



PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA
Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

ESPACIALIZAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS POSITIVOS DE CHUVA NO ESTADO DA PARAÍBA (1994 A 2018)

Natália Duarte de Sousa ¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9955-4772>

Daisy Beserra Lucena ² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1645-9743>

¹ Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil *

² Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil **

Artigo recebido em 09/08/2022 e aceito em 06/04/2023

RESUMO

Há estudos com evidências robustas que mostram uma intensificação dos eventos extremos de precipitação em escalas global e continental. Estes eventos se destacam por terem valores superiores ou inferiores de chuva quando comparados ao comportamento usual, gerando impactos adversos para a sociedade como perdas econômicas e perdas de vidas. Este trabalho tem o objetivo de analisar a variabilidade espacial dos eventos extremos positivos de chuva no estado da Paraíba para o período de 1994 a 2018, com base nos Percentis 95 e 99 para definição dos limiares de precipitação diária e a quantificação desses eventos extremos. Para identificar as chuvas intensas e extremas, foi utilizada a técnica dos Percentis (P) que consiste na divisão da amostra em 100 partes iguais, sendo o Percentil 95 referente às chuvas intensas e, o Percentil 99, às chuvas extremas. Os resultados comprovam a existência de uma variabilidade evidente dos eventos extremos positivos de chuvas (intensas e extremas) no estado da Paraíba. As regiões do Sertão e Alto Sertão se destacam por terem os maiores limiares de chuva para os percentis 95 e 99, e Cariri/Curimataú e Litoral para o percentil 99. A maior quantidade de eventos extremos ocorreu nas microrregiões pluviometricamente homogêneas do Litoral, Brejo e Agreste com base nos percentis 95 e 99. Por fim, percebeu-se que a quantidade de eventos extremos não está diretamente ligada aos limiares de chuva, pois os mapas e os gráficos mostraram padrões de comportamento distintos.

Palavras-chave: Percentis; Box Plot; Microrregiões Pluviometricamente Homogêneas; Chuvas Intensas; Chuvas Extremas.

* Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade da Paraíba (UFPB) e pesquisadora do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA), vinculado ao Departamento de Geociências (DGEOC), do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) da Universidade da Paraíba (UFPB). E-mail: nds2@academico.ufpb.br

** Doutora, mestre e bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora associada do Departamento de Geociências (DGEOC) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Campus I, João Pessoa. Professora credenciada no Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail: daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br

SPATIALIZATION OF EXTREME POSITIVE RAIN EVENTS IN THE STATE OF PARAÍBA (1994 TO 2018)

ABSTRACT

Studies with robust evidence show an intensification of extreme precipitation events on global and continental scales. These events stand out for having higher or lower rainfall values compared to the usual behavior, generating adverse impacts on society such as economic losses and loss of lives. This work aims to analyze the spatial variability of positive extreme rainfall events in the state of Paraíba for the period from 1994 to 2018, based on the 95th and 99th percentiles for the definition of daily precipitation thresholds and the quantification of these extreme events. To identify the intense and extreme rainfall, the Percentiles (P) technique was used, which consists of dividing the sample into 100 equal parts, with the 95th percentile referring to the intense rainfall and, the 99th percentile, to the extreme rainfall. The results prove the existence of an evident variability of the positive extreme rainfall events (intense and extreme) in the state of Paraíba. The Sertão and Alto Sertão regions stand out for having the highest rainfall thresholds for the 95th and 99th percentiles, and Cariri/Curimataú and Litoral for the 99th percentile. The largest quantity of extreme events occurred in the pluviometricapluiometricalmicro-regions of Litoral, Brejo, and Agreste, based on the 95th and 99th percentiles. Finally, it was realized that the amount of extreme events is not directly linked to the rainfall thresholds because the maps and graphs showed distinct patterns of behavior.

Keywords: Percentiles; Box Plot; Pluviometrical Homogeneous Micro-regions; Intense Rainfall; Extreme Rainfall.

ESPACIALIZACIÓN DE EVENTOS DE LLUVIA POSITIVA EXTREMA EN EL ESTADO DE PARAÍBA (1994 A 2018)

RESUMEN

Existen estudios con evidencia robusta que muestran una intensificación de eventos de precipitación extrema a escala global y continental. Estos eventos se destacan por tener valores de lluvia mayores o menores en comparación con el comportamiento habitual, generando impactos adversos para la sociedad como pérdidas económicas y pérdida de vidas. Este trabajo tiene como objetivo analizar la variabilidad espacial de los eventos extremos de lluvia positiva en el estado de Paraíba para el período de 1994 a 2018, a partir de los percentiles 95 y 99 para definir los umbrales de precipitación diaria y la cuantificación de estos eventos extremos. Para identificar las lluvias intensas y extremas se utilizó la técnica del Percentil (P), que consiste en dividir la muestra en 100 partes iguales, siendo el percentil 95 referido a lluvias intensas y el percentil 99 referido a lluvias extremas. Los resultados prueban la existencia de una evidente variabilidad de eventos extremos de precipitaciones positivas (intensas y extremas) en el estado de Paraíba. Las regiones de Sertão y Alto Sertão se destacan por tener los umbrales de lluvia más altos para los percentiles 95 y 99, y Cariri/Curimataú y Litoral para el percentil 99. El agreste con base en los percentiles 95 y 99. Finalmente, se observó que la cantidad de eventos extremos no está directamente relacionado con los umbrales de lluvia, ya que los mapas y gráficos mostraron diferentes patrones de comportamiento.

Palabras clave: Percentiles; Box Plot; Microrregiones con Pluviometría Homogénea; Lluvias Intensas; Lluvias Extremas.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Grupo de Trabalho I do 6º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (em inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC), o qual é responsável por avaliar os aspectos físicos científicos do sistema climático e as alterações climáticas, é inquestionável que as atividades humanas têm influenciado diretamente no comportamento da atmosfera, dos oceanos e da superfície terrestre. De tal forma que vários estudos já apontam, com evidências robustas (WESTRA et al., 2014; BARDOR et al., 2018), uma intensificação dos eventos extremos de precipitação em escalas global e continental, o que independe da cobertura espacial e temporal das observações, bem como dos métodos de processamento e análise de dados adotados (IPCC, 2021).

Considerando que a atmosfera é naturalmente dinâmica, ela apresenta um ritmo caracterizado pela ocorrência de eventos usuais e eventos extremos anômalos ou excepcionais (FARIAS; ALVES; NÓBREGA, 2012). Segundo os autores, os eventos usuais costumam ocorrer com mais frequência e não se distanciam significativamente da média, de tal modo que a sociedade consegue se adaptar melhor ao seu ritmo natural. No entanto, os eventos extremos se destacam por terem valores superiores ou inferiores de chuva quando comparados ao comportamento usual. Ainda de acordo com os autores, estes eventos ocorrem com menos frequência, estão distantes da média e variam em magnitude, porém são responsáveis por causar grandes impactos na sociedade.

Os eventos extremos, a exemplo das secas, inundações, ondas de calor, frio intenso, aumento do nível do mar, mudanças na precipitação, aumento das temperaturas e outros, estão ocorrendo com mais frequência atualmente, o que tem acarretado impactos adversos para a sociedade como as grandes perdas econômicas e as perdas de vidas (SENA et al., 2014; CARDOSO, QUADRO, BONETTI, 2020; COSTA et al., 2021). E isto tem sido bastante perceptível na atualidade, devido aos inúmeros eventos de secas, a exemplo da seca que durou de 2012 a 2017 na região semiárida brasileira (ARAÚJO, 2021) e as intensas chuvas que ocorreram no ano de 2022 como, por exemplo, em Recife, que registrou 66 mm de chuva em 12h no primeiro dia útil do ano (SABOIA, 2022), e na Bahia, onde o total acumulado de chuva em janeiro de 2022 superou a média do mês (SANTOS, 2022).

Segundo Barbosa (2007), a maior quantidade de energia disponível na atmosfera produzida pelo aquecimento global acarretará a elevação nos níveis de evaporação e a intensificação do ciclo hidrológico, conforme apontado por estudos recentes (CAMARGO et al., 2011; FARIAS, ALVES, NÓBREGA, 2012, ALVES et al., 2017; BALDO et al., 2021). Desta forma, pode-se esperar uma maior ocorrência dos eventos

extremos de precipitação, em que as chuvas poderão ser mais intensas e constantes em várias partes do globo, o que causa impactos diretos e indiretos no dia a dia das pessoas, a exemplo das inundações, deslizamentos, avalanches, erosão do solo e tantos outros.

A região Nordeste do Brasil (NEB), onde está situado o estado da Paraíba, é marcada pela alta variabilidade anual e interanual da precipitação, bem como pela distribuição espacial da mesma (MENEZES, 2006). Na Paraíba, é comum que as chuvas estejam mais concentradas na região litorânea, porém os maiores volumes de precipitação são registrados na porção semiárida do estado, especialmente as Microrregiões Pluviometricamente Homogêneas (MPH) do Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão (ARAÚJO, 2020).

Essas áreas do Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão já sofrem, historicamente, com a escassez de água resultante dos longos períodos de estiagem e seca. Contudo, as chuvas intensas e extremas causam grandes impactos, que serão fortemente sentidos pela sociedade que não está preparada para lidar com tal situação. Segundo Silva (2021), tem-se a predominância de desastres de origem climatológica (estiagem e seca) no estado da Paraíba, porém os de origem hidrometeorológica (inundações, enxurradas, chuvas intensas e enchentes) também possuem uma presença significativa.

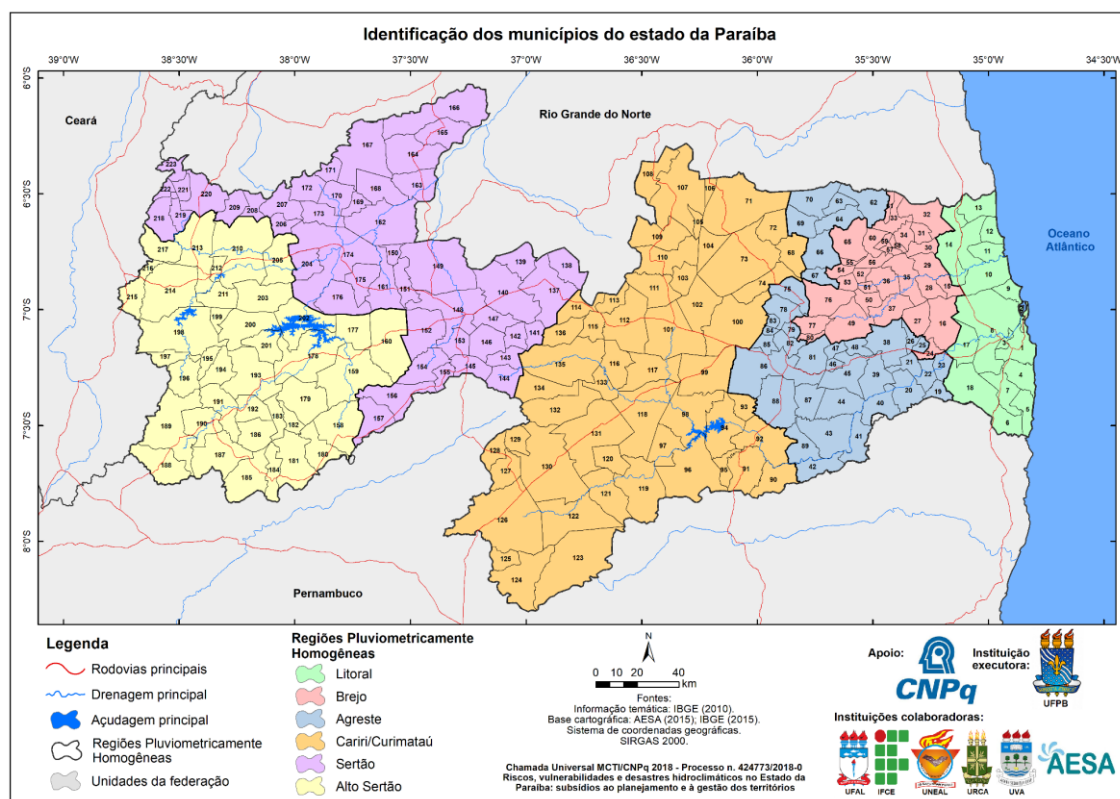
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade espacial dos eventos extremos positivos de chuva (intensas e extremas) no estado da Paraíba entre os anos de 1994 a 2018, usando os Percentis 95 e 99 para definição dos limiares de precipitação diária e a quantificação dos eventos extremos por Microrregiões Pluviometricamente Homogêneas. Com isso, espera-se que os resultados da pesquisa possam servir de subsídio para um melhor planejamento diante desses eventos extremos no estado, evitando ou mitigando os grandes danos humanos, ambientais e materiais.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O Estado da Paraíba faz parte da região Nordeste do Brasil, ocupando uma área de 56.372 km², equivalente a 0,662% do território brasileiro, situada entre os paralelos de 6°02'12" e 8°19'18" de latitude sul e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45" de longitude oeste e é composta por 223 municípios (Figura 01). Faz divisa, ao norte, com o Estado do Rio Grande do Norte, à leste, com o Oceano Atlântico, à oeste, com o Estado do Ceará e, ao sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010).

Figura 01 - Localização e identificação dos 223 municípios do estado da Paraíba



Fonte: Elaborado por Camila Cunico (2022).

Braga e Silva (1990), citados por Silva (2007), Becker et al. (2011) e Silva et al. (2022), propuseram uma regionalização do estado em 6 (seis) Microrregiões Pluviométricamente Homogêneas (MPH), são elas: Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, por meio de técnicas de análise multivariada. De acordo com Francisco e Santos (2017), a Paraíba apresenta dois regimes de chuvas: um de fevereiro a maio nas microrregiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú; e outro de abril a julho no Agreste, Brejo e Litoral.

Segundo a classificação climática de Köppen, a Paraíba apresenta três tipos de clima predominantes: As' (quente e úmido), com pluviosidade média anual de 1.800 mm concentrada nos meses do outono e inverno; Bsh (semiárido quente), em que as chuvas do período do verão chegam a registrar totais pluviométricos anuais que variam de 350 a 500 mm e; Aw' (quente semiúmido), com chuvas no período do verão ao outono que chegam a registrar 800 mm no ano (PEREIRA e SILVA, 2016).

As atividades econômicas desenvolvidas no estado e, por conseguinte, o uso da terra dependem das potencialidades e limitações ambientais, de tal modo que a baixa latitude, a luz e o calor são fatores determinantes para o desenvolvimento das atividades agrícolas (FRANCISCO, 2010). O autor acrescenta

que o que determina o sucesso das atividades agropecuárias na Paraíba é a disponibilidade da água na forma de chuva, bem como a sua quantidade e distribuição. Assim, percebe-se que há uma certa dependência da economia em relação à pluviosidade.

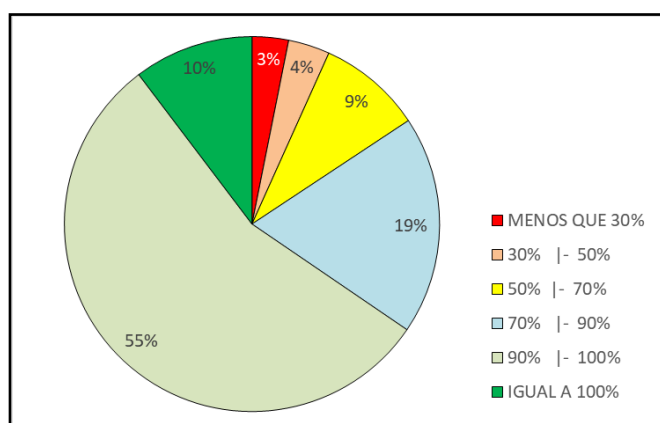
Fonte dos dados

Foram utilizados dados diários de chuva, considerando os postos pluviométricos distribuídos nos 223 municípios paraibanos, disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) para a série pluviométrica de 01 de janeiro de 1994 a 31 de dezembro de 2018. É importante destacar que não foi feita a inserção de dados após o ano de 2018, tendo em vista que estes resultados fazem parte da geração de informações para o Projeto Universal “Riscos, vulnerabilidades e desastres hidroclimáticos no Estado da Paraíba: subsídios ao planejamento e à gestão dos territórios” (Chamada Universal MCTIC/CNPq 2018). Por isso, na época de aprovação, a análise se limitou até o ano de 2018.

Conforme mencionado por Farias, Alves e Nóbrega (2012), tem-se como dificuldade para a realização de estudos ligados à variabilidade climática a falta de dados consistentes. Deste modo, a inexistência de dados meteorológicos diários de boa qualidade em larga escala no Brasil, além do seu acesso restrito em bancos de dados dos serviços meteorológicos é outra limitação que impossibilita a identificação dos eventos extremos e suas variabilidades, sobretudo na região tropical da América do Sul (MARENGO, 2007, apud FARIAS; ALVES; NÓBREGA, 2012).

Diante disso, usando o critério de escolha das estações meteorológicas de Camargo et al. (2011), escolheu-se as estações que apresentaram uma maior homogeneidade dos dados, bem como as que tinham séries de dados mais completas e longas. No entanto, a maior parte dos municípios analisados apresentou dados incompletos de chuva, de tal modo que se fez necessário excluir aqueles que tinham menos de 70% de dados disponíveis para a análise a fim de garantir uma maior confiabilidade aos resultados. Sendo assim, dos 223 municípios paraibanos, restaram 188 para serem analisados, o que corresponde a, aproximadamente, 84% do total (Figura 02).

Figura 02 - Percentual de dados disponíveis de chuva diária no estado da Paraíba (1994-2018)



Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

Acrescenta-se que, por se tratar de dados diários de chuva, dificulta-se realizar o seu preenchimento por ser uma variável bastante irregular no tempo e no espaço, então optou-se neste trabalho por não realizar o preenchimento das falhas e trabalhar apenas com os dados reais.

Análise dos Quantis: Percentil 95 e 99

Para identificar as chuvas intensas e extremas, foi aplicada a análise dos quantis que é caracterizada pela organização da série de dados em ordem crescente para depois dividir em n partes. Desta forma, foi utilizada a técnica dos Percentis (P) que consiste na divisão da amostra em 100 partes e cada uma apresenta porcentagem de dados aproximadamente igual (COSTA et al., 2015).

Como a pesquisa consiste na análise dos eventos extremos positivos, utilizou-se os Percentis de ordem 95 (P95) e 99 (P99) que caracterizam as precipitações intensas e extremas, respectivamente. A aplicação dessa técnica se justifica pelo fato dela já ter sido utilizada com êxito em outros trabalhos voltados à determinação dos eventos extremos, como mostram diversos estudos (COSTA et al., 2015; PEREIRA et al., 2020; SILVA et al., 2022).

Ademais, a escolha dos Percentis se baseia em dois dos nove índices climáticos voltados para a análise de chuvas e recomendados pelo *Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices* - ETCCDMI (em português, Equipe de Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas). No caso do Percentil 95 (P95), os dados são separados de tal forma que 95% das informações ficam abaixo do limiar e, conseqüentemente, os 5% restantes ficam acima dele, enfatizando as chuvas

intensas de cada posto pluviométrico. De modo semelhante, o Percentil 99 (P99) divide os dados entre os 99% que estão abaixo do limiar e 1% acima dele, que correspondem às chuvas extremas.

Para tanto, o cálculo dos Percentis foi realizado a partir da planilha eletrônica do *Excel*, especificamente por meio da função PERCENTIL.EXC (*matriz*, *k*), em que a *matriz* corresponde ao intervalo de dados de cada posto pluviométrico e *k* é o valor do percentil que deve estar compreendido no intervalo de 0 a 1. Para o percentil 95, $k = 0,95$; e para o percentil 99, $k = 0,99$. Desta forma, determinou-se os limiares, ou seja, o volume de chuva (em mm) que delimita o tipo de evento positivo de chuva para cada município, bem como a quantidade de eventos intensos e extremos que ocorreram. De posse desses dados, foi possível espacializá-los para entender o comportamento desses eventos ao longo do território paraibano.

Estatística descritiva

A análise inicial teve como base a estatística descritiva realizada por meio da elaboração de um gráfico do tipo *Box Plot* no *RStudio*. O gráfico *Box Plot* é também chamado de “desenho esquemático”, já que permite a realização de uma análise gráfica através de cinco medidas estatísticas: valor mínimo, valor máximo, mediana, primeiro e terceiro quartil da variável quantitativa. Desta forma, é possível ter uma ideia do comportamento dos dados pela sua posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes (GUEDES et al., 2005). Neste sentido, a aplicação desse tipo de gráfico nos limiares de chuva diária e na quantidade de eventos extremos identificados pelos percentis 95 e 99 permite a identificação da variabilidade dos dados nas MPH do estado.

No gráfico do *Box Plot*, o mínimo e o máximo são representados pelos traços inferior e superior, respectivamente. O primeiro quartil é o limite inferior do retângulo e o terceiro quartil é o seu limite superior, já a mediana é representada pela reta no meio com o traço mais destacado. E, por fim, a média compreende o ponto vermelho e os *outliers* (pontos discrepantes) são as circunferências que se encontram fora dos limites máximos e mínimos.

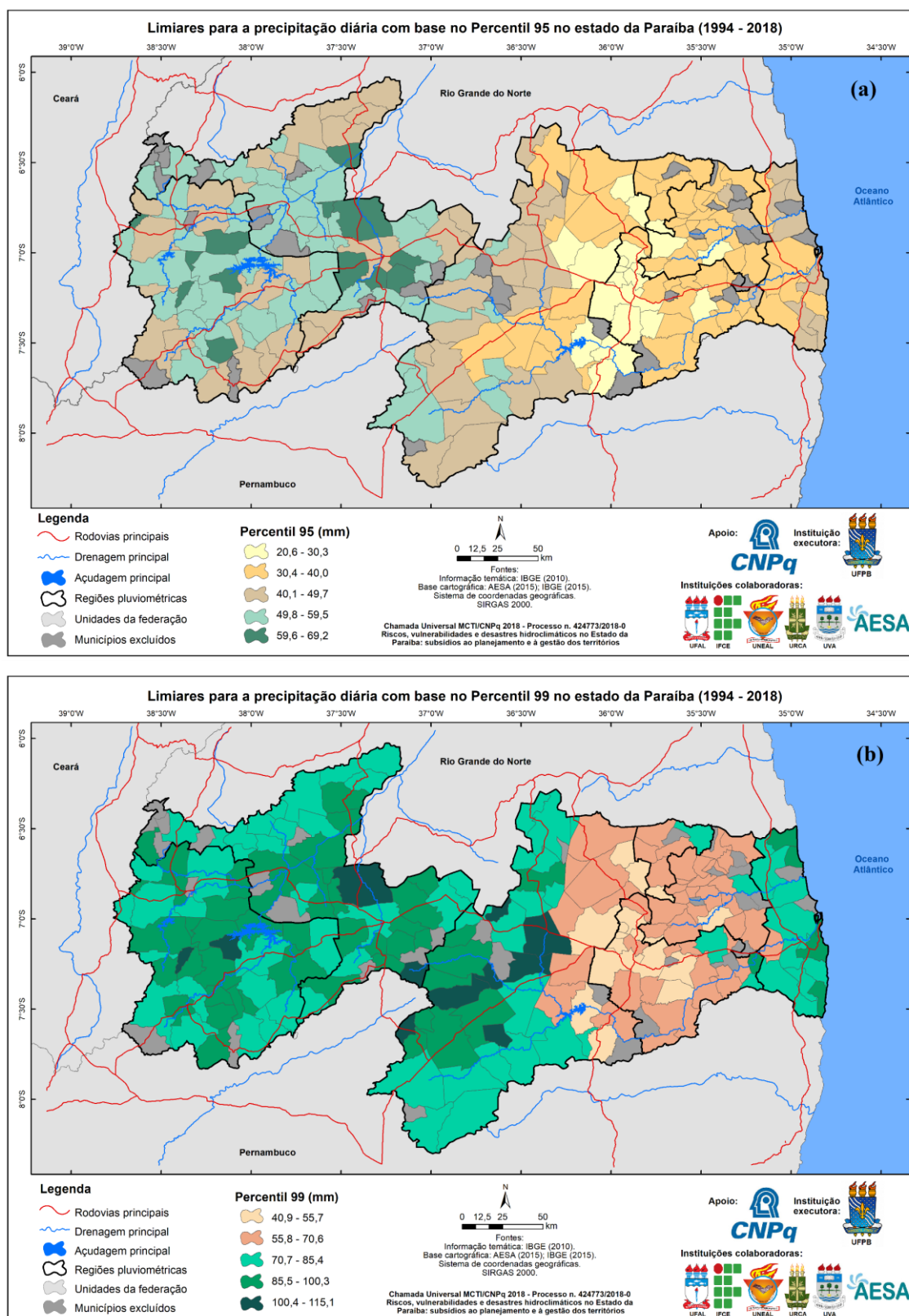
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em geral, observa-se que os maiores limiares de chuva diária com base nos percentis 95 e 99 ocorrem nas microrregiões do Sertão e Alto Sertão, ressaltando também no P99 o Cariri/Curimataú e Litoral (Figuras 3a e 3b). Na região do Brejo e Agreste, os limiares são menores, especialmente na transição para o Cariri/Curimataú, que é onde ocorrem os menores valores de precipitação diária. Um fator que pode justificar e contribuir para essa realidade é a altitude do Planalto da Borborema, que afeta as condições climáticas da região (CAVALCANTE, LUCENA; MOURA, 2019).

Para o P95 (Figura 3a), apenas as microrregiões do Sertão e Alto Sertão apresentaram municípios na classe dos maiores limiares, pois no Alto Sertão há uma área bastante úmida que contribui para a ocorrência de chuvas (RODRIGUES; LOPES; SOUSA, 2020). É imprescindível mencionar que, nas análises seguintes, cada município foi identificado pelo seu nome e correspondente número (Figura 01).

No caso da região do Sertão, destaca-se o município de São José de Espinhares (149) que registrou o maior limiar de chuva diária da região com 63,25 mm, além dos municípios de Cacimba de Areia (146), Quixabá (147), São José do Bonfim (153), Santa Teresinha (152), Vista Serrana (150) e São Bento (163), que correspondem aos municípios na coloração verde escuro. Na microrregião do Alto Sertão, Serra Grande (195) apresentou o maior limiar do estado com 69,17 mm de chuva diária. Destacaram-se também os municípios de Bom Jesus (216), Carrapateira (199), São José da Lagoa Tapada (203), Igaracy (201) e Curral Velho (186).

Figura 03 – Espacialização dos limiares de precipitação diária referente ao (a) Percentil 95 e (b) Percentil 99 no estado da Paraíba (1994 - 2018)



Já para o P99 (Figura 3b), na microrregião do Cariri/Curimataú, destaca-se o município de Coxixola (120) que registrou o maior limiar de precipitação com 115,12 mm registrado em um único dia. Além disso, os municípios de São José dos Cordeiros (132), Parari (133), Ouro Velho (128), Gurjão (117), Soledade (101) e Tenório (113) também obtiveram limiares consideráveis, destacados em verde escuro. Na região do Sertão, os municípios de Desterro (144) e São José de Espinhares (149) registraram os maiores volumes de chuva, sobretudo São José de Espinhares, onde chegou a chover 109,56 mm em apenas um dia. Por fim, no Alto Sertão, Igaracy (201) e Serra Grande (195) tiveram os maiores volumes, com destaque para Igaracy que apresentou precipitação diária de 105,34 mm.

Ao contrário do que acontece nos mapas dos limiares dos volumes pluviométricos, as regiões que ocorrem a maior quantidade de eventos extremos são o Litoral, o Brejo e o Agreste tanto para o percentil 95 quanto para o 99 (Figura 04a e 04b). Já nas regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão ocorrem menos eventos extremos. Porém, quando estes ocorrem, o volume de chuvas é maior, como observado anteriormente pelos limiares. Dentre outros fatores, pode-se apontar o efeito da continentalidade que aumenta à medida que se adentra ao estado, diminuindo a contribuição do Oceano Atlântico na produção de chuvas (aumento da umidade), além da influência do Planalto da Borborema que favorece positivamente a formação de chuvas na região do Agreste e negativamente na região do Cariri/Curimataú (RODRIGUES; LOPES; SOUSA, 2020).

No entanto, é importante acrescentar que existem outras causas associadas à distribuição de precipitações no NEB e, por conseguinte, no semiárido nordestino brasileiro. Segundo Molion et al. (2002), citado por Saboya et al. (2021), os principais sistemas atmosféricos atuantes na região do NEB e que são responsáveis pela ocorrência de precipitação são: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Linha de Instabilidade (LI), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Brisas (Marítimas e Terrestres) e Perturbações Ondulatórias nos Ventos Alísios (POAS). Deve-se acrescentar ainda a influência dos fenômenos que atuam sobre os oceanos, como o Dipolo de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical e o El Niño – Oscilação Sul (ENOS), que interferem na posição dos sistemas atmosféricos, alterando as precipitações no NEB.

Com base nos percentis 95 e 99 (Figuras 04a e 04b), verifica-se que o município de João Pessoa (1) apresentou a maior quantidade de eventos extremos com 239 e 47 dias, respectivamente. Da MPH do Litoral, destaca-se também o município de Alhandra (7) que registrou 207 e 41 dias de eventos extremos, respectivamente. Na MPH do Brejo, tem-se como destaque o município de Areia (76) que registrou 232 e 46 dias de eventos extremos de chuva diária. No caso da MPH do Agreste, não houve o registro de municípios na classe com maior quantidade de eventos extremos. Nas demais MPH, a quantidade de

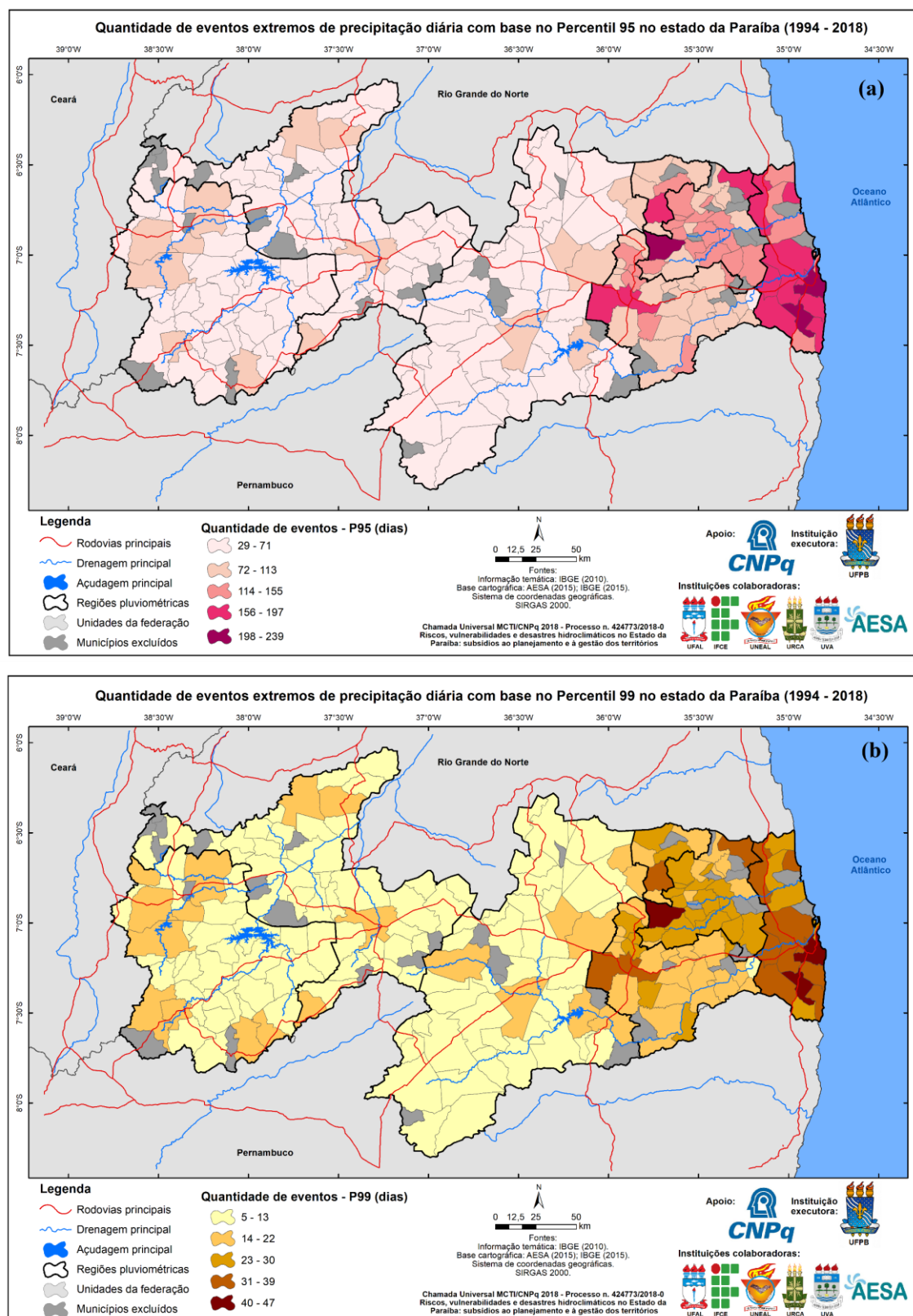
eventos extremos é bem menor, encaixando-se nas classes inferiores. Entretanto, como mencionado anteriormente, vale ressaltar que isso não interfere nos volumes de chuva.

Para complementar essa análise, foram gerados os *Box Plot* para os limiares de precipitação diária para os percentis 95 e 99, em que é perceptível o comportamento visualizado nos mapas, onde a região do Cariri/Curimataú apresenta-se como uma divisão entre duas regiões com características diferentes. Essa região apresenta a maior variabilidade, com um mínimo de 20,6 mm e máximo de 57,8 mm para o percentil 95 (Figura 05a), e mínimo de 40,9 mm e máximo de 115,1 mm para o percentil 99 (Figura 05b), sendo notória essa variação na Figura 03. Por outro lado, a menor variabilidade é observada na MPH do Brejo, que apresentou mínimos de 29,52 mm e 52,33 mm para os P95 e P99, respectivamente, e seus máximos foram de 42,44 mm e 80,13 mm.

Há apenas 1 *outlier* de 49,38 mm nos limiares do percentil 95, registrado no município de São Miguel de Taipu (23) da região do Agreste, e 2 *outliers* de 80,13 mm (Itapororoca - 29) e 86 mm (São Miguel de Taipu) nos limiares do percentil 99, situados no Brejo e outro no Agreste, respectivamente. Diante disso, esses municípios chamam a atenção por apresentarem resultados discrepantes do restante das regiões, sobretudo São Miguel de Taipu que se destacou tanto para o P95 quanto para o P99.

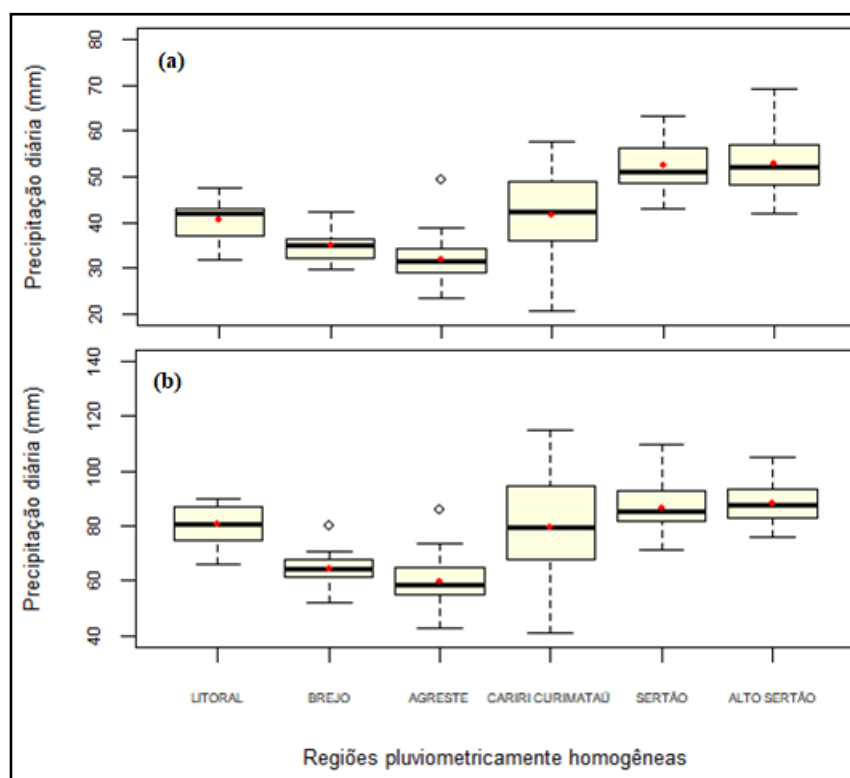
As maiores médias e medianas são registradas no Sertão e Alto Sertão para ambos os percentis. A região do Sertão apresentou média de 52,41 mm e mediana de 50,85 mm, já a região do Alto Sertão registrou uma média de 52,73 mm e mediana de 52,20 mm. Tomando por base o P95 e o P99, estas duas regiões se destacam por terem um dos maiores limiares de precipitação diária do estado, enquanto o Brejo e o Agreste possuem os menores limiares, o que foi observado também na espacialização dos dados. O Brejo apresenta média de 34,96 mm e mediana de 34,94 mm, enquanto o Agreste apresenta média de 31,79 mm e mediana de 31,60 mm.

Figura 04 – Espacialização da quantidade de eventos extremos de precipitação diária referente ao (a) Percentil 95 e (b) Percentil 99 no estado da Paraíba (1994 - 2018)



Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

Figura 05 – Box plot dos limiares de precipitação diária com base (a) no percentil 95 e (b) no percentil 99 (1994 – 2018)

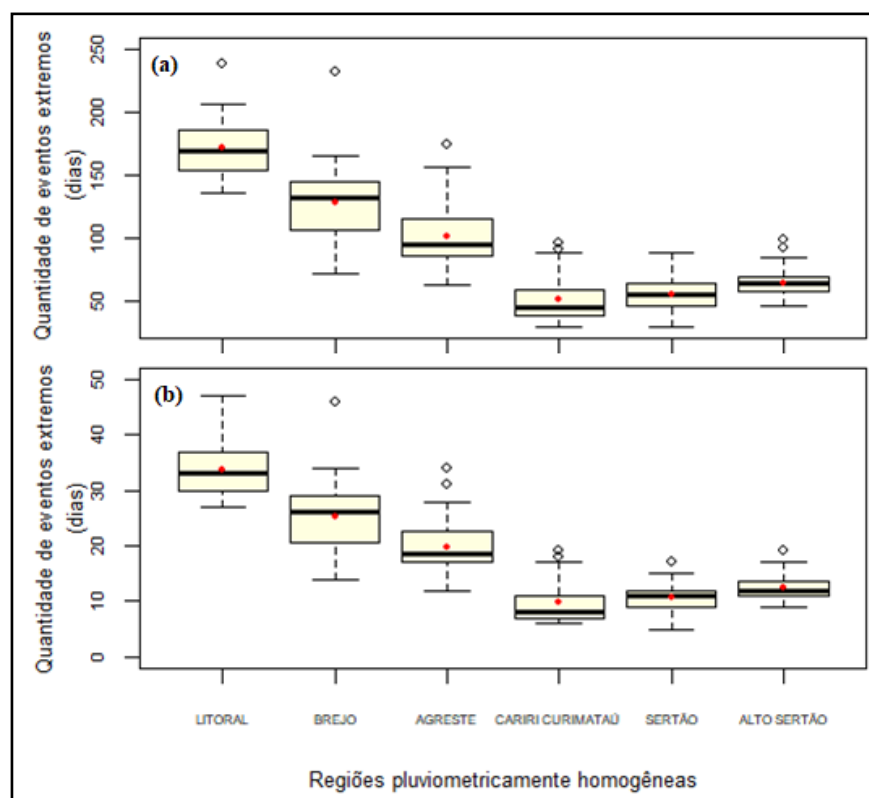


Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

Como observado anteriormente nos mapas, as microrregiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão são caracterizadas pela menor ocorrência de eventos extremos. Em contrapartida, quando estes ocorrem, superam os limiares das microrregiões do Litoral, Brejo e Agreste, onde os eventos extremos ocorrem com uma certa regularidade. Assim, analisando os Box Plot da ocorrência de eventos extremos dos percentis 95 e 99, comprova-se que as microrregiões do Litoral, Brejo e Agreste são as que possuem a maior ocorrência desses eventos, sendo as suas médias e medianas maiores do que as do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão (Figuras 06a e 06b).

Na microrregião do Litoral, sua média é de 172 dias e mediana de 169 dias para o P95 (Figura 06a). No Brejo, a média é de 128 dias e mediana de 132 dias. No Agreste, observa-se a média de 101 dias e a mediana de 95 dias. No Cariri/Curimataú, a média e a mediana caem pela metade com 51 dias e 45 dias, respectivamente. No Sertão, tem-se a média e mediana de 55 dias. No Alto Sertão, a média é de 64 dias e a mediana também. É importante destacar que essas três últimas microrregiões apresentam não só as menores médias e medianas, mas também as menores variabilidades, apontando um padrão de comportamento dos municípios que compõem essas áreas.

Figura 06 – *Box plot* do número de ocorrência de eventos extremos com base (a) no percentil 95 e (b) no percentil 99 (1994 – 2018)



Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

Para o percentil 95 (Figura 06a), foram observados 7 *outliers* ao todo. No Litoral, ocorreu 1 ponto discrepante no município de João Pessoa (1) com 239 dias. No Brejo, houve 1 ponto discrepante no município de Areia (76) com 232 dias. No Agreste, teve 1 *outlier* em Campina Grande (86) com 174 dias de eventos extremos. No Cariri/Curimataú, foram registrados 2 *outliers*: um em Pocinhos (100) com 88 dias e outro em Damião (72) com 91 dias de eventos extremos. No Sertão, não houve pontos discrepantes, o que demonstra uma certa homogeneidade nos dados. E, finalmente, no Alto Sertão, foram registrados 2 *outliers*: um em São José de Piranhas com 93 dias e outro em Sousa com 99 dias de eventos extremos.

Conforme esperado, para o Percentil 99 (Figura 06b), a quantidade de ocorrência de eventos extremos é bem menor, não chegando nem aos 50 dias. As maiores médias e medianas também são observadas nas microrregiões do Litoral, Brejo e Agreste. O Litoral possui média de 34 dias e mediana de 33 dias. O Brejo tem média de 25 dias e mediana de 26 dias. O Agreste com média de 20 dias e mediana de 18 dias. O Cariri/Curimataú possui a menor média de 10 dias e menor mediana com 8 dias. Em seguida, vem o Sertão com média e mediana de 11 dias. E, por fim, o Alto Sertão com média de 20 dias e mediana de 18 dias.

No caso do percentil 99 (Figura 06b), também foram identificados 7 *outliers* ao todo. No entanto, a região do Litoral não apresentou nenhum ponto discrepante. No Brejo, houve apenas 1 registro no município de Areia (76) com 46 dias. No Agreste, foram identificados 2 registros: um em Lagoa Seca (82) com 28 dias e outro em Solânea (66) com 31 dias. No Cariri/Curimataú, também houve 2 *outliers*: um em Damião (72) com 18 dias e outro em Casserengue (68) com 19 dias. No Sertão, registrou-se apenas 1 ponto discrepante no município de Água Branca (157) com 17 dias. Por último, o Alto Sertão também apresentou apenas 1 ponto discrepante no município de Sousa (210) com 19 dias de eventos extremos.

Os municípios de Areia, Damião e Sousa se destacam por serem *outliers* tanto para o percentil 95 quanto o 99, o que demonstra a necessidade de comparação com outros trabalhos existentes, bem como a realização de estudos complementares sobre estas localidades. Além disso, as modificações no clima que têm ocorrido nos últimos anos podem estar sendo intensificadas por fatores como a alteração no uso e ocupação do solo, as queimadas, desmatamento e outras interferências (CAMARGO et al., 2011). Logo, faz-se necessário investigar com profundidade a relação entre esses eventos extremos e a situação da cobertura vegetal da terra no estado, bem como a interferência da atuação dos fenômenos atmosféricos sobre os padrões de comportamentos desses eventos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, verifica-se a variabilidade dos eventos extremos positivos de chuvas (intensas e extremas) no estado da Paraíba. Mas, especificamente, tem-se que:

- Verificou-se o registro dos maiores limiares de chuvas nas MPH no Sertão e Alto Sertão para os percentis 95 e 99, e Cariri/Curimataú e Litoral para o percentil 99;
- As maiores concentrações da quantidade de eventos extremos encontram-se nas MPH do Litoral, Brejo e Agreste com base nos percentis 95 e 99;
- Uma maior quantidade de eventos extremos não implica, necessariamente, em maiores limiares de chuva e vice-versa. Ou seja, não foi observada uma relação direta entre áreas com uma concentração maior de eventos extremos e aquelas que apresentam os maiores limiares de chuva;
- A MPH do Cariri/Curimataú apresenta-se como uma região de transição climática entre outras duas com características distintas, o que é percebido tanto nos mapas quanto nos gráficos;
- Sugere-se analisar mais detalhadamente algumas localidades que apresentaram comportamentos destoantes, a exemplo dos municípios de Areia, João Pessoa, Damião e Sousa.

Portanto, recomenda-se a continuidade dos estudos nessa temática devido a sua importância para o planejamento e o enfrentamento das adversidades climáticas, não só para as localidades que sofrem com a escassez ou a falta de chuvas, mas também aquelas que precisam conviver com eventos extremos positivos recorrentes, demandando mais preparo no que diz respeito à infraestrutura local e à adaptação da população.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), à Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPESQ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica concedida à graduanda. Ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) e ao Projeto Universal “Riscos, vulnerabilidades e desastres hidroclimáticos no Estado da Paraíba: subsídios ao planejamento e à gestão dos territórios” (Chamada Universal MCTIC/CNPq 2018) pela parceria e apoio à pesquisa, especialmente aos colegas pesquisadores que colaboraram com a organização e manipulação dos dados. À Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) pela disponibilidade dos dados de precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M. da.; SOMBRA, S. S.; BARBOSA, A. C. B.; SANTOS, A. C. S. dos; LIRA, M. A. T. Eventos Extremos Diários de Chuva no Nordeste do Brasil e Características Atmosféricas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 227-233, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863220012>.

ARAÚJO, M. O. L. **Análise da precipitação horária no estado da Paraíba**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia), Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2020.

ARAÚJO, S. M. S. de. As secas e suas consequências sobre os recursos do semiárido brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste (REGNE)**, Caicó, v. 7, n. 1, p. 52-58, 2021. ISSN: 2447-3359

BALDO, M. C.; TOMMASELLI, J. T. G.; KAWAHARA, L. F. Y.; NUMAI, A. A. Tendência da precipitação anual e do número de dias com chuva no município de Alto Piquiri-PR por meio do teste de Mann Kendall. **Revista Formação (ONLINE)**, v. 28, n. 53, p. 885-903, 2021. ISSN: 2178-7298. E-ISSN: 1517-543X.

BARBOSA, J. P. M. Mudanças climáticas e distribuição espacial da precipitação na Serra do Mar – análise a partir de séries históricas de precipitação e sistemas de informação geográfica (SIG). **Caminhos da**

Geografia, Uberlândia, 2007, v. 8, n. 22, p. 67-81, set. 2007. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>.

BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. de M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, p. 286-299, 2011.

CAMARGO, C. G.; BRAGA, H.; MALANDRIN, D. A.; MACHADO, L. **Análises de eventos extremos de precipitação na região sul do Brasil: dados históricos**. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES. 2011.

CARDOSO, C. de S.; QUADRO, M. F. L. de; BONETTI, C. Persistência e Abrangência dos Eventos Extremos de Precipitação no Sul do Brasil: Variabilidade Espacial e Padrões Atmosféricos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, p. 219-231, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786352031>.

CAVALCANTE, G. de P.; LUCENA, D. B.; MOURA, M. de O. As chuvas na região Agreste do Nordeste brasileiro: variabilidade interanual. **Revista Equador (UFPI)**, v. 8, n. 2, p. 290-308, 2019.

COSTA, M. da S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. de M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015.

COSTA, S. A. T. da; BEZERRA, A. C.; ARAÚJO, A. M. Q. de; SILVA, M. F. da; CRUZ, J. F. da; ALVES, R. M.; SOUZA, L. S. B. de. Dinâmica espaço-temporal das anomalias de precipitação em uma região semiárida, Nordeste do Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 18, ed. 14, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.21168/reg.v18e14>. ISSN 2359-1919 (Online).

FARIAS, R. F. de L.; ALVES, K. M. A. da S.; NÓBREGA, R. S. Climatologia de ocorrência de eventos extremos de precipitação na mesorregião do sertão pernambucano. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 930-941, 2012.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização agrícola do Estado da Paraíba utilizando Sistema de Informações Geográficas**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil, 2010.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do estado da Paraíba**, ed. 1. Campina Grande: EDUFCG, 2017.

GUEDES, T. A.; MARTINS, A. B. T.; ACORSI, C. R. L.; JANEIRO, V. **Projeto de Ensino – Aprender Fazendo Estatística: Estatística Descritiva**. Instituto de Matemática e Estatística (USP), São Paulo, 2005.

IPCC, 2021: **Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate**. In 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, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi:10.1017/9781009157896.013.

MENEZES, H. E. A. **Zona de convergência do atlântico sul: um estudo observacional e numérico.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2006.

PEREIRA, J. A.; SILVA J. B. da. Detecção de focos de calor no Estado da Paraíba: um estudo sobre queimadas. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 1, p. 5 - 16, 2016.

PEREIRA, M. D. B.; MOURA, M. de O.; LUCENA, D. B. Análise da variabilidade pluviométrica interanual da Zona da Mata Nordeste e a identificação de anos padrão. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 26, p. 30-40, 2020. ISSN: 2237-8642.

RODRIGUES, E. L.; LOPES, R. F. C.; SOUSA, F. de A. A. de. Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação pluvial no estado da Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 100233-100251, 2020. ISSN 2525-8761.

SABOIA, E. **2022 começa com chuvas e alagamentos no Grande Recife.** CBN Recife. 01 jan. 2022. Disponível em: <<https://www.cbnrecife.com/artigo/2022-comeca-com-chuvas-e-alagamentos-no-grande-recife>>. Acesso em: 05 jul. 2022.

SABOYA, L. M. F.; MEDEIROS, R. M. de; NETO, F. C. R.; ARAÚJO, W. R. de; FRANÇA, M. V. de; HOLANDA, R. M. de. Eventos extremos de precipitação entre 1960-2014 em Bom Jesus-Piauí, Brasil. **Recima21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i9.750>. ISSN 2675-6218.

SANTOS, A. C. C. dos. **Eventos extremos de janeiro de 2022 no Brasil.** Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). 04 fev. 2022. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/noticias/eventos-extremos-de-janeiro-de-2022-no-brasil>>. Acesso em: 05 jul. 2022.

SENA, J. P. de O.; MELO, J. S.; LUCENA, D. B.; MELO, E. C. de S. Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri paraibano por meio da técnica dos quantis. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 871 - 879, 2014.

SILVA, E. A. da; BRITO, J. I. B. de; BECKER, C. T.; CAVALCANTI, E. P.; MANDÚ, T. B.; LIMA I. P. C. de. Determinação de limiares para a precipitação mensal das regiões homogêneas da Paraíba usando quantis. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, v. 30, p. 92-111, 2022. ISSN: 2237-8642.

SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

SILVA, W. J. E. da. **Distribuição espaço-temporal dos desastres hidroclimáticos no estado da Paraíba, 2003 a 2016.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2021.

WESTRA, S.; FOWLER, H.; EVANS, J.; ALEXANDER, L.; BERG, P.; JOHNSON, F.; KENDON, E., LENDERINK, G., & ROBERTS, N. Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. **Reviews of Geophysics**, v. 52, p. 522-555, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2014RG000464>