



CLIMATOLOGIA DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM MACEIÓ, ALAGOAS

Marcus Vinicius da Silva Leonardo Firmino
Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil
mvsfirmino@hotmail.com

Daniele Tôres Rodrigues
Docente do Departamento de Estatística da Universidade Federal do Piauí, Brasil
mspdany@gmail.com

Jório Bezerra Cabral Júnior
Docente do Programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade Federal de Alagoas,
Maceió, Alagoas, Brasil
jorio.cabral@gmail.com

RESUMO – Situada a leste do NEB, Maceió está vulnerável às consequências dos Eventos Extremos de Precipitação (EEP), porção onde os EEP são mais frequentes e intensos. Assim, objetivou-se: estabelecer a climatologia mensal e anual da precipitação em Maceió; quantificar os EEP diária, mensal e anualmente; verificar se há tendência significativa na frequência e intensidade de EEP. Para isso foram utilizados dados mensais de precipitação em Maceió, de 1980 a 2020, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Com obtenção dos dados, utilizou-se estatísticas descritivas para caracterização pluvial. Foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall para verificar se há tendência, mensal e anual, da precipitação em Maceió. Os EEP diária foram definidos pela técnica de percentis, cujo percentil foi igual ou superior 95% (P95). Entre os principais resultados, destacam-se que os meses de abril a julho são mais chuvosos, com média mensal de 265,3 mm, julho representa o mais chuvoso (296,6 mm). Para precipitação anual, o ano mais chuvoso foi em 2017 (3005,8 mm), quando precipitou 68,6% acima da média esperada (1782,1 mm). Sobre os EEP, em Maceió é considerado quando o valor supera 37,2 mm/dia (P95). O máximo de precipitação ocorrido em um dia foi registrado em seis de junho de 2010 (187,8 mm/dia).

Palavras-chave: Quadra chuvosa; Mann-Kendall; Tendência.

CLIMATOLOGY OF EXTREME PRECIPITATION EVENTS IN MACEIÓ, ALAGOAS

ABSTRACT – Located east of the NEB, Maceió is vulnerable to the consequences of Extreme Precipitation Events (EPE), a portion where EPE are more frequent and intense. Thus, the objective was to: establish the monthly and annual climatology of precipitation in Maceió; quantify EPE daily, monthly and annually; check whether there is a significant trend in the frequency and intensity of EPE. For this, monthly precipitation data in Maceió, from 1980 to 2020, from the National Institute of Meteorology (INMET) were used. To obtain the data, descriptive statistics were used to characterize rainfall. The Mann-Kendall non-parametric test was used to check whether there is a monthly and annual trend in precipitation in Maceió. The daily EPE were defined using the percentile technique, the percentage of which was equal to or greater than 95% (P95). Among the main results, it is worth highlighting that the months from April to July are the rainiest, with a monthly average of 265,3 mm, July being the wettest (296,6 mm). For annual precipitation, the wettest year was in 2017 (3005,8 mm), when precipitation was 68,6% above the expected average (1782,1 mm). About EEP, in Maceió it is considered when the value exceeds 37,2 mm/day (P95). The maximum rainfall in one day was recorded on June 6, 2010 (187,8 mm/day).

Keywords: Rainy season; Mann-Kendall; Trend.

INTRODUÇÃO

De acordo com Reis et al. (2020), a precipitação é caracterizada como toda forma de água proveniente da atmosfera e que é depositada na superfície terrestre na forma de chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. Para Soares, Paz e Piccilli (2016), identificar e medir padrões de ocorrência das chuvas traz subsídios imprescindíveis para o planejamento e operação de diversos setores da sociedade, que impactam na disponibilidade hídrica (CABRAL JÚNIOR, BEZERRA, 2018; CABRAL JÚNIOR e LUCENA, 2019; MEDEIROS et al., 2021), na agricultura (CABRAL JÚNIOR et al., 2019; SILVA et al., 2022; VALE et al., 2023; SILVA et al., 2023a), na quantidade de biomassa no solo (CABRAL JÚNIOR, SILVA e REIS, 2022) e demais análises que envolvam o regime hídrico em bacias hidrográficas (RODRIGUES et al., 2021; JANGARELLI, CABRAL JÚNIOR e NASCIMENTO, 2022).

Conforme destacado por Santos, Fragoso Júnior e Souza (2019), eventos de precipitação de elevada magnitude podem gerar catástrofes quando combinados com regiões propensas a movimentos de massa ou alagamentos e inundações. Para Molina, Cardoso e Nogueira (2015), áreas como encostas e margens de rios são mais vulneráveis à influência das precipitações e, portanto, são regiões consideradas de risco.

Os eventos extremos, de acordo com Rodrigues et al. (2020), são caracterizados por possuir, geralmente, uma raridade em acontecer, realizados através de certas variáveis meteorológicas como a precipitação, temperatura, entre outras. São esses eventos que podem se tornar responsáveis por afetar a estrutura de uma cidade, além de prejudicar a população, através de inundações, secas, entre outras ações. A cidade de Maceió, devido à sua localização na parte leste do Nordeste do Brasil (NEB), está vulnerável às consequências dos Eventos Extremos de Precipitação (EEP), porção onde os EEP são mais frequentes e intensos (RODRIGUES et al., 2020). É evidenciado que essa região leste do NEB está situada nas mais expostas a deslizamentos de solo e inundações por causa dos EEP (MARENGO et al., 2021).

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2021), as atividades antropogênicas têm contribuído para o aumento das alterações climáticas. Com o aumento da poluição do ar causado pelas indústrias, o crescimento das áreas urbanas, a diminuição das áreas verdes, entre outros fatores, os EEP estão se tornando cada vez mais frequentes no Brasil (DIAS, 2014). Estas mudanças ambientais têm implicações tanto positivas quanto negativas na sociedade, em especial na agricultura, saúde e recursos hídricos, interferindo na economia e qualidade de vida da população.

Para Bernstein et al. (2007), observou-se alterações na frequência e/ou intensidade de eventos extremos ao longo das últimas cinco décadas. Isso inclui um aumento na ocorrência de EEP em várias regiões do mundo. Durante esse período, a precipitação aumentou significativamente nas partes leste das Américas do Sul e Norte, norte da Europa e centro da Ásia, enquanto diminuiu no Sahel, Mediterrâneo, sul da África e partes do sul da Ásia.

De acordo com Armond e Sant'anna Neto (2017), é importante ressaltar que os EEP se caracterizam por quantidades de chuvas significativamente acima ou abaixo dos valores totais médios. Ainda segundo os autores, acredita-se que a ocorrência de eventos de chuva intensa (superiores às médias ou dos padrões da dinâmica do local em análise) desencadeia uma série de transtornos, sobretudo em áreas urbanas com alta impermeabilização do solo e modificações das bacias, localizadas próximas a córregos e rios.

A avaliação das frequências dos EEP é de vital importância para diversas áreas, pois sem ela torna-se difícil um eficiente planejamento frente às diferentes intensidades de precipitação, no tempo e no espaço. Dentre as quais, destacam-se as áreas onde há maior concentração populacional, ou seja, áreas urbanas. Nesse sentido, destaca-se a capital alagoana, que possui 957.916 de pessoas (IBGE, 2023) e mais de 500 áreas de risco frente aos EEP (SANTOS, FRAGOSO JÚNIOR e SOUZA, 2019), dentre os quais têm-se potencialmente tornado mais

frequente os deslizamentos de solo, enchentes, inundações, obstruções de estradas e rodovias, alagamentos e diversos outros transtornos no meio urbano e rural, que impactam o meio ambiente e os diferentes setores socioeconômicos.

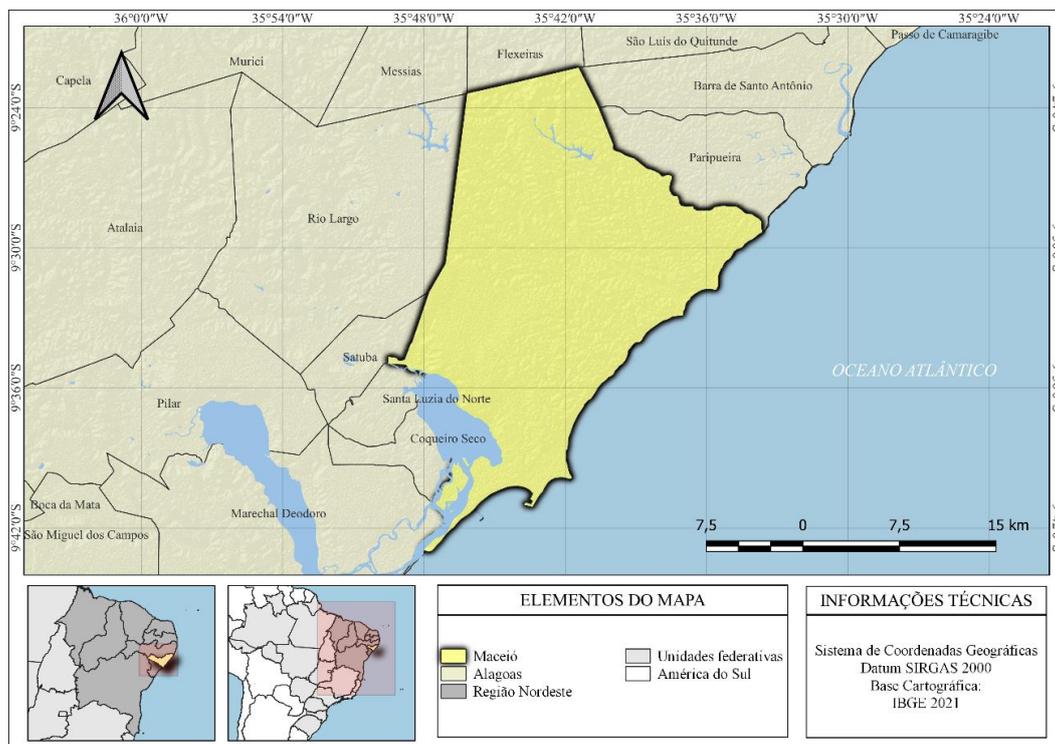
Os objetivos neste trabalho são: (I) analisar a climatologia mensal e anual da precipitação em Maceió; (II) quantificar os extremos de precipitação diária, por mês e anualmente; (III) verificar se há tendência significativa na frequência e intensidade de EEP.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A capital alagoana, situada em Alagoas (Figura 1), na região Nordeste do Brasil, abrangendo as coordenadas geográficas entre 9°22'15.66" S e 9°43'1.35" S de latitude, e 35°49'31.46" O e 35°33'36.10" O de longitude, o estado de Alagoas que é composto por 102 municípios, organizados em três mesorregiões distintas: Agreste, Leste e Sertão Alagoano, sendo Maceió localizada na porção Leste (IBGE, 2021). A população do município é de cerca de 957.916 pessoas, que se distribui em uma área total que abrange 509,320 km² (IBGE, 2023).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.



Org. Autor (2023)

No que diz respeito à classificação climática de Köppen, Alagoas apresenta predominantemente dois tipos de clima: Tropical chuvoso na região leste e Semiárido na região oeste, sendo Maceió do Clima Tropical (As') com precipitação média anual superior a 800 mm, e período chuvoso entre abril e julho (ALVARES et al., 2013) e temperatura média mensal do mês mais frio superior a 18°C (SILVA et al., 2023b).

Dados

Foram utilizados dados de precipitação diária para Maceió, com uma série de 41 anos (1980 a 2020), sem interrupção. Esses dados foram disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Processos metodológicos

De posse dos dados diários, determinou-se a climatologia mensal e anual para os acumulados de precipitação, a partir de análises estatísticas descritivas (média, mediana, desvio padrão, frequências). Considerou-se como estação chuvosa e seca os períodos que obtiveram, respectivamente, a sequência de meses mais chuvosos e menos chuvosos. Os extremos de precipitação também foram analisados estatisticamente. Em seguida, foram gerados gráficos de barras, linhas e boxplots, para representar os resultados atingidos.

Análise de eventos extremos

Foram calculados os valores máximos de precipitação, de forma diária, mensal e anual, e após comparados com o valor esperado em função de constatar quanto do acumulado de um dia pode representar em relação ao acumulado mensal. Os Eventos Extremos de Precipitação (EEP) diária foram definidos através da técnica de percentis, logo, leva-se em consideração os valores em que o percentil foi igual ou maior que 95%. Nos cálculos foram contabilizados apenas os dias que tiveram precipitação igual ou superior a 1 mm.

Análise de tendência

Foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) para definir se existe tendência, mensal e anual, da precipitação em Maceió. Os processos do teste verificam-se nas equações 1, 2, 3 e 4.

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{ sinal } (x_j - x_i) \quad (1)$$

Na equação mencionada, "S" representa o resultado da soma entre os valores $(x_j - x_i)$, em que x_j é o valor posterior a x_i , e "n" é o número total de dados na série temporal. Para cada par de dados, esses são os valores relacionados:

$$\text{ sinal } = \begin{cases} +1 & \text{ se } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{ se } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{ se } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

A distribuição de probabilidade da estatística S volta-se para normalidade quando há grandes amostras de observações (n), tem uma média igual a zero e que varia de acordo com a equação 3:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (3)$$

Sendo: t_p - o número de dados com valores iguais em certo grupo; q - o número de grupos contendo valores iguais na série de dados em um grupo p . A estatística do teste de Mann-Kendall tem como base o valor da variável ZMK, calculado através da equação 4:

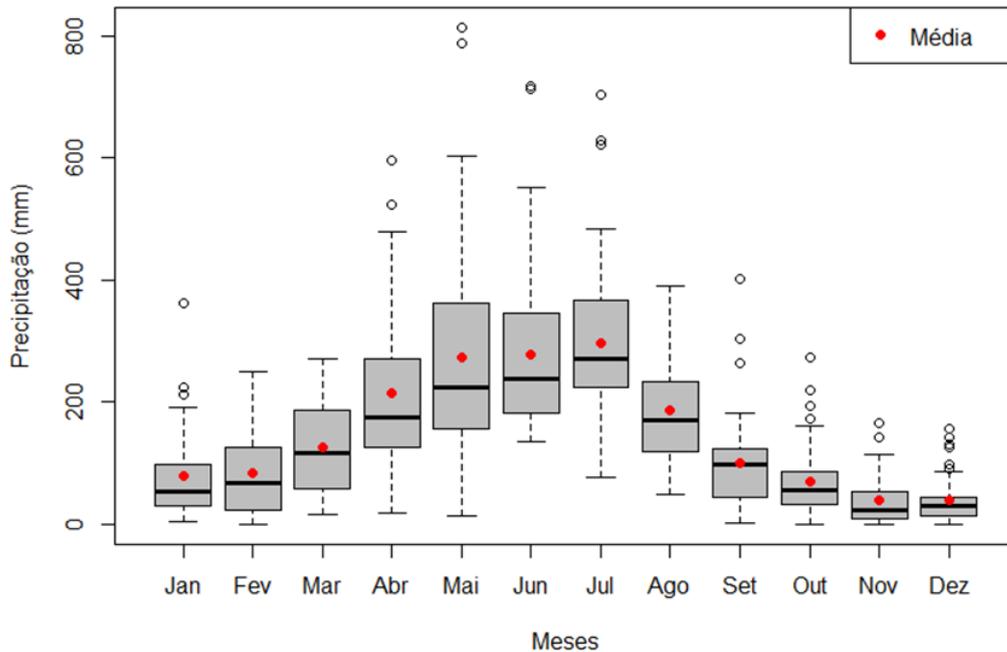
$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

No teste de Mann-Kendall, através do pacote R package version 1.1.4. (POHLERT, 2020), realizado neste estudo, considerou-se um nível de significância estatística de 5%, análise por meio do software estatístico livre R 4.0.2 (R Core Team, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verifica-se na Figura 2 a variabilidade mensal da precipitação em Maceió, Alagoas. A estação mais chuvosa ocorre nos meses entre abril (213,3 mm) a julho (296,6 mm), sendo abril e julho os meses menos e mais chuvosos da estação chuvosa, respectivamente. Em contrapartida, outubro a janeiro destaca-se como o período mais seco da série, durante esses meses a média de precipitação é de 56,3 mm, sendo o mês de novembro o de menor média de precipitação, com 38,9 mm. O acumulado de precipitação média anual corresponde a 1782,1 mm.

Figura 2. Variabilidade mensal da precipitação em Maceió, Alagoas. Período de 1980 a 2020.



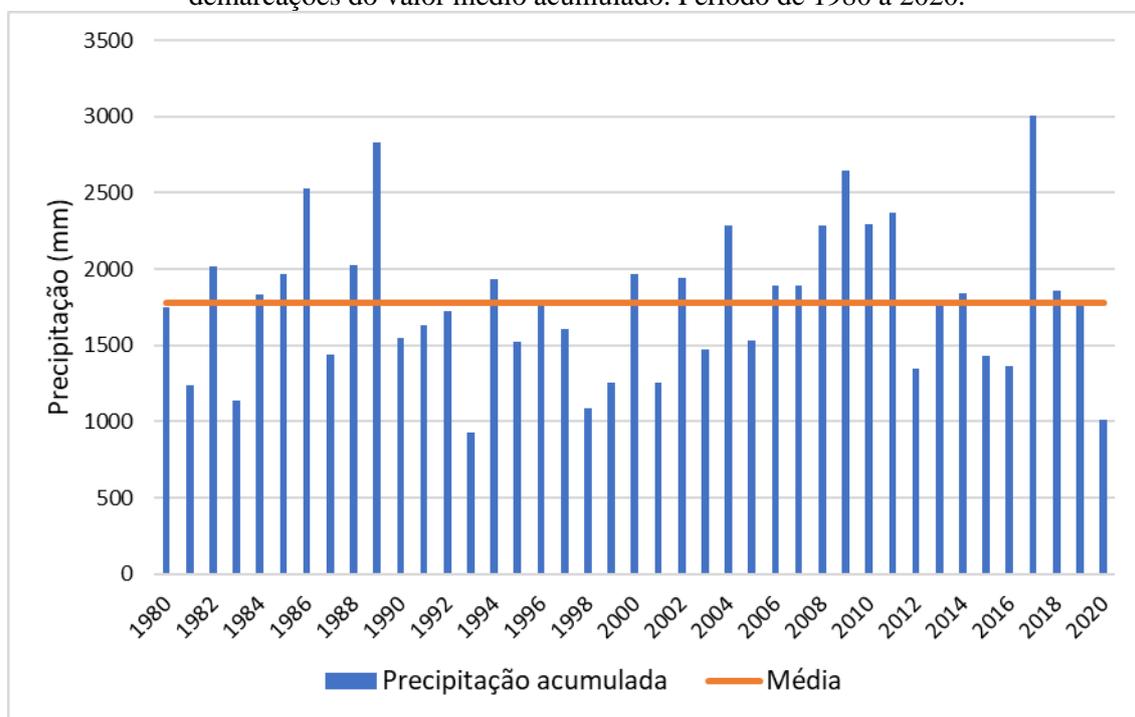
Org. Autores (2023)

Vale destacar que a distribuição da precipitação é assimétrica, cujo coeficiente de assimetria é positivo, ou seja, possui médias maiores que as medianas. Os valores discrepantes dos extremos de precipitação máxima mensal são exemplificados através de círculos na cor preta (Figura 2), sendo responsáveis por fazer com que os valores médios superem os valores medianos.

A ocorrência do elevado quantitativo de precipitação média, na estação das chuvas, e os respectivos extremos estão predominantemente associados às condições oceânicas e suas relações com a atmosfera. Nesse sentido, é importante destacar a atuação de dois sistemas meteorológicos durante a estação chuvosa, denominados de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL's) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (REBOITA et al., 2010).

De acordo com a precipitação anual, Figura 3, o ano mais chuvoso foi registrado em 2017 com a precipitação acumulada de 3005,8 mm. Enquanto, o ano mais seco apresentado possui valor de 926,3 mm, evidenciado em 1993. Cerca de 55% dos anos ultrapassam o valor médio acumulado de 1782,1 mm, esse percentual representa 22 anos dos 41 analisados pela série histórica (1980 a 2020).

Figura 3. Variabilidade anual da precipitação de Maceió, Alagoas; como as respectivas demarcações do valor médio acumulado. Período de 1980 a 2020.



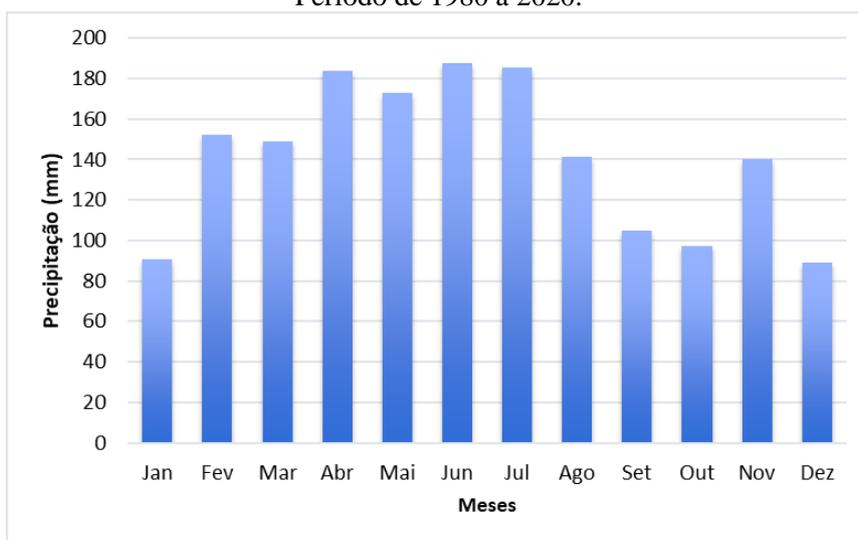
Org. Autores (2023)

De acordo com Alves, Cavalcanti e Nóbrega (2013), durante o ano de 2010, as chuvas intensas observadas no setor leste dos estados de Pernambuco e Alagoas resultaram na ocorrência de inundações em vários municípios, com danos materiais e ambientais, perda de vidas e grandes prejuízos econômicos e sociais. Ainda de acordo com os autores, em Alagoas, as chuvas que ocorreram no início de junho também contribuíram para a saturação do solo e o aumento do escoamento superficial. Através da Figura 3, é possível verificar que o ano de 2010 destaca-se por ultrapassar a média de precipitação, além de estar entre as seis maiores precipitações para o período analisado.

Os extremos de precipitação na escala diária também foram analisados. Observou-se que em Maceió, Figura 4, os valores máximos de precipitação extrema ocorrem nos meses da quadra chuvosa. Junho se destaca por ter registrado o máximo de chuva em um dia com valor 187,8 mm/dia, ocorrido em seis de junho de 2010, seguido pelos meses de julho (185,6 mm/dia), 12 de julho de 1989, e abril (184 mm/dia), 28 de abril de 1982.

Enquanto dezembro e janeiro possuem precipitação inferior a 100 mm/dia, com valores sucessivos de 89,2 mm/dia e 90,4 mm/dia. Dessa forma, esses extremos, para esse período específico, podem ser atribuídos a outro mecanismo da atmosfera, denominado de Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) (REBOITA et al., 2010), que propicia ocorrência de precipitação intensa, especialmente nas regiões de bordas desse vórtice, quando atua sobre o NEB.

Figura 4. Valor máximo de precipitação diária, ocorridos mensalmente, em Maceió, Alagoas; Período de 1980 a 2020.

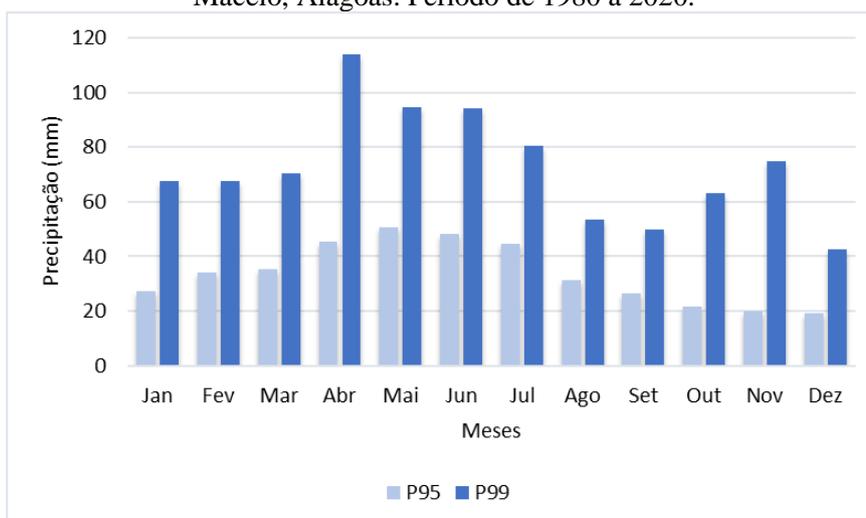


Org. Autores (2023)

Os P95 e P99, de acordo com os dados diários, variam conforme os meses da série de 1980 a 2020. Durante os meses de abril e julho, o valor do P95 possui um valor entre 45,5 e 44,7 mm/dia, e maio tem o maior valor da quadra chuvosa, com 50,6 mm/dia. Por outro lado, o P99 possui os maiores extremos situados no período chuvoso, varia de 113,9 a 80,4 mm/dia, entre os meses de abril e julho, respectivamente.

De acordo com Girão et al. (2012), a confluência de variados sistemas e/ou condições atmosféricas e oceânicas, propícios para eventos pluviais, tendem a intensificar os eventos. Em outras palavras, durante eventos extremos, é comum a interação de dois ou mais fatores que influenciam a precipitação. Dessa forma, é possível a correlação dessas observações com os eventos extremos datados na cidade de Maceió.

Figura 5. Valor do Percentil 95 e 99 para os valores diários de precipitação, mensalmente, em Maceió, Alagoas. Período de 1980 a 2020.

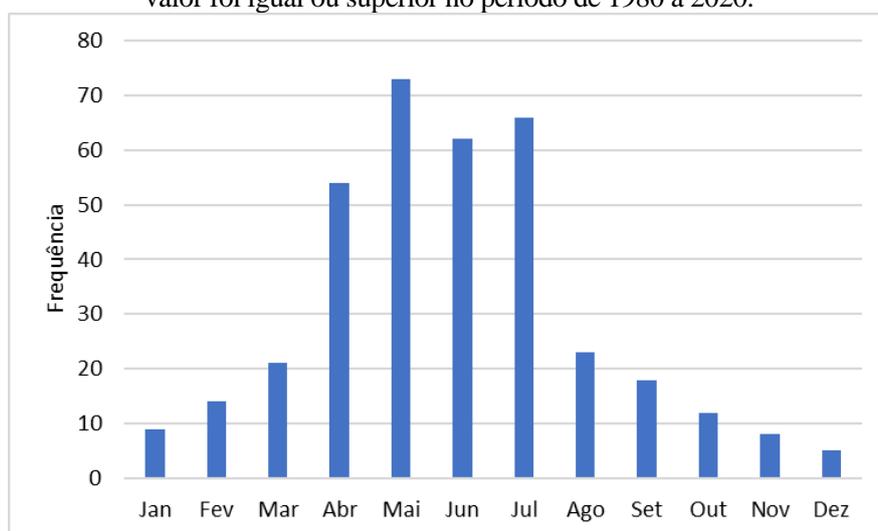


Org. Autores (2023)

O P95 para a base de dados de 1980 até 2020 é representado pelo valor de 37,2 mm/dia. Na Figura 6 são observadas as frequências absolutas em que o valor do percentil foi igual ou

superior ao P95. Destaca-se que é na estação chuvosa em que os extremos de precipitação mais se repetem, conforme esperado. Na quadra chuvosa, em ordem decrescente, esses extremos foram mais frequentes nos meses de maio, julho, junho e abril e obtiveram eventos extremos (maior que o P95) em 73, 66, 62 e 54 dias, respectivamente. Por outro lado, os 3 meses com menores frequências pertencem a janeiro, novembro e dezembro com 9, 8 e 5 dias com precipitação superior a 37,2 mm/dia.

Figura 6. Frequência do P95 calculada mês a mês, levando em consideração a quantidade em que o valor foi igual ou superior no período de 1980 a 2020.



Org. Autores (2023)

Verifica-se na Tabela 1 os valores da estatística Z e p-valor, mensal e anual, após aplicação do teste de tendência (TMK). De maneira geral, nota-se que não houve tendência estatisticamente significativa a 5% para rejeitar a hipótese de nulidade (de que não há tendência na ocorrência de eventos extremos em Maceió), tanto na escala mensal, quanto anual. O p-valor foi sempre superior a 0,1, com exceção para o mês de janeiro, que apresentou um valor-p de 0,06. Nesse sentido, o mês de janeiro possui tendência significativa a 10% considerando a série de 1980 a 2020 em Maceió, Alagoas.

Tabela 1. Estatísticas da precipitação mensal e anual (Valor de Z e p-valor do teste de Mann-Kendall) para Maceió, Alagoas. Período de 1980 a 2020.

Intervalo de tempo	Z	p-valor
Janeiro	1,876	0,06069
Fevereiro	0,618	0,5367
Março	-0,101	0,9195
Abril	-0,730	0,4653
Mai	1,606	0,1082
Junho	1,202	0,2294
Julho	-0,348	0,7277
Agosto	-0,045	0,9642
Setembro	0,079	0,9373
Outubro	-0,764	0,445
Novembro	-0,539	0,5897
Dezembro	0,236	0,8135
Anual	0,393	0,6942

Org. Autores (2024)

CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos com esta pesquisa, foi possível concluir que: Os meses de abril a julho representam o período de maior precipitação (265,3 mm/mês), enquanto, o período menos chuvoso é estabelecido entre os meses de outubro e janeiro (56,3 mm/mês). Por ano, chove em média 1782,1 mm, sendo o ano de 2017 o mais chuvoso por ter acumulado 3005,8 mm.

O maior valor máximo de precipitação que ocorreu em um dia, em cada mês, foi de 187,8 mm/dia em junho, 185,6 mm/dia em julho e 184 mm/dia em abril. O mês de maio foi o mês que apresentou o maior limiar de extremo diário 50,6 mm/dia, considerando o percentil 95 (P95). Enquanto, para o P99 o valor mais extremo é do mês de abril com 113,9 mm/dia.

O P95 diário da série anual corresponde ao valor de precipitação de 37,2 mm/dia, maio representa o mês que teve mais dias que se igualaram ou superaram esse quantitativo, com 73 dias; não foi identificado tendência significativa dos EEP diária, mensal e anualmente em Maceió, Alagoas.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece a bolsa de mestrado concedida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) e o último autor/orientador agradece pelo apoio e fomento à pesquisa fornecidos pela FAPEAL (edital de Nº 003/2022 - Processo E:60030.0000001401/2022) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Chamada CNPq/MCTI Nº 10/2023).

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, K. M. A. da S.; CAVALCANTI, L. C. de S.; NÓBREGA, R. S. Eventos extremos e risco de inundação: uma análise do comportamento evolutivo dos distúrbios ondulatórios de leste em junho de 2010 sobre a bacia do Rio Una Pernambuco. *Geotextos*, v. 9, n. 2, p. 173-189, 2013.
- ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidade para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, ago. 2017.
- BERNSTEIN, L., et al. *Climate change 2007: synthesis report (IPCC 4th Assessment Report)*, 2007.
- CABRAL JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, B. G. Análises da evapotranspiração de referência e do índice de aridez para o Nordeste do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 4, p. 71-89, 2018.
- CABRAL JÚNIOR, J. B.; LUCENA, R. L. Analysis of Precipitation Using Mann-Kendall and Kruskal-Wallis Non-Parametric Tests. *Mercator*, Fortaleza, v. 19, dec. 2019.
- CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, H. J. F.; REIS, J. S. Características da Cobertura do Solo em Anos de Contrastes Climáticos (chuvoso e seco) no Oeste da Amazônia, Rio Branco, Acre, Utilizando Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, p. 2704-2714, 2022.
- CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, C. M. S.; ALMEIDA, H. A.; BEZERRA, B. G.; SPYRIDES, M. H. C. Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming areas in Brazil's semiarid region. *Theoretical and Applied Climatology*, v.138, p.215–225, 2019.
- DIAS, M. A. F. S. Eventos climáticos extremos. *Revista USP*, n. 103, p. 33-40, 2014.
- GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. de B.; NÓBREGA, R. da S.; DUARTE, C. C. O Papel do Clima nos Estudos de Prevenção e Diagnóstico de Riscos Geomorfológicos em Bacias Hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. *In: GUERRA, A. J. T.; OLIVEIRA, M. do C. J. (orgs.)*, Erosão e Movimentos de Massa: Recuperação de Áreas Degradadas e Prevenção de Acidentes. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 126-159.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mesorregião e Microrregião: Divisão Territorial Brasileira - DTB 2021. Disponível em: www.ibge.gov.br Acesso em: 04 dez. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Área da unidade territorial: Área territorial brasileira 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 04 dez. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: www.ibge.gov.br Acesso em: 04 dez. 2023.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de Dados Meteorológicos do INMET. Disponível em <https://bdmep.inmet.gov.br/#> Acesso em: 10 ago. 2022.

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.

JANGARELLI, G. A.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; NASCIMENTO, M. C. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial na região fisiográfica do Baixo São Francisco. *Revista de Geografia*, v. 12, p. 260-280, 2022.

KENDALL, M. G. Rank Correlation Measures. Ed. Charles Griffin. London, 1975.

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

MARENGO, J. A.; CAMARINHA, P. I.; ALVES, L. M.; DINIZ, F.; BETTS, R. A. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0° C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. *Frontiers in Climate*, v. 3, p. 13, 2021.

MEDEIROS, F. J.; OLIVEIRA, C. P.; GOMES, R. S.; SILVA, M. L.; CABRAL JÚNIOR, J. B. Hydrometeorological conditions in the semiarid and east coast regions of Northeast Brazil in the 2012-2017 period. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (ONLINE)*, v. 93, p. 1-15, 2021.

MOLINA, E.; CARDOSO, A.; NOGUEIRA, F. (2015). Relação precipitação-deslizamento no Município de São Bernardo do Campo - SP. *Ciência e Natura*, v. 37, p. 46-54, 2015.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL: <https://www.R-project.org/>.

REBOITA, M. S., ALONSO GAN, M., PORFÍRIO, R., ROCHA, D. A., AMBRIZZI, E. T. Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REIS, F. A. da S.; PEREIRA, L. L.; AMADO, F. D. R.; STRACIERI, J.; LISBOA, G. dos S. Aplicação da estatística descritiva: análise da precipitação pluviométrica no município de Canavieiras, BA. *Gaia Scientia*, v. 14, n. 3, p. 128-138, 2020.

RODRIGUES, D. T.; SILVA, C. M. S. E.; REIS, J. S.; PALHARINI, R. S. A.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, H. J. F.; MUTTI, P. R.; BEZERRA, B. G.; GONCALVES, W. A. Evaluation of the Integrated Multi-Satellite Retrievals for the Global Precipitation Measurement (IMERG) Product in the São Francisco Basin (Brazil). *Water*, v. 13, p. 1-12, 2021.

RODRIGUES, D. T. et al. Spatial distribution of the level of return of extreme precipitation events in Northeast Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 40, p. 1-16, 2020.

SANTOS, D. L.; FRAGOSO JÚNIOR, C. R.; SOUZA, V. C. B. Limiar de precipitação com potencial de gerar deslizamentos nos complexos de risco em uma zona urbana. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 16, n. 2019, 2019.

SILVA, B. K. N.; COSTA, R. L.; SILVA, F. D. S.; VANDERLEI, M. H. G. S.; SILVA, H. J. F.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; COSTA JUNIOR, D. S.; PEDRA, G. U.; PEREZ-MARIN, A. M.; SILVA, C. M. S. Proposal of an Agricultural Vulnerability Stochastic Model for the Rural Population of the Northeastern Region of Brazil. *Climate*, v. 11, p. 211, 2023a.

SILVA, E. H. L.; SILVA, F. D. S.; SILVA JUNIOR, R. S.; PINTO, D. D. C.; COSTA, R. L.; GOMES, H. B.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; DE FREITAS, I. G. F.; HERDIES, D. L. Performance Assessment of

Different Precipitation Databases (Gridded Analyses and Reanalyses) for the New Brazilian Agricultural Frontier: SEALBA. *Water*, v. 14, p. 1473-1490, 2022.

SILVA, J. S.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; RODRIGUES, D. T.; SILVA, F. D. S. Climatology and significant trends in air temperature in Alagoas, Northeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 151, p. 1-20, 2023b.

SOARES, A. S. D.; PAZ, A. R.; PICCILLI, D. G. A. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. *RBRH, Porto Alegre*, v. 21, n. 2, p. 288-299, abr./jun. 2016.

POHLERT, T. trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection. R package version 1.1.4. 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=trend>

VALE, T. M. C.; SPYRIDES, M. H. C.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; ANDRADE, L. M. B.; BEZERRA, B. G.; RODRIGUES, D. T.; MUTTI, P. R. Climate and water balance influence on agricultural productivity over the Northeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 154, p. 1-22, 2023.