

Tendências de precipitação e temperatura na Região Semiárida do Brasil: estudo de caso no Cariri paraibano

Trend of climatic elements in the Semi-arid Region of Brazil: Case study of Cariri paraibano

Maria do Socorro Silva Salvador^{*}, Daisy Beserra Lucena^{**}, Bartolomeu Israel de Souza^{***},
Tony Vinícius Moreira Sampaio^{****}, Inocencio de Oliveira Borges Neto^{*****}

^{*} Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, maria.salvador6991@gmail.com

^{**} Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba, daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br

^{***} Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba, bartolomeuisrael@gmail.com

^{****} Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, tony2sampaio@gmail.com

^{*****} Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, iobngpb@gmail.com; santos.ufpr@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v59i0.93989>

Resumo

O Cariri paraibano, situado no Semiárido do Nordeste Brasileiro, é uma região caracterizada por altas temperaturas, com grande irregularidade na distribuição espaço-temporal da precipitação e com longos períodos de estiagem. Estas condições, geralmente, exercem forte influência na economia local baseada na agropecuária. Com o aumento previsto de eventos extremos, é crucial estudar a distribuição das precipitações e das temperaturas. Diante disto, este estudo tem como objetivo analisar padrões temporais de precipitação e de temperatura dos municípios de Monteiro e São João do Cariri, buscando identificar tendências na série histórica. Foram utilizados dados de precipitação e de temperatura e aplicados os testes não-paramétricos de Mann-Kendall, Sen's e Pettitt. Os resultados indicaram, tendência estatisticamente significativa nos dados de temperatura anual e mensal (nos meses de maio, abril e junho) para Monteiro. Essa mesma condição não foi observada para a precipitação das localidades em análise. Quanto as rupturas identificadas com o método de Pettitt na série anual de precipitação e temperatura observadas, estas ocorreram, respectivamente, para Monteiro nos anos de 1999 e 1997 e em São João do Cariri nos anos de 2011 e 2009. Desta forma, conclui-se que, apesar dos municípios apresentarem um padrão climático semelhantes as tendências identificadas foram apenas detectadas na temperatura para Monteiro. Desta forma, é de fundamental importância a realização de mais estudo abrangendo toda a área do Cariri Paraibano, uma vez que o conhecimento abrangente facilitará a compreensão das necessidades específicas de cada município diante dos impactos climáticos.

Palavras-chave:

Cariri paraibano, Eventos extremos, Precipitação, Temperatura.

Abstract

The Cariri region of Paraíba, located in the semi-arid region of Northeast Brazil, is a region characterized by high temperatures, great irregularity in the spatio-temporal distribution of precipitation, and long periods of drought. These conditions generally exert a strong influence on the local agriculture-based economy. With an expected increase in extreme events, it is crucial to study the distribution of precipitation and temperatures. Therefore, this study aims to analyze temporal patterns of precipitation and temperature in the municipalities of Monteiro and São João do Cariri, seeking to identify trends in the historical series. Precipitation and temperature data were used and the non-parametric Mann-Kendall, Sen's, and Pettitt tests were applied. The results indicated a statistically significant trend in the annual and monthly temperature data (in the months of May, April and June) for Monteiro, whereas this condition was not observed for the precipitation of the localities under analysis. As for the ruptures identified with Pettitt's method in the annual series of precipitation and temperature observed, these occurred, respectively, for Monteiro in the years 1999 and 1997 and in São João do Cariri in the years 2011 and 2009. Thus, although the municipalities present a similar climatic pattern, the trends identified were only detected in the temperature for Monteiro. Therefore it is of fundamental importance to carry out more studies covering the entire area of Cariri Paraibano, since comprehensive knowledge will facilitate the understanding of the specific needs of each municipality in the face of climate impacts.

Keywords:

Cariri paraibano, Extreme events, Precipitation, Temperature.

I. INTRODUÇÃO

Alterações climáticas resultam em desafios de ordem econômica, social, ambiental, política e de saúde pública no século XXI. Isto porque com o aumento das emissões de gases de efeito estufa, das inundações, irregularidades nas precipitações e aumento do nível do mar tem sido difícil determinar os futuros efeitos destas mudanças sobre o ambiente (BARBIERI; FERREIRA; BARBI, 2018, p. 72; PEREIRA; NASCIMENTO, 2020, p. 14).

O relatório especial *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* publicado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas), presume que o aquecimento global poderá modificar os padrões dos totais pluviométricos, aumentando a frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos, como os fenômenos de seca ou excesso de precipitação (IPCC, 2021, p. 15).

Esses eventos climáticos extremos, com desvios significativos do comportamento habitual, podem desencadear impactos negativos na vida cotidiana e no equilíbrio dos ecossistemas (DANKELMAN et al., 2008, p. 5; GONÇALVES, 2013, p. 77; ASSIS et al., 2018, p. 413; TEODORO et al., 2021, p. 107). Estudos indicam que o sul da Ásia e a Europa já enfrentam consequências como o declínio na segurança alimentar e mortes decorrentes dos eventos extremos (BANDARA; CAI, 2014, p. 452; KRON; LÖW; KUNDZEWICZ, 2019, p. 77).

Países da África e da América do Sul, com renda variando de baixa a média, sofrem impactos significativos, como eventos de inundação associados às mudanças climáticas (CLARKE et al., 2022, p. 5). No Brasil, a ocorrência dos eventos extremos tem ocasionado mortes e prejuízos socioeconômicos (TRAVASSO et al., 2021, p. 3). Casos como a maior intensidade de precipitação no sul do Brasil, a estiagem na Amazônia no ano de 2023 e a irregularidade de chuvas no Nordeste tem afetado milhões de pessoas e prejudicado a agricultura (MARENGO, 2009, p. 4; FERREIRA et al., 2017, p. 115; ALVALÁ et al., 2019, p. 1; G1, 2023; G1, 2023).

Sendo assim, o Cariri paraibano, localizado no Semiárido do Nordeste Brasileiro, é caracterizado pela alta irregularidade na distribuição temporal e espacial da precipitação, com baixos índices pluviométricos (os menores do estado) e déficit hídrico diário igual ou superior a 60% (SUDENE, 2017). Essas condições acabam exercendo forte influência em parte da economia local, que é baseada na agropecuária (DIAS et al., 2021, p. 21; SOUSA et al., 2022, p. 2).

Conforme Alves, Azevedo e Farias (2015), dentro da região do Cariri paraibano, o comportamento médio dos índices pluviométricos ocorre de maneira diferenciada, onde a parte do Cariri Oriental possui índice pluviométrico mais baixo (em média 381,1 mm/ano) em relação ao Cariri Ocidental, que possui maior índice (538,9 mm/ano).

Diante do aumento previsto de eventos extremos (IPCC, 2021), é crucial estudar a distribuição da precipitação e temperatura do Cariri paraibano, uma vez que as informações desses elementos climáticos de forma mais local são essenciais para a reformulação de estratégias destinada a um manejo adequado dos recursos naturais. Além disso, possibilita o planejamento sustentável favorecendo o desenvolvimento de práticas agrícolas menos impactantes ao ambiente.

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo analisar padrões de precipitação e temperatura e verificar a presença de possíveis tendências nos municípios de Monteiro (Cariri Ocidental) e São João do Cariri (Cariri Oriental). A escolha destes municípios se deu pelo fato de ambos fazerem parte do Cariri paraibano, representarem bem as localidades (quanto ao aspecto altimétrico e pluviométrico).

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está inserida na região Semiárida do Nordeste brasileiro, mais precisamente no estado da Paraíba, na área conhecida popularmente como Cariri Velhos, abrangendo dois municípios: Monteiro (na parte Ocidental) e São João do Cariri (na parte Oriental) (Figura 1).

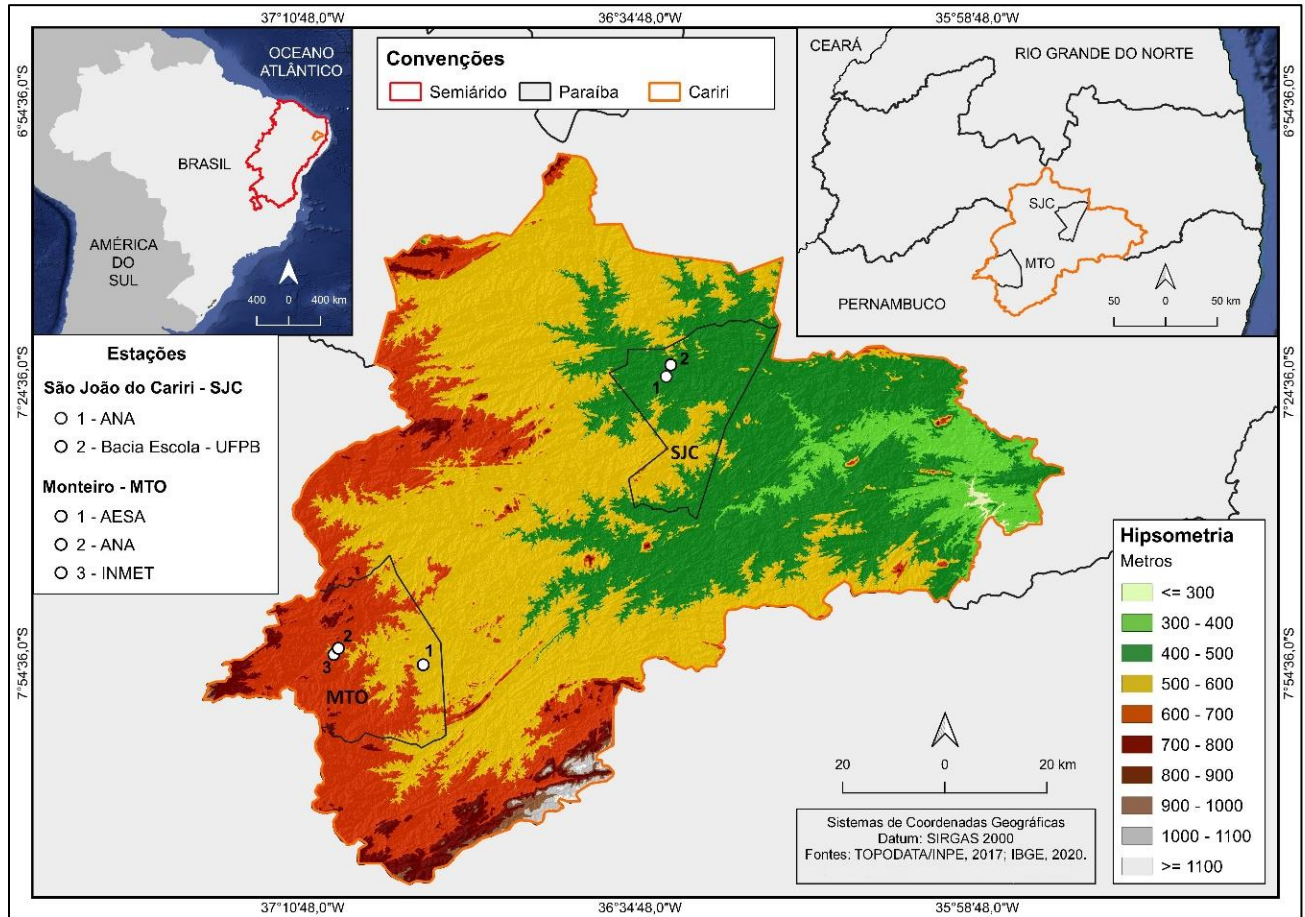


Figura 1- Mapa de localização e hipsometria da área e município em estudo. Elaboração autores, 2022.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima predominante na região do Cariri é do tipo semiárido quente (Bsh), com precipitações médias anuais baixas (em torno de 400 mm) com estação seca que pode atingir até 11 meses e temperaturas médias mensais superiores a 18°C (DANTAS et al., 2015; SANTOS et al., 2022, p. 217).

Quanto à vegetação predominante na região, essa é classificada como Caatinga xerófila e hiperxerófila, apresentando características marcantes. Composta predominantemente por árvores de pequeno a médio porte, destacam-se troncos retorcidos, além de uma variada presença de vegetação herbácea e arbustos espinhosos (SOUZA, 2008, p. 45; CÓRDULA; QUEIROZ; ALVES, 2010, p. 34; SILVA et al., 2017).

A representação do relevo presente em ambos os municípios, esse é definido pelo Planalto da Borborema. Conforme Costa et al. (2020, p. 190), a grande parte do Planalto da Borborema é composta por um maciço cristalino arqueado que se distribui ao longo da fachada do Nordeste oriental do Brasil (CORRÊA et al., 2010, p. 37; XAVIER et al., 2022, p. 42) (Figura 1).

Base de Dados

Para o estudo, foram utilizadas séries diárias de precipitação (Tabela 1), obtidas gratuitamente da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA); Agência de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA); Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Bacia Escola (localizada no município de São João do Cariri) que pertencente à Universidade Federal da Paraíba. Também foram utilizados dados de temperatura do INMET e da Bacia Escola, para um recorte temporal de 40 anos (1980-2019).

Tabela 1 – Estações meteorológicas utilizadas para obtenção dos dados diários de precipitação e temperatura.

ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS						
Município	Tipo de estação	Código	Órgão	Latitude	Longitude	Altitude
Monteiro	Pluviométrica	737014	ANA	7°52'60.0"S	37°07'00.0" W	590 m
Monteiro	Pluviométrica	3855777	AESA	7°54'45.7"S	36°57'56.3"W	580 m
Monteiro	Pluviométrica	82792	INMET	7°53'40.0"S	37°07'29.0" W	606 m
Monteiro	Temperatura	82792	INMET	7°53'40.0"S	37°07'29.0" W	606 m
São João do Cariri	Pluviométrica	736012	ANA	7°24'00.0" S	36°31'59.8"W	445 m
São João do Cariri	Pluviométrica	Ebsjc	Bacia Escola	7°22'45.1"S	36°31'47.2"W	468 m
São João do Cariri	Temperatura	Ebsjc	Bacia Escola	7°22'45.1"S	36°31'47.2"W	468 m

Fonte: Elaboração autores, 2022.

Após a organização dos dados, foram verificadas falhas na série histórica, para a precipitação e temperatura. Para o município de Monteiro essas falhas corresponderam a 20,20% (precipitação) e 27,70% (temperatura) e em São João do Cariri o percentual foi 11,88% (precipitação) e 42,08% (temperatura). Desta forma para trabalhar com uma série mais completa e longa de dados foram utilizadas metodologias para preenchimento dessas lacunas: estimativa com base em Xavier, King e Scanlon (2016) e com base em Cavalcante, Silva e Souza (2006). A metodologia de Xavier, King e Scanlon (2016) fornece estimativas de dados de precipitação e temperatura para uma escala temporal de 1980 até a metade do ano de 2017, sendo obtida de forma gratuita no site: <https://utexas.app.box.com/v/Xavier-et-al-IJOC-DATA>.

A metodologia de estimativa de Cavalcante, Silva e Souza (2006), estima dados desde 1950 a 2019, este método de estimativa trata-se de um modelo desenvolvido em linguagem computacional Visual Basic, para ambiente Windows. Com a finalidade de fazer estimativas da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil, utilizando de funções quadráticas para as temperaturas médias, máximas e mínimas da região em função dos valores das coordenadas geográficas: latitude, longitude e altitude da localidade que se deseja estimar. O

software *Estima_T*, encontra-se disponível no site: <http://app.dca.ufcg.edu.br/estimat/estimat.htm> do Departamento de Ciência Atmosférica da Universidade Federal de Campina Grande, de forma gratuita.

A princípio para definir qual dessas metodologias seria a melhor para aplicar a esse trabalho, foi realizado o teste de correlação de *Spearman*. Este teste foi aplicado em razão dos dados não apresentarem uma normalidade, visto que os dados que possui normalidade têm sua curva em formato de sino. O teste de correlação foi realizado utilizando os dados de precipitação e temperatura originais das estações com os dados estimados, por meio do Software do R Studio, ou seja, não foram utilizados os meses que tinha ausência de dados.

Teoria/Cálculo

Para análise da tendência foram utilizados os testes não-paramétricos de Mann-Kendall, Sen's e Pettitt (MANN, 1945; SEN, 1968; KENDALL, 1975; PETTITT, 1979). A realização dos testes se deu através do software R Studio, para as escalas anuais e mensais, correspondendo ao período de 1980 a 2019. Para os dados de precipitação e temperatura anual foram trabalhados respectivamente com acumulado e a média e os dados mensais corresponderam ao agrupamento mês a mês.

A estatística Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) é um teste para detectar tendências em séries de dados ambientais, climáticos e hidrológicos. É amplamente usado globalmente e recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), devido à sua robustez em relação a desvios de normalidade e não-estacionariedade dos dados da série histórica (BLAIN, 2011; ADEYERI et al., 2022; JAVED et al., 2022; ZEYBEKOĞLU, 2023).

O teste compara cada valor da série temporal com os valores restantes, respeitando sempre uma ordem sequencial. Assim é contado o número de vezes em que os termos restantes são maiores que os valores analisados (SENA, 2013, p, 1406). A variável estatística *S*, para uma série de *n* dados do teste de Mann-Kendall é calculada a partir do somatório de toda contagem presente na seguinte forma:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sng} (x_j - x_k) \quad (1)$$

Onde $\text{sng} (x)$ é obtido por:

$$\text{Sng}(x) = \{ 1; \text{se } x_j > x_i \ 0; \text{se } x_j = x_i \ -1; \text{se } x_j < x_i \quad (2)$$

Kendall (1975), relata que S é normalmente distribuída com a média $E(S)$ e a variância $Var(S)$, para uma situação, na qual pode haver valores iguais de x , é calculada pela seguinte expressão:

$$E(S) = 0 \tag{3}$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18}$$

Sendo: p o número dos grupos empatados em conjunto de dados e t_j é o número de pontos de dados no j -ésimo grupo empatado. Com base nos resultados de S e $Var(S)$, foi estimado o Índice Z , de acordo com o sinal do S , utilizando a seguinte equação:

$$Z = \left\{ \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}; \text{ se } S > 0; \text{ se } S = 0 \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}; \text{ se } S < 0 \right\} \tag{4}$$

Com o resultado Z , verifica-se se há uma tendência estatisticamente significativa. Para as análises de tendência, um valor positivo de Z indica uma tendência crescente e quando Z apresenta um valor negativo, a tendência é decrescente.

O nível de significância α adotado para este teste correspondeu $\alpha = 0,05=5\%$, se a probabilidade de p presente no teste for menor que o nível α , $p < \alpha$, uma tendência estatisticamente significativa existe, enquanto se p for maior que o nível de α , $p > \alpha$, confirma-se uma tendência insignificante. Para maiores detalhes da metodologia é aconselhável consultar Mann (1945), Kendall (1975) e Pohlert (2015).

O teste de Sen's Slope é utilizado para se calcular a magnitude das tendências da curvatura de Sen's. Este teste foi proposto inicialmente por Sen (1968) sendo aprimorado por Hirsch et al. (1982), para a computação. O método é insensível a valores discordantes, outliers e dados ausentes, sendo mais rigoroso do que a curvatura da regressão linear, provendo uma medida mais real das tendências em séries temporais (ALCÂNTARA et al., 2019, p. 133).

Para a realização do cálculo de Sen's Slope, computam-se todos os pares dos valores apresentados na série $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, conforme a equação a seguir (FERRARI; VECCHIA; COLABONE, 2012, p. 32):

$$S_e = \frac{X_j - X_i}{j - i} \tag{5}$$

No qual S_e corresponde o valor estimado da inclinação Sen's, ou seja, o acréscimo ou decréscimo em função do tempo dado pela equação $f(t) = S_e t + B$, onde B é a constante.

Com relação ao teste Pettitt (1979), este é utilizado para identificar o único ponto de descontinuidade em séries hidrológicas e climáticas com dados contínuos. Ele testa a hipótese H_0 : O T variáveis que seguem uma ou mais distribuições que têm o mesmo parâmetro de localização (não mudança), contra a hipótese alternativa de que existe o ponto um de mudança (POHLERT, 2015), além de avaliar se duas amostras, Y_1, \dots, Y_t e Y_{t+1}, \dots, Y_T , pertencem à mesma população.

A vista disso, a estatística $U_{t,T}$ realizará uma contagem do número de vezes em que o valor da primeira amostra é maior do que o valor da segunda, permitindo assim detectar possíveis mudanças na série estudada. Esta estatística é representada através da seguinte equação (FERREIRA; PENNEREIRO; FONTOLAN, 2015, p. 55):

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sng}(y_i - y_j) \text{ para } t = 2, \dots, T \quad (6)$$

A estatística de $U_{t,T}$ é considerada para os valores $1 < t < T$, sendo a estatística $k(t)$ do teste fornece o máximo valor absoluto de $U_{t,T}$, mediante a equação (PETTITT, 1979):

$$k_T = \max_{1 < i < T} |U_{i,T}| \quad (7)$$

A estatística K_T , localiza o ponto em que ocorreu a mudança brusca na série temporal, sua significância pode ser calculada por meio da seguinte equação:

$$p \simeq 2 \exp\{-6k_t^2 / (T^3 + T^2)\} \quad (8)$$

Maiores detalhes da metodologia, são encontrados em Pettitt (1979) e Pohlert (2015).

Para a verificar a relação dos anos de rupturas (obtidos no teste de Pettitt) com o fenômeno El Niño-Oscilação Sul-ENOS, foi utilizado as informações obtidas pelo site do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – Physical Sciences Laboratory (<https://psl.noaa.gov/enso/>), este disponibiliza dados dos anos anteriores do ENOS que será fundamental para análise.

O ciclo do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) envolve variações na temperatura da superfície do Oceano Pacífico Equatorial, resultando em uma fase neutra e duas extremas: El Niño e La Niña. Em condições normais, os ventos alísios movem águas quentes para o Pacífico ocidental. No El Niño, ocorre aquecimento anormal

devido à redução dos ventos, enquanto na La Niña, há resfriamento devido ao aumento da velocidade dos ventos alísios (ARAÚJO, 2012).

De acordo com Dias et al. (2020), o índice que sinaliza o fenômeno El Niño é quando permanece acima de +0,5°C por pelo menos cinco meses consecutivos. Por outro lado, a presença de La Niña é caracterizada quando o índice permanece abaixo de -0,5°C por cinco meses consecutivos.

III. RESULTADOS

Com a organização dos dados anuais e mensais de precipitação e de temperatura (Figura 2), foram observadas falhas na série histórica. Segundo Becker et al. (2011, p. 290), a ausência de dados durante este período foi decorrente a uma crise na rede da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), que era responsável pelo monitoramento e manutenção da rede pluviométrica no Nordeste.

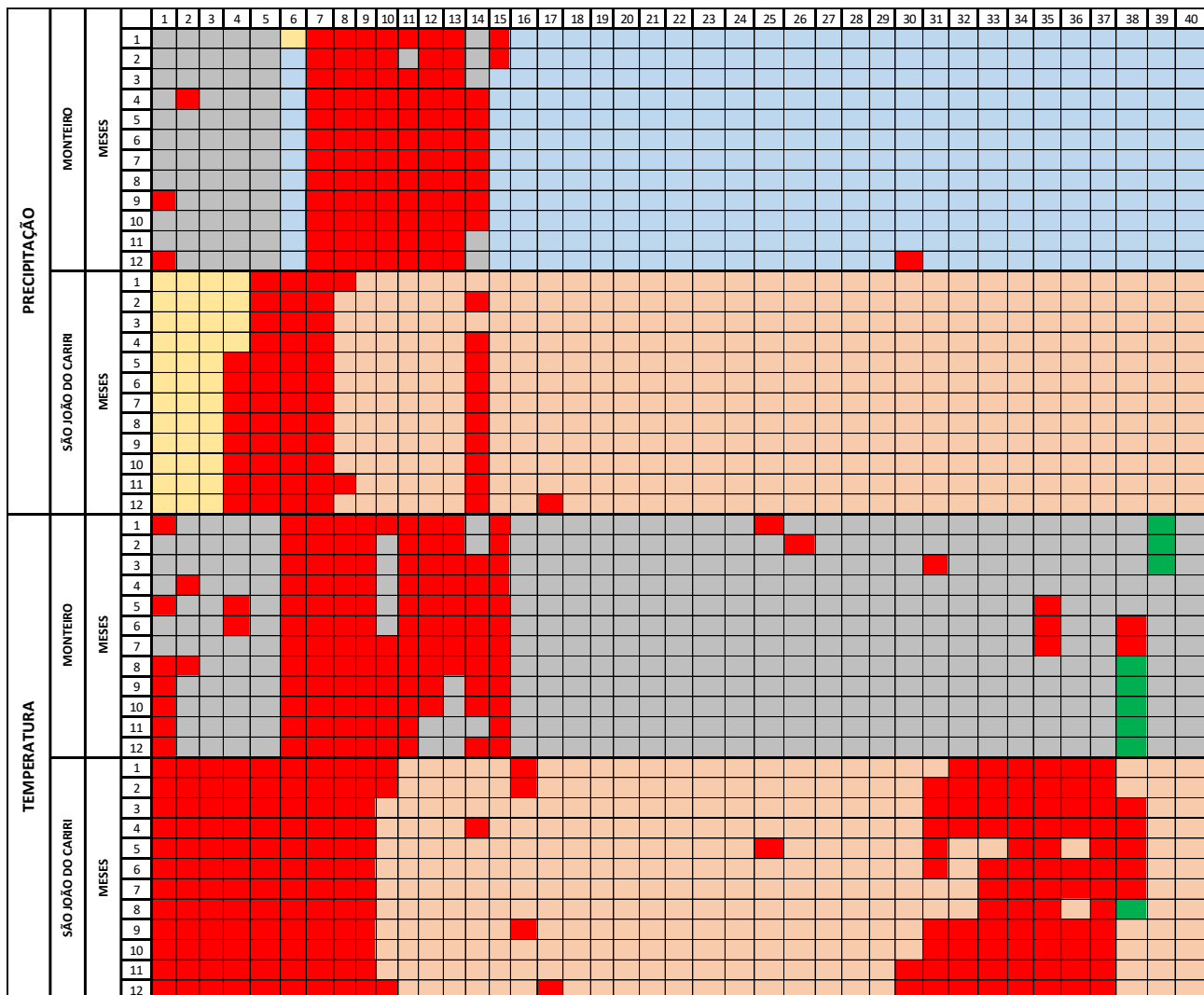


Figura 2 – Dados de precipitação e temperatura diária que constituíram a série temporal (1980 a 2019) para Monteiro e São João do Cariri. Legenda: As instituições que disponibilizaram os dados de precipitação e temperatura estão representas pelas cores sendo a cinza = INMET; amarelo = ANA;

azul= AESA; laranja = Bacia Escola; vermelho = dados estimados pela metodologia de Xavier et al. (2016), e verde = dados estimados pela metodologia de Cavalcante et al. (2006). A numeração de 1 a 12 na vertical indica os meses (janeiro a dezembro). Já os números de 1 a 40 remete aos anos iniciando de 1980 a 2019, ou seja, 1 = 1980, 2 = 1981 e, assim sucessivamente. Fonte: ANA, AESA, INMET e Bacia escola. Organização: os autores (2023).

As metodologias empregadas para as estimativas de dados ausentes, quando comparadas com os dados das instituições por meio do Teste de Correlação Spearman, apresentaram, para o município de Monteiro, utilizando a metodologia de Xavier, King e Scanlon (2016), correlação de 0,80 para a precipitação e 0,97 para a temperatura. No caso do município de São João do Cariri, foram observadas correlações de 0,84 para a precipitação e 0,78 para a temperatura. A metodologia do Estima_T por sua vez, indicou respectivamente para Monteiro e São João do Cariri, temperaturas equivalentes a 0,83 e 0,73. Diante dos resultados preferiu-se trabalhar com a estimativa de Xavier, King e Scanlon (2016) e utilizar a metodologia do Estima_T para terminar de realizar a estimativa dos meses que apresentaram ausência de temperatura após a cobertura de estimativa da primeira metodologia do Xavier, King e Scanlon (2016).

Por meio do teste de Mann Kendall, os municípios de Monteiro e São João do Cariri, apresentaram para os dados de precipitação anuais, tendência crescente, porém não significativa do ponto de vista estatístico, devido o Z_{MK} se mostrar positivo e o p-valor calculado ser superior ao nível de significância α de 5% (0,05).

Com base no método da curvatura de Sen's, observa-se que o município de Monteiro possui uma magnitude positiva de 3,55 para os dados de precipitação, enquanto que em São João do Cariri o valor corresponde a uma magnitude positiva de 0,56 (Figura 3). O teste de Pettitt, em contrapartida, mostrou para os municípios uma alteração brusca na precipitação, sendo constatado para Monteiro a alteração no ano de 1999, e para São João do Cariri em 2011.

Esta mudança no comportamento médio da precipitação dividiu a série em dois períodos nos municípios, no qual, em Monteiro, o primeiro período foi entre 1980-1998, possuindo uma média de 503,04 mm e passando a ter no segundo período (2000-2019) uma média 618,56 mm. A diferença entre esta divisão na série de precipitação correspondeu a um aumento de 22,96%. Durante o período de 1980-1998, o município de Monteiro passou por três eventos extremos de secas, sendo estes concentrados nos anos de 1980 a 1983, 1990 a 1993 e outro no ano de 1998.

Em São João do Cariri, o primeiro período antes dessa mudança aconteceu entre 1980-2010, correspondendo a um valor médio de 503,32 mm, logo após a mudança, o comportamento médio da precipitação para o segundo período de 2012-2019, alterou-se para 285,12 mm. A diferença entre esta divisão na série de precipitação correspondeu a uma diminuição de 43,35% (Figura 3- A e B).

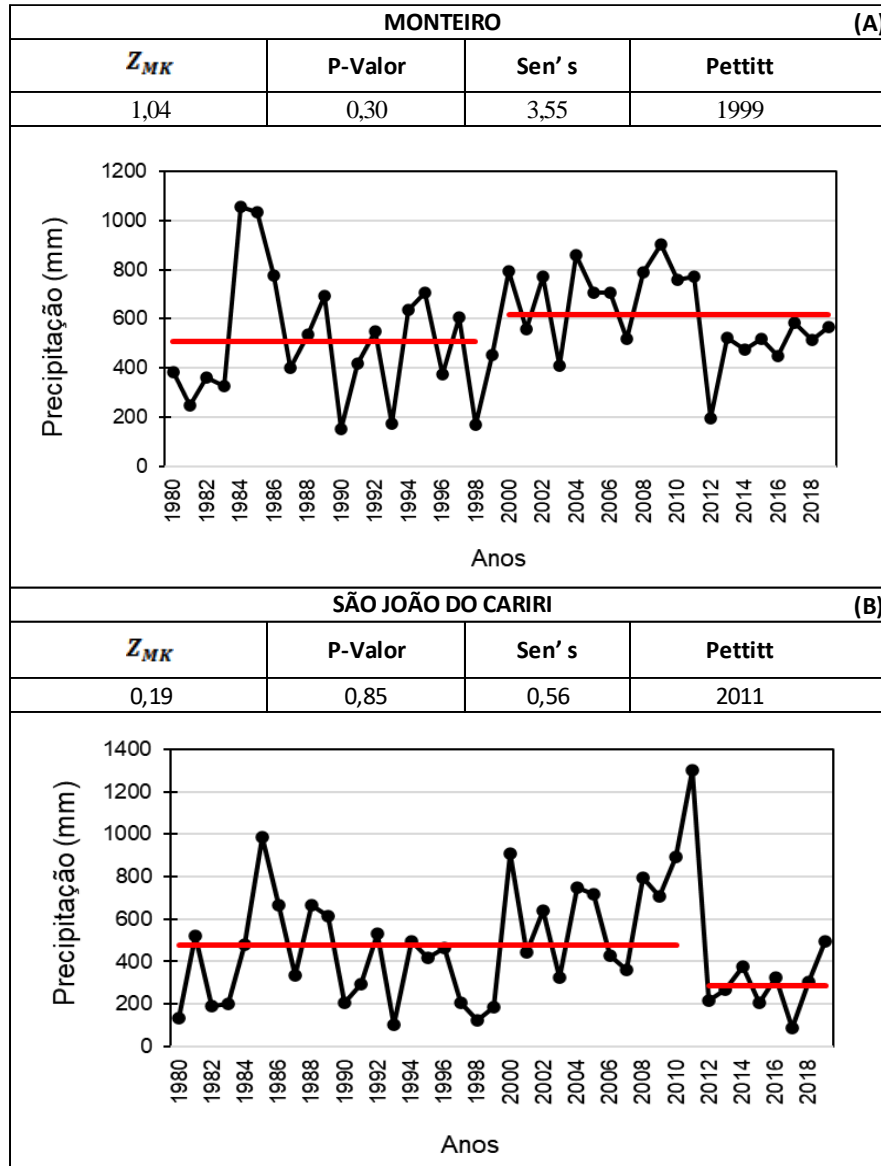


Figura 3 - Tendência de precipitação para Monteiro (A) e São João do Cariri (B). Nota: linha vermelha = média. Fonte: Elaboração autores, 2023.

A Figura 4- A e B, demonstra o comportamento da temperatura por meio dos mesmos testes aplicados para a precipitação. Esses evidenciaram para Monteiro e São João do Cariri a presença de tendência crescente (Mann Kendall), entretanto só o primeiro município se destacou obtendo tendência significativa do ponto de vista estatístico.

Por meio da inclinação de Sen's, constatou-se para Monteiro uma magnitude positiva de 0,02, e para São João do Cariri, o valor correspondeu a 0,00 (A Figura 4- A e B). O teste de Pettitt para temperatura apresentou mudança brusca para os dois municípios em anos distintos tanto em relação a variável de precipitação, como na variável temperatura entre as localidades.

A alteração brusca de Monteiro ocorreu no ano de 1997, enquanto que para São João do Cariri a mudança ocorreu no ano de 2009, antes disso o município de Monteiro no período de 1980-1996, detinha uma média de 24,06 °C, passando a ter no segundo período (1998-2019) uma média de 24,64 °C, essa diferença entre a divisão na série de temperatura correspondeu a um aumento de 2,41%. Ao passo disso em São João do Cariri, o primeiro período de 1980-2008 detinha uma média de 24,91 °C, passando a possuir no segundo período (2010-2019) uma média de 25,13 °C. A diferença entre essa divisão na série de temperatura correspondeu a um aumento de 0,88%.

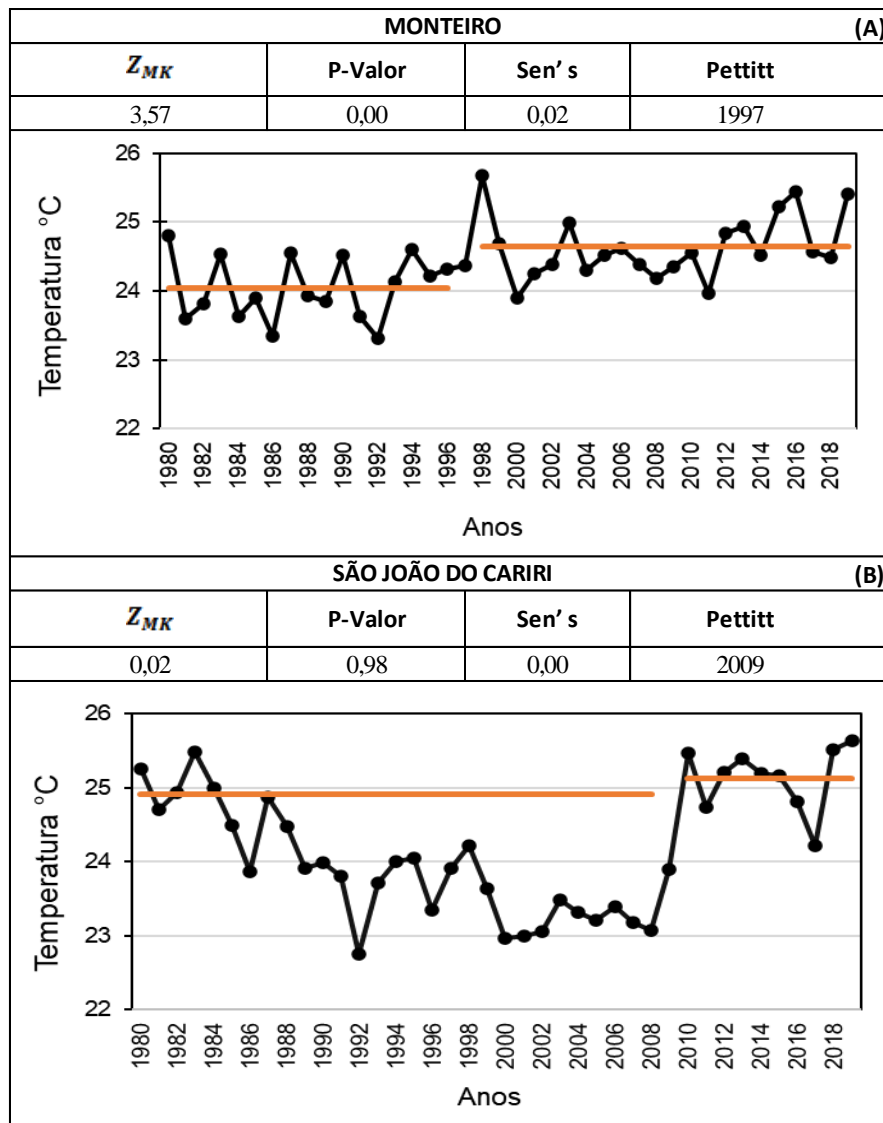


Figura 4- Tendência de temperatura para Monteiro (A) e São João do Cariri (B). Nota: linha laranja = média. Fonte: Elaboração autores, 2023.

Diante da averiguação dos resultados anuais para a precipitação e temperatura não constatarem significância estatística (com exceção da temperatura para Monteiro), investigou-se se essas condições também

ocorrem em escala mensal. Dessa forma aplicou-se o teste de tendência para as variáveis de precipitação e temperatura onde foi analisado agrupamento de cada mês durante 40 anos.

A avaliação do procedimento aplicado no teste de Mann-Kendall para as duas localidades estudadas, em uma análise mensal (conforme apresentado na Tabela 2), não revelou nenhuma tendência significativa para a precipitação. No entanto, ao longo dos meses, nota-se uma variação. Em Monteiro, os meses de janeiro, fevereiro, maio, junho, julho e dezembro mostraram uma tendência crescente, ao passo que os demais meses tiveram uma tendência decrescente.

Analogamente, ao analisar os dados de precipitação de São João de Cariri, percebe-se uma tendência crescente nos meses de janeiro, abril, maio, junho, julho, outubro e dezembro, enquanto fevereiro, março, agosto, setembro e novembro apresentaram uma tendência decrescente.

O teste de Pettitt da variável precipitação para a análise mensal, apresentou para os dois municípios, forte presença de rupturas nos anos 1983, 1993, 1998 e 2011, sendo este último favorecido pela grande ocorrência de precipitação. Já os três primeiros foram marcados como anos contendo altos índices de temperatura e baixos índices de precipitação.

Tabela 2 – Tendências mensais de precipitação, para os municípios de Monteiro e São João do Cariri.

Meses	MONTEIRO			SÃO JOÃO DO CARIRI		
	$Z_{MK}/$ Significância estatística	P-Valor	Pettitt	$Z_{MK}/$ Significância estatística	P-Valor	Pettitt
Janeiro	1,10 (NS)	0,27	2008	0,76 (NS)	0,45	1999
Fevereiro	0,12 (NS)	0,91	1999	-0,13 (NS)	0,90	2001
Março	-0,08 (NS)	0,94	1983	-0,65 (NS)	0,51	2011
Abril	-0,12 (NS)	0,91	1989	0,82 (NS)	0,41	2004
Maio	1,15 (NS)	0,37	1993	0,44 (NS)	0,66	2011
Junho	0,82 (NS)	0,41	1998	0,07 (NS)	0,94	2013
Julho	0,06 (NS)	0,95	1983	0,66 (NS)	0,51	1983
Agosto	-1,23 (NS)	0,22	1998	-0,30 (NS)	0,76	2011
Setembro	-1,63 (NS)	0,10	1993	-0,37 (NS)	0,71	2004
Outubro	-1,49 (NS)	0,48	1993	0,70 (NS)	0,49	1996
Novembro	-1,29 (NS)	0,20	1995	-0,62 (NS)	0,54	1997
Dezembro	0,63 (NS)	0,53	1997	0,53 (NS)	0,59	1998

Nota: NS: Nenhuma significância estatística. Fonte: Elaboração autores, 2023.

Na Figura 5- A e B, verifica-se a variabilidade mensal da precipitação para Monteiro e São João do Cariri, e por meio desta, comprova-se que os maiores valores de precipitação variam de janeiro a maio. Também é

possível constatar a variabilidade da precipitação no decorrer de cada mês pertencente ao agrupamento dos 40 anos.

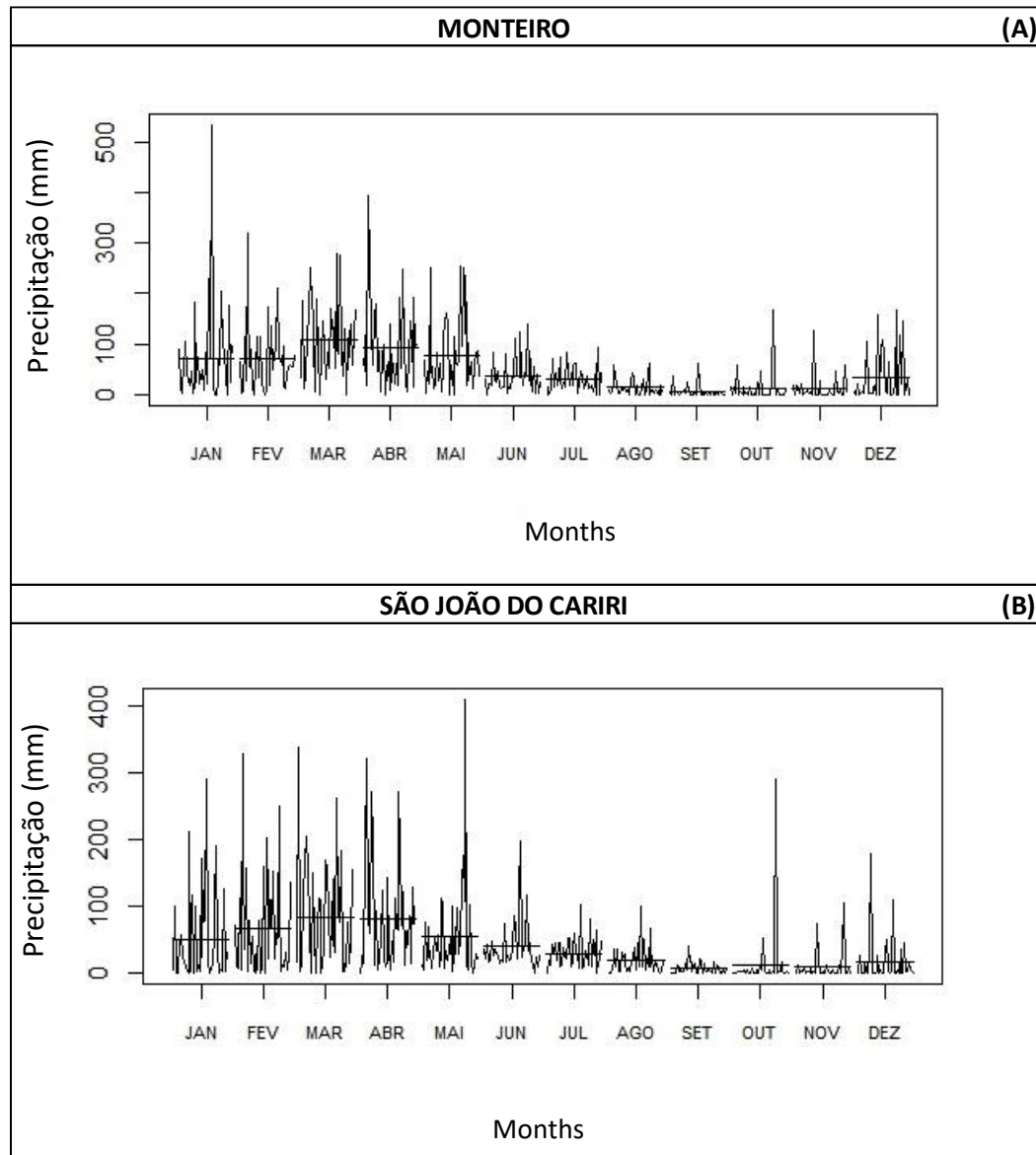


Figura 5- Comportamento mensal da precipitação dos municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B). Fonte: Elaboração autores, 2023.

Diferente do teste de tendência mensal de precipitação, o teste de temperatura apresentou alguns meses com tendência estatística significativa para o município de Monteiro. Isso foi apontado no teste de tendência anual. Em relação à São João do Cariri, essa análise não foi significativa, todavia ela apresenta meses contendo tendência crescente (fevereiro, março, abril, maio, junho, novembro e dezembro) e decrescente (janeiro, julho, agosto, setembro e outubro).

Com relação a presença da tendência na série de temperatura para ambas as localidades, foi constatado que a temperatura de Monteiro apresenta tendência crescente em todos os meses, sendo significativa estatisticamente nas estações de outono, inverno e primavera, ou seja, nos meses de abril, maio, junho, julho, setembro, outubro e novembro (Tabela 3). Já o teste mensal de Pettitt demonstrou que os anos de 1996 e 1997, apresentaram mais mudanças bruscas para Monteiro, e esses dois anos antecedem o período de seca do ano de 1998.

Para o município de São João do Cariri, os anos que apresentaram maiores destaques contendo mês com ruptura na análise mensal foram 2008 e 2009, que foram anos bastante úmidos, o que possibilitou a diminuição da temperatura. Dos meses analisados, os que apresentaram rupturas para o ano de 2008 foram os meses de março, maio, novembro e dezembro. Já para o ano de 2009, os meses que revelaram ruptura foram fevereiro, abril, junho, agosto e outubro (Tabela 3).

Tabela 3 - Tendências mensais de temperatura, para os municípios de Monteiro e São João do Cariri.

Meses	MONTEIRO			SÃO JOÃO DO CARIRI		
	Z_{MK} / Significância estatística	P-Valor	Pettitt	Z_{MK} / Significância estatística	P-Valor	Pettitt
Janeiro	0,54 (NS)	0,59	2002	0,02 (NS)	0,98	2010
Fevereiro	1,04 (NS)	0,30	1987	0,57 (NS)	0,57	2009
Março	1,50 (NS)	0,13	2008	0,34 (NS)	0,74	2008
Abril	3,25 (S+)	0,00	1997	-0,31 (NS)	0,75	1999
Maio	3,24 (S+)	0,00	1997	-1,34 (NS)	0,18	1991
Junho	3,70 (S+)	0,00	2009	-0,68 (NS)	0,50	1991
Julho	3,73 (S+)	0,00	1997	-0,09 (NS)	0,93	2011
Agosto	1,76 (NS)	0,08	2010	-0,17 (NS)	0,86	2009
Setembro	2,33 (S+)	0,02	1996	0,13 (NS)	0,90	2009
Outubro	2,20 (S+)	0,03	1993	-0,40 (NS)	0,69	2009
Novembro	2,39 (S+)	0,02	1996	-0,52 (NS)	0,60	2008
Dezembro	1,81 (NS)	0,07	1992	0,48 (NS)	0,63	2008

Nota: S+: Tendência significativa crescente. NS: Nenhuma significância estatística. Fonte: Elaboração autores, 2023.

Ao averiguar os dados mensais da temperatura (Figura 6- A e B), verifica-se que este apresenta, da mesma forma que a precipitação, uma variabilidade mensal e temporal para os dois municípios. A observação temporal dos dados evidenciou que os meses que concentram as altas temperaturas variam de outubro a março.

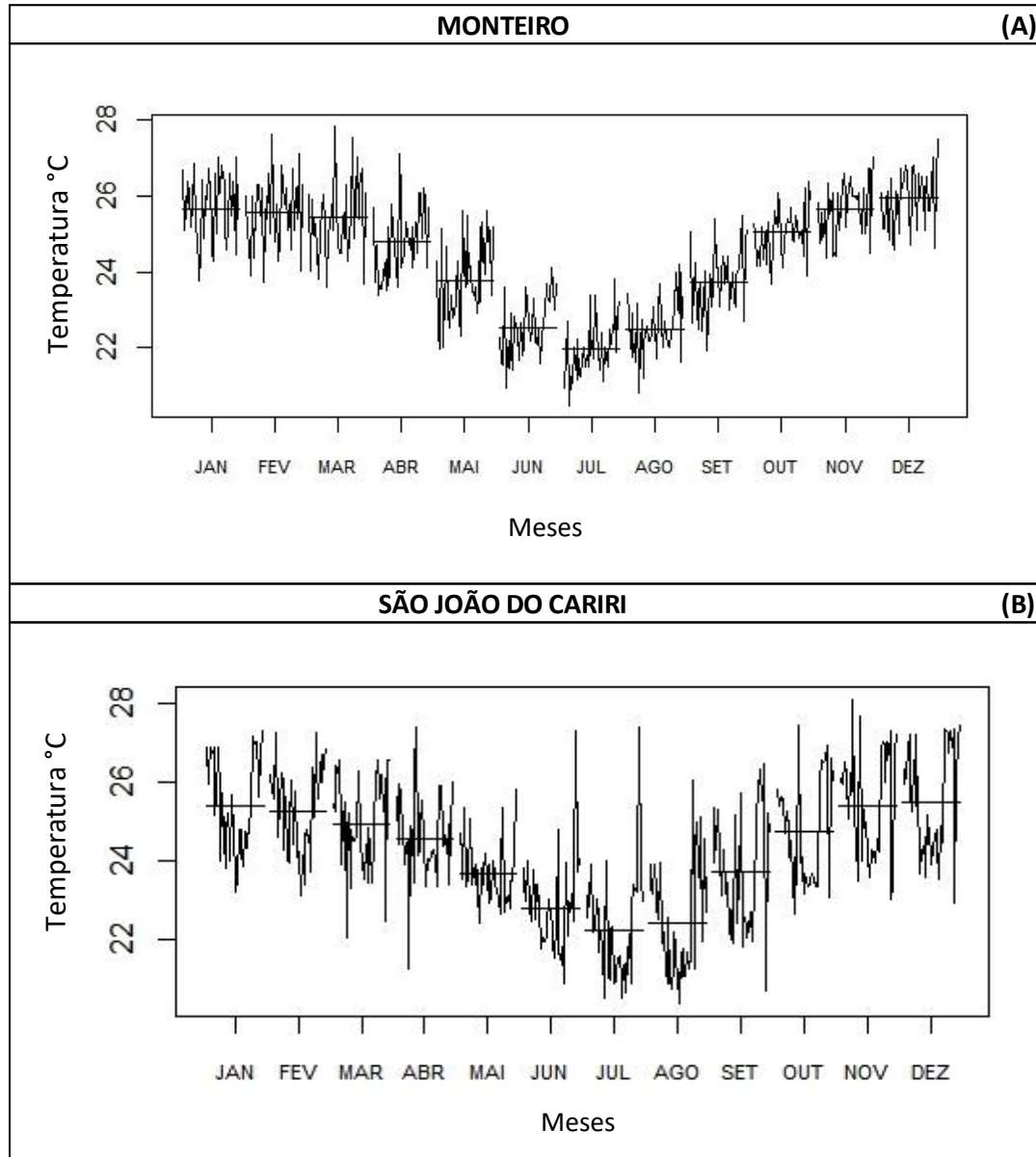


Figura 6 - Comportamento mensal de temperatura dos municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B). Fonte: Elaboração autores, 2023.

Diante dos resultados obtidos pelo teste de tendência mensal para os municípios, identificou-se que para a variável da precipitação, os meses analisados durante os 40 anos não contribuíram para a significância do teste de tendência anual, porque estes apresentaram os mesmos resultados.

Quanto ao teste de tendência mensal para a temperatura dos dois municípios, percebeu-se que para Monteiro os meses de abril, maio e julho do ano de 1997 contribuíram para que houvesse a ruptura anual, dado que estes apresentaram significância estatística. Essa mesma condição não foi observada para São João do Cariri, pois os meses analisados não apresentaram significância.

No contexto dos fenômenos ENOS que coincidiram com anos de rupturas na série, a análise anual de precipitação nos municípios de Monteiro e São João do Cariri revelou a presença do fenômeno La Niña. Em relação às variações na temperatura, verificou-se que tais rupturas ocorreram em ambos os municípios durante a fase neutra do ENOS.

Nos anos em que ocorreram rupturas nos testes mensais, observou-se, para os dados de precipitação em Monteiro, a incidência de três eventos de El Niño (nos anos de 1983, 1995 e 1998), três de La Niña (1989, 1999 e 2008), e dois anos com o fenômeno em fase neutra. Em São João do Cariri, ocorreram duas rupturas durante a fase de El Niño (1983 e 1998), duas durante a fase de La Niña e quatro no período neutro (1996, 1997, 2001 e 2004).

Quanto aos fenômenos ENOS registrados nos anos de rupturas na temperatura mensal, para o município de Monteiro foram identificados três anos com o fenômeno El Niño (1987, 1992, 2010), um ano na fase de La Niña em 2008, e cinco anos em fase neutra (1993, 1996, 1997, 2002, 2009). Já em São João do Cariri, foi observado um ano na fase de El Niño (2010), dois anos na fase de La Niña (2008 e 2011), e na fase neutra nos anos de 1991 e 2009.

IV. DISCUSSÃO

Os testes (Mann-Kendall, Sen's e Pettitt) revelaram que, ao longo dos 40 anos analisados, a temperatura foi o único índice significativo estatisticamente para Monteiro. Outra pesquisa realizada na área abrangendo todos os municípios da região do Cariri em uma escala temporal menor (16 anos) obteve para a série de precipitação tendência positiva e significativa (SENA; LUCENA, 2013, p. 1410).

A mudança brusca encontrada na precipitação em 1999 para o município de Monteiro pode estar atrelada a ocorrência do fenômeno El Niño ocorrida no ano de 1998, o que provavelmente amplificou a incidência de secas na região, resultando na diminuição da precipitação (DINIZ et al., 2020; FARIAS; XAVIER, 2023, p. 3).

Na década de 2000, o município de São João do Cariri experimentou elevadas taxas de precipitação e uma redução na temperatura. Essa situação foi correlacionada ao aumento de eventos do fenômeno La Niña (SENA; MORAIS NETO; LUCENA, 2017). Após o período de 2000 no município de São João do Cariri, foi observado baixas taxas de precipitação e aumento na temperatura, não tendo significância. A ocorrência do aumento das temperaturas foi algo predominante não apenas para a localidade estudada, mas sim para toda região do

Semiárido brasileiro (COSTA et al., 2021, p. 7; DIAS; PESSOA; TEIXEIRA, 2021, p. 24; SANTOS; CUNHA; RIBEIRO, 2019, p. 95).

No entanto, para ambos os municípios, observou-se forte presença de rupturas nos anos 1983, 1993, 1998, por meio do teste de Pettitt, esses anos foram considerados na literatura como anos de seca severa, apresentando altos índices de temperatura e baixos índices de precipitação (MACEDO et al., 2010, p. 212; BURITI; BARBOSA, 2018, p. 137-138). Os primeiros meses (janeiro a junho) de 1983 foram marcados por pouca ocorrência de precipitação, e, as que ocorreram, foram esporádicas e apenas em algumas localidades do Estado da Paraíba. E essa situação agravou ainda mais a crítica situação camponesa da região do Cariri paraibano (FARIAS, 2018, p. 33).

De acordo com Moraes Neto, Barbosa e Araújo (2007), a diminuição da precipitação nos anos de 1983, 1993 e 1998 na Região do Cariri foi resultado do megaevento do El Niño. Esse fenômeno provocou no ano de 1983 uma seca severa de maior duração para o município de Monteiro. De acordo Macedo et al. (2010) além do fenômeno atuante um dos motivos que provavelmente intensificou a seca foram a formação do relevo acentuado na circunvizinhança, este pode ter dificultado a atuação de sistemas transientes.

Conforme Buriti e Barbosa (2018), a severa seca ocorrida no ano de 1993 não ocasionou registros de mortes na região do Cariri, mas afetou cerca 2 milhões de pessoas devido à ausência de planejamento adequado de políticas públicas.

Já o ano de 1998, foi classificado nos estudos de Silva et al. (2018, p. 53) como extremamente seco. Os autores observaram que, durante este ano apenas os meses de janeiro e fevereiro não seguiram a variabilidade climática dentro da estação chuvosa, apresentando valores de precipitação abaixo do esperado. Durante o ano 1998, que antecedeu a ruptura na precipitação para o município de Monteiro, a atuação do fenômeno do El Niño ocasionou várias consequências para a região do Cariri, como a queda de produção em quase todos os setores produtivo da agropecuária (MORAES NETO; BARBOSA; ARAÚJO, 2007, p. 64).

Para solucionar os impactos da seca de 1998, foram aplicadas pelo poder público medidas paliativas como: distribuição de cestas básicas, abertura de frentes de trabalho e carros-pipa que foram usados para abastecer com água as comunidades rurais e urbanas (SOUSA, 2007, p. 90). Contudo, as medidas adotadas têm um caráter emergencial. Após períodos de seca, a população voltou a cultivar a terra com recursos limitados, devido à descapitalização e à constante luta pela sobrevivência.

A última seca que afetou a região no período de 2012 a 2017, essa foi intensificada decorrente do aquecimento do Oceano Atlântico Norte Tropical que favoreceu uma posição anormalmente ao norte da Zona

de convergência intertropical (ZCIT) e reduzindo a precipitação no Nordeste Brasileiro (NEB) (MARENGO et al. 2018, p. 1975).

A seca de 2012 a 2017 evidenciou a falta de preparo das comunidades para lidar com as consequências da escassez de chuvas. Nesse intervalo de tempo, registrou-se uma expressiva queda na produção de diversas culturas temporárias, englobando grãos como milho e feijão, tubérculos como mandioca, além de uma redução significativa nos rebanhos (MARTINS; MAGALHÃES, 2015, p. 120; MARTINS; MAGALHÃES; FONTENELE, 2017, p. 33).

Segundo Alencar et al. (2007, p. 19), esta vulnerabilidade na agropecuária, é decorrente da falta de uma infraestrutura mais eficaz de mitigação dos efeitos de seca, da falta de assistência. Perante a acidência desta situação, torna-se vital reconsiderar o modelo econômico empregado em áreas ambientalmente delicadas.

Na análise do comportamento ao longo dos 40 anos, a precipitação apresentou grande variabilidade em ambos os municípios. No entanto, essa condição não foi suficiente para que esse fenômeno mostrasse uma tendência significativa. A ausência de uma tendência significativa nas séries de precipitação, como apontam as autoras Sena e Lucena (2013, p. 1411), pode ter sido causada pela grande variação nos totais pluviométricos.

Na análise mensal, com foco nos dados de temperatura de Monteiro, observou-se significância do ponto de vista estatístico tanto nos dados anuais quanto mensais. Os dados mensais desempenharam um papel crucial no rompimento da série anual em 1997, devido às rupturas identificadas em 1996, que foi um ano de altos picos de precipitação, em contraste com o ano de 1998 (MORAIS NETO; BARBOSA; ARAÚJO, 2007, p. 63).

Os testes mensais de temperatura para o município de São João do Cariri, apesar de não apresentarem significância estatística, concentrou suas rupturas no ano de 2008 e 2009, sendo esses respectivamente considerados anos de precipitações severas e extremas para a região do Semiárido, a ocorrência da precipitação para a região se perdurou até o ano de 2011 (NASCIMENTO; MEDEIROS, 2022, p. 13).

Durante o desenvolvimento do presente estudo, foram identificadas algumas limitações dignas de destaque. Inicialmente, foram enfrentados desafios relacionados à escassez de dados provenientes das estações meteorológicas, dessa forma, optou-se por completar com dados observados de outras fontes e, caso não fosse possível, de duas formas, uma por modelagem estatística (CAVALCANTE; SILVA; SOUZA, 2006) e outra com base em interpolação (XAVIER; KING; SCANLON, 2016) e apesar, dos resultados serem condizentes com as características locais, principalmente no tocante a comparação com outros trabalhos desenvolvidos na região e/ou para a própria localidade.

Ressalta-se que o teste de Pettitt aplicado aponta apenas um único ponto de mudança na série, e no município de Monteiro fica evidente que em 2012 houve outra quebra vinculada, provavelmente a grande seca que atingiu a região nordeste que durou cerca de 5 anos (AQUINO; ALVES; VIDAL, 2020). Em São João do Cariri também poderia refletir a existência de uma quebra em 2000. Talvez para reforçar essa discussão seria interessante primeiro utilizar outras fontes de dados para preenchimento, por exemplo, reanálises e para além, aplicar outras técnicas/métodos estatístico que determine se existem diferenças significativas entre médias de três ou mais grupos independentes, como por exemplo, uma análise de variância (ANOVA).

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises das tendências anuais para precipitação e temperatura nos municípios de Monteiro e São João do Cariri revelaram uma significância estatística apenas na série de dados de temperatura de Monteiro. Ao examinar as tendências mensais, constatou-se que, para a variável de precipitação, a falta de significância estatística nos meses analisados se refletiu na ausência de significância no teste anual. No que diz respeito à temperatura mensal, observou-se que, em Monteiro, os meses de maio, abril e julho de 1997 contribuíram para uma ruptura anual, diferentemente de São João do Cariri, onde tal condição não foi identificada.

Com base na verificação dos impactos das condições climáticas na agropecuária dos municípios, observando os anos que apresentaram rupturas para precipitação, entende-se que o desenvolvimento desta atividade econômica necessita de um planejamento sustentável adequado devido às condições ambientais.

Com base nesses resultados, a compreensão do perfil climático dos municípios de Monteiro e de São João do Cariri sugere a necessidade de expandir os estudos sobre variabilidade climática para todos os municípios da região do Cariri, utilizando novas metodologias e estratégias de preenchimento de dados como a utilização de dados de satélites e reanálises que investiguem melhor os impactos das mudanças climáticas nas condições ambientais da região. Ademais, a utilização de técnicas estatísticas que investiguem e detalhem melhor o comportamento anual e das médias dos elementos climáticos e de grande importância para corroborar com essa análise preliminar. Essa abordagem mais ampla é crucial, considerando a manifestação distinta do comportamento climático em cada localidade. A ampliação da pesquisa possibilitará uma compreensão mais abrangente das necessidades específicas de cada município diante dos impactos climáticos, contribuindo para estratégias adaptativas mais eficazes.

IV. REFERÊNCIAS

ADEYERI, O. E.; LAUX, P.; ISHOLA, K. A.; ZHOU, W.; BALOGUN, I. A.; ADEYEWA, Z. D.; KUNSTMANN, H. Homogenising meteorological variables: Impact on trends and associated climate indices. *Journal of Hydrology*,

v. 607, p. 127585, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127585>.

ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P. M. A.; BRITO, S. S. B.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. A.; MORAES, O. L. L.; ALCÂNTARA, L. R. P.; COSTA, I. R. A.; BARROS, V. H. O.; SANTOS NETO, S. M.; COUTINHO, A. P.; ANTONINO, A. C. D. Análise de tendência para dados pluviométricos no município de Toritama-PE. In: *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 04 n. 02, 2019, p. 130-139.

ALENCAR, M. L. S.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, R. F. Efeitos do El Niño De 1997/1998 na produção agropecuária na Bacia do Rio Sucuru - Cariri Paraibano. In: *Caminhos de Geografia Uberlândia*, v. 8, n. 24. 2007, p. 15 – 21.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; FARIAS, A. A. Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 6, p. 1601-1614, 2015.

AQUINO, J. R.; ALVES, M. O.; VIDAL, M. F. Agricultura familiar no Nordeste do Brasil: um retrato atualizado a partir dos dados do censo agropecuário 2017. *Revista Econômica Do Nordeste*, 51(Suplemento Especial), 31–54.

ARAÚJO, P. H. C. Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola nas regiões Nordeste e Sul do Brasil. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2012.

ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M. S.; KOCH, H.; SOBRAL, M. C. M. Influência dos oceanos pacífico e atlântico tropicais sobre os índices climáticos da precipitação na Bacia do submédio São Francisco. In: *Revista Brasileira de Climatologia*, Ano 14 – Vol. 23, 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0>.

BANDARA, J. S.; CAI, Y. The impact of climate change on food crop productivity, food prices and food security in South Asia. *Economic Analysis and Policy*, v. 44, n. 4, p. 451-465, 2014.

BARBIERI, M. D.; FERREIRA, L. C.; BARBI, F. Governando as mudanças climáticas. Ideias, as estratégias políticas de Brasil e China. In: *IDÉIAS*, v.9 N.2, 2018. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ideias/article/view/8655192>. Acesso em: 25 de abr. 2021.

BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. In: *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2011.

BLAIN, G. C. Considerações estatísticas relativas a seis séries mensais de temperatura do ar da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. In: *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 26, n. 2, 2011, p. 279-296.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. Um Século de secas: Por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?. In: Chiado Editora, 1 Ed. 2018.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Estima_T Estimativa da Temperatura do Ar. In: Departamento de Ciência Atmosférica, 2006. Disponível em: <http://app.dca.ufcg.edu.br/estimat/estimat.htm>. Acesso em: 17 de janeiro de 2024.

CLARKE, B.; OTTO, F.; STUART-SMITH, R.; HARRINGTON, L. Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. *Environmental Research: Climate*, v. 1, n. 1, 2022, p. 012001.

CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semi-arid region. In: *An Acad Bras Cienc*, 2019.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. Megageomorfologia e

- morfoestrutura do planalto da Borborema. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, 31 (1/2), 2010, p. 35-52.
- COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. C. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma Proposta de Classificação. In: *Rev. Bras. Geomorfol. (On-line)*. São Paulo, v.21, n.1, (Jan-Mar), 2020. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1447>.
- COSTA, S. A. T.; BEZERRA, A. C.; ARAÚJO, A. M. Q.; SILVA, M. F.; ALVES, R. M.; SOUZA, L. S. B. Dinâmica espaço-temporal das anomalias de precipitação em uma região semiárida, Nordeste do Brasil. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 2021. <https://doi.org/10.21168/rega.v18e14>.
- CÓRDULA, E.; QUEIROZ, L. P.; ALVES, M. Diversidade e Distribuição de Leguminosae em uma Área Prioritária para a Conservação da Caatinga em Pernambuco- Brasil. In: *Revista Caatinga*. 2010. v. 23, p. 33-40.
- DANKELMAN, I.; ALAM, K.; AHMED, W. B.; GUEYE, Y. D.; FATEMA, N.; MENSAH-KUTIN, R.; 2008. Gender, Climate Change and Human Security: Lessons from Bangladesh, Ghana, and Senegal. WEDO with ABANTU for Development in Ghana, ActionAid Bangladesh and ENDA Senegal, 2008. <https://hdl.handle.net/2066/72456>.
- DANTAS, J. C.; SILVA, M. A.; SILVA, R. M.; VIANNA, P. C. G. Simulação vazão erosão usando o modelo swat para uma grande bacia da Região Semiárida da Paraíba. *Geociências*, v. 34, n. 4, p. 816-827, 2015
- DIAS, E. M. S.; PESSOA, Z. S.; TEIXEIRA, R. L. P.; SILVA, L. C. S. Mudanças climáticas e agropecuária: vulnerabilidades da região semiárida. In: *Revista do Desenvolvimento Regional - Faccat - Taquara/RS* - v. 18, n. 3, 2021. <https://doi.org/10.26767/2118>.
- DIAS, G. F. M.; GOMES, D. J. C.; SERRÃO, E. A. O.; LIMA, A. M. M.; MIRANDA, S. B. A.; SILVA JUNIOR, J. A.; SOUSA, A. M. L. Associação entre eventos de ENOS e distribuição espaço-temporal da precipitação na bacia hidrográfica do rio Capim (MA-PA). *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 26, n. 16, p. 521 –540, 2020.
- DINIZ, R. R. S.; ALENCAR, M. L. S.; MEDEIROS, S. A.; GUERRA, H. O. C.; SALES, J. C. R. Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 6, p. 2628-2640, 2020.
- FARIAS, A. A.; XAVIER, R. A. Extreme Droughts Events in the Sucuru River Hydrographic Sub-basin, Cariri Paraibano. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863810087>.
- FARIAS, R. B. S. A grande “seca” de 1979-1983: estado, oligarquias, frentes de emergência e resistência camponesa em São João do Cariri-PB. Trabalho de 90 Conclusão do Curso em Educação do Campo. Universidade Federal de Campina Grande, Campus Sumé, 2018, p. 1 - 88.
- FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D.; SANTOS, A. M.; SOUZA, W. M. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. In: *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 13 – Vol. 21, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.45895>.
- FERREIRA, D. H. L.; PENEREIRO, J. C.; FONTOLAN, M. R. Análises estatísticas de tendências das séries hidroclimáticas e de ações antrópicas ao longo das sub-bacias do Rio Tietê. *Holos*, v. 2, p. 50-68, 2015.
- FERRARI, A. L.; VECCHIA, F. A. S.; COLABONE, R. O. Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga-SP. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 6, n. September, p. 494–501, 2012.
- G1. Rio Negro tem pior seca da história ao atingir 13,59 metros em Manaus. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/10/16/manaus-registra-a-pior-seca-da-historia-com-nivel-do-rio-negro-em-1359-metros.ghtml>. Acesso: 12 de dezembro 2023.

G1. Chuvas no Sul causam mortes e enchentes deixam desabrigados. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2023/11/18/chuvas-no-sul-causam-mortes-e-enchentes-deixam-desabrigados.ghtml> Acesso: 12 de dezembro 2023.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.). Clima urbano. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2013.

HIRSCH, R. M.; SLACK, J. R.; SMITH, R. A. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*. v. 18, n. 1, 1982, p. 107-121.

IPCC, 2021: Climate Change 2021 - the Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, In Press, Published: 9 August 2021.

JAVED, S.; SHAHZAD, M. I.; ABBAS, S.; NAZEER, M. Long-Term Variability of Atmospheric Visual Range (1980–2020) over Diverse Topography of Pakistan. *Remote Sensing*, v. 15, n. 1, pág. 46, 2023. <https://doi.org/10.3390/rs15010046>.

KENDALL, M. G. Rank correlation Methods. 4.ed. Londres: Charles Griffin, 1975.

KRON, W.; LÖW, P.; KUNDZEWICZ, Z. W. Changes in risk of extreme weather events in Europe. *Environmental Science & Policy*, v. 100, p. 74-83, 2019.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUZA, F. A. S.; DANTAS, F. R. C. Analysis of the standardized precipitation index for the Paraíba state, Brazil. *Ambi-Água, Taubaté*, v. 5, n. 1, 2010, p. 204 -214.

MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. *Econometria*, v. 13, 1945, p. 245-259.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R. A seca de 2012-2015 no Nordeste e seus impactos. In: *Revista Parcerias Estratégicas, Edição Especial*, v. 20, n. 41, 2015, p. 107-128.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R.; FONTENELE, D. A seca plurianual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos. In: *Revista Parcerias Estratégicas, Brasília-DF*, v. 22, n. 44, 2017, p. 17- 40.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010–2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), supl 1. 2018. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>.

MARENGO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima—Impactos sociais e econômicos. *Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas—GPMC, Edição Especial*, 2009. http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Boletim_No8_Port.pdf.

MORAIS NETO, J. M.; BARBOSA, M. P.; ARAÚJO, A. E. E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semi-árido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, p. 61-66, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000100008>.

NASCIMENTO, M. B. Avaliação espaço-temporal da variabilidade pluviométrica na região geográfica imediata de Monteiro-PB. *Caderno Prudentino de Geografia*, v. 4, n. 44, p. 72-90, 2022.

PEREIRA, L. H. NASCIMENTO, P. S. S. Avaliação das normais climatológicas em municípios do Nordeste brasileiro no período de 1961 a 2010. In: *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v. 6, n. 1, 2020. p. 13 - 27.

DOI:10.34117/bjdv6n1-002.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the changepoint problem. *Applied Statistics*, London, v. 28, n. 2, 1979, p. 126 - 135.

POHLERT, T. *Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection*. 2015.

SANTOS, M. P. A.; SOUSA, J. H. S.; NASCIMENTO, A. A.; NASCIMENTO RIBEIRO, G.; PRADO JÚNIOR, L. S.; OLIVEIRA NETO, J. N. Volume hídrico por processamento digital de imagens de açude público em Sumé, Paraíba. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 17, n. 3, p. 215-220, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v17i3.9622>.

SANTOS, S. R. Q.; CUNHA, A. P. M. A.; RIBEIRO NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no Nordeste do Brasil. In: *Revista Brasileira de Climatologia*, ano 15, Vol. 25, 2019.

SANTOS JUNIOR, E. P.; BLAIN, G. C.; XAVIER, A. C. F. Avaliação dos Dados de Reanálise do Climatic Research Unit (CRU) e do 5th Generation of European Reanalysis (ERA5) no Monitoramento Probabilístico Padronizado da Seca. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 37, p. 243-260, 2022.

SENA, J. P. O.; LUENA, D. B. Identificação de tendência da precipitação na Microrregião do Cariri Paraibano. In: *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.5, 2013, p. 1400 -1416.

SENA, J. P. O.; MORAIS NETO, J. M.; LUCENA, D. B. Variabilidade da precipitação por década e a relação com os eventos extremos. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, 2017.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*. v. 63, 1968, p. 1379 -1389.

SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C. F.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. The Caatinga: Understanding the Challenges. In: *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer International Publishing, 2017, p. 3-19.

SILVA, G. S.; SILVA, W. S.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, N. V.; ARAÚJO, L. E. Análise da Precipitação da Microrregião do Cariri Oriental Paraibano. In: *REGNE*, Vol. 4, Nº 1, 2018.

SOUSA, R. F. Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do Semiárido paraibano. 2007, p.180. In: *Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais*. Campina Grande, 2007.

SOUSA, V. D.; FARIAS, M. S. S.; GUIMARÃES, J. P.; PEREIRA, J. S. Soil hydrodynamics in a degraded area in the Cariri region of Paraíba. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e27311124937, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.24937.

SOUZA, B. I. Cariri Paraibano: Do silêncio do lugar a desertificação. Tese Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 2017 Resolução nº107 de 27 de julho de 2017 < https://www.lex.com.br/legis_27508570_RES_OLUCAO_N_107_DE_27_DE_JULHO_DE_2017

TRAVASSOS, L.; TORRES, P. H. C.; DI GIULIO, G.; JACOBI, P. R.; FREITAS, E. D.; SIQUEIRA, I. C.; AMBRIZZI, T. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? *Chronicle of a death foretold in the global south*. *International Journal of Urban Sustainable Development*, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2021.

TEODORO, A. L.; CÁSSIA SOUZA, C.; MAMMOLI, M.; MELLO TORRES, J. G. Gestão de riscos de desastres na Rodovia dos Tamoios em eventos extremos. *South American Development Society Journal*, v. 7, n. 21, p. 94, 2021.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. BrazilMetData_1980-2013. Disponível em: <https://utexas.app.box.com/v/Xavier-et-al-IJOC-DATA>. Acesso em: 17 de janeiro de 2024.

XAVIER, R. A.; SOUZA, B. I.; CARDOSO, E. C. M.; SEABRA, V. S. Padrões de relevo da Área de Proteção Ambiental do Cariri Paraibano: uma contribuição à cartografia geomorfológica semiárida. *Revista Ciência Geográfica*, v. 26, n. 01, p. 34-50, 2022.

ZEYBEKOĞLU, U. Temperature series analysis of the Hirfanli Dam Basin with the Mann-Kendall and Sequential Mann-Kendall tests. *Turkish Journal of Engineering*, v. 7, n. 4, p. 306-313, 2023. <https://doi.org/10.31127/tuje.1145716>.
