonte: Adaptado de Tukey (1977).

Os mapas foram elaborados no programa QGIS (versão 3.22.11) aplicando-se o método estatístico de interpolação por Ponderação pelo Inverso da Distância, em inglês *Inverse Distance Weighting* (IDW). O IDW é um método que estima valores desconhecidos em uma superfície com base em um conjunto de pontos amostrais (Yamamoto, Landim, 2013), tratando-se deste trabalho, os pontos são os dados das estações meteorológicas selecionadas.

O método IDW pondera os valores de acordo com a distância euclidiana entre este ponto e os pontos amostrais mais próximos (Gardiman Junior et al., 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante das análises, observou-se que a média de precipitação para o Nordeste brasileiro no período de 1961-1990 (P1), que foi de 1168,4 mm, reduziu-se em mais de 8% no segundo período, 1981-2010 (P2), totalizando 1074,4 mm. Das 71 estações observadas, apenas 9 apresentaram aumento no P2, sendo 4 no estado do Maranhão, 3 no litoral: Fortaleza/CE (59,6 mm), Natal/RN (256 mm) e Macau/RN (11,2 mm); e 2 no semiárido: Garanhuns/PE (43,9 mm) e São Gonçalo/PB (54,7 mm). O estado do Rio Grande do Norte foi o único a mostrar aumento percentual de precipitação do primeiro para o segundo período (0,37%). A menor porcentagem de redução foi registrada no Maranhão (0,13%), enquanto os estados de Sergipe, Bahia e Piauí merecem destaque, com reduções nas precipitações de 19%, 15% e 11%, respectivamente.

Os extremos mínimos e máximos de precipitação também apresentaram redução no P2. O valor mínimo no P1 corresponde ao município de Macau/RN (507,2mm) e de Petrolina/PE (482,6mm) no P2. Já o valor máximo em ambos os períodos pertence à estação de Recife/PE, sendo de 2417,6mm no P1 e de 2263,4mm no P2.

Os resultados para o DP e o CV da precipitação estão apresentados na Tabela 2, revelando uma variabilidade naturalmente elevada e consistente na região Nordeste. Os dados representados pelas medidas de dispersão mostraram um leve aumento no segundo período. No P1, o DP foi de 459,8mm, enquanto no P2 foi de 461,9mm. O CV foi maior durante o P2 (42,5%) em comparação ao P1 (38,9%). Isso sugere que a variabilidade em relação à média foi maior no período mais recente (1981-2010), o que pode ser um sinal de mudanças climáticas ou de outros fatores ambientais, como o desmatamento (Zachariah et al., 2022).

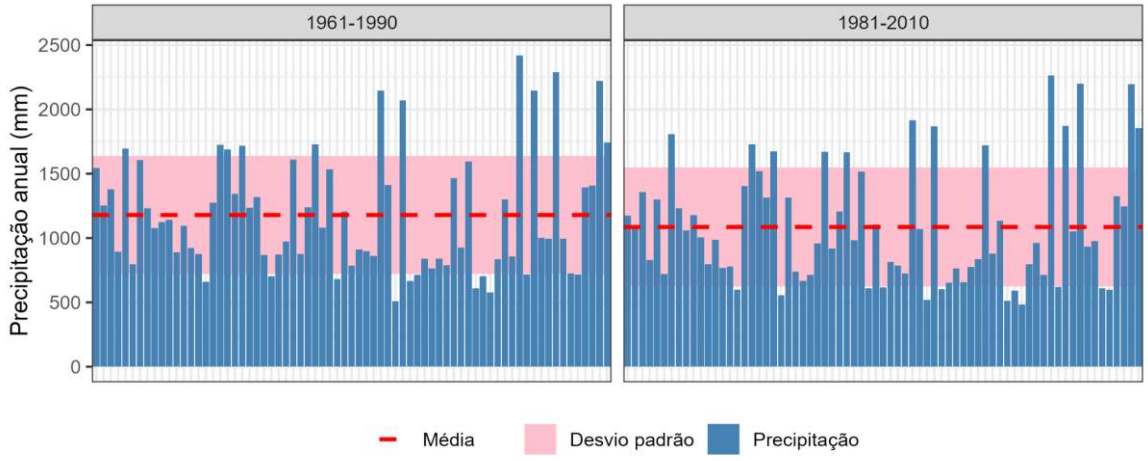
Tabela 2- Resultados da estatística descritiva para precipitação – região Nordeste do Brasil

Períodos	Média (mm)	Mediana (mm)	Mín. (mm)	Máx. (mm)	Desv. Pad. (mm)	CV (%)	Amplitude (mm)
1961-1990	1178,9	1075,8	507,2	2417,6	459,8	38,9	1910,4
1981-2010	1085,4	976,4	482,6	2263,4	461,9	42,5	1780,8

Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

Os valores acima do DP da série foram registrados em 12 estações no P1 (Figura 3a) e em 13 no P2 (Figura 3b), enquanto os valores abaixo do DP foram registrados em 9 estações no P1 (Figura 3a) e em 11 no P2 (Figura 3b), mostrando que houve maior dispersão de dados discrepantes e aumento no número de locais com precipitações baixas no período mais recente. Em geral, os resultados corroboram com o fato de que o Nordeste sempre apresentou uma grande variabilidade no total de precipitação e que esta pode estar aumentando com o tempo, causando implicações para a gestão de recursos hídricos e atividades econômicas na região.

Figura 3- Desvio Padrão da precipitação anual no Nordeste para os períodos de 1961 – 1990 (a) e 1981 – 2010 (b). As barras representam dados de cada estação meteorológica consultada.



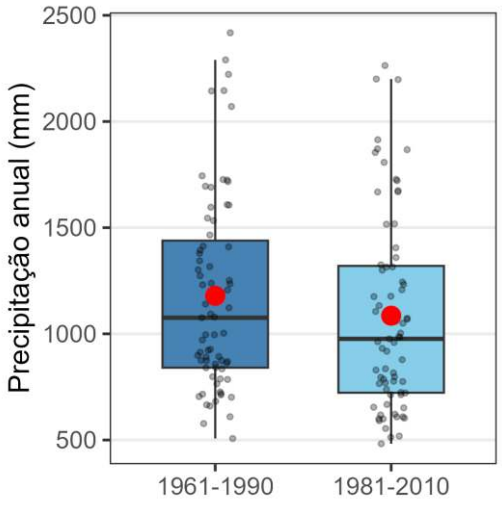
Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

Conforme a Figura 4, o BoxPlot mostra diferenças no comportamento da precipitação entre os períodos estudados, e apesar de apresentarem uma constante assimetria positiva na distribuição dos valores, isto é, maior concentração de precipitações na zona de valores mais reduzidos, este processo é mais intenso no período recente, pois, como nota-se na amplitude,

valores extremos mínimos e máximos no total anual das precipitações foram menores. Além disso, a mediana foi de 1003,2 em P1 e 963 em P2.

A caixa do *BoxPlot* fornece informações sobre a posição e variação dos dados centrais, como a mediana (a linha que divide a caixa), os quartis e o intervalo interquartil (IQ). O tamanho da caixa é levemente maior em P2 (IQ = 602,7), o aumento indica que os dados centrais possuem maior dispersão que em P1 (IQ = 601,3), mesmo com a diminuição da amplitude. Observa-se que no intervalo entre o limite inferior e o primeiro quartil, o qual inclui os 25% menores valores do conjunto de dados, representa aqueles locais em que menos chove, é destaque nos dois períodos, visto a posição da caixa na parte inferior (assimetria positiva). Entretanto, essa maior concentração aconteceu próxima aos 1000mm no P1, ao passo que no P2, ocorreu próxima a 750mm.

Figura 4- BoxPlot de Precipitação no Nordeste: (a) precipitação anual em 1961-1990 e (b) precipitação anual em 1981 – 2010.



Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

Ainda na Figura 4, o intervalo entre o primeiro quartil (Q1) e a mediana, é menor no P1 mostrando a dispersão relativamente menor na região central dos dados. Isto é, no P2, a mediana está mais próxima do centro da caixa, indicando que há uma distribuição mais simétrica tanto acima quanto abaixo da mediana, com uma simetria mais próxima da normalidade. Os estados do Ceará e do Piauí apresentaram esse padrão, com distribuição das chuvas mais simétrica no P2, como é demonstrado na Figura 5 em cores com tons do amarelo ao verde, porém, percebe-se a redução das chuvas no período mais recente.

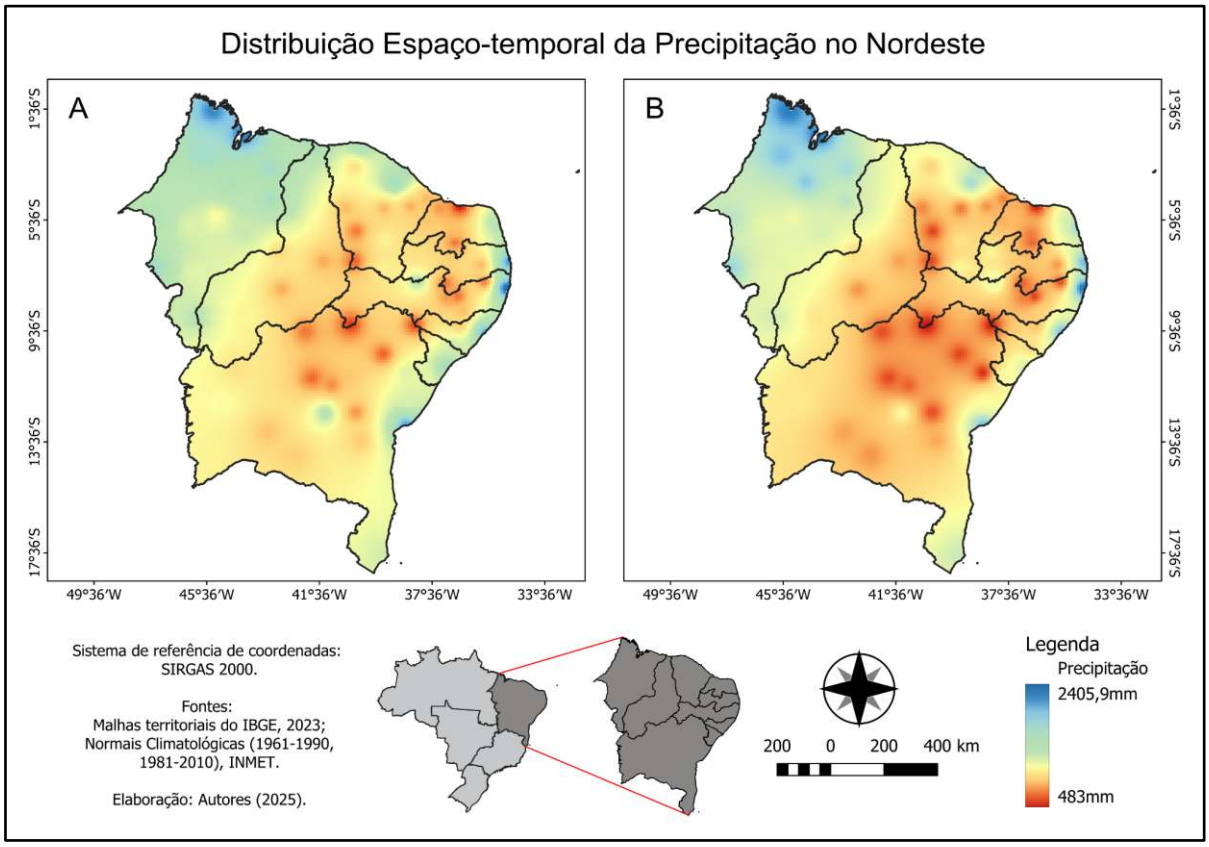
O intervalo entre a mediana e o terceiro quartil (Q3), que demonstra os dados considerados chuvosos, porém, dentro do padrão, é maior no P1 se comparada com P2, o que indica maior frequência de dados nesse intervalo. Os estados do Maranhão e do Sergipe marcaram maior presença nesse intervalo.

O BoxPlot apresentou dois outliers no primeiro período analisado acima do limite superior, ou seja, valores considerados anômalos em São Luiz/MA (2290 mm) e na estação localizada em Recife/PE (Curado - 2417,6 mm). Para o segundo período ocorreu apenas um valor atípico também em Recife/PE (Curado) com total de precipitação de 2263,4 mm, exibindo uma queda de 154,2 mm neste local (Figura 4). Constatou-se que os locais com maiores precipitações no P1 obtiveram as maiores reduções no P2, como Acaraú/CE com diminuição de 370 mm, Parnaíba/PI com 271,4 mm, Teresina/PI com 260 mm, entre outros.

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial da precipitação na região NEB. Observa-se a intensificação da distribuição de dados em tons avermelhados, isto é, um aumento de menores valores de precipitação no P2 na porção que corresponde a zona Semiárida da região NEB, expandido para o litoral leste e para o centro sul da Bahia. Os 4 pontos destacados em tons verdes dentro desta zona diminuíram sua influência no P2 e correspondem a Lençóis/BA, Barbalha/CE, Iguatu/CE e Triunfo/PE.

A partir disso, nota-se o padrão de contraste entre o semiárido com a costa leste e a porção noroeste da região, onde o estado do Maranhão está inserido, nos quais variaram entre tons verdes e azuis representando maior concentração de chuva. Em contrapartida, a porção mais seca corresponde ao limite do extremo norte da Bahia com Pernambuco (Barbosa, 2013; Tinôco et al., 2018; Rocha-Junior et al., 2020).

Figura 5- Distribuição espaço-temporal da Precipitação Anual Média no NE: (A) período de 1961 – 1990 e (B) período de 1981 - 2010



Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

Em relação aos dados de temperatura, as informações apresentadas na Tabela 3 indicam que as temperaturas médias máximas na região NEB apresentaram um aumento de quase 1ºC no P1 (27,1 ºC), em comparação aos 28 ºC do P2. As temperaturas médias mínimas, por sua vez, apresentaram uma diferença de 1 ºC, com 19,5 ºC no P1 e 20,5 ºC no P2. Houve também o registro de acréscimo de 0,6 ºC na temperatura média (24,9 ºC no P1 e 25,5 ºC no P2). Observou-se, ainda, que ocorreu aumento nas temperaturas médias em todas as estações meteorológicas analisadas. As medidas de dispersão foram semelhantes em ambos os períodos, não apresentando significativa mudança na variabilidade.

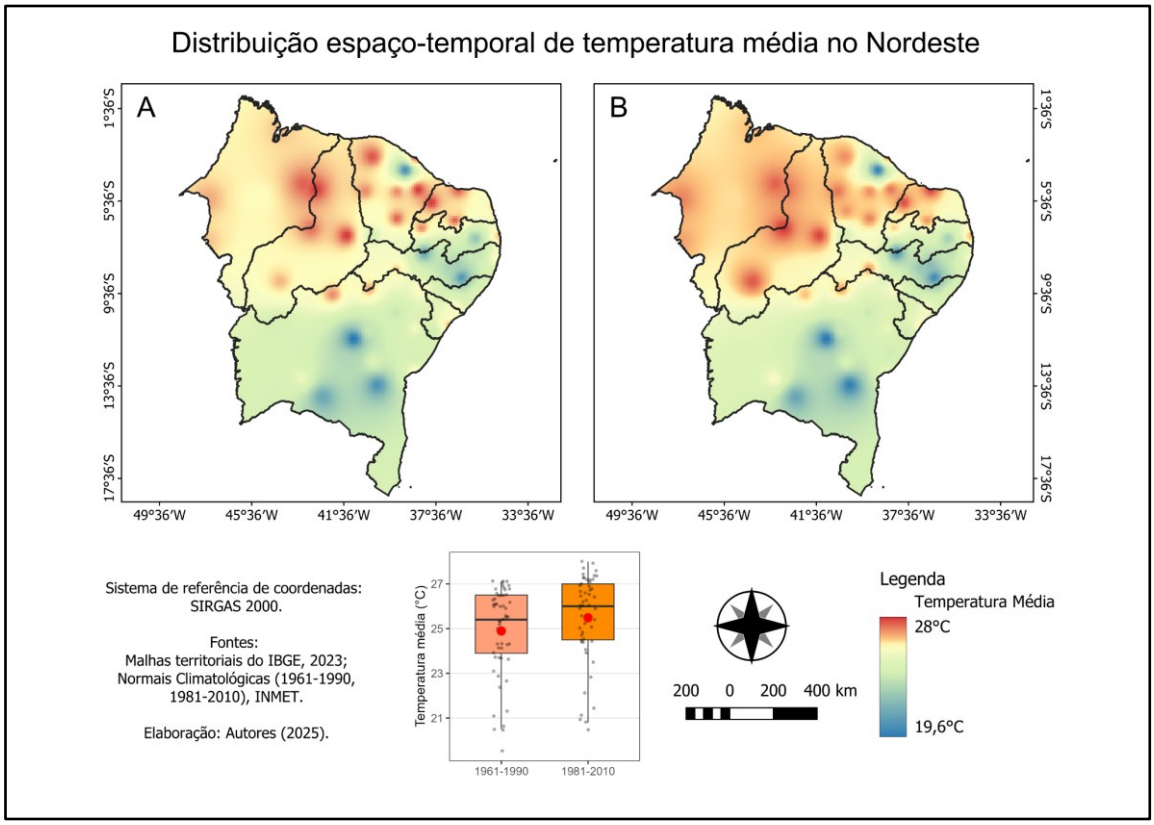
Tabela 3- Resultados da estatística descritiva de temperatura média do ar para o Nordeste

Períodos	Média (ºC)	Mediana (ºC)	Mín. (ºC)	Máx. (ºC)	Desv. Pad. (ºC)	CV (%)	Amplitude (ºC)
1961-1990	24,9	25,4	19,5	27,1	1,9	7,8	7,6
1981-2010	25,5	26,0	20,5	28,0	1,9	7,8	7,5

Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

A Figura 6 apresenta o *BoxPlot* das temperaturas médias dos dois períodos, onde nota-se a caixa posicionada acima, indicando assimetria dos dados negativa, corroborada pela mediana acima da média, isso significa maior concentração de valores altos de temperatura média. Em vista do tamanho da caixa, o IQ é semelhante em ambos (2,5 e 2,6) com variabilidade similar dos dados. A presença de *outliers* de temperatura média baixa no P1 é indicado pelo ponto abaixo do limite inferior para a estação Morro do Chapéu/BA com 19,5ºC, enquanto em P2 esse valor subiu para 20,5ºC, mas também foi contabilizado como *outlier*.

Figura 6- Distribuição espaço-temporal de temperatura média e o BoxPlot: (A) período de 1961 – 1990 e (B) período de 1981 - 2010



Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

Ainda na Figura 6, observa-se a distribuição espacial das temperaturas médias. No noroeste e norte da região, os estados do Maranhão, Piauí, parte do Ceará e do Rio Grande do Norte apresentaram as temperaturas médias mais altas, sobretudo, as estações localizadas no Piauí e no Ceará, onde concentram-se os tons vermelhos. Esse padrão é similar entre os períodos analisados, porém, no Piauí há aumento da temperatura média e maior espacialização dessas altas temperaturas no período mais recente.

No tocante a temperatura máxima, a média das máximas também apresentou um leve aumento, passando de 30,9°C para 31,5°C, uma ampliação de 1,88%. Foi observado que somente em 3 estações meteorológicas o valor diminuiu, a uma taxa de 0,1 °C, enquanto a média de aumento em 0,6 °C, com destaque para 7 locais onde houve aumento entre 1 °C e 1,3 °C, sendo 3 no estado do Piauí. Apesar do DP ser igual (2,2), o CV é menor para o segundo período (7,1 – 7,0), indicando redução na variabilidade com relação à média. A amplitude de temperatura máxima é a maior se comparada às temperaturas mínimas e médias, com maior valor no P1.

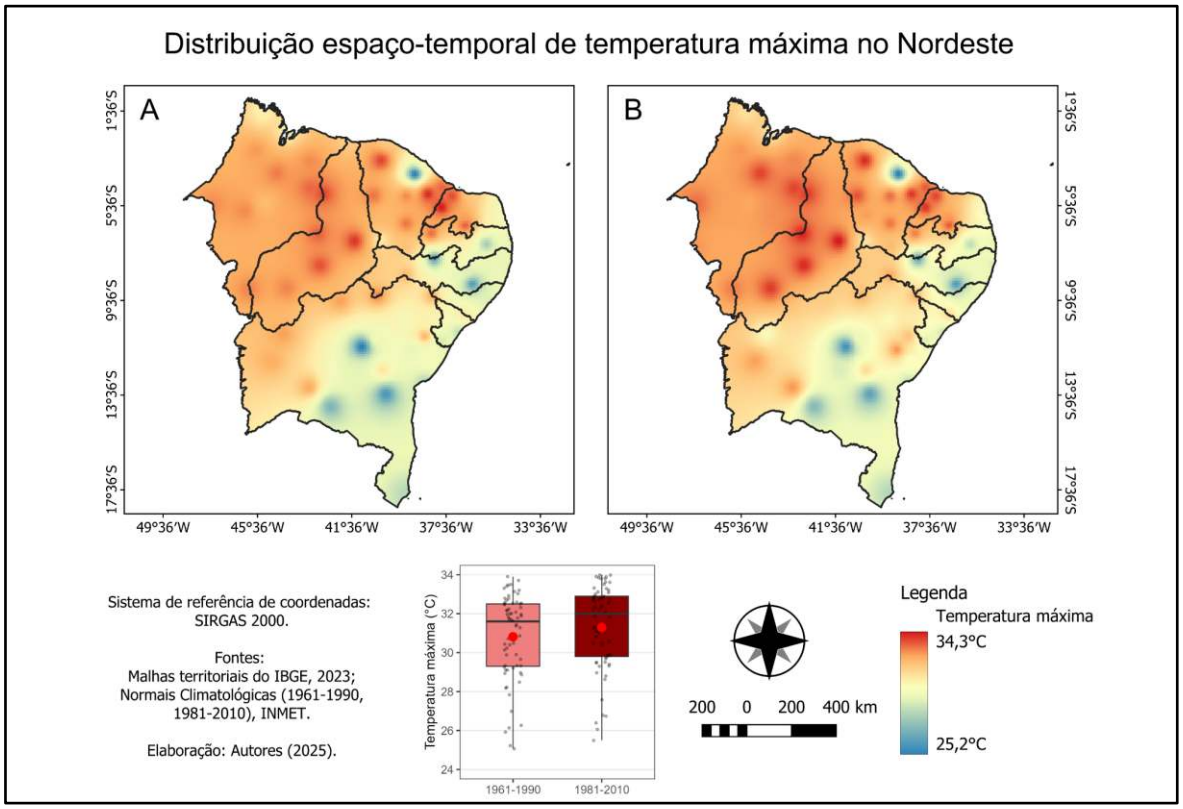
Tabela 4- Resultados da estatística descritiva de temperatura máxima do ar para o Nordeste

Períodos	Média (ºC)	Mediana (ºC)	Mín. (ºC)	Máx. (ºC)	Desv. Pad. (ºC)	CV (%)	Amplitude (ºC)
1961-1990	30,9	31,6	25,1	34,1	2,2	7,1	9,0
1981-2010	31,5	32,2	25,5	34,3	2,2	7,0	8,8

Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

Observa-se, na figura 7, que as temperaturas máximas mais elevadas também se localizam do Norte da região (Ceará e Rio Grande do Norte) a centro-oeste (Maranhão e Piauí), ocorrendo intensificação no P2, no qual o oeste da Bahia também ganha mais relevância. É possível visualizar os pontos que obtiveram redução na área central do NEB, na região de abrangência de Petrolina/PE e Remanso/BA, assim como a mancha vermelha no oeste do RN foi amenizada em Apodi.

Figura 7- Distribuição espaço-temporal de temperatura máxima e o BoxPlot: (A) período de 1961 – 1990 e (B) período de 1981 - 2010



Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

O gráfico de *BoxPlot* para a temperatura máxima dos dois períodos indica uma assimetria negativa, no qual a mediana está próxima do Q1, visualizado na Figura 7. O IQ de 3,2 em ambos os períodos indica que não houve alteração na variabilidade dos dados ao redor da mediana, corroborada pelo valor igual do DP. A caixa situada próxima ao limite superior, mostra que a maior parte dos dados está concentrada em valores elevados de temperatura. A média foi discrepante e inferior à mediana, o que significa que existem valores baixos que influenciam a média, apesar disso, não ocorreram outliers.

Com relação a temperatura mínima absoluta, essa apresentou aumento de 1°C (15,9 – 16,9), enquanto a média das mínimas variou de 20,6°C para 21,7°C, isto é, um acréscimo de 2,91%. O conjunto de dados apresentou 4 estações com diminuição das temperaturas mínimas entre P1 e P2, entretanto 12 localidades aumentaram em mais de 1ºC nestes períodos, com destaque para a estação Santa Rita de Cássia (Ibipetuba) na Bahia com 2,2°C de variação e para Macau/RN com 1,9°C. O DP e o CV reduziram, mas o CV foi o maior identificado entre as três temperaturas, sugerindo maior variação dos dados de temperatura mínima no Nordeste, conforme apresentado na tabela abaixo.

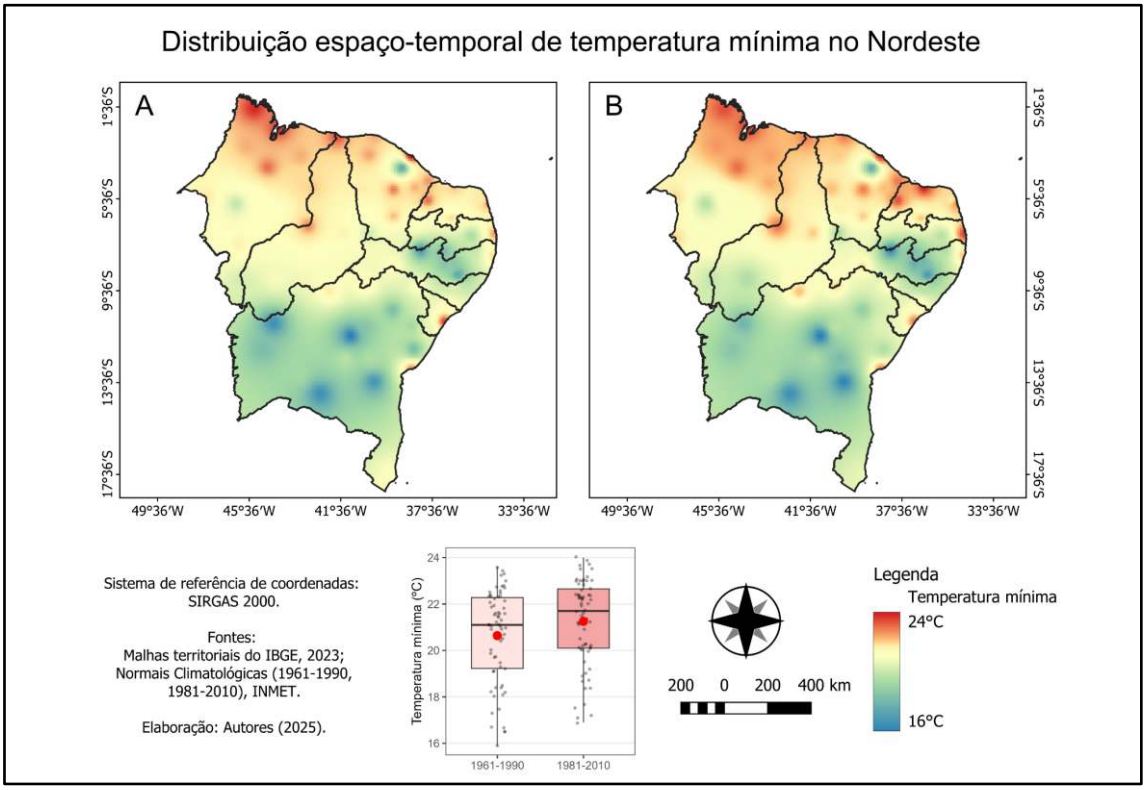
Tabela 5- Resultados da estatística descritiva de temperatura mínima do ar para o Nordeste

Períodos	Média (ºC)	Mediana (ºC)	Mín. (ºC)	Máx. (ºC)	Desv. Pad. (ºC)	CV (%)	Amplitude (ºC)
1961-1990	20,6	21,1	15,9	23,6	1,9	9,6	7,7
1981-2010	21,7	21,7	16,9	24	1,8	8,7	7,1

Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

A Figura 8 apresenta o BoxPlot do conjunto de dados, o aumento da mediana no P2 indica um aumento geral nas temperaturas mínimas. A amplitude dos valores limitantes do gráfico apresenta uma redução em P2, o que indica que houve redução na variabilidade, sugerindo a concentração de temperaturas mais próximas da mediana e da média a comparar com o tamanho da caixa (IQ) que é maior no P1. Isso significa que ocorreu redução na variabilidade ao longo do tempo. O Q2 próximo ao Q3 e superior à média mostra assimetria negativa dos dados em ambos os períodos.

Figura 8- Distribuição espaço-temporal de temperatura mínima e o BoxPlot: (A) período de 1961 – 1990 e (B) período de 1981 - 2010



Fonte: Elaboração da pesquisa (2023).

Analisando a distribuição espacial, todo o extremo norte do Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte) teve destaque nas temperaturas mínimas mais elevadas, ao passo que o centro-sul da Bahia apresentou significativa presença de valores opostos, porém, nota-se a intensificação de tons vermelhos e amenização de tons azuis no período recente (1981-2010).

Os dados de temperatura e precipitação registrados mostraram que houve uma mudança nos padrões termopluviométricos no Nordeste brasileiro nos últimos 50 anos. As temperaturas apresentaram aumento em quase todas as estações meteorológicas analisadas, corroborando com as pesquisas de Marengo (2007), Santos et al., (2010), Carvalho et al., (2020) realizadas nessa mesma região do país. As temperaturas apresentaram-se mais estáveis e consistentes se comparadas às precipitações, onde identificou-se aumento nos valores máximos, mínimos e médios com pequena diminuição da amplitude no âmbito de toda região, fato também observado na pesquisa realizada por Lima et al., (2010).

Já o padrão das precipitações mostrou-se mais aleatório e heterogêneo, onde algumas estações registraram aumento das precipitações e outras diminuições das mesmas. Esses resultados corroboram com as pesquisas realizadas por Silveira et al., (2013). As estações localizadas em domínio climático semiárido e que apresentaram diminuição nas precipitações merecem atenção especial, uma vez que essa tendência pode apontar futuros problemas de crise hídrica. De acordo com Salviano et al., (2016), além das mudanças climáticas, “outros fatores contribuem para o aumento da vulnerabilidade hídrica brasileira, entre eles: a pressão demográfica, o crescimento urbano desordenado, a pobreza e a migração rural, e o baixo investimento em infraestrutura e serviços" (p. 65), e essas questões são de primeira ordem em uma região que apresenta aumento de temperaturas já elevadas e forte variabilidade das precipitações.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região Nordeste do Brasil, de certo, apresenta características climáticas diversas. Em vista das técnicas estatísticas aplicadas, pode-se afirmar que os padrões de precipitação apresentaram diferenças entre os dois períodos estudados. A precipitação média aponta uma redução de mais de 8% no P2 (1981-2010) em comparação com o P1 (1961-1990). Em P2

houve atenuação nos dados extremos máximos e mínimos e, como consequência, diminuição na amplitude, o que explica a redução no número de outliers. Os valores de DP e CV, com leve aumento no P2, mostraram que a região Nordeste do Brasil sempre teve uma grande variabilidade na precipitação total anual, o que pode estar se intensificando com o tempo, no entanto, o P2 apresentou maior concentração de dados em torno da mediana, indicando uma amostra com menor dispersão em relação à mediana, apesar de aumento com relação à média.

A distribuição espacial evidenciou a porção semiárida com as menores precipitações médias, com destaque para o limite entre o norte da Bahia e Pernambuco. Por outro lado, o litoral leste e o noroeste da região apresentaram os maiores valores de chuva. Entre as 71 estações meteorológicas observadas, apenas 9 apresentaram aumento das chuvas, em paralelo, as maiores reduções corresponderam aos locais com maiores precipitações, ou seja, a chuva está diminuindo nos setores mais chuvosos da região Nordeste.

A disposição espacial da precipitação pluvial é mais variável e dinâmica do que a temperatura do ar. A temperatura média no Nordeste aumentou cerca de 1ºC no período mais recente, com acréscimo em todas as estações meteorológicas analisadas, mas a variabilidade não apresentou mudanças significativas, tendo em vista os resultados próximos do DP e CV. O noroeste da região, bem como o Piauí e o Ceará apresentaram as temperaturas médias mais altas, por outro lado, o centro-sul da Bahia obteve os menores valores. Esse padrão de distribuição espacial foi similar nos dois períodos. Tratando-se dos resultados da temperatura máxima, embora o DP seja o mesmo em ambos os períodos, o CV apresentou reduções, o que sugere uma pequena redução na variabilidade em relação à média. As temperaturas máximas mais elevadas estão localizadas no norte e centro-oeste da região, com intensificação no P2, principalmente no sul do Piauí e no oeste baiano.

Diante das análises, apesar de algumas estações meteorológicas apresentarem diminuição nas temperaturas mínimas, houve um aumento significativo em várias localidades. Além disso, a redução na variabilidade dos dados sugere uma maior concentração de temperaturas próximas da média. Observou-se ainda uma intensificação das temperaturas mínimas mais elevadas no extremo norte da região, enquanto o centro-sul da Bahia apresentou valores opostos. Dentro do período de 50 anos, analisado em duas normais climatológicas, os dados de DP não apresentaram diferenças significativas, mas indicaram que

a região Nordeste está passando por mudanças que afetam com mais impacto a temperatura média, devido ao aumento de 1ºC nos valores máximos e mínimos. Isso significa que a região experimenta um aumento geral na temperatura do ar e principalmente nos valores mínimos, podendo incluir eventos atípicos, que podem afetar negativamente a produtividade econômica e a vida humana. O CV apresentou diminuição em todas as temperaturas entre os dois períodos. Esses resultados indicam que a variabilidade em relação à média tornou-se mais estável e consistente, bem como a diminuição da amplitude, que resulta em maior previsibilidade.

Apesar da sobreposição de dados de anos da década de 1980 entre os períodos analisados (1961-1990 e 1990-2010), o que tende a atenuar os sinais estatísticos das mudanças climáticas, os resultados ainda evidenciam alterações significativas nos padrões climáticos, indicando que as transformações observadas superam o efeito de diluição gerado por essa intersecção temporal.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. Nordeste sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 60-61, 1999.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 158 p.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Caatingas:** o domínio dos sertões secos. In: AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. cap. 6.

ALPINO, T. de M. A.; FREITAS, C. M. de; COSTA, A. M. **Seca como um desastre**. Ciência e Trópico, v. 38, n. 2, p. 87-135, 2014.

ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

ANDRADE, Manuel Correia de Oliveira. **Paisagens e problemas do Brasil**: aspectos da vida rural brasileira frente à industrialização e ao crescimento econômico. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1970.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. **A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 22, n. 1, p. 63-74, 2007.

ARAÚJO, E. D. S.; PRAÇA DE SOUZA, J. O.; MACHADO, C. C. C. **Considerações sobre as paisagens semiáridas e os enclaves subúmidos do Nordeste seco** – uma abordagem sistêmica. Revista de Geografia, v. 36, n. 3, p. 128–146, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.51359/2238-6211.2019.240727.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BARBOSA, N. F. M. **Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em: http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/5235/2/Nyedja%20Fialho%20Morais%20Barbosa.pdf. Acesso em: 3 fev. 2023.

BOLETIM DE RECURSOS NATURAIS. **Recife**: SUDENE, v. 6, n. 1/4, p. 60-63, 1963.

BRAZ, Márcio Martins Napoleão et al. **Arranjos produtivos locais no âmbito estadual-Piauí**. Informe Econômico (UFPI), v. 19, n. 1, 2009.

CARVALHO, A. A. et al. **Trends of rainfall and temperature in Northeast Brazil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 24, n. 1, p. 15-23, 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n1p15-23.

CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisa sobre Desastres/Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas brasileiro de desastres naturais**: volume Brasil 1991-2010. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2012.

FIALHO, E. S. **Inconstâncias climáticas**: uma discussão conceitual. Revista Tamoios, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, jul./dez. 2007. Disponível em: https://doi.org/10.12957/tamoios.2007.625.

GALVANI, E. **Métodos e técnicas de quantificação em Geografia**. In: VENTURI, L. A. B. (org.). Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. v. 1, p. 239.

GAN, M. A. et al. **Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil**. In: FERREIRA, N. J.; CAVALCANTI, I. F. A. (org.). Sistemas meteorológicos atuantes no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

GARDIMAN JUNIOR, B. S. et al. **Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES)**. Revista Ambiência, v. 8, n. 1, p. 61–71, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.5777/ambiencia.2012.01.05.

GUIMARÃES, S. O. et al. **Projeções de mudanças climáticas sobre o Nordeste brasileiro dos modelos do CMIP5 e do CORDEX**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 3, p. 337-365, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0102-778631320150150.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**: Região Nordeste. Rio de Janeiro: SERGRAF, 2000. 466 p.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Novas normais climatológicas**: o que mudou no clima do Brasil nos últimos 30 anos. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/novas-normais-climatol%C3%B3gicas-o-que-mudou-no-clima-do-brasil-nos-%C3%BAltimos-30-anos. Acesso em: 2 mar. 2023.

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Mudança do clima 2021**: a base científica. Tradução: OLIVEIRA, Mariane Arantes Rocha de. IPCC/WMO/UNEP, 2021.

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Acervo Histórico IPEF**: Geodatabase. Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/acervohistorico/geodatabase/. Acesso em: 10 abr. 2025.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Grupo de Modelagem para Estudos da Biodiversidade**. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/download.php. Acesso em: 10 abr. 2025.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. **Clima da região Nordeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (org.). Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 213–233.

LIMA, R. A. F. de A.; MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. de. **Diagnóstico de tendência de mudanças na temperatura do ar no Nordeste setentrional**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 117-124, abr./jun. 2010.

LUCENA, R. L. **Semiaridity and rainfall variability in Northeastern Brazil**. International Journal of Semiarid, v. 6, p. 87-97, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.56346/ijsa.v6i6.164.

MALHI, Y. et al. **Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions**. Philosophical Transactions of the Royal Society B, v. 375, n. 1794, 20190104, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0104.

MARENGO, J. A. **Cenários de mudanças climáticas para o Brasil em 2100**. Ciência & Ambiente, v. 34, p. 100-125, 2007.

MARENGO, J. A. et al. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Disponível em: http://plutao.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao/2011/06.11.02.16/doc/Marengo_Variabilidade.pdf.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

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

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E.; PINHEIRO, D. R. C. **A contribuição da técnica dos quantis na identificação de extremos de chuva e de uma metodologia para detectar situações de desastre natural no semiárido cearense**. Revista Geografias, v. 17, n. 2, p. 1–16, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.35699/2237-549X.2021.36790.

NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil**: classificação climática e aplicações. 1. ed. Porto Alegre: TotalBooks, 2023. 328 p.

NUNES, C. R. P. **As mudanças climáticas a partir da implantação de empresas de capital estrangeiro no Nordeste**: estado regulador? In: ARAÚJO, A. R.; BELCHIOR, G. P. N.; VIEGAS, T. E. de S. (org.). Os impactos das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Fundação Sintaf, 2016. p. 382.

OLIVEIRA, B. F.; MOORE, F. C.; DONG, X. **Biodiversity mediates ecosystem sensitivity to climate variability**. Communications Biology, v. 5, n. 1, 628, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s42003-022-03573-9.

PEREIRA DE AZEVEDO, Manoel. **Os ciclos econômicos do Maranhão**: do algodão ao mínero-metalúrgico. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

PEREIRA, I. M. et al. **Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no agreste paraibano**. Acta Botanica Brasilica, v. 16, n. 3, p. 357–369, 2002.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: https://www.R-project.org/.

REBOITA, M. S. **Introdução à estatística aplicada à climatologia**: parte I estatística descritiva. São Paulo: Projeto PAE, 2005.

ROCHA JUNIOR, R. L. et al. Mudança de longo prazo e regionalização da evapotranspiração de referência no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 891–902, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0102-77863550126.

ROGERSON, P. A. **Métodos estatísticos para geografia**: um guia para o estudante. Tradução de Paulo Fernando Braga Carvalho e José Irineu Rangel Rigotti. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2010.

SALVIANO, M. F.; GROPPO, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64–73, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620150003.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Clima e organização do espaço**. Boletim de Geografia, Maringá, v. 16, n. 1, p. 119–130, 1998.

SANTOS, D. N. et al. **Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 5, p. 492–500, 2010.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, jul. 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200005.

SILVEIRA, C. S. et al. Análise das projeções de precipitação do IPCC-AR4 para os cenários A1B, A2 e B1 para o século XXI para Nordeste Setentrional do Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, n. 2, p. 117–134, abr./jun. 2013.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica**: diagnóstico e propostas. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016.

SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. **Critérios estatísticos para definir anos padrão**: uma contribuição à climatologia geográfica. Revista Formação, n. 20, v. 2, p. 23–53, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.33081/formacao.v2i20.2360.

TINÔCO, I. C. et al. **Characterization of rainfall patterns in the semiarid Brazil**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 41, n. 2, p. 397–409, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.11137/2018_2_397_409.

TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis**. Massachusetts: Addison-Wesley, Series in Behavioral Science, 1977. 688 p.

WICKHAM, H. ggplot2: elegant graphics for data analysis. **New York: Springer-Verlag**, 2016. ISBN 978-3-319-24277-4. Disponível em: https://ggplot2.tidyverse.org.

WILLIAM, R. psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research. **Northwestern University, Evanston, Illinois**. R package version 2.3.3, 2023. Disponível em: https://CRAN.R-project.org/package=psych.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. M. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215 p.

ZACHARIAH, M. et al. Climate change increased heavy rainfall, hitting vulnerable communities in Eastern Northeast Brazil. **WWA – World Weather Attribution**. Disponível em: https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Brazil-Floods-Scientific-report.pdf. Acesso em: 1 out. 2023.

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

ZAVATINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia geográfica**: teoria e prática de pesquisa. Campinas: Editora Alínea, 2013.