

## **REGIONALIZAÇÃO DE ÁREAS PLUVIOMETRICAMENTE HOMOGÊNEAS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO PIAUI, ESTADO DE ALAGOAS**

Marcus Vinicius da Silva Leonardo Firmino <sup>1</sup>  
Thalia Kailane Tavares Calheiros <sup>2</sup>  
Josiel dos Santos Silva <sup>3</sup>  
Lucas de Moraes Teixeira <sup>4</sup>  
Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida <sup>5</sup>  
Jório Bezerra Cabral Júnior <sup>6</sup>

### **INTRODUÇÃO**

As variabilidades da precipitação nas diferentes escalas de análises (espacial e temporal) é de extrema importância para o gerenciamento dos recursos hídricos e para a compreensão da disponibilidade hídrica superficial (Comisso; Medeiros, 2021). Dessa forma, saber a quantidade e a distribuição das chuvas permite planejar de forma mais eficaz o uso da água disponível, crucial em regiões onde a irregularidade das chuvas pode causar períodos de seca prolongada ou inundações.

É importante ressaltar que compreender o ciclo natural da água que inclui processos como evaporação, condensação, precipitação e infiltração é vital para prever mudanças nos padrões climáticos e seus impactos no meio ambiente e nas atividades humanas. Estimativas de precipitação ajudam a entender como as diferentes partes desse ciclo se inter-relacionam e como eventos climáticos extremos, como El Niño, podem afetar a disponibilidade de água em determinada região. Além disso vale ressaltar que a precipitação é uma das variáveis meteorológicas de maior importância no setor hidrológico, influenciando diretamente as atividades humanas, tais como o cultivo

---

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [mvsfirmino@hotmail.com](mailto:mvsfirmino@hotmail.com);

<sup>2</sup> Graduanda do curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [thaliacalheiros099@gmail.com](mailto:thaliacalheiros099@gmail.com);

<sup>3</sup> Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [josielsan.1092@email.com](mailto:josielsan.1092@email.com);

<sup>4</sup> Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [lucasmorais321@gmail.com](mailto:lucasmorais321@gmail.com);

<sup>5</sup> Docente do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [henrique.ravi@ceca.ufal.br](mailto:henrique.ravi@ceca.ufal.br);

<sup>6</sup> Orientador e Doutor do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente - UFAL, [jorio.cabral@igdema.ufal.br](mailto:jorio.cabral@igdema.ufal.br);

agrícola, a pesca, a pecuária e, principalmente, no consumo humano e animal (Pereira et al., 2012).

O Estado de Alagoas, possui um clima diversificado influenciado por sua posição geográfica. A topografia do estado, com 339 km na direção leste-oeste e 186 km na direção norte-sul, contribui para a variedade climática observada em suas mesorregiões: o Leste, o Agreste e o Sertão Alagoano (Barros et al., 2012). A região Nordeste do Brasil, incluindo Alagoas, é caracterizada por um clima semiárido em aproximadamente 50% de seu território (Barros et al., 2012). Este clima é marcado pela irregularidade espacial e temporal das chuvas. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS), e a circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos totais pluviométricos (Nobre, 1986; Molion; Bernado, 2002). Além disso, Alagoas apresenta um regime de chuvas altamente irregular e o regime pluviométrico é influenciado por diversas configurações atmosféricas e oceânicas em grande escala, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Sistemas Frontais (SF), as ondas de Leste e os Ventos Alísios de Nordeste e Sudeste (Barros et al., 2012).

Em síntese, a precipitação em Alagoas é altamente influenciada por fatores geográficos e climáticos. A gestão eficiente dos recursos hídricos é essencial para mitigar os impactos da irregularidade das chuvas, especialmente no semiárido, onde a seca é uma realidade constante. Investimentos em infraestrutura hídrica, como cisternas e barragens, além de políticas públicas voltadas para o uso sustentável da água, são fundamentais para garantir a segurança hídrica e o desenvolvimento socioeconômico da região.

De acordo com a ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020), a Região Hidrográfica (RH) é a demarcação territorial compreendida por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares. A partir da Resolução CERH N° 02, de 15 de julho de 2019, o estado de Alagoas passa a ser dividido em 9 RHs: Sertão do Rio São Francisco, Piauí, Coruripe, São Miguel, Mundaú-Paraíba, CELMM, Pratagy, Litoral Norte, Jacuípe-Uma. Este estudo compreende uma análise abrangente sobre a variabilidade pluvial da Região Hidrográfica do Piauí, Alagoas, fornecendo informações valiosas para a gestão e planejamento hídrico regional.

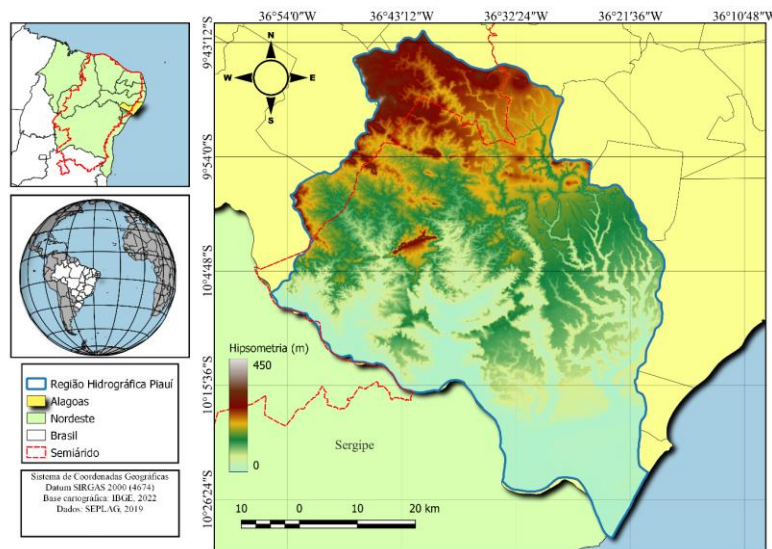
O objetivo principal do trabalho é analisar a variabilidade pluvial, no tempo e no espaço, na Região Hidrográfica do Piauí (RHP), Alagoas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo e dados

A área de estudo é a Região Hidrográfica do Piauí (Figura 1) está localizada no estado de Alagoas, engloba a bacia do rio Piauí, a área está incluída parcialmente na região semiárida e outra em região úmida. Para realizar a análise da Climatologia, de forma temporal e espacialmente, foram utilizados dados mensais de precipitação, disponibilizados por Xavier *et al.* (2020), que no intuito de ampliar e melhorar a distribuição temporal e espacial de dados meteorológicos, desenvolveram e validaram um banco de dados meteorológicos com uma resolução espacial de  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ , para uma série temporal de 1961 a 2022, disponíveis em <https://utexas.app.box.com/v/Xavier-et-al-IJOC-DATA>. Contabilizando-se uma série de 62 anos de dados mensais.

**Figura 1** - Localização da Região Hidrográfica do Piauí, Alagoas.



### Procedimentos metodológicos

Em uso dos dados foi utilizada a análise de agrupamento (Cluster) (técnica estatística multivariada) para definir quais são os pontos de grades pertencentes a uma determinada sub-região com características homogêneas, ou aproximadas, dentro da Região Hidrográfica do Piauí. A quantidade de grupos e/ou sub-regiões (clusters) foi

determinado para a precipitação. Em seguida, analisada individualmente (por sub-região), utilizando-se estatísticas descritivas e verificando se existem indícios de tendências.

#### Análise de cluster

Neste trabalho foi utilizada a análise de Cluster com o objetivo de determinar sub-regiões dentro da referida Região Hidrográfica, de acordo com a variabilidade mensal da precipitação. O método para obtenção da medida de similaridade dentro de cada sub-região será o da distância euclidiana (Mimmack; Mason; Galpin, 2001).

Em seguida foi utilizado a abordagem hierárquica, cujo método de ligação adotado é o de Ward (variância mínima), estabelecido por Ward (1963), que se fundamenta nos princípios da análise de variância. Em cada passo do método é realizado o cálculo da soma de quadrados dentro de cada grupo. Esta soma é o quadrado da distância euclidiana de cada elemento que pertence ao grupo em relação ao correspondente vetor de médias do grupo.

Após a divisão dos grupos em sub-regiões é feita a caracterização de cada sub-região, para cada variável, utilizando-se estatísticas descritivas e, simultaneamente foram realizadas análises quantitativas no intuito de entender, por exemplo, áreas de maior irregularidade na distribuição das chuvas.

#### Método de interpolação IDW

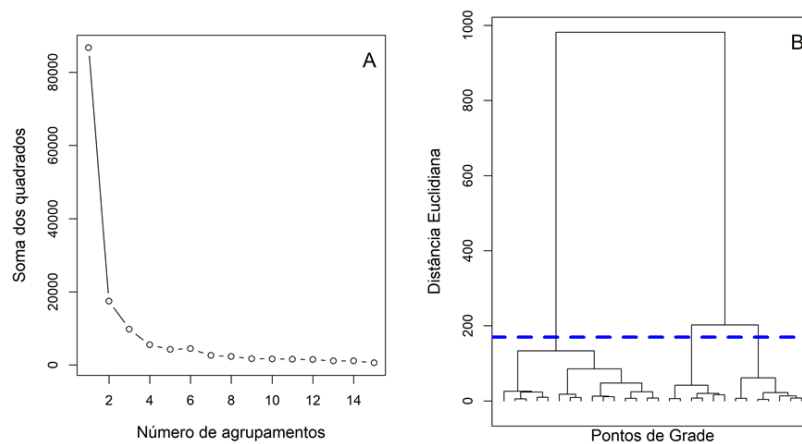
Para analisar a variabilidade da precipitação de forma espacializada, foi utilizado o método de interpolação Inverse Distance Weighted (IDW) - Ponderação do Inverso das Distâncias, utilizando-se dados dos acumulados médios mensais, para cada ponto centroide da Região Hidrográfica do Piauí, Alagoas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de cluster proporcionou a separação da Região Hidrográfica do Piauí (RHP) em três sub-regiões (S1, S2 e S3) com características homogêneas, sobre a precipitação média mensal. É possível verificar que através do número de clusters 3, a soma dos quadrados passa a se tornar contínua (Figura 2-A). Dessa forma, este foi o número de agrupamentos (três) para subdividir a RHP, Alagoas, os pontos centróides

foram agrupados na RH e apresentados no dendrograma (Figura 2-B), com o corte (linha azul) para dividir o número de agrupamentos a partir da utilização do método da distância euclidiana e do agrupamento hierárquico por meio da técnica de ligação de Ward.

**Figura 2** - Número de cluster (A) e dendrograma (B) referentes aos três grupos da precipitação média mensal, a partir da análise de agrupamento, para a Região Hidrográfica do Piauí, Alagoas, no período de 1961 a 2022.

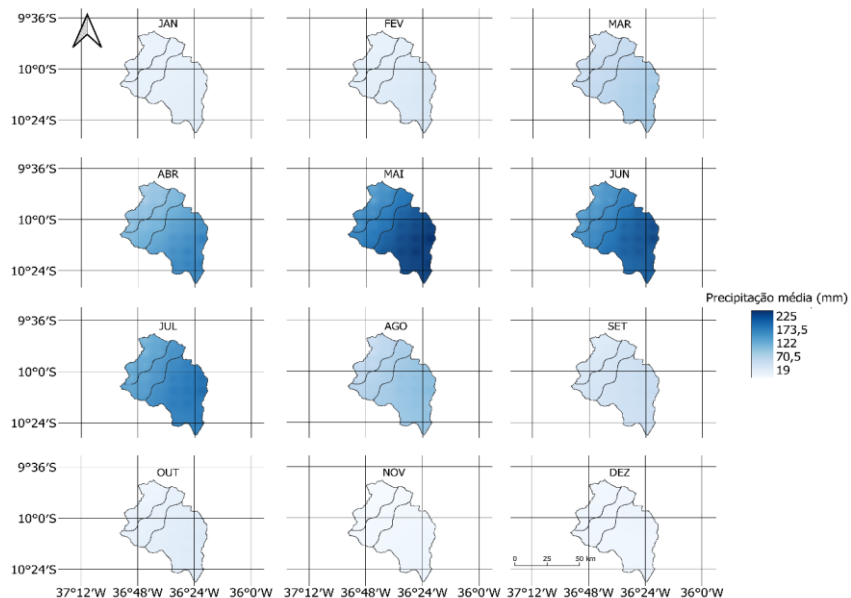


A partir disso, verifica-se na Figura 3 que a distribuição espacial e mensal da precipitação possui elevada variabilidade em toda RHP. Os maiores valores de precipitação, em média, são registrados durante os meses de abril a julho para todas as sub-regiões, sendo maio o mês com o quantitativo mais elevado com valores respectivos da S1, S2 e S3 de 207,8 mm, 168,8 mm, 143,1 mm.

Embora os períodos das estações chuvosas e secas coincidam entre as sub-regiões, entretanto a pluviosidade se diferencia em termos de quantidade. A S1 é a mais chuvosa, com média na estação chuvosa e na estação seca de 179,7 mm e 35 mm, respectivamente, e a S3 é a mais seca e as médias pluviais no período chuvoso são, respectivamente, de 124,4 mm.

Os menores quantitativos médios foram verificados durante o período de outubro a janeiro, como é possível constatar através da Figura 3, determina-se esse período como a estação seca. A S3, que está localizada a oeste da RHP, destaca-se com os menores valores de precipitação média, para o período seco, novembro é o mês mais seco (21,2 mm), logo em seguida é dezembro (26,8 mm), outubro (31 mm). Em termos médios destaca-se que 60,35% da precipitação concentra-se na estação chuvosa.

**Figura 3** - Distribuição espacial mensal da precipitação para a Região Hidrográfica do Piauí, Alagoas, no período de 1961 a 2022.

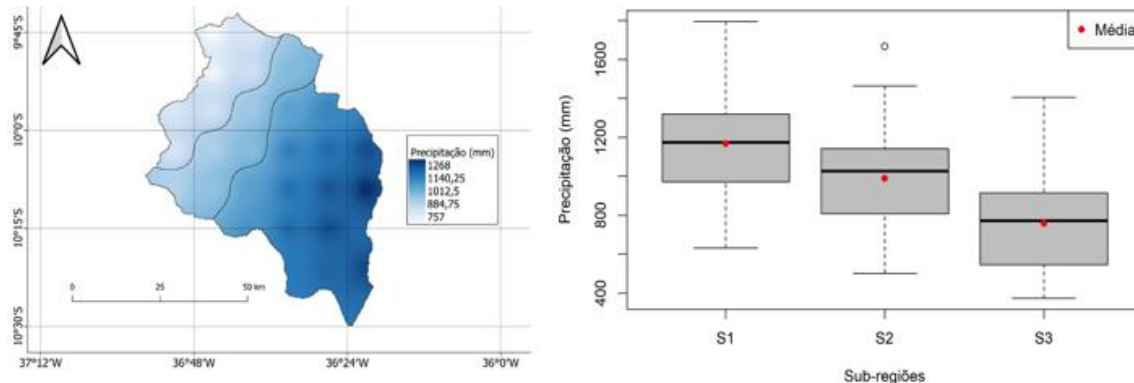


Através da análise da variabilidade da precipitação anual na RHP (Figura 4), observa-se que a parte leste é a mais chuvosa, e na porção oeste observa-se os menores valores médios de precipitação. A sub-região mais chuvosa, em média, acumula um total anual de 1.158,9 mm (S1), enquanto a mais seca (S3) possui um acumulado anual médio de 824,2 mm, vale destacar que essa última está predominantemente inserida na região semiárida de Alagoas. A S1 chove 40% a mais do que precipita na S3. Enquanto a S2, sub-região de transição, possui um acumulado anual médio de 953,6 mm.

Para Nascimento e Ribeiro (2023), a variabilidade do semiárido brasileiro, exemplo da S3, é determinada pelos fatores como posição geográfica, relevo, e os sistemas que produzem o tempo. Ainda de acordo com os autores, os sistemas atmosféricos Alta da Bolívia (AB) relacionado ao Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) são importantes produtores de chuva no semiárido do NEB.

O valor apresentado pela região mais seca (S3) é superior ao município de Catolé de Casinhas com 650 mm de precipitação, de acordo com estudos realizados por Oliveira, Nóbrega e Almeida (2011), as duas áreas estão localizadas no semiárido. Os resultados da precipitação da S1 e da S3, que são de localidades com municípios de características de linha de costa e de interior, respectivamente, são reforçados por Meneghetti e Ferreira (2009) que destacam que as regiões localizadas próximas ao litoral do NEB possuem precipitação mais intensa nas estações de outono e inverno.

**Figura 4** - Distribuição espacial anual precipitação para a Região Hidrográfica do Piauí e variabilidades da precipitação média, anual, com as respectivas médias para as três sub-regiões, Alagoas, no período de 1961 a 2022.



No bloxpot anual, verifica-se a variabilidade anual da precipitação por sub-região da RHP. A princípio reforça-se uma diminuição da precipitação da S1 a S3 no qual identificou-se que os valores médios são inferiores às medianas, ou seja, possui uma distribuição assimétrica com coeficiente negativo de assimetria. Na sub-região mais chuvosa (S1) 75% dos dados de precipitação superam 1000 mm de precipitação, por outro lado, na sub-região mais seca (S3) 75% (3º quartil) estão abaixo desse mesmo quantitativo de precipitação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais resultados do trabalho analisaram a variabilidade pluvial na Região Hidrográfica do Piauí. Os maiores valores de precipitação, em média, são esperados durante os meses de abril a julho para todas as sub-regiões, com destaque para maio como o mais chuvoso e novembro o mais seco. Sobre a irregularidade da RHP, existe um destaque para a comparação entre áreas semiáridas e úmidas, são evidentes as diferenças abruptas entre os valores pluviométricos entre as sub-regiões S1 e S3, respectivamente.

A sub-região 1 é a mais chuvosa, detém uma precipitação total anual de 1.158,9 mm, enquanto a sub-região 3 é a mais seca (824,2 mm). De início, reforça-se uma diminuição da precipitação da S1 a S3 no qual identificou-se que os valores médios são inferiores às medianas, ou seja, possui uma distribuição assimétrica com coeficiente negativo de assimetria, apesar disso, existe um elevado potencial de captação de água da

chuva. A temática é relevante para ser abordada em diversos estudos futuros, de forma que pode contribuir para a qualidade de vida da população brasileira.

**Palavras-chave:** Variabilidade pluvial; precipitação, captação de água.

## **AGRADECIMENTOS**

O primeiro autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pela concessão da bolsa de mestrado, ao Laboratório de Climatologia Teórica e Aplicada (LACTA) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDEMA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). O segundo autor agradece à FAPEAL pela concessão da bolsa de PIBIC. O último autor agradece pelo apoio e fomento à pesquisa cedidos pela FAPEAL (edital 003/2022) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Chamada CNPq/MCTI N° 10/2023).

## **REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, H. A. de.; VIRIATO, C. L.; SAMPAIO, E. A. de M. Alternativa da captação de água da chuva: qualidade da água armazenada em cisternas e em tanques naturais. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 37, p. e36106, dez. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Catálogo de metadados da ANA**. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/0574947a-2c5b-48d2-96a4-b07c4702bbab> Acesso em: 16 de mai. 2024.

BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da; SANTIAGO, G. A. C. F. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 211, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, dez. 2012.

COMISSO, H; MEDEIROS, E. Mapeamento da precipitação no estado de Alagoas por meio de técnicas geoestatísticas. *Revista Univap*, v. 27, 26 out. 2021.

MENEGHETTI, G. T.; FERREIRA N. J. Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 14., 2009, Natal. *Anais [...]*. Natal: INPE, 2009. p. 1685-1689.

MIMMACK, G. M.; MASON, S. J.; GALPIN, J. S. Choice of distance matrices in cluster analysis: defining regions. *Journal of Climate*, v. 14, n. 12, p. 2790-2797, jun. 2001.



- MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira Meteorologia**, v.17, p.1-10, 2002.
- NASCIMENTO, G. V. S. do; RIBEIRO, E. P. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia hidrográfica do rio Moxotó. **Revista GeoUECE**, Fortaleza, v. 12, n. 23, p. e2023006, dez. 2023.
- NOBRE, C. A.; MOLION, L.C.B. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Climananálise – Número Especial, Edição Comemorativa de 10 anos**, INPE. São José dos Campos, SP, 1986. 125 p.
- OLIVEIRA, G. C. de S.; NÓBREGA, R. S.; ALMEIDA, H. A. de. Perfil socioambiental e estimativa do potencial para a captação de água da chuva em Catolé de Casinhas, PE. **Revista de Geografia**, Recife, v. 29, n. 1, p. 75-90, nov. 2011.
- PEREIRA, E. R. R. et al. Variabilidade do número de dias de chuva no estado de Alagoas. **Applied Research and Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 7-26, 2012.
- SILVA, A. S., LIMA, L. T., GOMES, P. C. F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais-dimensionamento, construção e manejo**. 1. ed. Petrolina: EMBRAPA-CPTASA, 1984, 103 p.
- WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963.
- XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 8390-8404, mai. 2022.