

INFLUÊNCIA DA FLONA ARARIPE E DA ALTITUDE NA VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CHUVAS NO MUNICÍPIO DO CRATO-CE

Everton Alencar Patrício¹; **Ana Alice Cardoso Carneiro**²; **Ana Célia Maia Meireles**³; **Carlos Wagner Oliveira**⁴; **José Bandeira Brasil**⁵

¹bolsista. Ícaro Moreira de Sousa 00126, Bairro Muriti. Universidade Federal do Cariri; ²bolsista. Ícaro Moreira de Sousa 00126, Bairro Muriti. Universidade Federal do Cariri; ³Docente. Ícaro Moreira de Sousa 00126, Bairro Muriti. Universidade Federal do Cariri; ⁴Docente. Ícaro Moreira de Sousa 00126, Bairro Muriti. Universidade Federal do Cariri; ⁵Bolsista. Ícaro Moreira de Sousa 00126, Bairro Muriti. Universidade Federal do Cariri

RESUMO

O conhecimento da dinâmica espaço-temporal da distribuição e ocorrência das chuvas é essencial. Assim, este trabalho visa analisar os fatores que influenciam o comportamento da variação espaço-temporal da chuva mensal e anual em dois postos pluviométricos no município do Crato. O município localiza-se na base da Chapada do Araripe no extremo-sul do estado do Ceará, na Microrregião do Cariri. Os dados foram coletados dos postos Cratosede e Lameiro, no período (1994 a 2022), obtidos no site da FUNCEME. Em ambos os postos, 84% do total da chuva concentra-se no período chuvoso (dezembro a abril). Para os dois postos em estudo, o mês mais chuvoso é março, representando 22% do total de chuvas e, agosto, o menor com 0,2% do total. O semestre considerado seco ocorre de maio a novembro, com apenas 16% do total anual de chuvas. Apesar do comportamento dos postos ser semelhante, os meses referentes ao período chuvoso na região apresentam diferença estatística ao nível de 5% de significância, tendo maiores valores para o posto Lameiro. Os resultados comprovam que o posto Lameiro registra maior total de chuva ao longo dos meses e 12% a mais de chuva média anual. Essas diferenças entre os dois postos analisados são devidas as características específicas de cada local de estudo. O posto Lameiro registra maiores alturas de chuva devido à sua altitude de 455 m em relação ao posto do Crato, que tem altitude de 435 m. Esses resultados confirmam que existe alta variabilidade espaçotemporal das chuvas dentro do próprio município.

PALAVRAS-CHAVE: Características da chuva; Floresta Nacional do Araripe; Posto pluviométrico;;

INTRODUÇÃO

Em regiões semiáridas como o Nordeste brasileiro, o conhecimento da dinâmica espaçotemporal da distribuição e ocorrência das chuvas é essencial para o desenvolvimento socioeconômico dessa região ou bacia hidrográfica. Essas regiões apresentam alta variabilidade espacial e temporal da precipitação, além de conviverem com extremos climáticos, como constantes secas e enchentes. A chuva na região tem uma distribuição anômala, com o início da estação chuvosa ocorrendo de dezembro a maio, dependendo da área da região (GUERREIRO et al., 2013). Inserido nessa zona climática, o município do Crato está localizado na base da Chapada do Araripe no extremo sul do estado do Ceará, na Microrregião do Cariri. O município se diferencia de outras cidades do semiárido pela diferença de clima, devido à influência direta do efeito orográfico da Chapada do Araripe na qual está localizada a Floresta Nacional do Araripe - Flona Araripe (SAMPAIO et al., 2019). Estudos voltados para a análise dos fatores específicos que influenciam o comportamento da variação espaço-temporal das chuvas entre os postos pluviométricos dentro do município do Crato ainda são escassos e, os existentes são voltados para a análise do comportamento das chuvas na Região Metropolitana do Cariri (SOUZA et al., 2019) ou ainda, o comportamento da precipitação de apenas 1 posto no município do Crato (SAMPAIO et al., 2019). A altitude no topo da Flona Araripe pode chegar a 920 m, enquanto o município está localizado a uma altitude em torno de 425m. Este cenário pode influenciar diretamente nas características da altura total das chuvas anuais, mensais e diárias nas diferentes estações pluviométricas do município.

OBJETIVOS

Assim, este trabalho visa analisar os fatores que influenciam o comportamento da variação espaço-temporal da chuva mensal e anual em dois postos pluviométricos no município do Crato-CE durante 29 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo A área de estudo está localizada no município do Crato, inserido na sub-bacia da bacia hidrográfica do Salgado, na região do Cariri, Ceará, Nordeste do Brasil (Figura 1) e possui clima tropical - Aw. As coordenadas geográficas do ponto central dos postos pluviométricos são: 7°14' S e 39°24' W, com altitude variando entre 435 e 455 m acima do nível do mar para os postos Crato-sede e Lameiro, respectivamente. O município do Crato está inserido na região metropolitana do cariri, sendo composta por 9 municípios, com área aproximadamente de 5.460,0 km² (SAMPAIO et al., 2019).

O município do Crato, localiza-se na base da Chapada do Araripe no extremo-sul do estado do Ceará, na Microrregião do Cariri. Por estar localizado na base da Chapada do Araripe, suas temperaturas são relativamente baixas no inverno, embora elevadas no verão, ao contrário de outras áreas do Nordeste do Brasil. O município ocupa uma área total de 1.138,1 km², população de 133.913,0 habitante de acordo com o levantamento do IBGE e se diferencia das outras cidades de regiões semiáridas pela diferença climática, pela influência direta do efeito orográfico da Chapada do Araripe na qual está inserida a Floresta Nacional do Araripe - Flona Araripe. Além dessas características, o sistema hídrico da região é constituído por mananciais de superfície, poços profundos e nascentes, já que o município possui características sedimentares.

Coleta dos dados de chuva Para o estudo da variabilidade espaço-temporal das chuvas no município do Crato, foram selecionadas as estações pluviométricas que apresentaram as maiores séries consistentes de dados. Dos 5 postos de monitoramento da chuva no município do Crato, apenas os postos Crato-sede e Lameiro apresentaram dados de chuva consistentes, para o período de estudo considerado. O local de estudo possui características climáticas úmidas, com temperaturas médias ao longo do ano variando entre 24 °C e 27 °C, com temperaturas máximas (período chuvoso) e mínimas (período seco) de 18 e 34°C, respectivamente (ARAÚJO et al., 2017), e com estações chuvosa e seca bem definidas. Em ambos os postos, os dados pluviométricos foram obtidos a partir de uma série histórica de 29 anos (1994 a 2022) no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Análises estatísticas descritivas e gráficos boxplots foram usados para avaliar a distribuição das características dos eventos de chuva analisados. A normalidade dos dados foi analisada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Como não houve aderência do teste de Kolmogorov-Smirnov, adotou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon com nível de confiança de 95% para verificar a variação espaço-temporal da chuva mensal para os postos do Crato e Lameiro. As análises estatísticas foram realizadas usando o Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 16.0, MINITAB versão 18 e as figuras no Microsoft Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas das características das chuvas na escala de eventos diários de 24 horas no Posto Crato e Lameiro durante o período estudado, de 1994 a 2022, são apresentadas na (Tabela 1). Em geral, a chuva mínima no posto Crato foi 0,2 mm e no posto Lameiro 0,4 mm e a mesma chuva máxima - 162,0 mm (Tabela 1), evidenciando a alta variabilidade nos totais de chuvas nos locais de estudo.

Em ambos os postos, a maior frequência de ocorrência (50%) de eventos individuais foi registrada para eventos com chuva total inferior a 9,0 mm e 10,0 mm - Q₂=50% (Tabela 1). Estudos de caracterização das chuvas também indicaram que a alta ocorrência de pequenos eventos

pluviométricos e a alta variabilidade temporal são características comuns das regiões semiáridas do Nordeste do Brasil (GUERREIRO et al., 2021; BRASIL et al., 2022). De acordo com a figura 2, o comportamento da variabilidade da chuva para o posto Crato (a) e posto Lameiro (b) são similares ao longo de cada mês investigado. A Figura 3 mostra a distribuição mensal (%) da contribuição de cada mês, sendo que em ambos os postos, 84% do total da chuva concentra-se no período chuvoso (dezembro a abril), conforme figuras 3a e 3b. Para os dois postos em estudo, o mês mais chuvoso é março, representando 22% do total de chuvas e, agosto, o menor com 0,2% do total (Figura 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Sampaio et al. (2019) na qual estudaram o comportamento da chuva de apenas 1 posto pluviométrico no município do Crato para o período de 1974 a 2009.

Souza et al. (2019) que estudaram o comportamento das chuvas na Região Metropolitana do Cariri concluíram que o período chuvoso se estende de janeiro a abril e o período seco de maio a dezembro, como observado neste estudo. Conforme visto na figura 2 para o mês de março, o total de chuva acumulada neste mês pode representar 50% do total de chuva média para o período de estudo em ambos os postos, comportamento semelhante ao observado por Andrade et al. (2010) para o estado do Ceará. Baseado em nossos resultados, o semestre considerado seco ocorre de maio a novembro, com apenas 16% do total anual de chuvas, conforme observado pela redução da amplitude do box plot (Figura 2) e variação percentual nos totais mensais (Figura 3) em ambos os postos. Essas características de distribuição das chuvas em cada posto evidenciam a alta variabilidade temporal de ocorrência da precipitação ao longo dos meses do ano, comum no estado do Ceará (GUERREIRO et al., 2013). Essa má distribuição das chuvas durante o ano, resulta em índices pluviométricos distintos, proporcionando assim rápidas respostas às mudanças do ambiente proporcionando grandes alterações na paisagem da vegetação ao longo da região semiárida do Nordeste do Brasil (BATISTA? SANTOS, 2013). De modo geral, a variabilidade intra e interanual na precipitação é provocada por diferentes sistemas atmosféricos que atuam no Nordeste brasileiro (SILVA et al., 2012), destacando-se principalmente os Vórtices Ciclônicos em Ar Superior, Zona de Convergência do Atlântico Sul e os Sistemas Frontais e o avanço da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) entre janeiro e maio, com um máximo em março-abril sobre o Nordeste. Esses fenômenos influenciam diretamente e indiretamente a ocorrência de chuvas sobre a região do Nordeste do Brasil (ANDRADE et al., 2010? SILVA et al., 2012? ANDRADE et al., 2016). O comportamento da variação temporal da chuva média mensal e da variação temporal da chuva mediana mensal para os postos do Crato e Lameiro são apresentados na Figura 4. As maiores chuvas médias e medianas são registradas nos meses referentes à estação chuvosa da região, como visto na figura 4. Observa-se que em ambos os postos a chuva média/mediana tem um comportamento semelhante ao longo dos meses, em que quando uma aumenta, a outra também aumenta ou vice-versa (Figura 4).

Na tentativa de investigar com maior precisão a variação mensal da chuva em ambos os postos, foi realizada uma análise estatística da chuva mediana ao longo dos meses por meio do teste de Wilcoxon. Apesar do comportamento das estações ser semelhante como já discutido, nos meses referentes ao período chuvoso na região (fevereiro a maio), os meses apresentam uma diferença estatística ao nível de 5% (Figura 4b). Por outro lado, os outros meses do ano não apresentaram diferença estatística ao nível de 5% pelo teste de Wilcoxon (Figura 4b)

Embora os postos estejam localizados próximos um do outro no município do Crato, os meses diferem estatisticamente ao longo do ano (Figura 4b) e na chuva média anual para o período de estudo (Figura 5). O posto do Crato possui uma chuva média anual de 1122,1 mm (Figura 5a) e o posto Lameiro uma chuva média anual de 1275,0 mm (Figura 5b). Os resultados comprovam que o posto Lameiro registra uma maior chuva ao longo dos meses (Figura 4), na chuva média anual e no total acumulado anual (Figura 5b), aumento esse de 12% em relação a chuva média anual para o posto do Crato. Em ambos os postos, o ano com maior chuva acumulada foi em 2011, com 1588,4 mm para o posto Crato (Figura 5a) e 1848,5 mm para o posto Lameiro (Figura 5b). Chuvas como a do ano de 2011 podem ser prejudiciais para pessoas que moram em áreas de risco, transbordamento de canais e impacto

direto na economia através de perdas da plantação, conforme também foi observado por Oliveira Junior et al. (2019)

Além disso, os dois postos apresentam serie históricas de chuvas com alternância de anos acima da média quanto abaixo (Figura 5), evidenciando os extremos do clima, como por exemplo, as constantes secas e cheias, comum nessa região de estudo (SAMPAIO et al., 2019). Analisando a figura 5, observa-se a variação das chuvas ao longo dos anos com valores acima da média histórica, anos abaixo da média histórica e outros próximos a média. O estudo de Silva (2017) destaca que os anos de 1985 e 2011 foram classificados como muito chuvoso e 1993 e 2012 como muito seco. De acordo com a Figura 5, evidenciam-se dois períodos sucessivos com precipitação abaixo da média: 1997 - 2003 e a seca mais recente (2012 a 2017), em que para o posto Crato todos os anos ficaram abaixo da média histórica (Figura 5a) e para o posto Lameiro, apenas os anos de 2013 e 2014 ficaram acima da média (Figura 5b). De acordo com o estudo de Marengo et al. (2022) os anos com seca foram observados durante o El Nino em 1983, 1998 e 2016, bem como em outros anos caracterizados por águas superficiais quentes no Atlântico Norte Tropical. Este foi o caso da seca de 2012- 2018 com clima tropical mais quente no Atlântico Norte e agravada por um evento El Nino em 2016 (MARENGO et al., 2020). Influências do Oceano Pacífico tropical por meio do El Nino e de um Atlântico Norte tropical mais quente que move a ZCIT de forma anômala para o norte são as principais causas da deficiência de chuva e seca na região. Essa diferença estatística na distribuição das chuvas ao longo dos meses e no total anual se deve às características específicas do município do Crato. O município fica próximo ao topo da Flona Araripe, que sofre influência direta do efeito orográfico da Chapada do Araripe, onde as temperaturas tendem a ser mais frias devido à altitude. Por estar localizado no sopé de uma floresta onde a altitude no topo da Flona Araripe pode chegar a 920 m e o município estar localizado a uma altitude em torno de 425 m, sofre influência direta da altitude e da Flona Araripe no total de precipitação anual e mensal em cada posto. Esse efeito fica evidente ao analisar as altitudes de cada posto em relação ao topo da Flona Araripe. Apesar das duas estações estarem próximas - 0,8 km em linha reta, o posto do Lameiro registra mais chuvas devido à sua altitude de 455 m em relação ao posto do Crato, que tem altitude de 435 m. Esses resultados confirmam a alta variabilidade espaço-temporal das chuvas dentro do próprio município. De acordo com Pepin et al. (2022), a altura de chuva geralmente aumenta com a elevação. No entanto, as relações precipitação-elevação são muito variáveis no espaço e dependem da escala considerada.

CONCLUSÃO

No município do Crato-CE, os postos pluviométricos Crato-sede e Lameiro apresentam duas estações bem definidas: estação chuvosa que se concentra de dezembro a abril com 84% do total da precipitação, tendo o mês de março como o mais chuvoso com 22% do total de chuvas. O semestre considerado seco ocorre de maio a novembro, com apenas 16% do total anual de chuvas. Apesar do comportamento das estações ser semelhante, os meses referentes ao período chuvoso na região apresentam uma diferença estatística ao nível de 5% de significância, tendo maiores valores para o posto Lameiro. As diferenças entre os dois postos analisados são devidas as características específicas de cada local de estudo. O posto Lameiro registra maiores chuvas devido à sua altitude de 455 m em relação ao posto do Crato, que tem altitude de 435 m. Esses resultados confirmam que existe alta variabilidade espaço-temporal das chuvas dentro do próprio município.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) da Universidade Federal do Cariri (UFCA) pela logística para realização do trabalho, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo seu apoio financeiro aos bolsistas participantes desta pesquisa e à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME pelo fornecimento dos dados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. M.; SENA, M. G. T.; SILVA, A. G. R.; PEREIRA, F. J. S.; LOPES, F. B. Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 10, n. 2, p. 88-95, 2016. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3500>. ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIO, H. A. Q. O semiárido cearense e suas águas. In: Andrade, E. M.; Pereira, O. J.; Dantas, F. E. R. (Eds.) *O Semiárido e o manejo dos recursos naturais*. Fortaleza: Imprensa Universitária, cap. 3, pp 56-80, 2010. ARAÚJO, A. O.; MENDONÇA, L. A.R.; LIMA, M. G. de S.; MENDONÇA, E. de S.; SILVA, F. J. A. da; SASAKI, J. M.; OLIVEIRAJÚNIOR, A. I. de; FEITOSA, J. V. Adjustment of decay rates of organicmatter in a Latossolo Vermelho-Amarelo in the Araripe National Forest, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, v. 12, n. 8, p. 588 - 596, 2017. BRASIL, J. B., ANDRADE, E. M. D., PALÁCIO, H. A. Q, FERNÁNDEZ-RAGA, M., RIBEIRO FILHO, J. C., MEDEIROS, P. H. A., & GUERREIRO, M. S. Canopy Effects on Rainfall Partition and Throughfall Drop Size Distribution in a Tropical Dry Forest. *Atmosphere*, v. 13, n. 7, p. 1126, 2022. <https://doi.org/10.3390/atmos13071126>. BATISTA, J. L. O.; SANTOS, R. L. A caracterização do uso e ocupação do solo de uma zona semiárida entre 1993 a 2008 através da classificação supervisionada Maxver: o caso do município de Teofilândia, Bahia (BA)-Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, v. 54 n. 1, p. 99-111, 2013. GUERREIRO, M. J. S., ANDRADE, E. M., ABREU, I., E LAJINHA, T. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 33, n. 14, p. 2929-2939, 2013. <https://doi.org/10.1002/joc.3645>. GUERREIRO, M. S., ANDRADE, E. M., PALÁCIO, H. A. Q., BRASIL, J. B., E RIBEIRO FILHO, J. C. Enhancing Ecosystem Services to Minimize Impact of Climate Variability in a Dry Tropical Forest with Vertisols. *Hydrology*, v. 8, n. 1, p. 46, 2021. <https://doi.org/10.3390/hydrology8010046>. MARENGO, J. A., GALDOS, M. V., CHALLINOR, A., CUNHA, A. P., MARIN, F. R., VIANNA, M. D. S., ... & BENDER, F. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security. *Climate Resilience and Sustainability*, v. 1, n. 1, p. e17, 2022. <https://doi.org/10.1002/cli2.17>. MARENGO, J. A., CUNHA, A. P. M., NOBRE, C. A., RIBEIRO NETO, G. G., MAGALHAES, A. R., TORRES, R. R., ... & ÁLVALA, R. C. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 C. *Natural Hazards*, v. 103, p. 2589-2611, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04097-3>. OLIVEIRA JÚNIOR, A.I.; MARTINS, E. S.; COSTA, C.T.F.; CALDAS. H.F.M. Análise da precipitação e determinação de equações de chuvas intensas para o município de Crato/CE situado no semiárido do Brasil. *Revista GEAMA*, v. 5, n. 3, p. 56-65, 2019. <https://journals.ufpe.br/index.php/geama/article/view/2806>. PEPIN, N. C., ARNONE, E., GOBIET, A., HASLINGER, K., KOTLARSKI, S., NOTARNICOLA, C., ... & ADLER, C. Climate changes and their elevational patterns in the mountains of the world. *Reviews of Geophysics*, v. 60, n. 1, p. e2020RG000730, 2022. <https://doi.org/10.1029/2020RG000730>. SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)*, v. 27, n. 2, p. 163-172, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200005>. SILVA, J. M. O. Utilização de anos-padrão no estudo da variabilidade pluviométrica no município do Crato/Ceará. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, v. 1, p. 2060-2072, 2017. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2421>.
- SOUSA, S. G. Análise temporal do comportamento da precipitação pluviométrica na Região Metropolitana do Cariri (Ce), Brasil. *Revista Geográfica da América Central*, 2 (63), 319 - 340, 2019. <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.12> SAMPAIO, M. R. L.; BARBOZA, E. N.; CRISOSTOMO, N. C.; BEZERRA NETO, F. das C.; SILVA, D. H. da; FELIZARDO, R. de O.; PINTO, N. A. Estudo comportamental da precipitação pluviométrica no município de Crato-Ceará, no período entre 1974-2009. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 27-33, 2019. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/7729>