

COMPORTAMENTO INTERANUAL DAS CHUVAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE, PARAÍBA, ENTRE 1995 E 2021

Maria do Socorro Silva Salvador ¹
Rafaela Melissa Andrade Ferreira ²
Lucas Bastos da Silva Cavalcante ³

INTRODUÇÃO

O clima da região Nordeste do Brasil é marcado pela variabilidade climática, tanto em termos espaciais quanto temporais (Nóbrega; Santiago, 2016). Tomando por base tal afirmação, estudos relacionados à análise do comportamento da precipitação nessas regiões são de suma importância, uma vez que as pequenas alterações no regime hídrico podem causar transtornos de ordem socioambiental associados aos eventos ditos extremos, neste sentido, o monitoramento da pluviosidade mais do que útil se torna indispensável (Duarte et al., 2018). Atribui-se a questão da diversidade do clima nordestino aos diversos fatores geográficos que influenciam as localidades, dentre os quais cita-se as dinâmicas da fisiográficas encontradas nessa porção e a sazonalidade da atuação dos sistemas atmosféricos responsáveis por produzir tipos de tempo variáveis, sendo o estado da Paraíba um exemplo das características climáticas de variabilidade acentuadas (Melo, 2021; Souza et al., 2022).

Partindo desses pressupostos iniciais, a avaliação da precipitação em diferentes escalas é de suma importância para as pesquisas em Climatologia, tendo em vista a característica de variabilidade que a chuva apresenta dentro do sistema climático. Reunindo as perspectivas apresentadas, observa-se que a temática é bastante interdisciplinar, apesar de, na Geografia, encontrar solidificação a partir das bases teóricas discutidas no percurso histórico da tradicional escola brasileira de climatologia geográfica, ora debatendo aspectos do ritmo a fim de compreender a gênese dos fenômenos pluviais, em um primeiro momento, ora argumento em um período emergente das consequências causadas pelo inchaço urbano nas metrópoles e os posteriores desencadeamentos de desastres hidrometeorológicos (Monteiro, 1975; Monteiro, 1991; Zavattini, 2000; Zavattini, 2002).

¹Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, maria.salvador6991@gmail.com;

²Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual Paulista, rafaela.andrade-ferreira@unesp.br;

³Graduado do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, cavalcante.uefs2gmail.com;

Sendo assim, alguns índices climáticos são utilizados para mensurar o comportamento de períodos secos e chuvosos a depender da região em que se pretenda realizar o monitoramento, geralmente, ferramentas de estatísticas descritivas são acopladas aos métodos e técnicas específicas nos estudos, sobretudo, por apresentar uma forma objetiva de produzir resultados. Macedo et al. (2010), baseados na realização da análise de agrupamento por meio do Índice Padronizado de Precipitação (IPP), demonstraram que houve ocorrências de secas severas distribuídas em um período de trinta anos para a presente área de estudo, principalmente, nas áreas situadas na sub-região do cariri paraibano.

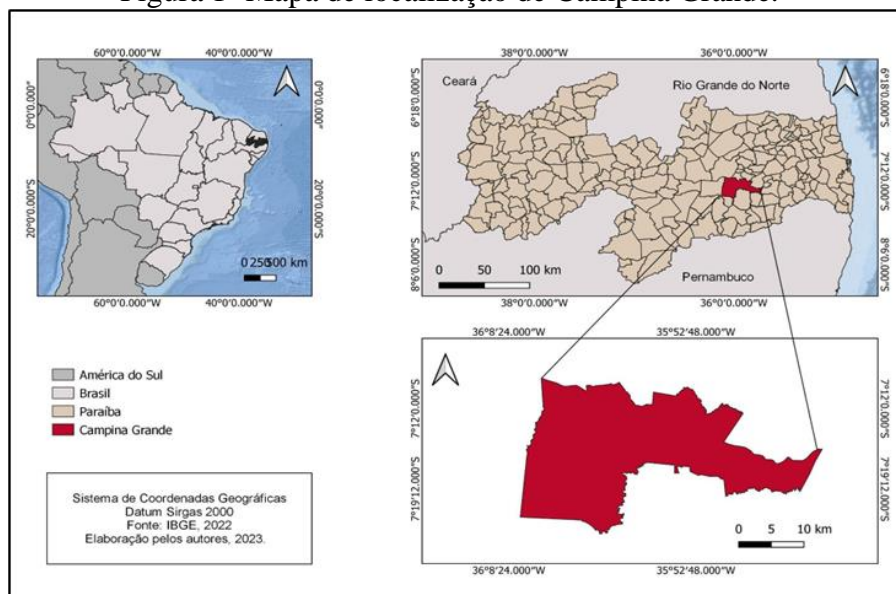
Outrossim, Galvani e Almeida (2021) adaptaram três métodos diferentes (índice de Anomalias de Chuva-IAC, padronizado de precipitação modificado - SPI e os Decis) para investigarem a significância de tais modelos para a cidade de Campina Grande e evidenciaram que para tal área, os referidos procedimentos são assimétricos e irregulares, indicando a recomendação de outros testes ou do uso variado das estatísticas. Diante do exposto, a presente pesquisa teve por objetivo primordial avaliar possíveis tendências na série temporal de precipitação na cidade de Campina Grande, agreste paraibano. Para tal, foram utilizados testes estatísticos tradicionais na climatologia geográfica aplicada à análise pluviométrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Campina Grande, este encontra-se situado na porção agreste do estado da Paraíba, na Região Nordeste do Brasil, nas coordenadas de Latitude: 7° 13' 51" Sul e Longitude: 35° 52' 54" Oeste, contendo uma área territorial de 591,658 km² (IBGE, 2022), (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização de Campina Grande.



Fonte: IBGE, 2022. Elaboração autores, 2023.

Campina Grande, está inserida na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, na vertente a barlavento. O clima presente de acordo com a classificação climática Thornthwaite, é do tipo: C2SW2a' (clima subúmido, moderada deficiência de água no verão, com índice de aridez entre 16,7 e 33,3, mesotérmicos) (Medeiros et al., 2021).

Com o propósito de concretizar os objetivos propostos foram utilizados dados diários de precipitação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA (Tabela 1), para a série histórica de 27 anos (1995 a 2021), esses dados depois de obtidos foram organizados na planilha do software Microsoft Office Excel e transformados para dados anuais.

Tabela 1- Localidades das estações meteorológicas

ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS		
Base	Latitude	Longitude
Campina Grande/Sítio Açude de Dentro	-7.338600	-36.084200
Campina Grande/São José da Mata	-7.189700	-35.984400
Campina Grande/INSA	-7.276900	-35.965200
Campina Grande/EMBRAPA	-7.225600	-35.904200

Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

Uma vez concluídas as etapas descritas acima, foram calculados / descritos as medidas: média, valor máximo, valor mínimo, desvio padrão (S) no software *Past-Palaeontological Statistics* (Hammer et al., 2001), que fornece uma opção de análise estatística descritiva detalhada para cada um dos conjuntos dos dados.

Além das estatísticas mencionadas, para observar possíveis presença de tendência, inclinação e ponto de ruptura na série histórica foram aplicados os testes não paramétricos de Mann-Kendall, Sen's Slope e Pettitt (Mann, 1945; Kendall, 1975), por meio do software R Studio.

De acordo com Ely e Dubreuil (2017), o teste de Mann-Kendall é bastante utilizado em séries temporais em razão de ser simples, robusto quanto aos desvios de normalidade e não-estacionaridade dos valores da série. Para um conjunto de dados temporal $\{x_t : t = 1, 2, \dots, n\}$, a estatística do teste é dada por (Cabral Júnior; Lucena 2020):

$$s = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_j - x_i)$$

Onde: S é o total das contagens de $(x_j - x_i)$; x_j é o valor inicial após x_i , n é o número de dados da série temporal. Para cada par de dados são atribuídos os seguintes valores:

$$\text{signal}(x_j - x_i) = \begin{cases} -1, & \text{para } (x_j - x_i) < 0 \\ 0, & \text{para } (x_j - x_i) = 0 \\ 1, & \text{para } (x_j - x_i) > 0 \end{cases}$$

Quando existe um número alto de observações (n), a distribuição de probabilidade S tende para uma distribuição normal, com média zero e variância dada por:

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)]$$

No qual t_p é o número de dados com valores iguais em certo grupo; q corresponde ao número de grupos contendo valores iguais na série de dados em um grupo p . A estatística do teste de Mann-Kendall é baseada no valor da variável Z_{MK} calculado conforme a seguinte equação:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Através do teste bilateral, considerou-se um nível de significância (α) de 5%, ou seja, rejeitou-se a hipótese de ausência de tendência quando o valor-p foi inferior ao nível α .

Quanto ao teste de Sen's Slope, este permite identificar se houve ou não existência de mudanças de tendência na série (Sena; Lucena, 2013). 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):

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

Em que: S_e refere-se ao 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.

O teste de Pettitt, por sua vez, indica se duas amostras provenientes da mesma série temporal podem ser consideradas pertencentes à mesma população. Esta estatística é representada conforme a equação a seguir (Ferreira; Penereiro; Fontolan, 2015):

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^t \text{sign}(Y_i - Y_j) \text{ para } t=2, \dots, T$$

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):

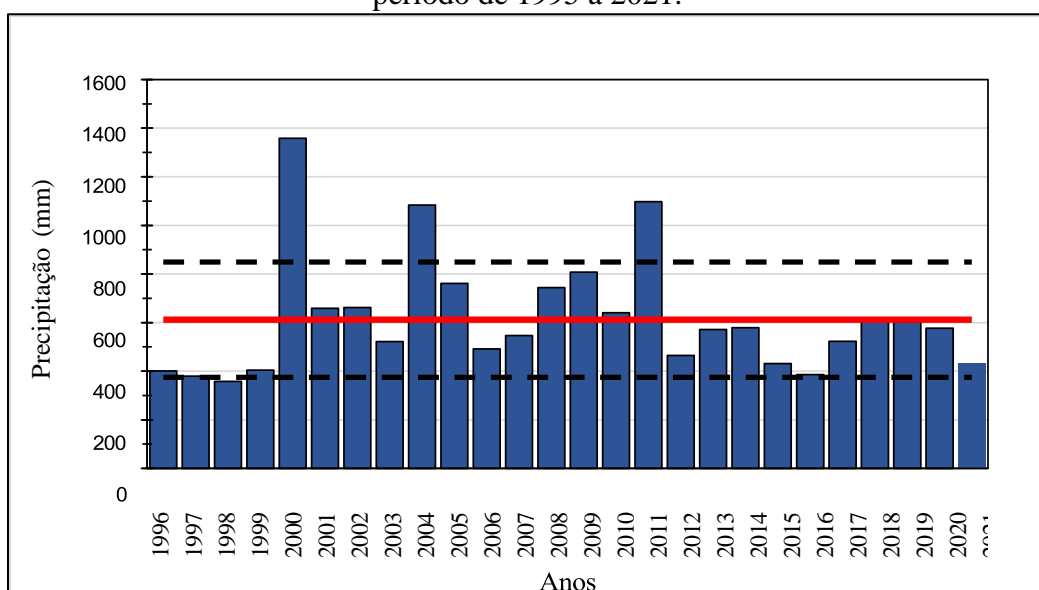
$$K_T = \frac{\max}{1 < i < T} |U_{t,T}|$$

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 fórmula: $p \approx 2 \exp \{6^2 / (T^3 + T^2)\}$. Maiores detalhes da metodologia podem ser vistos em Pettitt (1979).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação anual de Campina Grande no decorrer dos 27 anos apresentou um comportamento médio de 611,56 mm. No que diz respeito ao menor valor acumulado encontrado para a série este ocorreu no ano de 1998 com 358,50 mm e o maior no ano de 2000 com o total de 1358,30 mm. Quanto ao desvio padrão observados, o que obteve maior destaque foi o superior (em relação à média) uma vez que este indicou a ocorrência de 3 eventos extremos ocorridos nos anos de 2000 (1358,30 mm), 2004 (1084 mm) e 2011 (1097,1) como visto na Figura 2.

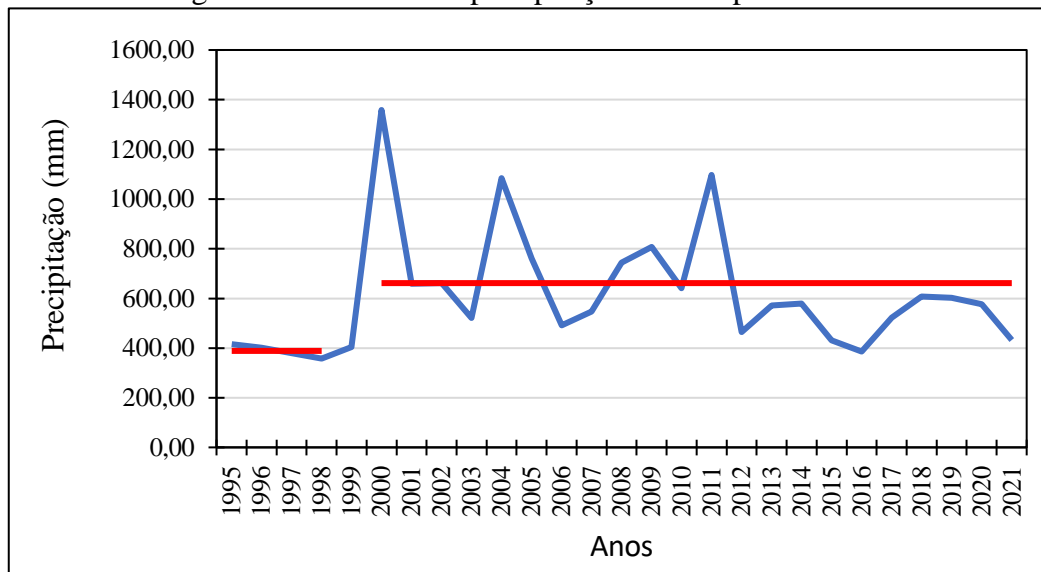
Figura 2- Comportamento pluviométrico do município de Campina Grande entre o período de 1995 a 2021.



Fonte: Elaboração autores, 2024.

A partir dos testes de Mann-Kendall e Sen's Slope para o município de Campina Grande foi possível observar uma tendência positiva não significativa, uma vez que a estatística do Z_{Mk} apresentaram valores positivos de 0,41 e o p-valor possui de 0,67, sendo assim superior ao superior ao nível de significância α de 5% (0,05). Através da curvatura Sen's slope verificou-se uma magnitude 1,55. Já o teste de Pettitt mostrou para a série histórica uma ruptura no ano de 1999 como visto na Figura 2.

Figura 3- Tendência de precipitação de Campina Grande.



Fonte: Elaboração autores, 2024.

Um dos motivos que pode ter ocasionado a ruptura da série pode estar atrelado ao aumento pluviométrico após o ano de ruptura, durante o período de 1995 a 1998 o município possuía uma média de 388,98 mm, após a ruptura a média passou a ser 661,43 mm, aumentando consideravelmente 70,04% na média. Conforme Duarte et al. (2018), durante o período de 1997 a 1999 o município de Campina grande sofreu uma seca severa apresentando déficit hídricos de 903,00 mm e intensidade de 301,00 mm/ano o que causou sérios impactos para pequenos agricultores em função deste não terem condições financeiras para armazenar água e alimentos para os animais e pessoas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da precipitação realizada no presente estudo possibilitou o conhecimento do comportamento climático de Campina Grande. Por meio do teste de Mann-Kendall observou-se a não existência de tendência significativa para a série, no entanto foi identificado que a precipitação ao longo dos anos possuiu uma variabilidade obtendo elevados totais pluviométricos na década de 2000, quanto os menores totais

pluviométricos presentes na série esses se concentraram principalmente entre os anos de 1997 a 1999 na localidade.

Palavras-chave: Precipitação; Tendências, Variabilidade.

REFERÊNCIAS

CABRAL JÚNIOR, J. B.; LUCENA, R. L. Analysis of precipitation by non-parametric tests of Mann-Kendall and Kruskal-Wallis. *Mercator* 19:1–14. 2020. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19001>.

DUARTE, J. G. P.; FARIAS, A. A. D.; SOUSA, F. D. A. S. D.; SOUZA, J. T. A.; RAMOS, M. M. Q. Secas e impactos na agropecuária no município de Campina Grande-PB. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, p. 289-297, 2018.

ELY, D. F.; DEBREUIL, V. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná–Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, 2017.

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.

FERREIRA, D. H. L.; PENEREIRO, J. C.; FONTOLAN, M. R. Análises estatísticas de tendências das séries hidro-climáticas e de ações antrópicas ao longo das sub-bacias do rio Tietê. **In: HOLOS**, Ano 31, Vol. 2, 2015.

GALVANI, E.; ALMEIDA, H. A. **Climatologia do regime de chuvas em Campina Grande, PB: modelos e variabilidades**. *ENTRE-LUGAR, [S. l.]*, v. 12, n. 24, p. 147–169, 2021. DOI: 10.30612/rel.v12i24.15076. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/15076>. Acesso em: 4 set. 2023.

GALVANI E.; LUCHIARI A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. Aracajú VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2004, p. 20 - 29.

HAMMER, O.; HARPER, D. A.T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9p, 2001.

JENSEN, N. E.; PEDERSEN, L. Spatial variability of rainfall: Variations within a single radar pixel. *Atmospheric Research*, v. 77, n. 1-4, p. 269-277, 2005.

JÚNIOR, J. B. C; LUCENA, R. L. análises das precipitações pelos testes não paramétricos de Mann-Kendall e Kruskal-Wallis. **Mercator** (Fortaleza), v. 19, p. e19001, 2020.

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

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

MACEDO, M. J. H. et al. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.

MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V.; ARAÚJO, W. R.; FILHO, M. C.; HOLANDA, R. M.; JUNIOR, J. C. M. C. (2021). comparativos das variabilidades do clima e do conforto ambiental nos municípios de campina grande e monteiro, PB. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 2, n. 11, p. e211874-e211874, 2021.

MELO, V. S.; LIMA, L. M. Caracterização da chuva da microrregião de Catolé do Rocha no Estado da Paraíba baseada em estatística aplicada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, p. 97-106, 2021.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. 1975.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo – Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico**. 241pp. Ilustr. Florianópolis: Ed.da UFSC, 1991.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 63, p. 9-26, 2016.

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

SILVA, V. et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 131-138, 2011.

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.

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.

SOUZA, L. S et al. Modelagem Espacial de Chuvas Intensas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, p. 373-383, 2022.

THANGJAI, W.; NIWITPONG, S.; NIWITPONG, S. Confidence intervals for the common coefficient of variation of rainfall in Thailand. **PeerJ**, v. 8, p. e10004, 2020.

ZAVATTINI, J. A. O paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Geografia**, p. 25-44, 2000.

ZAVATTINI, J. A. O tempo e o espaço nos estudos do ritmo do clima no Brasil. **Geografia**, p. 101-131, 2002.