









AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA DO NORTE, PARAÍBA/BRASIL

EVALUATION OF SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF PRECIPITATION IN THE HIGH COURSE REGION OF THE RIO PARAÍBA DO NORTE, PARAÍBA/BRAZIL

1. Maxsuel Bezerra do Nascimento  <https://orcid.org/0000-0001-6381-2688>
1. Universidade Federal do Rio Grande do Norte  Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
2. Gabriel Víctor Silva Do Nascimento  <https://orcid.org/0000-0002-0539-9183>
2. Universidade Federal do Rio Grande do Norte  Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
3. Laércio Leal dos Santos  <https://orcid.org/0000-0002-8175-4378>
3. Universidade Estadual da Paraíba  Campina Grande, Paraíba, Brasil;

Autor de correspondência: maxsuel10gba@hotmail.com

RESUMO

A variabilidade pluviométrica é um dos elementos mais conhecidos e o impacto produzido por essa variabilidade, mesmo dentro da normalidade, pode ter representações significativas nas atividades produzidas pelo homem. O objetivo principal deste trabalho é demonstrar a avaliação da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Região do Alto Curso do Rio Paraíba do Norte (RACRPN), por meio das análises mensais e anuais. Os dados utilizados na pesquisa são os da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs), para composição da variabilidade espaço-temporal da precipitação da RACRPN. O estudo da pluviometria anual da RACRPN apresentou 20 anos com precipitações acima da mediana e 20 anos abaixo. Na análise espacial da precipitação, foi possível constatar que a parte oeste e a que tem os maiores valores precipitados, enquanto a parte central e leste são as que tem os menores valores, como pode ser observado no decorrer dos meses.

Palavras-chave: Espaço, Tempo, Períodos.

ABSTRACT

The rainfall variability is one of the best known elements and the impact of this variability, within normality, has meanings in activities, even by man. The course work is for the variability region of the North course (Rio da Variability Region) and the workspace for the main objective of the North course (Rio de Variability). The data used in the survey of the Superintendence of Development of the Northeast (INMET) and the Executive Agency for Water Management of Paraíba (AESAs), for the composition of the space-time variability of the RACRPN forecast. The RACRPN annual rainfall study showed 20 years with rainfall above the median and 20 years below. In the spatial analysis of the duration, while the part of the months, it was possible to verify that the largest precipitated values are central and the smallest values, as can be observed in the course of the months.

Keywords: Space, Time, Periods.

INTRODUÇÃO

Os eventos extremos de precipitação pluviométrica são investigados por parte da comunidade científica internacional devido aos prejuízos socioeconômicos causados pelo excesso ou escassez de chuvas em diversas regiões do mundo (Flato et al., 2017). A variabilidade pluviométrica é um dos elementos mais conhecidos da dinâmica climática, e o impacto produzido por essa variabilidade, mesmo dentro da normalidade, pode ter representações significativas nas atividades humanas (Menezes et al., 2015).

De acordo com Oliveira et al. (2020) um dos grandes desafios é compreender a dinâmica das chuvas sobre uma determinada área, assim como os modos de variabilidades que influenciam as precipitações torna-se um fator a ser considerado nas tomadas de decisões que envolvem essas áreas.

Sabendo-se que seus efeitos atingem de forma distinta cada localidade a partir de suas características físico-naturais e humanas, o seu monitoramento representa uma ação no combate as mudanças climáticas global, uma vez que considera as características de cada ambiente, contribuindo no âmbito do planejamento e gestão do território e na elaboração de políticas específicas adequadas (Barbosa et al., 2016).

Os fenômenos oriundos da variabilidade climática na precipitação pluvial devido às mudanças climáticas, podem acarretar um aumento significativo de eventos extremos de períodos de secas e úmidos (Costa et al., 2015). Logo, podem acarretar diversos impactos negativos, na natureza, nos recursos hídricos, agricultura e na saúde.

Deste modo, o Nordeste Brasileiro (NEB) é uma das regiões mais problemáticas no que se refere à disponibilidade de água, destacando-se ainda, pelo seu clima quente e úmido. Essa região conta com uma grande área semiárida, que corresponde a 53% do território nordestino, onde se destaca que as chuvas são bastante escassas e irregulares (FERREIRA et al., 2018). E pelo seu clima quente e seco, e com sua temperatura em torno de 27°C no qual abrange todos os nove Estados do NEB, deste modo as condições climáticas, a hidrologia e vegetação são de extrema importância para compreender como cada ambiente se forma (Nascimento et al., 2019).

Para melhor conhecer a variabilidade da precipitação no Estado da Paraíba é essencial ter conhecimento dos principais mecanismos físicos que provoca chuva na região. Palharini & Vila (2017) destacam alguns dos fenômenos atmosféricos que interferem de forma significativa na precipitação do Nordeste brasileiro (NEB), são os sistemas conhecidos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtice Ciclônico Superior Troposférico (VCST), distúrbios nos ventos alísios, linhas de instabilidade, sistemas frontais no sul de NEB e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

O Estado da Paraíba se destaca como um do NEB que mais sofre uma variabilidade espaço-temporal das chuvas que interfere na biodiversidade da região. Francisco et al. (2015) afirma que a Paraíba proporciona uma das maiores variabilidades espaço-temporal das chuvas anuais, visto que a região do estado conhecida como Cariri e Curimataú apresentam um baixo índice pluviométrico de 300 a 500 milímetros (mm), no Sertão e Alto Sertão uma precipitação em torno de 700 a 900 mm, no Brejo e Agreste, precipitações que variam de 700 a 1.200 mm e no Litoral apresenta precipitação alternando entre 1.200 a 1.600 mm.

Nascimento et al. (2019), afirmam que esses níveis de precipitação ocorrem em maior intensidade no litoral e agreste por conta do oceano Atlântico, já o sertão recebe uma boa quantidade devido a ZCIT que fornece chuva para essa localidade, e o Cariri e Curimataú a precipitação é menor devido ao Planalto da Borborema que serve de barreira inibindo as chuvas que vem do oceano Atlântico cheguem com tanta intensidade nessa região.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho é demonstrar a avaliação da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Região do Alto Curso do Rio Paraíba do Norte (RACRPN), por meio das análises mensais e anuais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A RACRPN (Figura 1), situa-se na parte sudoeste do Planalto da Borborema, no estado da Paraíba, conforma-se sob as latitudes 7º 20'45" e 8º 26'21" Sul e entre as longitudes 36º 7'36" e 37º 21'15" a Oeste de Greenwich e pertence a Bacia

Hidrográfica do Rio Paraíba. Drena uma área de aproximadamente 6.717,39 km² e possui como principal rio o Paraíba que nasce na confluência dos rios Sucurú e do Meio no município de Sumé. Além dos rios do Meio e Sucurú, que são 52 afluentes pela margem esquerda, nessa região o Paraíba recebe as contribuições dos rios Monteiro e Umbuzeiro, pela margem direita.

Figura 1 – Mapa de Localização da RACRPN



Fonte: Os autores (2023).

No tocante à geomorfologia, existem três grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal do curso do Rio Paraíba caracterizam-se por formações florestais definidas como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica, mangues e restinga (Medeiros, 2020).

A vegetação predominante é do tipo Caatinga hiperxerófila, floresta caducifólia e subcaducifólia. As áreas desmatadas e utilizadas para a agricultura, são em geral ocupadas pelas culturas de palma forrageira, agave, algodão além de milho e feijão.

Declividade e Hipsometria

O mapa de Declividade foi obtido por meio de imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) utilizando o software ArcGIS Pro Pro (Licença tassio_jordan_LearnArcGIS), no qual foi possível baixar o mosaico do estado da Paraíba no Geoportal AESA, e posteriormente processar as informações por meio do recorte para delimitar a BHRPB, com uso do pacote Spatial Analyst Tools e Classification (Quantile) do software ArcGIS Pro, em seguida a esse procedimento, foi delimitado o número de classes e de acordo com a EMBRAPA.

De maneira similar a declividade a hipsometria utilizou-se do mesmo método por meio de imagens SRTM no software ArcGIS Pro, através do recorte do mosaico, e das ferramentas para o processamento da imagem, no qual foi possível notar, as inúmeras variações de classes na área estudada, demonstrando assim a variação do terreno.

Dados Pluviométricos

No desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados dados pluviométricos mensais da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs), para composição da variabilidade espaço-temporal da precipitação da RACRPN.

Inicialmente, com os dados de precipitação disponibilizados no período de 1980 a 2019 foram gerados gráficos (no Excel 2019) da variabilidade temporal da pluviometria no intuito de analisar a série histórica, onde através desses dados foi possível entender o comportamento da variável na RACRPN em estudo, demonstrando assim a dinâmica da pluviometria.

Logo após essa etapa, foram elaborados mapas e/ou figuras da variabilidade espacial da precipitação na RACRPN. Vale destacar que os dados pluviométricos obtidos possuem falhas de alguns meses e de até anos em alguns postos, e que foram utilizados métodos estatísticos de ponderação regional, para o preenchimento de falhas para completar as lacunas e prosseguir a pesquisa.

Preenchimento de Falhas

O método estatístico de preenchimento de falhas empregado na pesquisa foi o da ponderação regional (Equação 1), para aferir os valores que carecem e de tal modo proporcionar objetividade aos resultados no estudo.

O desígnio dos postos pluviométricos a serem usados no procedimento da ponderação regional necessita levar em consideração um intervalo mínimo de 30 anos, e estar presente em uma região climatológica semelhante.

$$PX = \frac{1}{n-1} * \left(\frac{PA}{PAm} + \frac{PB}{PBm} + \frac{PC}{PCm} + n \right) * PXm \quad (\text{Equação 1})$$

Onde, PXm, PAm, PBm e PCm são as precipitações médias nos postos X, A, B e C, respectivamente de acordo com a série de dados disponibilizadas, de tempo referente àquele da precipitação no posto X a determinar. PX, é a precipitação no posto X a determinar, PA, PB e PC são as precipitações nos postos A, B e C existentes, respectivamente, no intervalo de tempo referente àquele da precipitação no posto X a determinar.

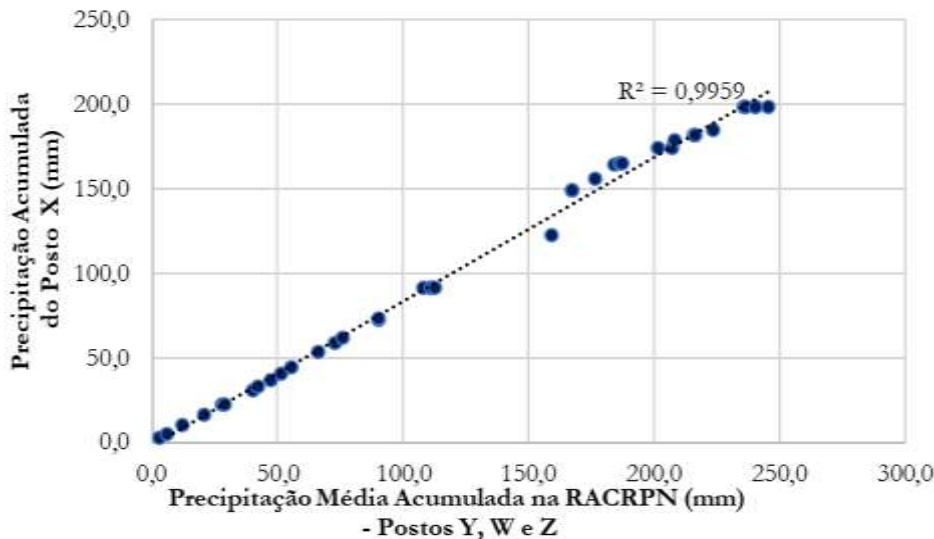
Deste modo, a metodologia consiste em estimar a pluviosidade ocorrida no posto pluviométrico com falta de dados, considerando apropriada às precipitações em postos próximos, constituindo o fator de proporcionalidade a função da precipitação média nestes postos, levando em consideração a pluviometria média no próprio posto com falha. Além disso, é necessário no mínimo três postos vizinhos do que está com ausência de dados, e necessitam estar localizados em regiões climáticas semelhante ao posto com falha.

Em seguida foi utilizado o método da Dupla Massa (Figura 2), desenvolvido pelo United States Geological Survey (EUA), a principal finalidade é identificar se aconteceram alterações no procedimento da precipitação ao longo do tempo, ou ainda no local de observação para confirmar que os dados ficam acompanhando o exemplo estatístico previsto de forma linear.

Assim, se os pontos de um verificado gráfico se alinharem em uma reta aproximada, isso adverte uma proporção entre os dados dos postos em questão. Portanto, o simples acontecimento de se ver o R2 próximo a 1, não é satisfatório para

considerar o erro, todavia já gera que o coeficiente de regressão se aproxime do resultado previsto.

Figura 2 - Exemplo do modelo Análise de Dupla Massa.



Fonte: Os autores (2023).

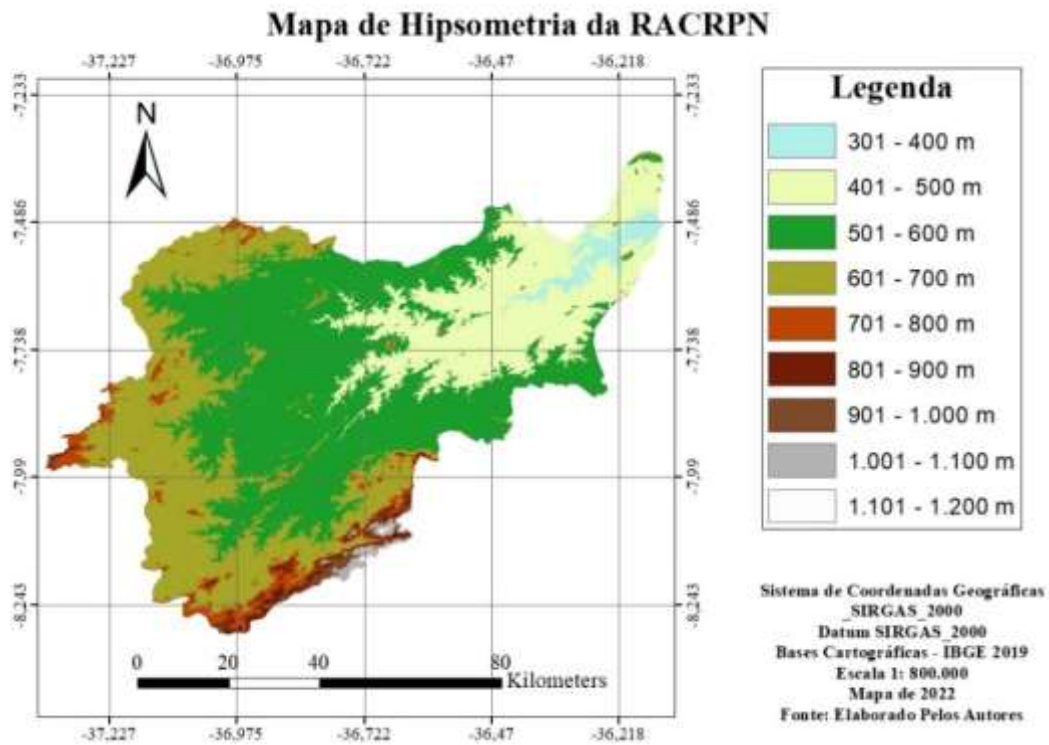
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Relevo

O relevo se apresenta ainda como fortemente ondulado em alguns pontos, e suas variações hipsométrias (Figura 3) que atingem a mais de 1000 metros, é possível observar que esses níveis estão na região sul na divisa com o estado de Pernambuco, suas áreas mais baixas se encontram na parte leste entre 301 e 400 metros.

O relevo apresenta-se de forma geral bastante diversificado (Figura 4), constituindo-se por formas de relevo diferentemente trabalhadas e por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas (Medeiros, 2020). É possível constatar que a maioria do seu relevo se encontra na área do Planalto da Borborema.

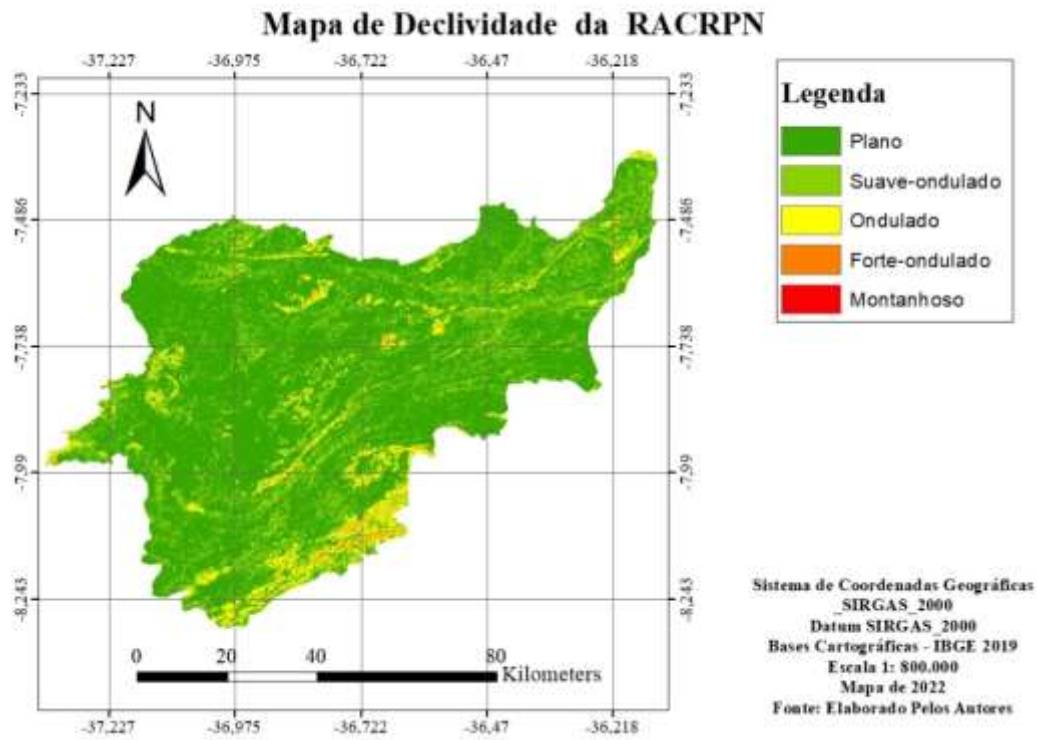
Figura 3. Mapa da Hipsometria da RACRPN



Fonte: Os autores (2023).

Deste modo, as áreas lestes como a oeste por compartimentos de encostas – que juntamente com a falta de perturbações de mais intensidade permitiu a aparição dessas feições aplainadas, tendo por seus limites os Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal, isto proporcionou ao alto curso uma relativa predominância de baixa declividade que vai principalmente de 0-20% (Corrêa et al., 2010, Furtado & Souza, 2006).

Figura 4. Mapa de Declividade da RACRPN



Fonte: Os autores (2023).

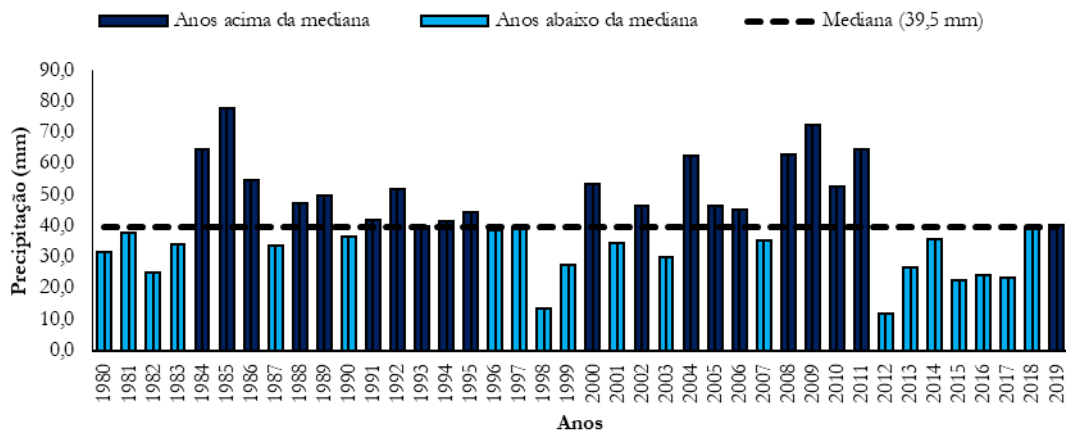
Precipitação Pluviométrica Temporal Anual da RACRPN

O Pluviograma Anual (Figura 5) da RACRPN, é caracterizado por 20 anos com precipitação abaixo da mediana do período analisado, sendo de 39,5 mm. No período analisado, no ano de 2012, foi obtido o menor valor de precipitação, atingindo 11,9 mm. Além disso, pode-se observar que a maior sequência de anos considerados secos, foi de 2012 a 2018.

Por outro lado, a RACRPN apresentou 20 anos com precipitações acima da mediana, onde para o ano de 1985, teve como o pico máximo 78 mm. A maior sequência de anos úmidos foi observada no período ente 1991 a 1995.

Deste modo, observa-se que a região analisada apresenta variações de anos secos e úmidos, e grandes variações na intensidade de precipitação entre os anos. Assim, cabe destacar a importância dessa mesclagem de anos secos e úmidos, para manter a dinâmica dos fatores ambientais presentes na região, dos recursos hídricos e da biodiversidade.

Figura 5 - Pluviograma Anual da RACRPN



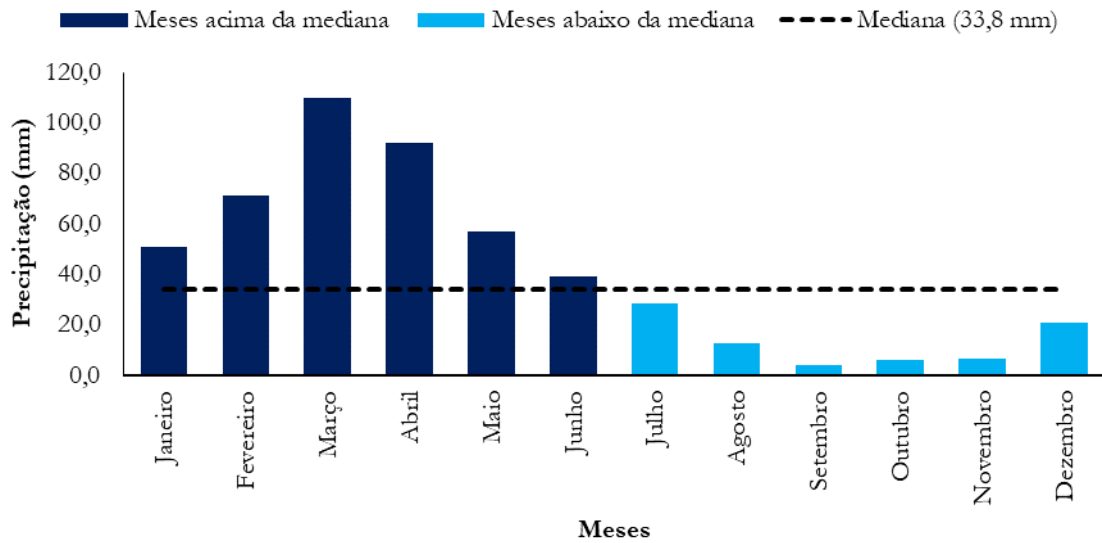
Fonte: Os autores (2023)

Precipitação Pluviométrica Temporal Mensal da RACRPN

De acordo com a série histórica de 1980 a 2019, observa-se dois períodos distintos possuindo seis meses de período úmido e seis meses como período seco (Figura 6). O período úmido compreende os meses de janeiro a junho, sendo o mês de março o mais representativo, atingindo o máximo de 110,1mm. Ou seja, um valor de 76,3 mm maior que a mediana histórica.

Por outro lado, existe o período seco, compreendendo os meses de julho a dezembro, com destaque para o mês de setembro a novembro atingindo um valor 6,2 mm de precipitação, ou seja, um valor 27,6mm menor que a mediana histórica. Justamente no período seco é necessária uma gestão eficiente dos recursos para garantir o abastecimento da região.

Figura 6 - Pluviograma Mensal da RACRPN



Fonte: Os autores (2023)

Precipitação Pluviométrica Espacial Mensal da RACRPN

No intuito de avaliar a distribuição pluviométrica no espaço, foi realizado a análise mensal das isoietas de janeiro a dezembro da região do Alto Paraíba (Figura 7), através da série histórica de 1980 a 2019.

Neste sentido, de acordo com a série disponibilizada, no mês de janeiro (Figura 7A) tem início o período úmido, apresentando os maiores valores na região oeste, com 78,7 mm e reduzindo para a região leste com apenas 29 mm. Já o mês de fevereiro (Figura 7B), apresenta os menores valores em uma pequena área da região leste com 41,6 mm, aumentando na região central ao oeste, chegando a 98,5 mm.

Os meses de março e abril (Figura 7C e 7D) são considerados os de maiores precipitações, apresentando valores entre 57 mm a 143,3 mm em toda área, sendo a menor intensidade localizada a leste e a maior ao oeste, respectivamente.

Vale enfatizar, que nesses meses de acordo com as figuras apresentadas, os gestores municipais, proprietários e agricultores consigam elaborar estratégias para um abastecimento eficiente, para que nos meses de maior dificuldade em disponibilidade hídrica esses meses de maior aporte hídrico supra essas necessidades. Além disso, é plausível constatar que nesses meses, os reservatórios têm um aumento no seu volume, as produções agrícolas têm uma elevação na produção, e a flora consegue prosperar.

Os meses de maio e junho (Figura 7E e 7F) que apresentam variação entre 26 mm na região leste e 85 mm a oeste, destacam-se por serem os meses cuja precipitação proporcionam a recarga dos mananciais, e o desenvolvimento das demais atividades locais, destacando-se ainda, o mês de junho e julho (Figura 7F) como os meses de transição entre o período úmido para o seco.

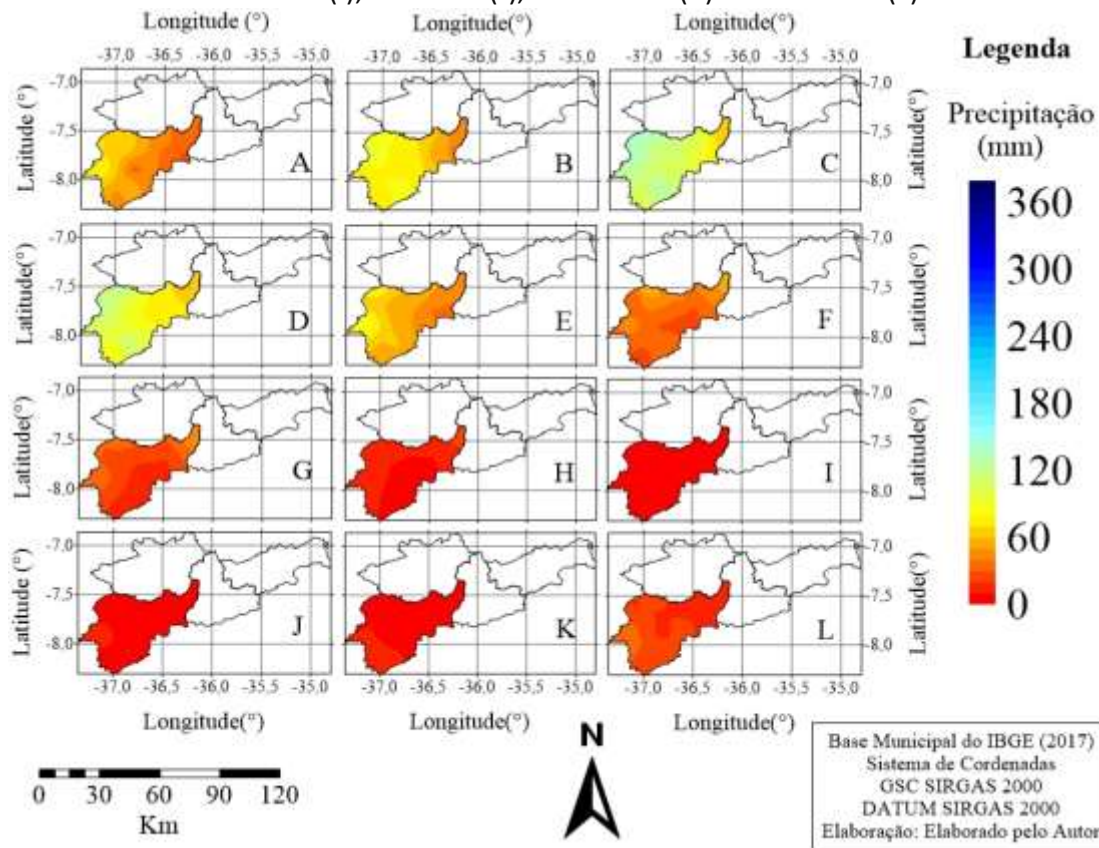
Tal transição do período úmido para o seco, se inicia no mês de julho (Figura 7G) no qual é possível constatar uma diminuição nos valores precipitados em boa parte da região do Alto Paraíba. Os maiores valores de precipitação estão especializados, sendo a região leste e oeste com 50 mm, a região central e sul sofre uma redução, com valores de apenas 15 mm, se tornando assim as mais seca.

Logo, os meses de menores precipitações, considerados bem abaixo da mediana, compreende o período de agosto a novembro (Figura 7H, 7I, 7J E 7K). nesses meses a precipitação atinge o máximo de 23 mm em algumas áreas da sub-bacia, e em sua maior parte, alcançam apenas 1 mm. Portanto, em meses como esses é necessário toda atenção e planejamento para a região, além de políticas públicas para o abastecimento dos municípios, através de cisternas, carros pipa e uma boa gestão dos recursos presentes nos reservatórios da região do Alto Paraíba.

Além disso, nesses meses a taxa de evapotranspiração é maior, assim como a temperatura, o que podem ocasionar em conjunto perca da fertilidade do solo, redução da produção agrícola e perca de rebanhos. Neste sentido, podem agravar na diminuição de água nos reservatórios, o que pode ocasionar uma maior contaminação e elevação de florações de cianobactérias, algas e demais micro-organismos.

Por fim, o mês de dezembro (Figura 7L) é o último mês do período seco, e assim o de transição para o úmido, mês de grande impacto e decisivo para os da estação chuvosa que se inicia posteriormente, nota-se que em algumas áreas seus valores aumentam de leste a oeste com valores de 11 a 36 mm respectivamente.

Figura 7 - Isoietas médias mensais da Pluviometria da RACRPN de Janeiro (A), Fevereiro (B), Março (C), Abril (D), Maio (E), Junho (F), Julho (G), Agosto (H), Setembro (I), Outubro (J), Novembro (K) e Dezembro (L).



Fonte: Os autores (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da pluviometria anual da RACRPN apresentou 20 anos com precipitações acima da mediana e 20 anos abaixo.

Com relação a análise temporal mensal, a RACRPN demonstrou dois períodos distintos, um úmido de janeiro a junho, sendo março o mês de maior volume precipitado. Já, o período seco, compreende os meses de julho a dezembro, sendo outubro o mais seco.

Na análise espacial da precipitação, foi possível constatar que a parte oeste e a que tem os maiores valores precipitados, enquanto a parte central e leste são as que tem os menores valores, como pode ser observado no decorrer dos meses.

Por fim, por meio dessas decorrências e com a noção da distribuição da precipitação, auxiliara a compreender como ela se comporta no passar dos meses e anos, e ainda auxiliar na gestão de planos na RACRPN, a fim de requerer um bom gerenciamento dos recursos hídricos, atividades locais e da biodiversidade existente na região. Por fim, os resultados ajudam a compreender como a Temperatura se comporta no decorrer dos anos, projetando-se assim cenários futuros, ajudando no planejamento ambiental de cada município, em políticas ambientais e climáticas.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Vanessa Vasconcelos *et al.* Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 2, p. 353-367, 2016. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.2.p353-367>

COSTA, Micejane da Silva *et al.* Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.5, p.1321-1333, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150071>

DE BARROS CORRÊA, Antonio Carlos *et al.* Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. *Revista do Instituto geológico*, v.31, n.2, p.35-52, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20100003>

SANTOS FERREIRA, Pedro dos *et al.* Variabilidade Espaço-Temporal das Tendências de Precipitação na Mesorregião Sul Cearense e sua Relação com as Anomalias de TSM. **Revista brasileira de meteorologia**, v.33, n.1, p.141-152, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786331006>

FLATO, Martin; MUTTARAK, Raya; PELSER, André. Women, Weather, and Woes: The Triangular Dynamics of Female-Headed Households, Economic Vulnerability, and Climate Variability in South Africa. **World Development**, v.90, n.17, p. 41–62, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.08.015>

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna *et al.* Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.4, p. 1006-1016, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150049>

FURTADO, André Victor Barcia Duarte. Mapeamento geomorfológico para a bacia do Alto Curso do Rio Paraíba de acordo com as normas do Manual Geomorfológico do IBGE. *REGNE*, v.2, p.83-91, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10427>

MEDEIROS, Raimundo Mainar. Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba - PB, Brasil e sua Análise Pluviométrica. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência**

Agronômica, v.17, n.1, p.87-97, 2020. DOI:
<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/2624>

MENEZES, Hudson Ellen Alencar et al. Variabilidade climática para o município de Patos, Paraíba, Brasil. **Revista Verde**, v.10, n.3, p. 37-41, 2015. DOI:
<https://doi.org/10.18378/rvads.v10i3.4607>

NASCIMENTO, Maxsuel Bezerra et al. Análise da precipitação espaço-temporal do município de Queimadas-PB. In: Seabra, G. (Org.). **Mudanças Climáticas e Biodiversidade**. 1ed. Ituiutaba-MG: Barlavento, p.594-602, 2019.

NASCIMENTO, Maxsuel Bezerra et al. Variabilidade climática da precipitação do município de Areia/Paraíba, Brasil. **Gaia Scientia**, v.13, n.3, p.24-37, 2019. DOI:
<https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2019v13n3.41925>

OLIVEIRA, Thiago Alves et al. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de fora-MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.26, p.457-478, 2020. DOI:10.5380/abclima.v26i0.70194

ARAÚJO PALHARINI, Rayana Santos et al. Climatological Behavior Precipitating Clouds in the Northeast Regions of Brazil. **Advances in Meteorology**, p.1-12, 2017. DOI:
<https://doi.org/10.1155/2017/5916150>

Recebido: 20/09/2023 Aceito: 10/12/2024

Editor Geral: Dr. Eliseu Pereira de Brito