

ESPACIALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO, EM PERNAMBUCO

SPECIALIZATION OF THE ANNUAL AVERAGE PRECIPITATION OF THE JABOATÃO RIVER HYDROGRAPHIC BASIN, IN PERNAMBUCO

Amaury Gouveia Pessoa Neto 1

Resumo: O presente estudo buscou analisar, por meio da tecnologia do geoprocessamento, a espacialização da precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco. Para isso, foram utilizados dados históricos provenientes de 15 postos pluviométricos distribuídos no interior ou nas proximidades da bacia, os quais foram manipulados no software livre QGIS (versão 3.10.9), onde seus sistemas de coordenadas e geodésico foram projetados para UTM (fuso 25S) e SIRGAS 2000, respectivamente. Após esse procedimento, foi aplicado o método de interpolação IDW (Inverse Distance Weighted – Ponderação do Inverso da Distância) por meio da ferramenta “Interpolação IDW”, localizada na Caixa de Ferramentas do QGIS. A partir da aplicação dessa metodologia, foi verificado o intervalo compreendido entre os índices pluviométricos médios anuais de 1.700,00 mm e 1.750,00 mm abrangeu maior parte da bacia, representando 34,36 % da área total da região em estudo. Os resultados apresentados neste estudo são capazes de facilitar o entendimento do principal elemento de entrada de água numa bacia hidrográfica, permitindo a realização do monitoramento desse processo hidrológico de forma consistente.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Índices pluviométricos. Interpolação IDW.

Abstract: The present study sought to analyze, through geoprocessing technology, the spatialization of the average annual precipitation of the watershed of the Jaboatão river, in Pernambuco. For this, historical data from 15 pluviometric stations distributed inside or close to the basin were used, which were manipulated in the free software QGIS (version 3.10.9), where their coordinate and geodesic systems were designed for UTM (25S) and SIRGAS 2000, respectively. After this procedure, the IDW (Inverse Distance Weighted) interpolation method was applied using the “IDW Interpolation” tool, located in the QGIS Toolbox. From the application of this methodology, it was verified that the interval between the average annual rainfall of 1,700.00 mm and 1,750.00 mm covered most of the basin, representing 34.36% of the total area of the region under study. The results presented in this study are capable of facilitating the understanding of the main element of water input in a hydrographic basin, allowing the monitoring of this hydrological process in a consistent way.

Keywords: Geoprocessing. Rainfall indexes. IDW interpolation.

1 Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6713566691047643>. ORCID: 0000-0002-6320-8066. E-mail: agpn@poli.br

Introdução

A precipitação pluviométrica se constitui como o principal fenômeno responsável pela entrada de água numa bacia hidrográfica, sendo um importante componente para o ciclo hidrológico (SANTOS et al., 2011). Além disso, se destaca por ser uma variável meteorológica essencial para a manutenção do clima e para o desenvolvimento de diversas atividades, tais como: agricultura, abastecimento humano, produção de energia, lazer e turismo (ALCÂNTARA et al., 2020; FERREIRA FILHO et al., 2019). Segundo Morais e Abreu (2021), oscilações no regime da precipitação, isto é, a ausência ou o excesso, podem provocar impactos adversos à população e ao desenvolvimento agrícola.

A variabilidade espacial da precipitação sobre uma região é bastante peculiar, uma vez que seu padrão de distribuição sobre o globo terrestre é influenciado por diversos fatores, tais como: altitude, distância de grandes corpos hídricos, temperatura, direção e intensidade das massas de ar predominantes, entre outros (FERREIRA FILHO et al., 2019; SANTOS et al., 2011). Dessa forma, para Gomes et al. (2021), estudos sobre a espacialização da precipitação sobre uma região, sobretudo bacias hidrográficas, são fundamentais para a análise da disponibilidade hídrica perante seus usos e demandas.

Métodos de espacialização geram superfícies distribuídas de uma determinada variável, como índices pluviométricos, a partir de dados pontuais, possibilitando o entendimento da variabilidade espacial de fenômenos, sem que seja necessária a obtenção de informações de toda a região em que se deseja realizar o estudo, sobretudo onde o déficit de dados é recorrente (ALCÂNTARA et al., 2020; RODRIGUES, 2020). Santos et al. (2011) afirmam que para espacialização de precipitação são utilizados, frequentemente, métodos de interpolação espacial, com destaque ao inverso do quadrado da distância (IDW), o qual pode ser aplicado por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

A tecnologia do geoprocessamento, sobretudo o uso do SIG, quando aplicada ao estudo de bacias hidrográficas, permite a realização de técnicas de delimitação automática, uso e ocupação do solo, bem como a espacialização da precipitação pluviométrica (MONTEIRO et al., 2020). Devido aos diversos tipos de uso e ocupação do solo e a importância na contribuição do abastecimento de água de parte da Região Metropolitana do Recife (RMR), o presente estudo tem como objetivo realizar o mapeamento da espacialização da precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, a fim de contribuir na gestão e planejamento dos recursos hídricos do local.

Localização e Caracterização da Região do Estudo

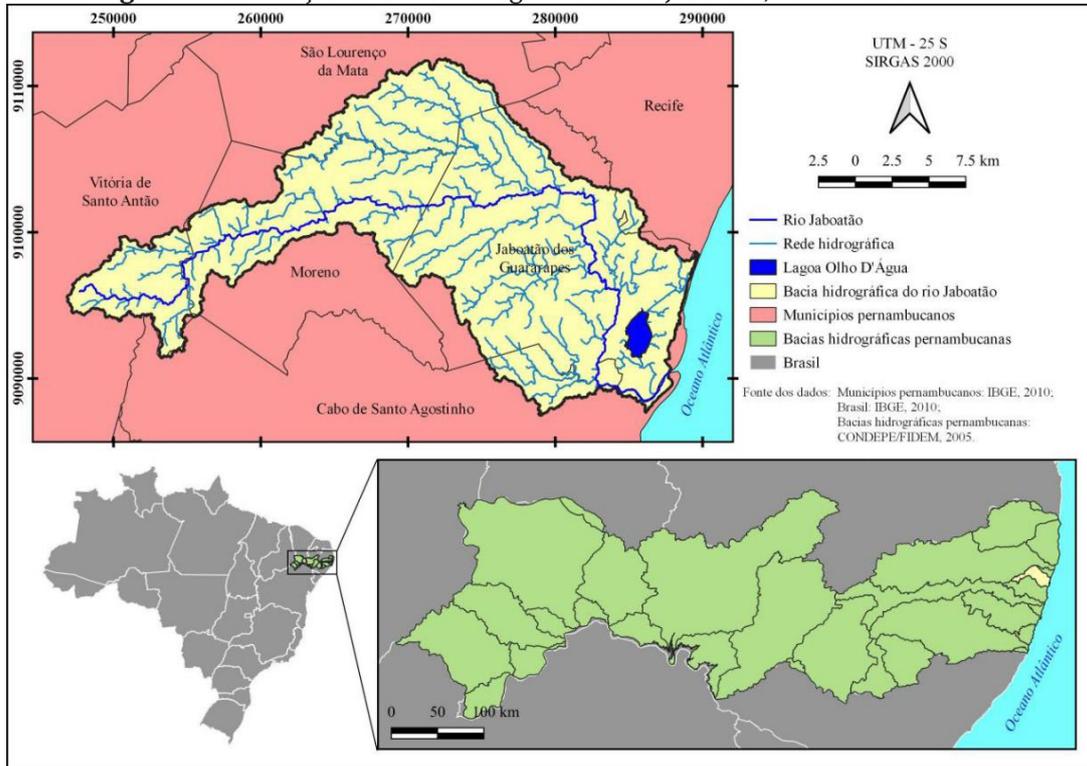
A bacia hidrográfica do rio Jaboatão situa-se na região litorânea pernambucana e possui área de drenagem de 429,84 km² (PESSOA NETO et al., 2021), como apresenta a Figura 1. Abrange os municípios de Vitória de Santo Antão, Moreno, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Cabo de Santo Agostinho e Recife e está delimitada pelas latitudes 08° 03' 00"S e 08° 14' 00"S e longitudes 34° 59' 00"W e 35° 15' 30"W (SILVA & GIRÃO, 2020).

O rio Jaboatão, principal canal da bacia, possui 79,35 km de extensão, tendo sua nascente no município de Vitória de Santo Antão e seu exutório na praia de Barra de Jangada, em Jaboatão dos Guararapes. Em seu principal afluente, o rio Duas Unas, está situada a barragem homônima, cujo manancial abastece parte da RMR. Destaca-se na bacia do rio Jaboatão a presença da lagoa Olho D'Água, que se configura como um sistema lagunar de 3,70 km² de área que é alimentado pelas águas do rio Jaboatão por meio do canal Olho d'Água (SILVA & GIRÃO, 2020).

Acerca da cobertura do solo da região do estudo, o alto e o médio cursos da bacia são representados, principalmente, pela agropecuária, se destacando o cultivo da cana-de-açúcar e pastagem; no baixo curso se destaca a ocupação urbana, a qual contempla centros comerciais, industriais e residenciais. Conforme Silva e Girão (2020), principalmente nas

áreas de adensamento urbano, a geomorfologia, caracterizada pela presença de planícies e colinas, e os fatores climáticos, sobretudo as precipitações, tornam a região suscetível a movimentos de massa, principalmente do tipo escorregamento, e a desastres hidrológicos, como alagamentos, que geralmente ocorrem com mais frequência nos meses de maio a julho, quando são apresentados elevados índices de precipitação na região.

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, Pernambuco.



Fonte: Elaborado pelo autor

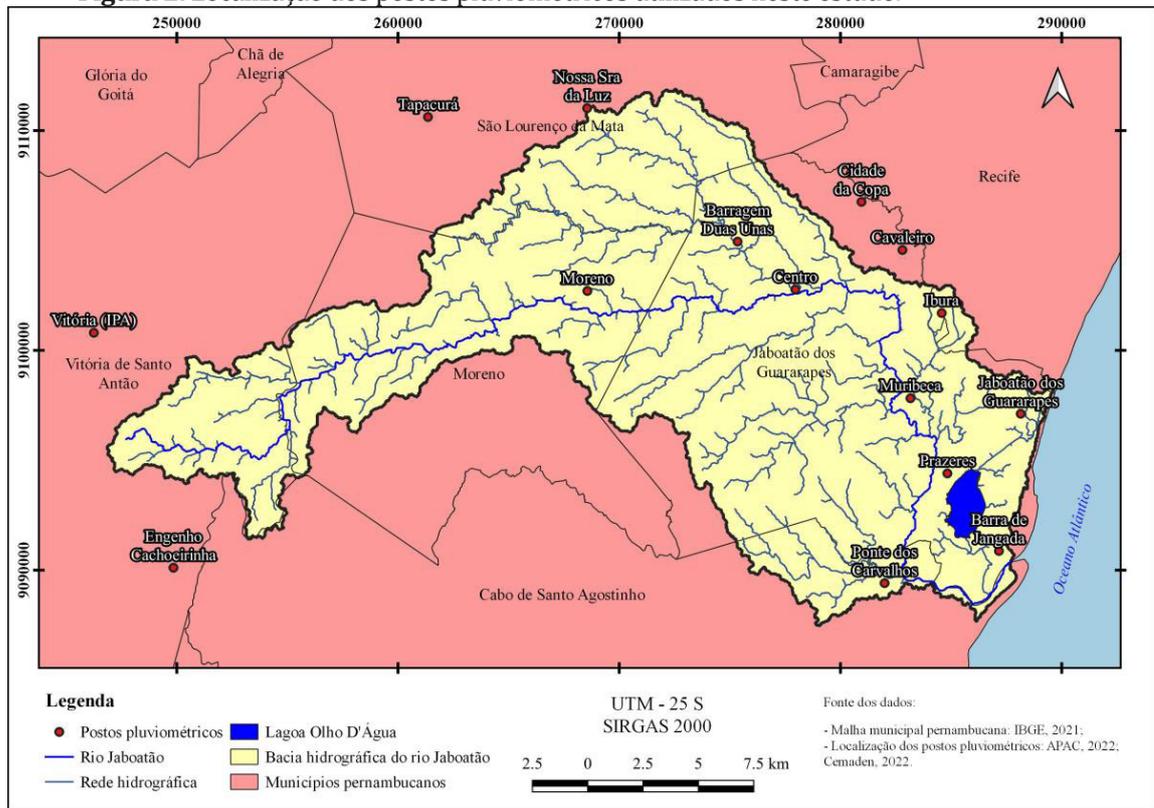
A escolha da bacia hidrográfica do rio Jaboatão como região de estudo se deu por apresentar características físico-naturais e cobertura do solo que a tornam suscetíveis a movimentos de massa e desastres hidrológicos, bem como por contribuir com o abastecimento de água de parte da RMR. Esses fatores tornam o conhecimento da variabilidade espacial da precipitação pluviométrica de grande importância para subsidiar a gestão e planejamento dos recursos hídricos da região.

Procedimentos Metodológicos

Obtenção e tratamento dos dados históricos de precipitação

Para a determinação dos índices de precipitação totais mensais da bacia do rio Jaboatão, foram utilizadas séries históricas provenientes de 15 postos pluviométricos, que foram disponibilizadas por meio das plataformas virtuais da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). Estes postos estão identificados na Figura 2 e suas informações, detalhadas no Quadro 1.

Figura 2. Localização dos postos pluviométricos utilizados neste estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 1. Informações dos postos pluviométricos selecionados para este estudo.

Código	Nome do Posto Pluviométrico	Município	Coordenadas (UTM - 25S)		Período de Observação	Agência de Monitoramento
			X (mE)	Y (mN)		
260290205A	Ponte dos Carvalhos	Cabo de Santo Agostinho	281999,56980	9089404,20465	2012 - 2021	Cemaden
202	Jaboatão dos Guararapes	Jaboatão dos Guararapes	288155,91254	9097110,93952	1995 - 2016	APAC
268	Barragem Duas Unas		275352,86712	9104946,52119	1998 - 2021	
604	Cidade da Copa		280955,39491	9106755,20916	2012 - 2021	
260790101A	Muribeca		283170,58013	9097816,97286	2012 - 2021	Cemaden
260790103A	Cavaleiro		282807,09629	9104562,90378	2012 - 2021	
260790104A	Prazeres		284840,48644	9094395,95158	2012 - 2021	
260790107A	Centro		277965,41455	9102769,24108	2012 - 2021	
260790109A	Barra de Jangada		287171,91982	9090867,50307	2012 - 2021	
205	Moreno	Moreno	268562,25993	9102699,44336	1999 - 2021	APAC
261160615A	Íbura	Recife	284584,71667	9101695,44373	2012 - 2021	Cemaden
405	Nossa Senhora da Luz	São Lourenço da Mata	268552,48498	9111018,52366	1968 - 1989	APAC
267	Tapacurá		261354,23376	9110615,96280	1993 - 2021	
26	Vitória (IPA)	Vitória de Santo Antão	246247,24611	9100797,05184	1965 - 2021	
541	Engenho Cachoeirinha		249846,99664	9090104,11074	1984 - 2009	

Fonte: Elaborado pelo autor

Dos postos pluviométricos selecionados para o estudo, foi verificado que alguns apresentavam dados mensais de precipitação completos, enquanto outros traziam intervalos com ausência de dados. Para o complemento dessas lacunas, procurou-se adotar o método da ponderação regional, cuja expressão está descrita na Equação 1. Neste método, a obtenção dos dados estimados é realizada a partir das medições de pelo menos 3 postos que se localizem em uma região climática semelhante ao posto a ser preenchido (DIAS & SOARES, 2021; MELLO et al., 2017).

$$Y = \frac{y_m}{3} \times \left(\frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right) \quad (1)$$

Onde Y representa a precipitação do posto a ser estimada, em mm; y_m corresponde a precipitação média do posto y, em mm; x₁, x₂, x₃ são as precipitações correspondentes ao período que se deseja preencher, observadas nas 3 estações próximas, em mm; e x_{m1}, x_{m2}, x_{m3} equivalem as precipitações médias das 3 estações vizinhas, em mm.

Após o preenchimento das falhas e com o intuito de verificar a homogeneidade das séries históricas de precipitação, foi aplicado o método da dupla massa, o qual, de acordo com Machado e Assis (2022), é utilizado para atestar a consistência de séries de dados meteorológicos mensais e anuais. Neste método, a estação de interesse é selecionada e, em um plano coordenado, seus totais mensais acumulados são plotados no eixo das ordenadas e, nas abscissas, os totais médios mensais acumulados das estações vizinhas. Conforme Ribeiro et al. (2019), haverá consistência dos totais mensais da estação analisada se existir uma tendência linear em relação às estações vizinhas.

Para o cálculo da precipitação média anual da bacia do rio Jaboatão foi utilizado o método de Thiessen, o qual se baseia na ponderação entre a área de influência de um dado posto pluviométrico e sua respectiva precipitação média, como é apresentado na Equação 2. Para criação dos polígonos de Thiessen de modo automático, foi utilizada a função “Polígonos de Voronoi”, no QGIS.

$$P_m = \frac{\sum A_i P_i}{A} \quad (2)$$

Em que P_m é a precipitação média da bacia, em mm; A_i corresponde a área de influência de um dado posto pluviométrico, em km²; P_i equivale a precipitação no posto pluviométrico, em mm; e A representa a área total da bacia, em km².

Espacialização da precipitação na região do estudo

A partir da consolidação dos dados de precipitação que foi realizada na etapa anterior, foram determinadas a precipitações médias anuais de cada posto pluviométrico, possibilitando a realização da espacialização dessa variável meteorológica sobre a bacia do rio Jaboatão. Para isso, com a utilização do software livre QGIS (versão 3.10.9), os valores das precipitações médias anuais foram integrados à tabela de atributos da camada vetorial, do tipo ponto, dos postos pluviométricos, a qual seus sistemas de coordenadas e geodésico foram projetados em UTM (fuso 25S) e SIRGAS 2000, respectivamente.

Após esse procedimento, foi aplicado o método de interpolação IDW (Inverse Distance Weighted – Ponderação do Inverso da Distância) por meio da ferramenta “Interpolação IDW”, localizada na Caixa de Ferramentas do QGIS. De acordo com Costa et al. (2020), o referido

método de interpolação se constitui por uma técnica de análise espacial em que cada amostra assume uma influência local, diminuindo a partir da distância, isto é, nesse método os pontos mais próximos influem mais que os mais afastados.

Resultados

A partir do preenchimento de falhas existentes em alguns postos pluviométricos, por meio do método da dupla massa, foi analisada a homogeneidade das séries históricas de cada um, considerando a média dos postos vizinhos. O Quadro 2 apresenta as equações ajustadas e os coeficientes de regressão (R^2), os quais se aproximaram do valor unitário, garantindo a consistência dos resultados.

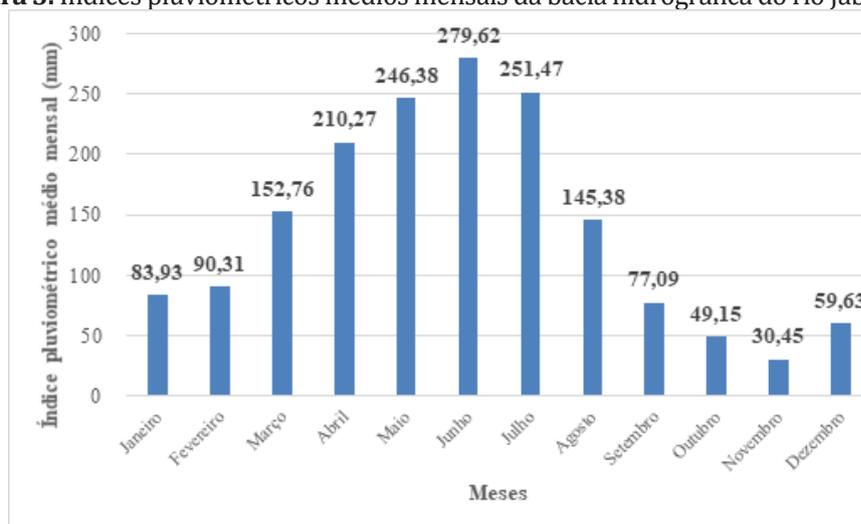
Quadro 2. Análise da consistência no preenchimento de falhas de postos pluviométricos da bacia do rio Jaboatão

Código	Nome do posto pluviométrico	Análise de Regressão Linear	
		Representação algébrica da reta ajustada	Coefficiente de regressão (R^2)
260290205A	Ponte dos Carvalhos		0,9996
604	Cidade da Copa		0,9996
260790101A	Muribeca		0,9986
260790103A	Cavaleiro		0,9993
260790104A	Prazeres		0,9996
260790107A	Centro		0,9982
260790109A	Barra de Jangada		0,9999
205	Moreno		0,9974
261160615A	Ibura		0,9988
267	Tapacurá		0,9995
541	Engenho Cachoeirinha		0,9938

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme os dados históricos de monitoramento pluviométrico disponibilizados pela APAC e pelo Cemaden, a bacia do rio Jaboatão apresentou índices pluviométricos médios máximo e mínimo mensais de 279,62 mm e 30,45 mm (Figura 3), respectivamente, para séries históricas de períodos de 10 a 57 anos, compreendidas entre janeiro de 1965 e dezembro de 2021. Nesta bacia, a precipitação máxima mensal ocorre durante o período de inverno, geralmente, ao longo do mês de junho, podendo atingir valores acima do índice pluviométrico médio máximo, sobretudo na ocorrência de eventos extremos.

Figura 3. Índices pluviométricos médios mensais da bacia hidrográfica do rio Jaboatão.



Fonte: Elaborado pelo autor

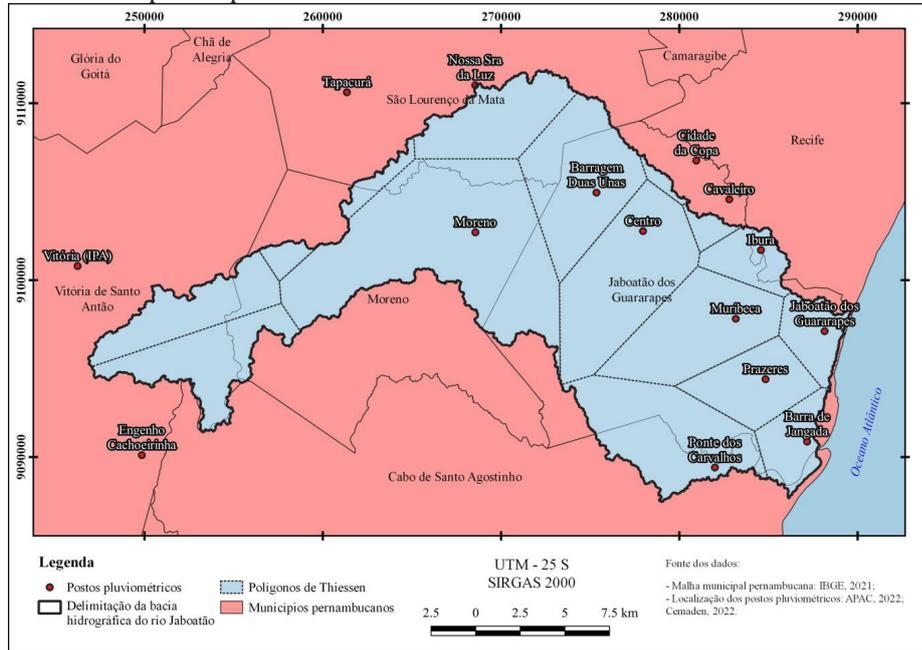
O Quadro 3 apresenta os valores das áreas de influência dos postos pluviométricos considerados neste estudo, suas respectivas precipitações médias anuais e a precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, encontrada pelo método de Thiessen. Verificou-se que a precipitação média anual total obtida pelo referido método foi de 1.706,62 mm. A Figura 4 apresenta o mapa dos polígonos de Thiessen obtidos na bacia hidrográfica do rio Jaboatão.

Quadro 3. Área de influência e precipitação média anual dos postos pluviométricos

Código	Nome do posto pluviométrico	Área de influência (km ²)	Precipitação média anual (mm)
260290205A	Ponte dos Carvalhos	43,85	1.837,09
202	Jaboatão dos Guararapes	12,62	1.727,03
268	Barragem Duas Unas	42,20	1.723,01
604	Cidade da Copa	1,92	2.078,12
260790101A	Muribeca	39,20	1.720,97
260790103A	Cavaleiro	3,67	1.584,72
260790104A	Prazeres	22,49	1.676,31
260790107A	Centro	50,06	1.783,26
260790109A	Barra de Jangada	13,76	1.764,41
205	Moreno	97,78	1.639,30
261160615A	Ibura	12,38	1.838,13
405	Nossa Senhora da Luz	27,56	1.870,04
267	Tapacurá	8,58	1.259,87
26	Vitória (IPA)	25,33	1.049,86
541	Engenho Cachoeirinha	28,43	2.039,83
Precipitação média anual total:			1.706,62

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4. Representação dos polígonos de Thiessen para a bacia hidrográfica do rio Jaboatão, conforme os postos pluviométricos considerados no estudo

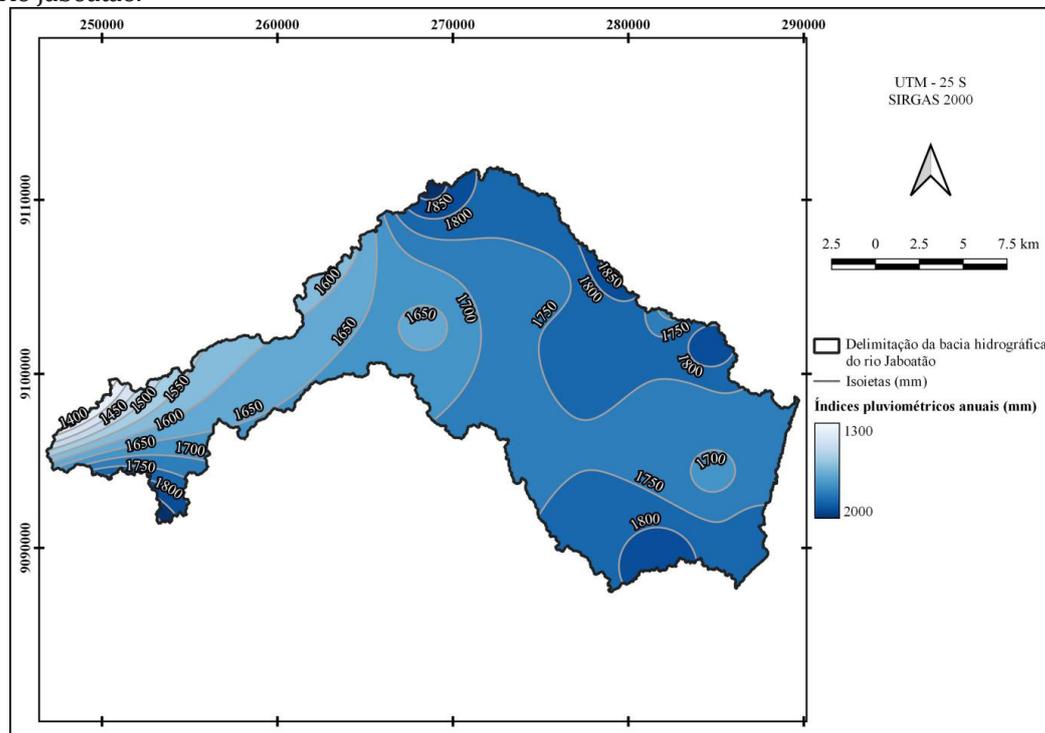


Fonte: Elaborado pelo autor

A variabilidade espacial da precipitação da bacia do rio Jaboatão está apresentada na Figura 5, a qual foi obtida através de interpolação por IDW, a partir dos dados de precipitação média anual constatados no Quadro 3. É verificado que a porção da bacia que apresenta os menores índices pluviométricos se encontra na parte oeste, nas proximidades da nascente do rio principal, onde está localizado o posto pluviométrico denominado “Vitória (IPA)”, que possui o menor valor de precipitação média anual.

Já as regiões da bacia que apresentam os maiores índices pluviométricos compreendem as partes norte, nordeste e sudeste da bacia. Essas regiões são caracterizadas por apresentar formações florestais, como a Reserva Ecológica de Manassu, a Mata de Mussaíba e vegetações ripárias do entorno do rio Jaboatão. O intervalo de precipitação média anual compreendido entre os índices de 1.700 mm e 1.750 mm apresenta uma representatividade significativa na bacia hidrográfica, abrangendo 34,36 % da área total da região em estudo.

Figura 5. Variabilidade espacial da precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Jaboatão.



Fonte: Elaborado pelo autor

Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo realizar a espacialização da precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco. A metodologia proposta para elaboração desse mapeamento foi baseada na interpolação IDW, levando em consideração dados históricos provenientes de 15 postos pluviométricos distribuídos no interior ou nas proximidades da bacia.

Por meio dos resultados, foi possível demonstrar que a bacia do rio Jaboatão apresentou índices pluviométricos médios máximo e mínimo mensais de 279,62 mm e 30,45 mm, respectivamente, para séries históricas compreendidas entre janeiro de 1965 e dezembro de 2021. Sua precipitação média anual total, obtida pelo método de Thiessen, foi de 1.706,62 mm e por meio da espacialização da precipitação média anual, foi verificado que o intervalo compreendido entre os índices de 1.700,00 mm e 1.750,00 mm abrangeu maior parte da bacia, equivalendo a 34,36 % da área total da região em estudo.

A utilização da interpolação IDW para a espacialização da precipitação de uma região, sobretudo bacias hidrográficas, se constitui como uma alternativa vantajosa quanto à aplicabilidade e viabilidade, permitindo tomadas de decisões por gestores e/ou profissionais da área. Essa vantagem se deve, sobretudo, ao baixo custo e à fácil manipulação dos dados, possibilitando uma grande variedade de aplicações em que outros fatores podem ser considerados, principalmente em locais em que o acesso é deficitário.

Referências

ALCÂNTARA, L. R. P.; BISERRA, J. L. A.; COSTA, L. F.; ALVES, A. T. A.; VILA NOVA, A. A.; SANTOS NETO, S. M.; COUTINHO, A. P.; ANTONINO, A. C. D. Pluviometria espaço-temporal da bacia hidrográfica do Una. *Geociências*, v. 39, n. 3, p. 803-815, 2020.

COSTA, F. R.; SOUZA, R. F.; SILVA, S. M. P. Caracterização Pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Doce-Rn / Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, n. 16, p. 733-751, 2020.

DIAS, A. S.; SOARES, W. A. Uso de metodologias de preenchimento de falhas para estimativas de dados de precipitação. **Research, Society And Development**, v. 10, n. 5, p. e57610515383, 2021.

FERREIRA FILHO, D. F.; BEZERRA, P. E. S.; SILVA, M. N. A.; RODRIGUES, R. S. S.; FIGUEIREDO, N. M. Aplicação de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas da rede hidrográfica: Estudo de caso Calha Norte – PA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, p. 277-299, 2019.

GOMES, F. B. R.; VARGAS, I. S.; PROCÓPIO, A. S.; CASTRO, S. R.; RIBEIRO, C. B. M. Estudo da variabilidade espaço-temporal e tendências de precipitação na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 365-390, 2021.

MACHADO, L. A.; ASSIS, W. L. Comparação entre métodos de preenchimento de falhas em séries de dados meteorológicos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG). **Revista Geografias**, v. 26, n. 1, p. 73–90, 2022.

MELLO, Y. R.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 1, p. 112-121, 2017.

MONTEIRO, R. G.; SILVA, L. S.; ANJOS, A. L. S.; FERRAZ, L. L.; OLIVEIRA, E. L. Espacialização da precipitação pluviométrica média anual da bacia hidrográfica do rio Corrente, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, p. 205–216, 2020.

MORAIS, R. C. S.; ABREU, L. P. Análise espacial da variabilidade de precipitação na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, Nordeste de Brasil. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 2, n. 2, p. 03–18, 2021.

PESSOA NETO, A. G.; SOARES, A. E. P.; SILVA, S. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, utilizando Modelos Digitais de Elevação provenientes de sensor LiDAR. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 11, n. 4, p. 242-253, 2021.

RIBEIRO, T. B.; LISBOA, L.; ALBUQUERQUE, C. C.; MOREIRA, M. C.; ULIANA, E. M. Análise da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Branco - Roraima. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 23, 2019, Foz do Iguaçu. **Anais... Foz do Iguaçu: Bourbon Cataratas do Iguaçu Resort**, 2019, p. 01-10.

RODRIGUES, J. M. Espacialização das chuvas em uma bacia hidrográfica no Semiárido da Paraíba. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 1, p. 28–35, 2020.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite-GO. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 78-89, 2011.

SILVA, C. S.; GIRÃO, O. Análise morfométrica e caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão (BHRJ) - Pernambuco. **Geosul**, v. 35, p. 441-460, 2020.

Recebido em 30 de novembro de 2022.

Aceito em 6 de março de 2023.