Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

REFLEXOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS TEMPERATURAS DO SEMIÁRIDO: ANÁLISES ESTATÍSTICAS COM BASE EM SEIS DÉCADAS DE DADOS, PARA O MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS, ESTADO DA PARAÍBA

Reflections of climate change on semiarid temperatures: statistical analyses based on six decades of data for the Municipality of Cajazeiras, State of Paraíba

Reflejos del cambio climático en las temperaturas del semiárido: análisis estadísticos basados en seis décadas de datos para el Municipio de Cajazeiras, Estado de Paraíba

Teobaldo Gabriel de Souza Júnior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
teobaldo.souza@ifpb.edu.br

Daisy Beserra Lucena
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
E-mail: daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br

Rafaella de Lima Roque
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
rafaella.roque@ifpb.edu.br

Resumo: O trabalho realizou análises sobre 60 anos (1961 a 2020) de dados mensais de temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) para o Município de Cajazeiras-PB. A fonte utilizada é proveniente dos arquivos do TerraClimate e as principais técnicas estatísticas empregadas foram: geração de gráfico das Normais Climatológicas e do tipo *Boxplot*; técnica dos quantis; aplicação do teste de distribuição dos dados de Shapiro-Wilk; e, testes não-paramétricos de Mann-Kendall, *Sen's Slope* e Pettitt, todos ao nível de $\alpha = 0,05$, tanto na série contínua (720 observações), quanto na série sazonal mensal (60 observações para cada um dos 12 meses do ano). Os resultados apontaram tendência positiva para o aumento das temperaturas do ar na localidade, com destaque para as mudanças abruptas ocorridas entre o final da década de 1970 e início da década de 1980. No teste sazonal, para

tais mudanças climáticas, os meses com elevações mais expressivas, isto é, com significância estatística ao nível definido foram: janeiro, fevereiro, março, abril (somente para as temperaturas mínimas), novembro e dezembro. Os achados confirmam a tendência de aumento das temperaturas que vem ocorrendo em diversos pontos do Nordeste brasileiro e servem de subsídio para que haja uma melhor tomada de decisões, no sentido de se conviver com a realidade que ora se projeta.
Palavras-chave: Temperaturas do Ar. Análise de Tendência. Sazonalidade Térmica.

Abstract: The study conducted analyses on 60 years (1961 to 2020) of monthly air temperature data (maximum, average, and minimum) for the Municipality of Cajazeiras-PB. The data source was derived from the TerraClimate archives, and the main statistical techniques employed were: the generation of Climatological Normals and Boxplot graphs; quantile techniques; application of the Shapiro-Wilk test for data distribution; and non-parametric tests such as Mann-Kendall, Sen's Slope, and Pettitt, all at a significance level of $\alpha = 0.05$, applied to both the continuous series (720 observations) and the seasonal monthly series (60 observations for each of the 12 months of the year). The results indicated a positive trend in air temperature increases in the locality, with emphasis on the abrupt changes that occurred between the late 1970s and early 1980s. In the seasonal test for such climate changes, the months with the most significant increases, at the defined level, were January, February, March, April (only for minimum temperatures), November, and December. The findings confirm the upward trend in air temperatures observed in various areas of the Brazilian Northeast and serve as a basis for better decision-making to adapt to the reality currently unfolding.
Keywords: Air Temperatures. Trend Analysis. Thermal Seasonality.

Resumen: Este estudio realizó análisis sobre 60 años (1961 a 2020) de datos mensuales de temperaturas del aire (máximas, medias y mínimas) para el municipio de Cajazeiras-PB. La fuente utilizada proviene de los archivos de TerraClimate, y las principales técnicas estadísticas empleadas fueron: generación de gráficos de las Normales Climatológicas y del tipo *Boxplot*; técnica de cuantiles; aplicación de la prueba de distribución de datos de Shapiro-Wilk; y pruebas no paramétricas de Mann-Kendall, *Sen's Slope* y Pettitt, todas con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, tanto en la serie continua (720 observaciones) como en la serie estacional mensual (60 observaciones para cada uno de los 12 meses del año). Los resultados indicaron una tendencia positiva en el aumento de las temperaturas del aire en la localidad, destacándose los cambios abruptos ocurridos entre finales de la década de 1970 y principios de la década de 1980. En la prueba estacional, los meses con aumentos más significativos, es decir, con significancia estadística al nivel definido, fueron: enero, febrero, marzo, abril (solo para las temperaturas mínimas), noviembre y diciembre. Los hallazgos confirman la tendencia de aumento de las temperaturas que se ha observado en diversas áreas del Nordeste brasileño y sirven como base para una mejor toma de decisiones en el sentido de adaptarse a la realidad proyectada.
Palabras clave: Temperaturas del Aire. Análisis de Tendencia. Estacionalidad Térmica.

Submetido em: 27/02/25
Aceito para publicação em: 13/12/25
Publicado em: 24/07/26

1. INTRODUÇÃO

Clima é o conjunto de fenômenos atmosféricos naturais que se articula diretamente com a litosfera e a biosfera, exercendo influência significativa sobre as atividades humanas, o que exige um monitoramento constante de suas condições. Tal acompanhamento é essencial para viabilizar análises precisas, as quais possam permitir uma assertiva tomada de decisões pela sociedade contemporânea, sobretudo no contexto das adaptações necessárias perante as alterações climáticas globais, categoricamente confirmadas pelo documento AR6 do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021).

Constituído por um interligado e complexo sistema de fatores (como radiação solar, latitude, altitude, ventos, presença de massas continentais, corpos hídricos, topografia, urbanização e vegetação), o clima é descrito por seus elementos característicos, dentre eles: precipitação, umidade, temperatura e movimentos das massas de ar (Romero, 2020). Diante disso, estudos como o de Almeida Filho e Aleixo (2023) destacam que a temperatura do ar, ao lado da precipitação, é um dos elementos mais pesquisados e discutidos em investigações sobre as condições atmosféricas.

Nesse sentido, os dados de temperatura do ar assumem papel central nas discussões a respeito das alterações climáticas, figurando como uma das principais preocupações de cientistas, gestores públicos e da população em geral, devido ao fato de que é a energia térmica que atua como a força motriz dos sistemas climáticos (Conti, 2011; Margulis, 2020) sendo, por conseguinte, capaz de desencadear uma série de impactos ambientais e sociais, como o aumento na frequência e intensidade de eventos extremos (incluindo ondas de calor, secas prolongadas e tempestades severas), além de influenciar no derretimento de geleiras, elevação do nível do mar e mudanças nos padrões de precipitação, afetando diretamente ecossistemas, a agricultura e a disponibilidade de recursos hídricos.

Destarte, entre os fatores que contribuem para a variabilidade das temperaturas do ar destacam-se os Gases de Efeito Estufa (GEE), como metano, gás carbônico, óxido nitroso e os gases fluorados (CFCs); além das alterações no uso e cobertura do solo (Souza Júnior; Lucena; Roque, 2025). Tais aspectos intensificam o chamado “calor antropogênico” e potencializam os impactos climáticos dele decorrentes (Conti, 2011).

Referida situação acontece porque o Sol, principal fonte de radiação eletromagnética a atingir o planeta, interage com os componentes da atmosfera e da superfície terrestre por meio de mecanismos de absorção, reflexão e transmissão de energia. Tais processos desempenham um papel central na regulação do sistema climático, influenciando diretamente as variações de temperatura observadas (Oliveira; Vianello; Ferreira, 2001).

Para monitorar as variações mencionadas, técnicas estatísticas como geração de gráficos do tipo *Boxplot* (Tukey, 1977), análise quantílica de dados (Rocha; Zanella, 2012; Monteiro; Zanella; Pinheiro, 2022) e testes como os de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), *Sen's Slope* (Sen, 1968) e de Pettitt (1979) tornaram-se ferramentas indispensáveis, que permitem aferir flutuações nos padrões climáticos.

É nesse contexto que se insere o presente estudo, cuja proposta principal é contribuir com a compreensão da dinâmica citada, a partir da análise histórica do comportamento das temperaturas do ar, investigando a ocorrência de tendência que possa arrolar mudanças significativas ao longo do tempo e fornecendo subsídios que fortaleçam a base científica para ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, especialmente em contextos locais, onde os impactos podem ser mais acentuados.

Segundo Almeida Filho e Aleixo (2023, p. 2), tendência climática é "uma mudança observada no valor médio durante um período de registros considerado, que se manifesta através do sutil aumento ou diminuição das médias em uma série de dados climatológicos", assim sendo, variações da temperatura no semiárido brasileiro são capazes de ocasionar impactos expressivos nos recursos naturais e na vida das populações locais, intensificando processos de aridização, com aumento no número de meses com déficit hídrico e elevação das temperaturas médias, afetando, diretamente, o equilíbrio dos ecossistemas, como o da Caatinga, o que demanda um acompanhamento contínuo e aprofundado, capaz de subsidiar políticas públicas mais eficazes e ações adaptativas voltadas à sustentabilidade ambiental e à resiliência das comunidades afetadas (Almeida; Cavalcante; Silva, 2020).

Diante disso, o objetivo geral da pesquisa é analisar dados mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas do ar no Município de Cajazeiras, sertão da Paraíba, ao longo de sessenta anos (1961 a 2020), buscando identificar possíveis padrões de mudança. A escolha da localidade se deu tanto por sua posição geográfica (semiárido do Nordeste brasileiro com vegetação de Caatinga predominante), quanto por sua expressividade nos cenários Nacional

(516º maior em população, quando considerados os atuais 5.571 Municípios brasileiros), Estadual (8º maior dentre os 223 Municípios paraibanos) e local (maior Município dentre os 12 que compõem a sua Região Geográfica Imediata) (IBGE, s.d.).

Embora Cajazeiras, ao se considerar apenas o seu aspecto numérico, seja classificado como Município de pequeno porte, por conter menos de 100 mil habitantes (Souza Júnior; Lucena; Roque, 2025), a análise dos seus dados é essencial para entender como localidades não tão densamente habitadas também podem causar perturbações de ordem climática no âmbito do campo térmico (Amorim, 2020). Ademais, estudos como o de Santos *et al*. (2020) indicam que as regiões Norte e Nordeste do Brasil apresentam projeções de aumento mais severo de temperatura, e destaca a necessidade de uma atenção especial nessas áreas.

Assim, o trabalho está estruturado em três grandes seções denominadas "Metodologia", "Resultados e discussão" e "Considerações finais", que detalham a área de estudo, os métodos empregados, os resultados alcançados e suas respectivas interpretações. A abordagem adotada, essencialmente descritiva e exploratória, visa lançar luz acerca das tendências de temperaturas registradas no período analisado (1961-2020), contribuindo para um entendimento mais acurado da dinâmica climática térmica local.

2. METODOLOGIA

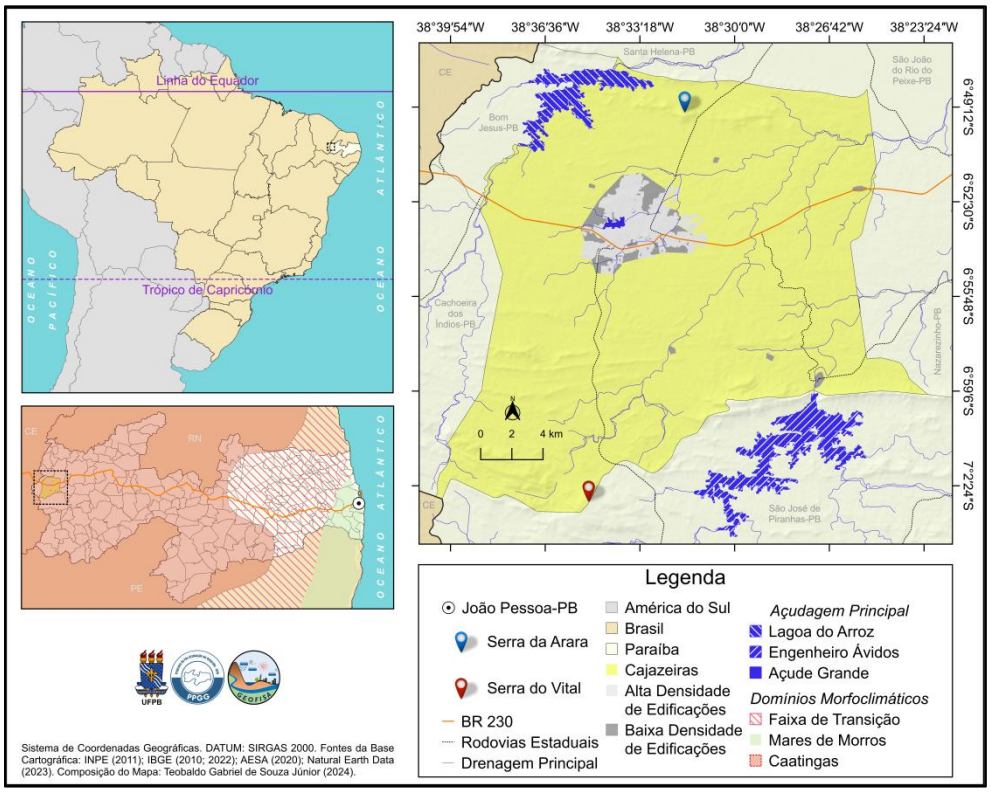
A presente seção se divide em três subtópicos os quais compreendem: "Área de Estudo", "Dados de Temperatura do Ar" e "Análises Estatísticas" sendo, ainda, relevante informar que todas as informações e *softwares* utilizados são gratuitos e de livre acesso.

A tabulação, por exemplo, foi executada nas planilhas do LibreOffice Calc 6.4.7.2 (The Document Foundation, 2019); nas espacializações em geral, assim como nas temperaturas do ar, utilizaram-se as técnicas de Geoprocessamento do QGIS 3.10.14 - A Coruña (2021); enquanto as análises estatísticas e a geração de gráficos foi trabalhada na linguagem *R Statistical* (R Development Core Team, 2018).

2.1. Área de Estudo

Cajazeiras, Município situado no extremo oeste da Paraíba, destaca-se por sua localização estratégica próxima às divisas dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco (Figura 1). Seu território abrange 562,703 km² e faz limite com Santa Helena-PB (Norte), São João do Rio do Peixe-PB (Norte e Leste), Nazarezinho-PB (Leste), São José de Piranhas-PB (Sul), Barro-CE (Sudoeste), Cachoeira dos Índios-PB (Oeste) e Bom Jesus-PB (Noroeste). Com uma população de 63.239 habitantes, segundo o Censo de 2022 (IBGE, s.d.), a taxa de residentes urbanos de Cajazeiras supera os 80%, concentrando-se na sede principal e nos distritos de Divinópolis e Engenheiro Ávidos (Cajazeiras, s.d.).

Figura 1 - Localização do Município de Cajazeiras-PB**.**



Fonte: Autoria própria, 2024.

O Município, com mais de 150 anos de emancipação política, é reconhecido como o principal polo educacional e comercial da região, exercendo influência significativa na hierarquia local (IBGE, 2018; Souza Júnior, 2020; Souza Júnior *et al*., 2024). Em 2012, foi designado como centro de uma das 12 Regiões Metropolitanas da Paraíba por meio da Lei

Estadual Complementar nº 107 (Paraíba, 2012). Nesse contexto, sua economia e população a posicionaram como a quinta mais relevante entre as Regiões Metropolitanas do Estado, atrás somente de João Pessoa, Campina Grande, Patos e Sousa (Mendes *et al*., 2012).

Cajazeiras apresenta, consoante classificação de Thornthwaite, um clima tropical do tipo $C_1S_2A'a'$, que significa "seco e subúmido com grande deficiência distribuída por toda região semiárida" (Francisco; Santos, 2018, p. 22). Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2009), em áreas de clima como o de Cajazeiras há uma variação sazonal pouco expressiva nas temperaturas médias, resultando em invernos com mínimas térmicas pouco acentuadas; esses aspectos climáticos refletem a posição geográfica do Município e a influência de sua localização no contexto do semiárido nordestino.

2.2. Dados de Temperatura do Ar

Assim como muitas outras localidades (do mundo e do Brasil), Cajazeiras-PB não conta com estação própria de registros meteorológicos e nem dispõe de tão longa série de valores medidos de temperaturas do ar. Neste sentido, recorreu-se aos arquivos *rasters* do projeto TerraClimate (Abatzoglou *et al*., 2018), para a realização das análises desta pesquisa.

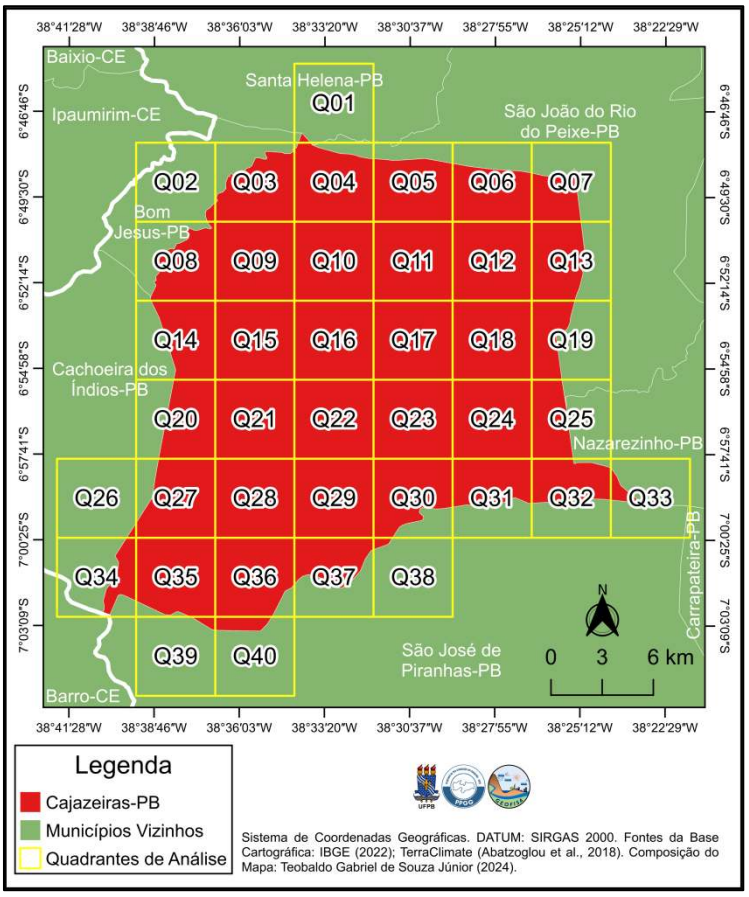
Os dados do TerraClimate consistem em um conjunto de informações climáticas mensais, com alta resolução espacial, uma vez que seus *pixels* abrangem áreas de 21,5 km² (~4.638,3 m * ~4.638,3 m) cada, cobrindo toda a Terra, do ano de 1958 até os dias atuais. Esses dados foram desenvolvidos para apoiar estudos regionais e locais que demandam informações detalhadas sobre o clima, e combinam registros observacionais com informações de reanálise, resultando em estimativas aprimoradas e espacialmente consistentes, de diversas variáveis climáticas.

Em relação aos dados de temperatura do ar, o TerraClimate é particularmente relevante haja vista que fornece séries temporais mensais (mínimas e máximas), permitindo estudos sobre extremos térmicos, ondas de calor, variações sazonais e tendências de aquecimento ao longo das décadas. Por sua resolução mais refinada, o projeto consegue capturar nuances regionais e locais que, muitas vezes, passam despercebidas nos conjuntos de dados globais (com resolução mais grosseira) e, conforme demonstrou a pesquisa de Souza Júnior, Lucena e Roque (2025), que comparou o TerraClimate a valores medidos em oito

estações do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, seus dados são confiáveis para pesquisas em Cajazeiras-PB e região.

Desta forma, os *rasters* foram baixados a partir da plataforma *Google Earth Engine*, definindo-se período (janeiro de 1961 a dezembro de 2020, totalizando 720 arquivos para as temperaturas máximas do ar e outros 720 arquivos para as temperaturas mínimas do ar) e localidade de interesse. Consoante ilustra a Figura 2, foram necessários 40 quadrantes (nomeados de Q01 a Q40) para analisar integralmente o Município de Cajazeiras e, como é possível observar, para contemplar toda a área ensejada na pesquisa, alguns quadrantes tocaram, em geral, pequenas extensões de todos os municípios adjacentes.

Figura 2 - Quadrantes de análise das temperaturas do ar no Município de Cajazeiras-PB**.**



Fonte: Autoria própria, 2024.

Com o intuito de não acontecerem perdas de informações, estas parcelas excedentes de terra não foram descartadas, haja vista estarem dentro do contexto de um *continuum*

espacial, o que resultou, portanto, em uma extensão final total analisada com pouco mais de 860 km², ou seja, em torno de 53% além da dimensão original do limite alvo.

Ressalta-se que, por esta pesquisa utilizar dados modelados ao invés de valores medidos diretamente, visto que a estação do Instituto Nacional de Meteorologia mais próxima (82689-São Gonçalo) dista em 12 km do limite municipal de Cajazeiras (Souza Júnior, 2024), existe um grau de incerteza inerente nos seus resultados. Mesmo em estudos que testaram metodologias específicas para a região, como o de Souza Júnior, Lucena e Roque (2025), foram observadas diferenças entre dados estimados e medidos. No trabalho citado, as correlações de Spearman obtidas entre as medições e as estimativas apresentaram coeficientes elevados, porém com variação entre as variáveis: 0,950 para temperaturas médias, 0,879 para máximas e 0,850 para mínimas.

Dito isto, para se obter um valor unificado mensal para Cajazeiras foi extraído, de cada um dos quarenta quadrantes (Q01 a Q40), de cada arquivo *raster*, a média simples para as temperaturas máximas e mínimas do ar. Já para a obtenção das temperaturas médias, dado não fornecido pelo TerraClimate, procedeu-se a soma dos valores máximos e mínimos obtidos a partir do processo anterior, dividindo-se esse somatório por dois, em cada uma das 720 observações mensais valendo-se, portanto, da mesma metodologia proposta e testada por Souza Júnior, Lucena e Roque (2025).

2.3. Análises Estatísticas

As técnicas estatísticas empregadas na investigação foram: geração de gráfico das Normais Climatológicas; geração de gráfico tipo *Boxplot*; aplicação da técnica dos quantis; aplicação do teste de distribuição dos dados de Shapiro-Wilk; e, utilização de três testes de tendências não-paramétricos muito empregados em investigações desta natureza (Almeida Filho; Aleixo, 2023), quais sejam Mann-Kendall, *Sen's Slope* e Pettitt, todos ao nível de α = 0,05, tanto na série contínua (720 observações para as máximas, para as médias e para as mínimas), quanto na série sazonal mensal (60 observações, em cada um dos 12 meses do ano, para as máximas, para as médias e para as mínimas).

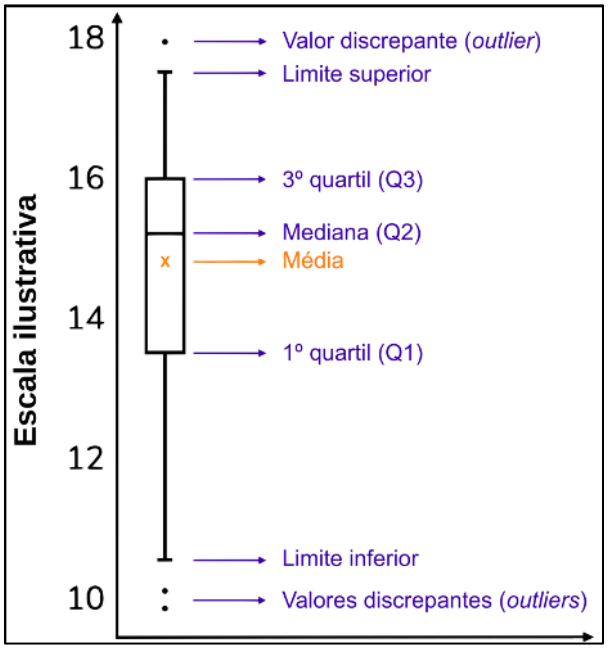
No que tange aos dados expressos no gráfico das Normais Climatológicas, estes representam valores médios calculados para variáveis meteorológicas - como temperatura e

precipitação - ao longo de um período padrão de 30 anos, conforme estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial-OMM (IPMA, s.d.), assim, para tal análise, nesta pesquisa, foram comparadas as temperaturas do ar mensais nos intervalos 1961-1990 e 1991-2020.

O *Boxplot* (ou gráfico de caixa, como também pode ser nomeado) é uma representação visual desenvolvida por Tukey (1977), que mostra a distribuição de um conjunto de dados por meio de quartis, destacando a mediana, a média, os quartis - Q1 e Q3 -, os valores mínimo e máximo, além de possíveis *outliers*, ou seja, dados discrepantes.

Esse tipo de gráfico se organiza em uma "caixa retangular" que representa o intervalo interquartil - IQR -, onde estão 50% dos dados, com uma linha dentro da caixa indicando a mediana e, por vezes, uma marcação em ponto ou em "x", representando a média (Figura 3).

Figura 3 - Representação de gráfico do tipo *Boxplot*.



Fonte: Souza Júnior, Lucena e Roque, 2024, p. 2442.

Já a técnica dos quantis é uma abordagem estatística que divide os dados em intervalos iguais, com base na sua distribuição. Esses intervalos ajudam a categorizar os valores em grupos e são utilizados para analisar a variabilidade dos dados e identificar padrões em diferentes faixas de magnitude.

Referida técnica dos quantis foi adaptada a partir de trabalhos como os de Monteiro, Rocha e Zanella (2012) e Monteiro, Zanella e Pinheiro (2022), que a aplicaram sobre a variável chuva, caracterizando, dentro de uma série histórica, os anos como: “chuvosos”, “normais” e “secos”; e que, adaptadas para as temperaturas do ar, foram classificadas, neste trabalho, como: “amenas” (do mínimo até Q1), “normais” (de Q1 até Q3) e “elevadas” (acima de Q3).

O teste de Shapiro-Wilk (Shapiro; Wilk, 1965), dado pela Equação 1, é um método estatístico que avalia se um conjunto de dados segue uma distribuição normal e é, frequentemente, utilizado como um pré-requisito de análises que assumem normalidade, uma vez que resultados que indicam desvios desse padrão exigem o uso de métodos alternativos, como é o caso dos testes não-paramétricos.

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} a_i x_{(i)}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Em que: W = Estatística do teste de Shapiro-Wilk, que varia entre 0 e 1 (quanto mais próximo de 1, mais os dados se aproximam de uma distribuição normal); n = Tamanho da amostra; $x_{(i)}$ = Os valores amostrais ordenados em ordem crescente (valores observados); $\bar{x}$ = Média da amostra; a_i = Pesos calculados a partir da matriz de covariância dos valores esperados de uma amostra de tamanho n, ordenada de uma distribuição normal padrão; e, x_i = Os valores originais da amostra.

Considerando que o nível de significância definido, para este e para os demais testes estatísticos, foi de α = 0,05, isto é, ao nível de 5%, os registros de temperatura do ar, tanto nas máximas, quanto nas medias e mínimas, apresentaram distribuição diferente do normal, o que exigiu a aplicação dos testes não-paramétricos subsequentes de: Mann-Kendall, *Sen’s Slope* e Pettitt.

O teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), dado pelas Equações 2, 3, 4 e 5, é utilizado para detectar tendências de aumento ou diminuição, em séries temporais. É amplamente empregado em estudos ambientais e climáticos para avaliar mudanças graduais ao longo do tempo, como o aumento das temperaturas ou a redução das chuvas, sem exigir que os dados sigam uma distribuição específica.

$$s = \sum_{i=n}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sng(x_j - x_i) \quad (2)$$

Em que: s = Resultado positivo ou negativo entre a maioria das diferenças dos dados; n = Número de pontos de dados; x_j e x_i = Valores dos dados em séries de tempo i e j $(j > i)$; e, sng = Dado pela Equação 3.

$$sng(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, se\ (x_j - x_i) > 0 \\ 0, se\ (x_j - x_i) = 0 \\ -1, se\ (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Segundo Santos *et al*. (2020), "Mann (1945) sugeriu uma comparação entre aleatoriedade e tendência, enquanto Kendall (1975) havia proposto teste para identificar correlação, cuja aplicação é semelhante à condição apresentada por Mann". Ainda conforme esses autores, "Kendall (1975) mostrou que S é normalmente distribuída com média $E(S)$ e variância $Var(S)$" (Santos, *et al*., 2020), sendo tal variância dada de acordo com a Equação 4.

$$Var(S) = \frac{\{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i-1}^{m}[t_i(t_i-1)(2t_i+5)]\}}{18} \quad (4)$$

Em que: $Var(S)$ = A variância; n = Número de pontos dos dados; m = Número de grupos empatados - conjuntos de dados com valores idênticos; e, t_i = Quantidade de valores repetidos no i-ésimo grupo.

Entretanto, alerta-se que quando a amostra n é superior a 10 observações, situação da investigação em questão, a estatística de teste normal padrão Z_s é calculada seguindo-se a Equação 5.

$$Z_s = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, se\ S > 0 \\ 0, se\ S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, se\ S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Em que: se Z_s apresenta valores positivos, estes indicam tendências crescentes, ao passo que se Z_s resulta em valores negativos, estes denotam tendências decrescentes.

A "inclinação de Sen", como pode ser livremente traduzido o teste *Sen's Slope* (Sen, 1968), dado pelas Equações 6, 7 e 8, é uma técnica complementar ao teste de Mann-Kendall que estima a inclinação da tendência detectada em uma série temporal. O método calcula a

magnitude da variação ao longo do tempo, fornecendo uma medida quantitativa do aumento ou da redução observada e é um procedimento robusto contra valores extremos (*outliers*), o que o torna especialmente adequado para dados climáticos e ambientais.

$$b = mediana\left[\frac{x_j - x_i}{j-i}\right], \forall i < j \tag{6}$$

Em que: b = Estimativa da inclinação; e, x_j e x_i = Valores dos dados em séries de tempo i e $j (j > i)$.

Ainda para o teste de *Sen's Slope*, Santos *et al*. (2020) destacam que, considerando n número de pontos dos dados, então $N = (n(n-1))/2$, onde N é o número calculado de estimativas da inclinação. Assim, a inclinação de b é tomada como a mediana do número N de estimativas de inclinação. Se N for par, então se emprega a Equação 7, e se N for ímpar a Equação 8 é que é aplicada e, desta forma, a estimativa da inclinação é retirada de b.

$$\left[\frac{N+1}{2}\right]^{\circ} \tag{7}$$

$$\left[\frac{\frac{N}{2} + \frac{(n+2)}{2}}{2}\right]^{\circ} \tag{8}$$

Finalmente, o teste de Pettitt (1979), que também é uma técnica não-paramétrica complementar ao teste de Mann-Kendall, foi desenvolvido para identificar mudanças abruptas em séries temporais, como alterações significativas nos padrões de temperatura em um ano específico. Referido teste permite identificar o ponto de ocorrência de uma ruptura na média de séries temporais averiguando se duas amostras $X_1,\ldots,X_t$ e $X_{t+1},\ldots,X_T$ pertencem ou não a uma mesma população.

No teste de Pettitt, a estatística $U_{i,T}$ realiza uma contagem da quantidade de vezes que um membro da primeira amostra é maior que o membro da segunda, e pode ser calculada de acordo com a Equação 9.

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^{T} sgn(x_i - x_j) \qquad \text{para } t = 2,\ldots,T \tag{9}$$

Em que o termo *sgn* é dado de acordo com a Equação 10:

$$sng(x) = \begin{cases} +1, para\ x > 0 \\ 0, para\ x = 0 \\ -1, para\ x < 0 \end{cases} \tag{10}$$

Desta maneira, conforme salienta Gois (2017, p. 75), "$U_{i,T}$ é então calculada para valores de $1 < t < T$, e assim a estatística $k(t)$ do teste de Pettitt [...] corresponde ao máximo em valor absoluto de $U_{i,T}$" estimando-se onde ocorre a mudança, e pode ser representada segundo a Equação 11.

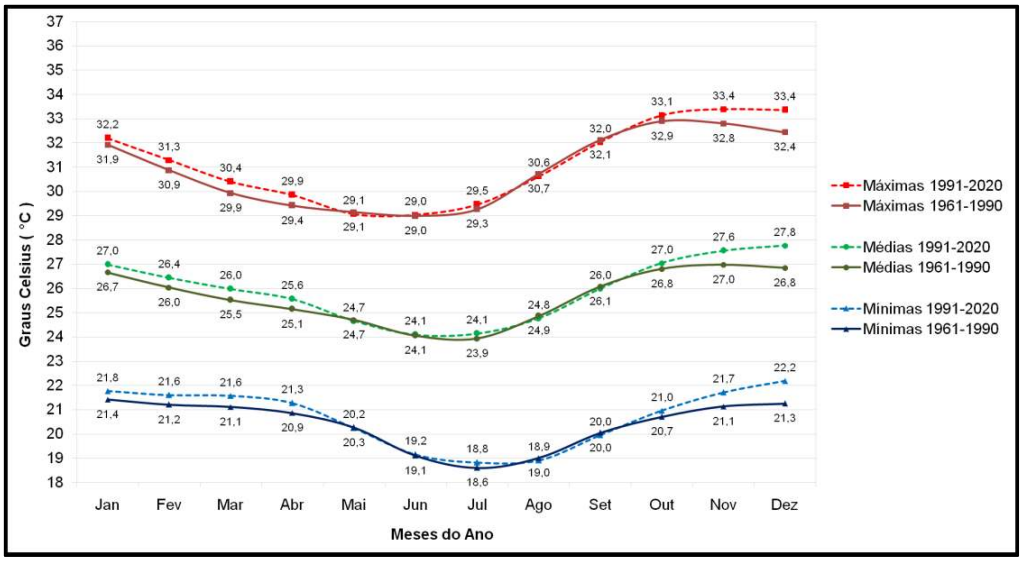
$$k(t) = \underset{1>t>T}{\text{Max}} \, |U_{t,T}| \tag{11}$$

Ao detectar pontos de mudança comparando duas subseções da série de dados o teste de Pettitt determina se as diferenças entre elas são estatisticamente significativas e é por tal motivo que é frequentemente utilizado em estudos de mudanças climáticas para identificar os eventos de transição marcantes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico das Normais Climatológicas (Figura 4) aponta que, quando comparados os valores médios das temperaturas do ar no intervalo mais recente (1991-2020), ocorreu um aumento das temperaturas em relação ao intervalo mais antigo (1961-1990), de maneira mais expressiva nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro, ou seja, notadamente entre as seguintes estações do ano: primavera e, sobretudo, verão.

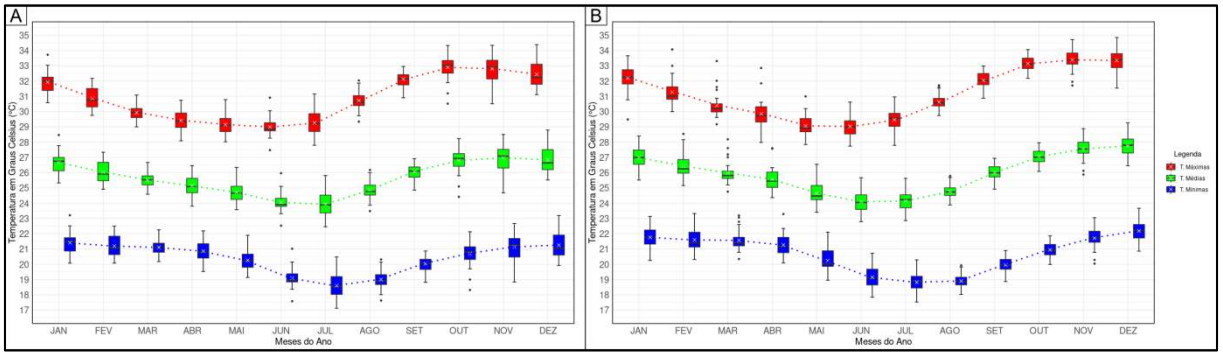
Figura 4 - Normais Climatológicas das temperaturas do ar para o Município de Cajazeiras-PB, obtidas através do processamento dos dados mensais do projeto TerraClimate**.**



Fonte: Autoria própria, 2024.

Em complementação ao gráfico das Normais Climatológicas, os *Boxplots* mostram o comportamento das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) no intervalo dos anos 1961 a 1990 (Figura 5A) e de 1991 a 2020 (Figura 5B). Pelas figuras, é possível observar um aumento da ocorrência de valores extremos (*outliers*) no intervalo mais recente, de 1991 a 2020.

Figura 5 - *Boxplots* das temperaturas do ar para o Município de Cajazeiras-PB, nos intervalos: (A) 1961 a 1990; e, (B) 1991 a 2020.



Fonte: Autoria própria, 2024.

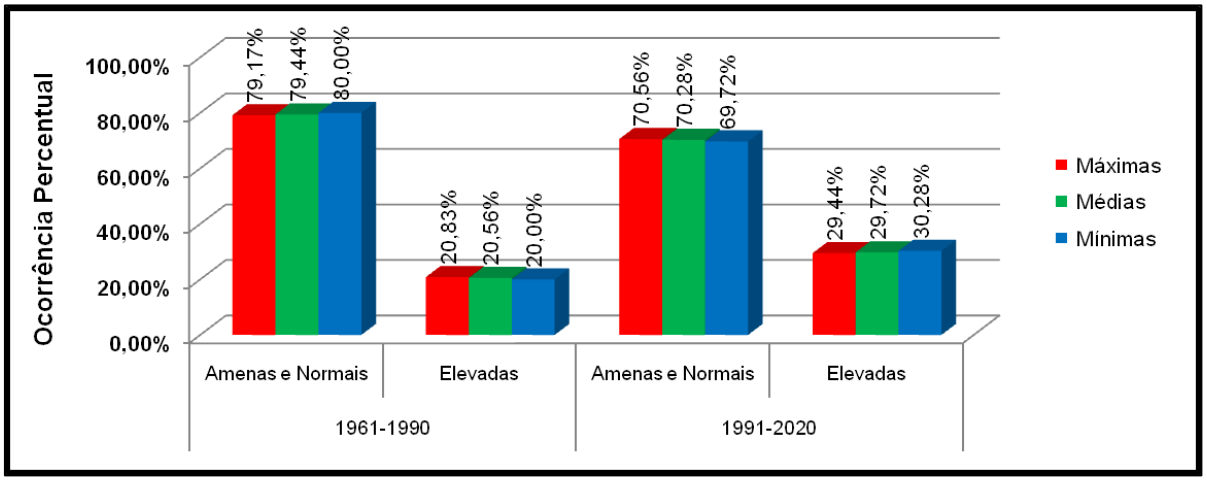
Tais resultados podem ser explicados tanto devido às mudanças globais de temperaturas do ar, forçadas pelo lançamento de grandes quantidades de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera terrestre (Margulis, 2020), quanto por fatores locais como: ampliação das zonas urbanizadas, aumento das áreas destinadas às atividades agropecuárias e desmatamento da vegetação de Caatinga para sua utilização como recurso natural (Souza Júnior; Lucena; Roque, 2025).

Na sequência, a aplicação da técnica dos quantis indicou que de 1961 a 1990 a quantidade de meses com temperaturas do ar consideradas: “amenas” foi de 111 (máximas), 112 (médias) e 116 (mínimas); “normais” foi de 174 (máximas), 174 (médias) e 172 (mínimas); e “elevadas” foi de 75 (máximas), 74 (médias) e 72 (mínimas).

Ao passo que, para o intervalo do ano de 1991 a 2020, o número de observações de meses com temperaturas do ar consideradas: “amenas” foi de 69 (máximas), 68 (médias) e 64 (mínimas); “normais” foi de 185 (máximas), 185 (médias) e 187 (mínimas); e “elevadas” foi de 106 (máximas), 107 (médias) e 109 (mínimas). A Figura 6 demonstra a comparação percentual entre os intervalos (1961-1990 e 1991-2020).

Assim, a técnica dos quantis reforçou que houve diminuição da ocorrência das temperaturas do ar classificadas como “amenas”, em decorrência do aumento da frequência das temperaturas classificadas como “elevadas”, quando se compara 1991-2020 ao período 1961-1990.

Figura 6 - Ocorrência percentual quantílica de registros das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas) classificadas como “amenas”, “normais” e “elevadas”, em Cajazeiras-PB.



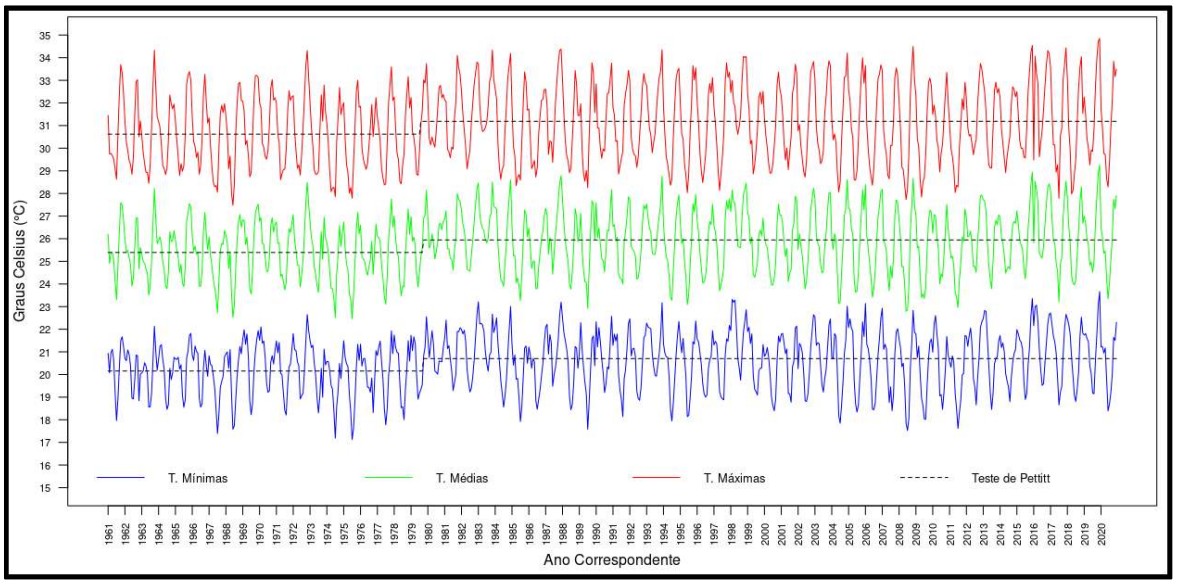
Fonte: Autoria própria, 2024.

Os testes de Mann-Kendall, *Sen’s Slope* e de Pettitt, aplicados sobre as 720 observações das temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas), reafirmam a tendência positiva de aumento das temperaturas. A Figura 7 ilustra o resultado da aplicação da técnica.

Tais resultados podem ser explicados tanto devido às mudanças globais de temperaturas do ar, forçadas pelo lançamento de grandes quantidades de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera terrestre (Margulis, 2020), quanto por fatores locais como: ampliação das zonas urbanizadas, aumento das áreas destinadas às atividades agropecuárias e desmatamento da vegetação de Caatinga para sua utilização como recurso natural (Souza Júnior; Lucena; Roque, 2025).

A Tabela 1 condensa as informações da seguinte forma: as primeiras três linhas trazem as informações dos testes aplicados nas 720 observações (12 meses multiplicados por 60 anos) sobre as temperaturas do ar máximas, médias e mínimas; as demais linhas exibem os resultados que apresentaram significância estatística sazonal mensal, em conjunto, para todos os testes efetuados.

Figura 7 - Série dos dados mensais de temperaturas (máximas, médias e mínimas), com linhas dos resultados dos testes de Pettitt, período de 1961 a 2020, para Cajazeiras-PB.



Fonte: Autoria própria, 2024.

É importante destacar que, na Tabela 1: a coluna “Pettitt (D)” apresenta a data que registra o ponto provável de observação de mudança mais abrupta da série de dados; “Pettitt (V1)” exibe a média, em Graus Celsius (°C), dos valores do conjunto dos dados até o ponto de mudança detectado pelo teste; “Pettitt (V2)” apresenta a média, em °C, dos valores do conjunto dos dados após o ponto de mudança; e, por fim, “Pettitt (DIF)” expõe o resultado, em °C, encontrado a partir de “Pettitt (V2)” subtraído por “Pettitt (V1)”.

Diante disso, os dados analisados confirmam a tendência de elevação das temperaturas do ar em Cajazeiras-PB, com destaque para as mudanças mais abruptas registradas entre o final da década de 1970 e o início da década de 1980. Tal comportamento está em consonância com os resultados apresentados por Dantas, Santos e Olinda (2015), os quais identificaram a sucessão de décadas progressivamente mais quentes no semiárido. Além disso, Marengo (2007) destaca que, na transição entre as décadas de 1970 e 1980, verificaram-se alterações substanciais nos padrões de circulação atmosférica e oceânica no Pacífico Central, complementarmente, estudos como os de Blank (2015) e a síntese do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014) apontam que as emissões dos GEEs constituem grandes *drivers* climáticos, atuando de maneira articulada nas escalas global, regional e local.

Tabela 1 - Resumo dos resultados dos testes de Mann-Kendall, *Sen's Slope* e Pettitt, com significância estatística, para o período 1961-2020, no Município de Cajazeiras-PB.

Temp.	Periodicidade (1961-2020)	Nº de Obs.	Mann-Kendall	*Sen's Slope*	Pettitt (D)	Pettitt (V1)	Pettitt (V2)	Pettitt (DIF)
Máximas	Anual	720	0,0746	0,0009	07/1979	30,6205	31,1880	0,5675
Médias	Anual	720	0,0895	0,0009	09/1979	25,3910	25,9451	0,5541
Mínimas	Anual	720	0,1036	0,0010	09/1979	20,1550	20,7028	0,5478
Máximas	Sazonal (Janeiro)	60	0,2560	0,0177	1977	31,5591	32,2474	0,6883
	Sazonal (Fevereiro)	60	0,2639	0,0143	1980	30,5756	31,3215	0,7459
	Sazonal (Março)	60	0,2550	0,0110	1978	29,7558	30,3394	0,5836
	Sazonal (Novembro)	60	0,3216	0,0221	1980	32,5211	33,3774	0,8563
	Sazonal (Dezembro)	60	0,3401	0,0301	1978	32,0694	33,2440	1,1745
Médias	Sazonal (Janeiro)	60	0,2550	0,0177	1977	26,3029	27,0230	0,7201
	Sazonal (Fevereiro)	60	0,2747	0,0156	1980	25,7394	26,4829	0,7436
	Sazonal (Março)	60	0,2928	0,0118	1987	25,4691	25,9823	0,5132
	Sazonal (Novembro)	60	0,3204	0,0220	1980	26,6886	27,5413	0,8527
	Sazonal (Dezembro)	60	0,3503	0,0292	1978	26,4769	27,6578	1,1809
Mínimas	Sazonal (Janeiro)	60	0,3012	0,0188	1977	21,0466	21,7986	0,7520
	Sazonal (Fevereiro)	60	0,2838	0,0160	1980	20,9031	21,6444	0,7413
	Sazonal (Março)	60	0,3036	0,0127	1987	21,0591	21,5669	0,5078
	Sazonal (Abril)	60	0,2216	0,0124	1978	20,6572	21,2368	0,5796
	Sazonal (Novembro)	60	0,3182	0,0217	1980	20,8561	21,7052	0,8491
	Sazonal (Dezembro)	60	0,3611	0,0294	1978	20,8844	22,0716	1,1872

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os resultados encontrados também corroboram estudos como os de Lima, Menezes e Brito (2010), que encontrou evidências de aumento das temperaturas do ar em praticamente toda a área do nordeste setentrional brasileiro - incluindo o Estado da Paraíba -; de Silva *et al*. (2019) que, ao analisar índices de extremos climáticos na Amazônia e no Nordeste do Brasil achou, para este último, maior aumento para a temperaturas e, também, para períodos diurnos e noturnos mais quentes; de Lima *et al*. (2012), que, ao pesquisar as tendências de temperatura para o Município Caicó, semiárido do Estado do Rio Grande do Norte, encontrou evidências de aumento das temperaturas registradas, principalmente das mínimas; e, de Salvador *et al*. (2024), que encontrou indícios de aumento das temperaturas médias para os Municípios de Monteiro e São João do Cariri, ambos localizados na zona semiárida da Paraíba.

Tal oscilação positiva para a elevação das temperaturas reforça a real ocorrência dos prognósticos para as mudanças climáticas no semiárido brasileiro, e vem associada à redução das chuvas, redução dos volumes dos reservatórios superficiais e anuncia grandes impactos sobre municípios com populações acima de 5.000 habitantes (Marengo, 2007); além disso, há alteração da biodiversidade causada pela ampliação de zonas desertificadas, que passam da

condição de semiáridas para áridas (Silva *et al*., 2023), incluindo vastas parcelas do território paraibano.

Finalmente, outros pontos sensíveis dizem respeito à produção de alimentos, já que existem limiares máximos de temperaturas do ar, por exemplo, para que sejam satisfatórias as produções de arroz (35 °C), milho (32 °C) e cana-de-açúcar (32 °C), as principais culturas desenvolvidas no Estado da Paraíba (Cândido; Nascimento; Borges, 2021), e às questões de saúde pública, visto que muitos problemas respiratórios e cardiovasculares se relacionam intimamente com as condições climáticas, mormente as temperaturas do ar (Azevedo *et al*., 2017).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas se expressam com mais força cada vez que pesquisas nessa temática encontram evidências de sua existência e influência na sociedade. Assim, o presente estudo analisou as variações de temperaturas do ar em Cajazeiras-PB, no período de 1961 a 2020, utilizando dados de acesso público e ferramentas estatísticas e geoespaciais livres.

Os resultados das análises indicaram que, ao serem comparadas, as normais climatológicas dos intervalos 1961-1990 e 1991-2020 apresentaram transformações significativas nos padrões de todos os níveis de temperaturas do ar (máximas, médias e mínimas).

Diante dos testes empregados é possível afirmar, com certa segurança e confiabilidade estatística, que ocorreu um aumento das temperaturas do ar no período estudado (notadamente entre o final da década de 1970 e início da década de 1980) o qual foi acompanhado, também, por uma maior ocorrência de valores extremos.

O aumento observado das temperaturas médias também sugere um deslocamento da distribuição térmica para valores mais elevados, o que tende a intensificar a frequência e a ocorrência de extremos climáticos.

Mesmo variações graduais nas médias são suficientes para ampliar o número de dias que ultrapassam limites críticos, indicando que o aquecimento identificado no Município deverá, inevitavelmente, refletir-se em eventos extremos mais recorrentes e intensos.

Neste sentido faz-se mister falar da perspectiva não mais de enfrentamento, mas de convivência e adaptação climática, o que implica reconhecer que os impactos das mudanças no clima já são realidades presentes e irreversíveis em muitos contextos.

Isso exige a formulação de políticas públicas voltadas à resiliência das populações mais vulneráveis bem como estratégias de planejamento municipal, urbano e ambiental que considerem as novas condições climáticas como parte do cotidiano. Assim, adaptações graduais, sustentáveis e baseadas em evidências científicas tornam-se fundamentais para mitigar os efeitos adversos dessas mudanças.

Tais mudanças podem estar associadas tanto a modificações térmicas locais ocasionadas, por exemplo, pela forma de uso e ocupação do solo, quanto pela oscilação do clima global (e pela combinação dos dois fenômenos) e reforçam a complexidade do sistema climático em escalas maiores.

A consciência dessa relação multifatorial é essencial para que intervenções territoriais sejam eficazes, contemplando não apenas os aspectos ambientais, mas também os socioeconômicos e culturais, que moldam o espaço urbano e rural. Investigações futuras devem considerar essa abordagem integrada para propor soluções mais assertivas.

Portanto, os dados gerados servem de subsídio para que futuras pesquisas possam ampliar o entendimento sobre as interações entre a condição térmica do clima e as transformações ambientais na região, além de apontar formas de adaptação das comunidades residentes nas áreas mais provavelmente afetadas pelo aquecimento e pelos eventos extremos.

Espera-se que este estudo contribua com a base de conhecimento necessária para ações mais eficazes, no âmbito da gestão ambiental e climática local, sendo essencial a continuidade de pesquisas nesse campo para subsidiar a tomada de decisões e fortalecimento da capacidade adaptativa da população frente às novas realidades climáticas.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) pela concessão da licença do primeiro autor,

condição indispensável para a conclusão de seu curso de doutorado no ano de 2025; agradecem, igualmente, pelas valiosas discussões acadêmicas e pelos significativos aprendizados construídos ao longo da elaboração deste trabalho, aos seguintes grupos de estudos e pesquisas: GEOAMB/IFPB, LEMGE/UFCA e GEOFISA/UFPB.

REFERÊNCIAS

ABATZOGLOU, J. T.; DOBROWSKI, S. Z.; PARKS, S. A.; HEGEWISCH, K. C. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. DOI: https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191. Disponível em: https://www.nature.com/articles/sdata2017191. Acesso em: 17 jan. 2025.

ALMEIDA FILHO, L.; ALEIXO, N. C. R. As Tendências climáticas e ilhas de calor urbanas no Brasil: revisão da literatura. **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 14, n. 43, 2023. DOI: https://doi.org/10.21170/geonorte.2023.V.14.N.43.01.16. Disponível em: https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/10880. Acesso em: 21 abr. 2025.

ALMEIDA, R. G. de; CAVALCANTE, A. de M. B.; SILVA, E. M. da. Impactos das mudanças climáticas no bioma Caatinga na percepção dos professores da rede pública municipal de General Sampaio-Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 3, p. 397-405, 2020.DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0102-778635300. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/SyJFmxKNkXqBc4VXtKb6tdR/abstract/?lang=pt. Acesso em: 21 abr. 2025.

AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas. **Confins - Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 46, 2020. Dossiê Políticas e mudanças climáticas. DOI: https://doi.org/10.4000/confins.31403. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/31403?lang=pt. Acesso em: 21 abr. 2025.

AZEVEDO, J. V. V. de; SANTOS, C. A. C. dos; SILVA, M. T.; OLINDA, R. A. de; SANTOS, D. A. da S. Análise das variações climáticas na ocorrência de doenças respiratórias por influenza em idosos na região metropolitana de João Pessoa - PB. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 123-135, maio/ago. 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/1982-451320170409. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sn/a/MrB5pNcMsRg5BKnSDFdsyDf/?lang=pt. Acesso em: 22 abr. 2025.

BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172, ago. 2015. DOI: https://doi.org/10.4215/RM2015.1402.0010. Disponível em: http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1190. Acesso em: 06 dez. 2025.

CAJAZEIRAS - Prefeitura Municipal. **O Município**: Dados do Município. Site oficial da Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB, [s.d.]. Disponível em: https://cajazeiras.pb.gov.br/omunicipio.php. Acesso em: 17 jan. 2025.

CÂNDIDO, A. F.; NASCIMENTO, R. de S.; BORGES, V. P. Impactos agroclimáticos para culturas agrícolas no estado da Paraíba sob condições de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 15, n. 1, p. 105-126, 2021. DOI: https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n1p105-126. Disponível em: https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/987. Acesso em: 22 abr. 2025.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. São Paulo-SP: Atual Editora. 7ª ed. 2011.

DANTAS, L. G.; SANTOS, C. A. C. dos; OLINDA, R. A. de. Tendências anuais e sazonais nos extremos de temperatura do ar e precipitação em Campina Grande - PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p. 423-434, out./dez. 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-778620130088. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/bNjQhnqtTsXt5BPJmSfx9nM/?lang=pt. Acesso em: 22 abr. 2025.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas**. Areia-PB: UFPB, 120 p.: il. 2018. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/33274. Acesso em: 21 abr. 2025.

GOIS, G. de. **Catástrofes naturais no estado do Rio de Janeiro baseado em dados climáticos e produtos orbitais**: uma abordagem estatística. 2017. 312 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017. Disponível em: https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/1966. Acesso em: 21 abr. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **REGIC - Regiões de Influência das Cidades**. 2018. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html. Acesso em: 17 jan. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cajazeiras - PB**: panorama. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, [s.d.]. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cajazeiras/panorama. Acesso em: 21 abr. 2025.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **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: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/. Acesso em: 17 jan. 2025.

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera. **Normais Climatológicas**. [s.d.]. Disponível em: https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/clima/index.html?page=normais.xml. Acesso em: 19 jan. 2025.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. 4th Edition, Charles Griffin, London, 1975.

LIMA, J. G. A.; VIANA, P. C.; WANDERLEY, J. A. C.; MANIÇOSA, R. M.; LIMA, R. M. S. Análise de tendências na temperatura e precipitação em Caicó, Rio Grande do Norte. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 34-38, jan-mar, 2012. DOI: https://doi.org/10.30969/acsa.v8i1.209. Disponível em:

https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/209. Acesso em: 20 jan. 2025.

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-RN, v. 23, n. 2, p. 117-124, abr.-jun., 2010. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1441. Acesso em: 20 jan. 2025.

MANN, H. B. Non-Parametric Test against Trend. **Econometrica**, v. 13, p. 245-259, 1945. DOI: https://doi.org/10.2307/1907187. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1907187. Acesso em: 19 jan. 2025.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2 ed. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente-MMA, Série Biodiversidade, v. 26, 2007. 212 p.

MARGULIS, S. **Mudanças do clima**: tudo que você queria e não queria saber. Rio de Janeiro-RJ: Konrad Adenauer Stiftung, 2020. Disponível em: https://www.mudancasdoclima.com.br/. Acesso em: 17 jan. 2025.

MENDES, C. C.; ARAÚJO JÚNIOR, I. T.; FERNANDES, A. P.; LYRA, D. M.; OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, C. G.; SILVA, N. B. **A Paraíba no contexto nacional, regional e interno**. Rio de Janeiro-RJ: IPEA, 2012. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1186. Acesso em: 17 jan. 2025.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: Noções Básicas e Climas do Brasil. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2009. 208 p.

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B. da; 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. 23, p. 232-249, 2012. DOI: https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0023.0010. Disponível em: https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47212. Acesso em: 19 jan. 2025.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E.; PINHEIRO, D. R. de 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**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 1-16, 2022. DOI: https://doi.org/10.35699/2237-549X.2021.36790. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/36790. Acesso em: 19 jan. 2025.

OLIVEIRA, L. L. de.; VIANELLO, R. L., FERREIRA, N. J. **Meteorologia Fundamental**. Erechim-RS: EdiFAPES, 2001. 430 p.

PARAÍBA. Lei complementar n° 107, de 08 de junho de 2012. Institui a Região Metropolitana de Cajazeiras e da outras providências. **DOE-PB**, n° 14.957, de 09 de Junho de 2012, p. 2. Disponível em: https://auniao.pb.gov.br/servicos/doe/2012/junho/diario-oficial-09-06-2012.pdf/view. Acesso em: 17 jan. 2025.

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Base científica das mudanças climáticas**: contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. (eds.). Rio de Janeiro-RJ: COPPE/UFRJ, 2014. Disponível em: https://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1_completo_vol1.pdf. Acesso em: 6 dez. 2025.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Applied Statistics**, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979. DOI: https://doi.org/10.2307/2346729. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/2346729. Acesso em: 19 jan. 2025.

QGIS, **General Public License (GNU)**, Free Software Foundation, Inc., v. 3.10.14, A Coruña, 2021. Disponível em: https://download.qgis.org/downloads/. Acesso em: 18 jan. 2025.

R Development Core Team, **R: a language and environment for statiscalcompunting**. **R Foundation for StatisticalComputing**, Vienna, 2018. Disponível em: https://cran.r-project.org/. Acesso em: 18 jan. 2025.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Brasília-DF: Editora Universidade de Brasília, 3ª ed., 2ª reimp., 2020. 128 p.

SALVADOR, M. do S. S.; LUCENA, D. B.; SOUZA, B. I. de; SAMPAIO, T. V. M.; BORGES NETO, I. de O. Tendências de Precipitação e Temperatura na Região Semiárida do Brasil: Estudo de Caso no Cariri Paraibano. **RAEGA** - **O Espaço Geográfico em Análise**, [S. l.], v. 59, p. 102-126, 2024. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/raega.v59i0.93989. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/93989. Acesso em: 20 jan. 2025.

SANTOS, D. J. dos; PEDRA, G. U.; SILVA, M. G. B. da; GUIMARÃES JÚNIOR., C. A.; ALVES, L. M.; SAMPAIO, G.; MARENGO, J. A. Mudanças futuras de precipitação e temperatura no Brasil a partir dos níveis de aquecimento global de 1,5 ºC, 2 ºC e 4 ºC. **Sustainability in Debate**, v. 11, n. 3, p. 74-90, 2020. DOI: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33933. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/33933. Acesso em: 17 jan. 2025.

SANTOS, T. V. dos; FREITAS, L. dos A. de; GONÇALVES, R. D.; CHANG, H. K. Mann-Kendall test applied to hydrological data - Performance of TFPW and CV2 filters on trend analysis. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 42, p. e87, 2020. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X41928. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/41928. Acesso em: 21 abr. 2025.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, v. 63, n. 324: 1379-1389, 1968. DOI: https://doi.org/10.2307/2285891. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/2285891. Acesso em: 19 jan. 2025.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**. v. 52, n. 3/4, p. 591-611, Dec., 1965. DOI: https://doi.org/10.2307/2333709. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/2333709. Acesso em: 19 jan. 2025.

SILVA, L. A. P. da; SILVA, C. R. da; SOUZA, C. M. P. de; BOLFE, É. L.; SOUZA, J. P. S.; LEITE, M. E. Mapeamento da aridez e suas conexões com classes do clima e desertificação climática em

cenários futuros - Semiárido Brasileiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 35, e67666, 2023. DOI: https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-67666. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sn/a/yFHj5tpSp9CRb5sNLdGRjYJ/?lang=pt. Acesso em: 22 abr. 2025.

SILVA, P. E. da; SILVA, C. M. S. e; SPYRIDES, M. H. C.; ANDRADE, L. de M. B. Análise de Índices de Extremos Climáticos no Nordeste e Amazônia Brasileira para o Período entre 1980 a 2013. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 2, p. 137-148, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_2_137_148. Disponível em: https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/30058. Acesso em: 20 jan. 2025.

SOUZA JÚNOR, T. G. de. **Análise geográfica do clima em ambiente semiárido a partir das complexas relações entre uso e cobertura do solo e as temperaturas**: um recorte para o Município de Cajazeiras-PB no intervalo dos anos de 1990 a 2020. João Pessoa, PB, 2024. 211 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza - CCEN, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/35423. Acesso em: 6 dez. 2025.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; ROQUE, R. de L. Análise da Associação dos Registros de Temperaturas em Estações do INMET, para Realização de Estimativas Locais Utilizando Técnicas Geoespacializadas. *In*: CORRÊA, A. C. de B.; LIRA, D. R. de; CAVALCANTI, L. C. de S.; SILVA, O. G. da; SANTOS, R. S. (org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. Ananindeua-PA: Itacaiúnas, p. 2436-2447, 2024. Disponível em: https://editoraitacaiunas.com.br/produto/mudancas-ambientais-e-as-transformacoes-da-paisagem-no-nordeste-brasileiro/. Acesso em: 19 jan. 2025.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; ROQUE, R. de L. Temperaturas do ar *versus* uso e ocupação do solo: análises para o Município de Cajazeiras-PB de 1990 a 2020. **Boletim Paulista de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 113, p. 190–220, 2025. DOI: https://doi.org/10.61636/bpg.v1i113.3523.Disponível em: https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/3523.Acesso em: 21 abr. 2025.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; MOURA NETO, L. G. de; ROQUE, R. de L.; LUCENA, D. B. Abordagem interdisciplinar no proeja: uma proposta para mitigação da evasão escolar. **Cadernos Cajuína**, v. 9, n. 1, p. 1-24, 2024. DOI: https://doi.org/10.52641/cadcajv9i1.153. Disponível em: https://v3.cadernoscajuina.pro.br/index.php/revista/article/view/153. Acesso em: 17 jan. 2025.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de. **Açude Grande de Cajazeiras-PB**: uma análise das suas águas e dos seus usos. Crato-CE, 2020. 164 f.: il. color. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Cariri, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, 2020. Disponível em: http://deposita.ibict.br/handle/deposita/175. Acesso em: 17 jan. 2025.

THE DOCUMENT FOUNDATION. **OpenOffice.org**. 2019. Disponível em: https://pt-br.libreoffice.org/. Acesso em: 18 jan. 2025.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data Analysis**, Addison-Wesley, 1977.