



Avaliação pluviométrica da região do médio curso do Rio Paraíba utilizando krigagem

Pluviometric assessment of the middle course of the Paraíba River using kriging

Paulo Roberto Megna Francisco¹, Viviane Farias Silva¹, Djail Santos², George do Nascimento Ribeiro¹, Gypson Dutra Junqueira Ayres¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil

² Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, Brasil

Contato: paulomegna@gmail.com

Palavras-Chave

geotecnologias
análise estatística
dados de chuvas
bacia hidrográfica

RESUMO

A região Nordeste do Brasil caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial para evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano. Assim, a região Nordeste do Brasil é considerada como uma região anômala no que se refere à distribuição espacial e temporal da precipitação ao longo do ano. O estudo do comportamento espacial de elementos climáticos, como a precipitação, a temperatura e umidade do ar são ferramentas essenciais ao planejamento agrícola e podem ser melhor visualizadas quando mapeadas. Este trabalho objetivou avaliar e mapear as informações pluviométricas da região do médio curso do rio Paraíba utilizando dados entre 1912 a 2021 que foram homogeneizados e mapeados utilizando a krigagem. A utilização da krigagem proporcionou resultados satisfatórios no mapeamento com rapidez e precisão. Obteve-se informações importantes sobre as estimativas relacionadas ao método de interpolação de krigagem, estando condizentes com as características climatológicas locais da região, tanto na distribuição espacial quanto sazonal. O uso do teste de hipótese não paramétrico de Shapiro-Wilk foi significativo apresentando boa coerência. Na avaliação pluviométrica a distribuição temporal da precipitação média anual teve variabilidade espacial da pluviosidade concentradas no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área.

Key-word

geotechnologies
statistical analysis
rain data
hydrographic basin

ABSTRACT

The Northeast region of Brazil is characterized by the spatial and temporal irregularity of precipitation and the processes of runoff and soil erosion, as well as the high potential for water evaporation due to the enormous availability of solar energy and high temperatures throughout the year. Thus, the Northeast region of Brazil is considered an anomalous region with regard to the spatial and temporal distribution of precipitation throughout the year. The study of the spatial behavior of climatic elements, such as precipitation, air temperature and humidity, are essential tools for agricultural planning and can be better visualized when mapped. This work aimed to evaluate and map the rainfall information of the middle course region of the Paraíba River using data between 1912 and 2021 that were homogenized and mapped using kriging. The use of kriging provided satisfactory results in mapping the data obtained where satisfactory results could be achieved with speed and accuracy. The use of geostatistics obtained important information about the estimates related to the kriging interpolation method, being consistent with the local climatological characteristics of the region, both in spatial and seasonal distribution. The use of the non-parametric Shapiro-Wilk hypothesis test was significant, showing good consistency. In the pluviometric evaluation, the temporal distribution of the average annual precipitation had spatial variability of rainfall concentrated in the west/east direction throughout the year, due to the orography of the area.

Informações do artigo

Recebido: 18 de outubro, 2023

Aceito: 20 de abril, 2023

Publicado: 30 de abril, 2023

Introdução

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável, a implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente, assim como para a produtividade agropecuária do Estado da Paraíba (COSTA NETO et al., 2015).

A região Nordeste do Brasil caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial de evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano. Assim, essa região é considerada anômala no que se refere à distribuição espacial e temporal da precipitação ao longo do ano (SOUZA et al., 1998).

Embora possam ser influenciadas por diferentes fenômenos atmosféricos, de origem e formação diversas, as chuvas no Estado da Paraíba estão relacionadas com as Frentes de Umidade transportadas pelos ventos Alísios de Nordeste (ANE), e de Sudeste (ASE), com distribuição influenciada pelas variações termodinâmicas impostas pelo efeito da continentalidade e da ocorrência e disposição do relevo (MOLION; BERNARDO, 2002; FERREIRA; MELLO, 2005).

Nesse aspecto, o estudo do comportamento espacial de elementos climáticos, como a precipitação, a temperatura e umidade do ar são ferramentas essenciais ao planejamento agrícola e podem ser melhor visualizadas quando mapeadas (SILVA et al., 2010). Com o avanço da informática e a disponibilização de programas computacionais para estudos de análise ambiental, facilitou a realização de trabalhos visando à gestão dos

recursos naturais (DUARTE; BARBOSA, 2009). Conforme Jakob (2002), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados, sendo utilizado o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações.

A krigagem compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas de ajustes usadas para aproximar dados pelo princípio que: fixado um ponto no espaço, os pontos no seu entorno são mais relevantes do que os mais afastados. Isto pressupõe a existência de dependência entre os dados, exigindo saber até onde espacialmente esta correlação importa (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

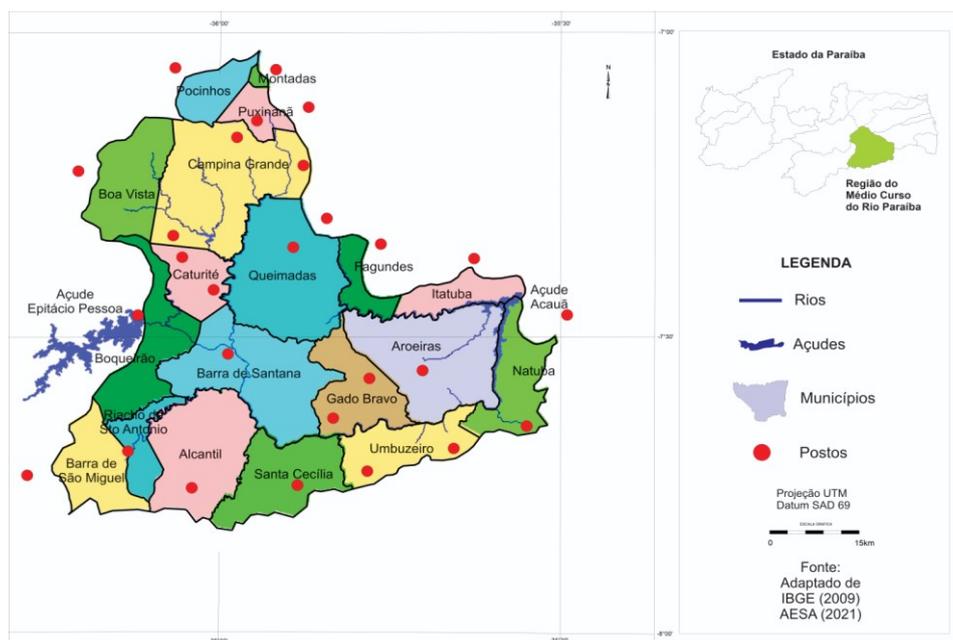
Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002).

Portanto, este trabalho tem como objetivo realizar a avaliação pluviométrica e seu mapeamento da região do médio curso do rio Paraíba utilizando krigagem.

Material e Métodos

A área de estudo compreende a região do médio curso do rio Paraíba com área de 379.406,37 ha localizada no Estado da Paraíba, composta total e/ou parcialmente pelos municípios de Aroeiras, Alcantil, Barra de Santana, Boa Vista, Boqueirão, Barra de São Miguel, Caturité, Campina Grande, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de IBGE (2009); AESA (2021).

Conforme Francisco (2010), a área de estudo engloba a encosta oriental do Planalto da Borborema, porção leste da bacia, com o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' - Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno. Nesta região as chuvas são formadas pelas massas atlânticas trazidas pelos ventos alísios de sudeste, e a altitude de 600 m nos pontos mais elevados dos contrafortes do Planalto. A precipitação

decrece do litoral para o interior da região (600 mm.ano⁻¹) devido, principalmente, a depressão do relevo. Na porção oeste da bacia, o clima é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m) (Figura 2).

Figura 2. Mapa da classificação climática de Köppen na área de estudo.



Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2015).

Os dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais foram adquiridos do banco de dados coletado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), para o período de 109 anos entre 1912 a 2021.

Na metodologia utilizaram-se dados obtidos nos postos pluviométricos da Rede Básica do Nordeste, implantados inicialmente pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990), posteriormente em 1992 a Rede Pluviométrica foi repassada ao Estado da Paraíba para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs-PB), realizaram-se as junções das referidas séries e selecionando-se os postos que possuíam 30 ou mais anos de observações. Tal fato da escolha é para unificação de intervalos entre os postos, vistos que os espaçamentos são amplos, conforme distribuição espaço-temporal.

Foi adotada a metodologia utilizada por Francisco et al. (2015), onde a utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (município a município), além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985. Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos que tal procedimento acarretaria, devido à diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a 30 anos, foi considerado para o período disponível, independente do início.

Na metodologia utilizada foi elaborada uma planilha eletrônica e elaborado o cálculo de pluviosidade.

O mapa elaborado foi espacializado utilizando o software Surfer[®] 9.0 Trial pelo método estatístico de interpolação da krigagem.

O estimador da krigagem é obtido, segundo Matheron (1963), de acordo com a Equação 1.

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(X_i) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: Z*(x0) é o atributo da variável estimado no ponto; λi são os ponderadores de krigagem; Z(Xi) é o valor observado da variável Z no i-ésimo ponto.

Para a krigagem ser ordinária deve-se satisfazer a condição de que:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Os ponderadores são obtidos pela resolução de um sistema de equações lineares do tipo AX=B, denominado sistema de krigagem, de acordo com Rocha et al. (2007) pode ser escrito como segue pela Equação 2.

$$\begin{bmatrix} \gamma(x_1; x_1) & \dots & \gamma(x_1; x_n) & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(x_n; x_1) & \dots & \gamma(x_n; x_n) & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(x_1; x_0) \\ \vdots \\ \gamma(x_n; x_0) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: γ(xn; xn) é a variância espacial da n-ésima amostra com relação a ela mesma; μ é o Multiplicador de Lagrange; e γ(xn; x0) é a variância espacial entre a n-ésima amostra e o ponto x0 que será estimado.

Para avaliação foi utilizado o XLSTAT[®] Trial para elaborar a regressão clássica, onde o modelo de regressão (Equação 3), baseado no interesse da avaliação

em relação a uma variável com variáveis independentes ou covariáveis, ou seja, a relação entre duas ou mais variáveis, para que uma delas possam ser explicados ou previstos por outras variáveis (CORRAR et al., 2007). No caso de dados espaciais, quando houver uma autocorrelação espacial, o modelo gerado deve incorporar a estrutura espacial porque a dependência entre as observações afeta a capacidade explicativa do modelo (CÂMARA et al., 2004).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: Y_i é uma observação da variável dependente; X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ são referidos como coeficientes de regressão correspondentes, e ε_i é o erro associado às observações da variável dependente.

Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade foi utilizado o teste de hipótese não paramétrico de Shapiro-Wilk que se baseia na regressão dos valores amostrais ordenados com as correspondentes estatísticas de seis ordens normais que, para uma amostra de uma população normalmente distribuída, é linear (ROYSTON, 1982).

Resultados e Discussão

Francisco et al. (2016) utilizando o mesmo procedimento obteve resultado similar a este trabalho.

Na Tabela 1 observam-se os dados de precipitação média mensal e anual de postos da área de estudo, para um período mínimo de trinta anos de observação.

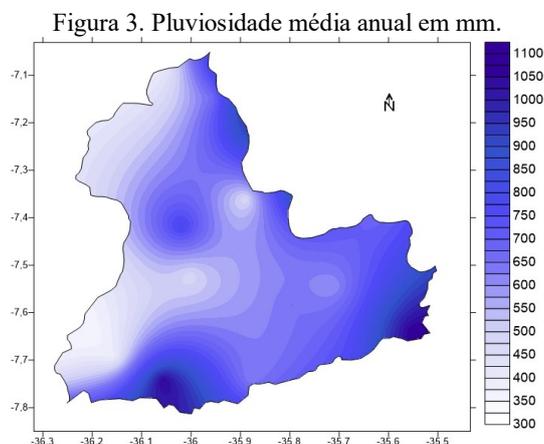
Tabela 1. Precipitação média mensal e anual em milímetros (mm)

Município/Posto	Série/ Período (anos)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Aroeiras	47	41,2	41,8	79,7	93,4	72,7	83,7	85,1	41,2	19,6	7,6	8,3	26,4	600,9
Alcantil	54	74,0	95,4	144,2	150,3	131,7	142,8	127,8	77,8	38,8	16,7	22,9	32,1	1.054,5
Barra de Santana	50	20,8	43,7	80,8	100,4	55,3	60,5	57,7	23,5	13,7	7,6	5,8	13,1	483,0
Barra de São Miguel	58	33,1	55,4	84,5	86,1	44,2	45,0	32,0	13,6	6,9	5,6	3,2	14,9	424,6
Boa Vista	97	26,0	35,2	82,3	69,4	58,7	53,0	45,9	19,2	5,5	6,6	4,3	9,4	416,3
Boqueirão	48	41,5	49,7	74,6	86,5	51,8	62,5	53,3	24,2	12,0	5,3	8,8	14,0	484,2
Campina Grande	98	55,3	47,7	91,8	141,8	104,7	112,7	154,0	58,8	48,7	17,4	13,2	29,3	875,4
Caturité	30	102,5	109,7	163,2	162,4	107,8	53,7	34,5	15,3	2,6	9,5	14,1	25,0	800,2
Fagundes	58	44,7	61,6	114,3	122,1	120,9	142,9	149,2	77,4	41,0	15,6	13,7	26,7	930,3
Gado Bravo	61	32,8	49,8	89,6	115,1	82,7	85,1	94,1	39,7	26,5	9,3	7,1	19,1	650,9
Itatuba	30	48,4	55,9	82,2	69,2	94,5	123,6	90,0	51,1	20,6	5,1	9,0	16,5	666,0
Montadas	30	47,9	40,1	40,5	64,6	61,4	96,4	80,2	42,7	20,3	8,6	8,3	8,6	519,5
Natuba	30	62,1	77,1	97,0	112,9	137,5	192,9	157,8	108,2	56,0	24,5	26,5	25,4	1.077,9
Pocinhos	87	20,0	35,2	64,3	68,9	51,5	51,4	48,7	18,7	9,8	5,2	3,5	8,1	385,3
Puxinanã	34	35,2	54,9	61,2	75,0	80,1	121,5	98,9	67,4	29,8	8,6	7,2	17,8	657,7
Queimadas	79	22,2	41,3	80,9	78,4	62,5	69,7	60,7	29,1	10,2	5,8	5,7	12,2	478,7
Riacho de Sto. Antônio	30	33,4	46,5	76,7	85,0	36,6	39,8	32,8	14,9	6,2	4,4	4,9	16,3	397,4
Santa Cecília	27	30,5	50,2	88,5	106,4	78,1	88,0	91,2	42,6	22,0	8,8	8,1	16,7	631,1
Umbuzeiro	100	39,0	48,2	82,1	97,0	115,8	136,2	123,9	69,5	34,0	10,9	13,5	23,0	793,1
Média	54	42,7	54,7	88,3	99,2	81,5	92,7	85,2	43,9	22,3	9,6	9,9	18,7	648,8

Fonte: Adaptado de AESA (2021).

Na Figura 3 apresenta-se a distribuição temporal da precipitação média anual na região de estudo onde se observa variabilidade espacial de precipitação em que as chuvas se concentram no sentido oeste/leste em todo

decorrer do ano, devido à orografia da área. Os valores variam de 385,3 a 1.077,9mm em Pocinhos ao Norte da bacia e em Natuba ao Leste, respectivamente.



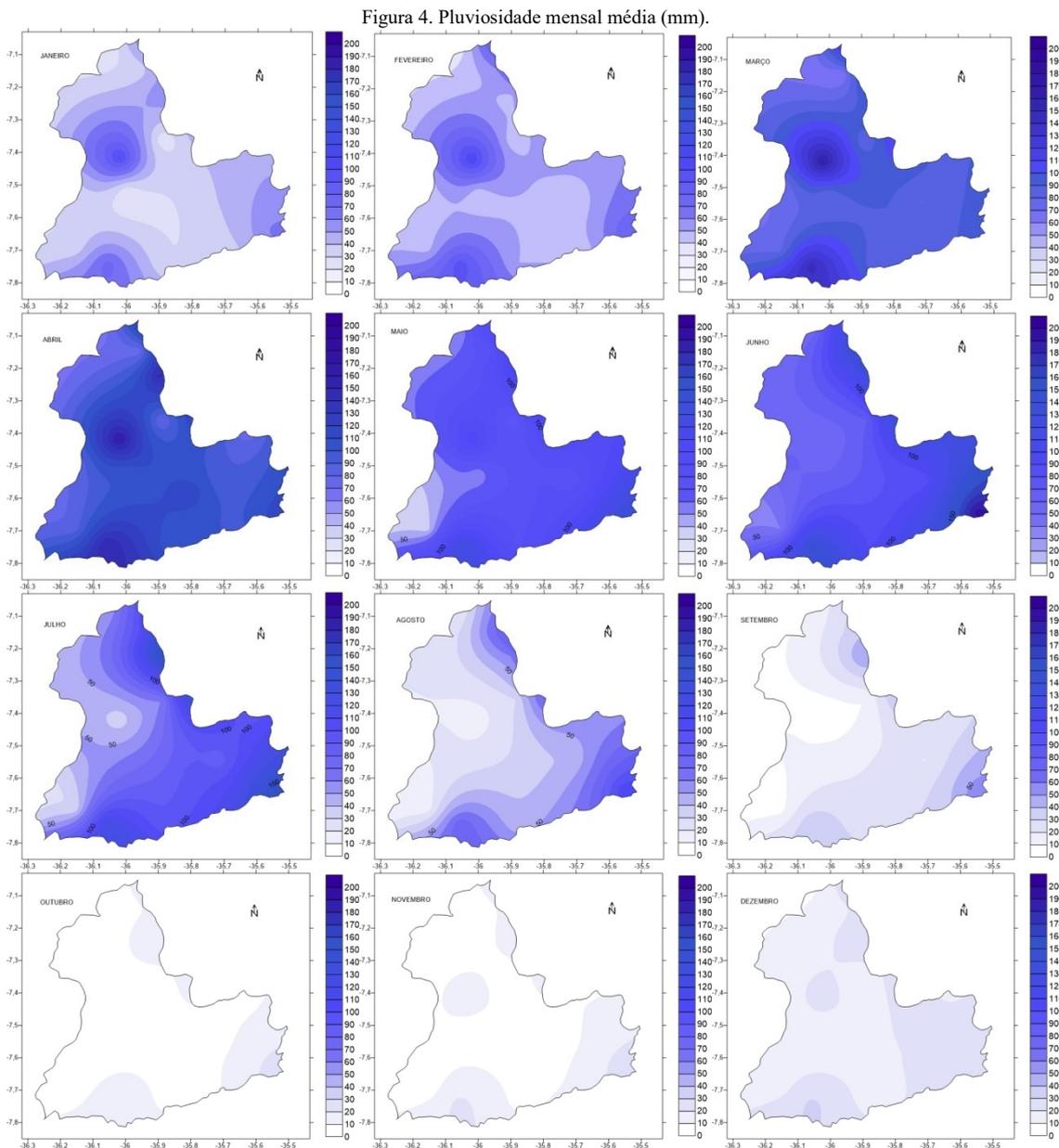
Fonte: Autores (2022)

De acordo com Francisco et al. (2015), estes valores mais elevados em áreas isoladas, onde tais elevações devem-se aos fatores atuantes na atmosfera como a baixa intensidade dos raios solares, alta cobertura de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e a oscilação da pressão atmosférica. Os mesmos autores, ainda relatam que nesta região de estudo, o período das chuvas inicia-se em março e estende-se até junho que é o mês de maior precipitação. Resultados similares ao encontrado por este estudo.

Conforme PARAÍBA (2006), os dados pluviométricos indicam que a região apresenta precipitação média anual variando entre 600 e 1.100mm, com valores decrescentes de leste para oeste.

A umidade relativa do ar na região varia de 68 a 85%, com os valores máximos ocorrendo entre os meses de junho a agosto, e os mínimos, de novembro a janeiro.

De acordo com a distribuição espacial e temporal das precipitações mensais (Figura 4), pode-se observar a alta variabilidade da precipitação, tanto espacial como temporal. No mês de janeiro observam-se pluviosidade nos municípios de Caturité, Alcantil e Natuba localizados ao centro da bacia, sul e leste, respectivamente, com valores mínimos de 20mm e máximos de 102,48mm. No mês de fevereiro esta distribuição mantém o mesmo padrão do mês de janeiro, com valores mínimos de 35,16mm e máximos de 109,66mm.



Fonte: Autores (2022)

Os meses de março e abril apresentam-se mais homogêneos com maior pluviosidade mínima de 61,15mm alcançando valores máximos de 163,2mm; e os meses de maio a junho têm-se os maiores valores e que se distribuem por toda a bacia atingindo a 192,86mm.

Araújo et al. (2007) afirmam que para a sub-bacia do médio Paraíba, o máximo pluviométrico ocorre no mês de abril com aproximadamente 87mm, seguido pelos demais meses que compõem a quadra chuvosa. Semelhante aos dados obtidos nesse estudo.

O mês de julho na região central da bacia, áreas com maiores altitudes, os valores de precipitação diminuem com mínimo de 32,02mm e máximo de 166,96mm ao leste da bacia.

No mês de agosto os valores de precipitação decaem até dezembro considerado o mês mais seco, onde as chuvas ocorrem de forma isolada com predominância na região leste da bacia.

Medeiros et al. (2015), afirmam que os menores médias mensais de precipitação registrados foram para os municípios de Aroeiras com 600,9 mm.ano⁻¹, Montadas 519,5 mm.ano⁻¹, Queimadas 478,5 mm.ano⁻¹, Barra de Santana 483 mm.ano⁻¹ e Pocinhos 385,3 mm.ano⁻¹ onde essas variabilidades são decorrentes dos sistemas

meteorológicos de grandes escalas atuantes nos referidos locais.

Francisco et al. (2016), concluíram que a distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano e sua distribuição anual demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado com menores valores em torno de 300 a 500mm.

Na Tabela 2 têm-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da precipitação para a área de estudo onde se observam que as oscilações da precipitação mínima mensal fluem entre 2,63 a 62,95mm, a precipitação máxima oscila entre 24,47 a 192,86mm, e a precipitação média apresenta uma flutuação entre 11,41 a 109,35mm.

Tabela 2. Variabilidade estatística dos parâmetros

Mês	Pluviosidade (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente Variância
Janeiro	20,00	41,54	102,48	47,17	19,82	392,95	0,42
Fevereiro	35,16	54,94	109,66	61,03	20,00	400,14	0,32
Março	61,15	84,51	163,20	97,70	27,00	729,33	0,27
Abril	62,95	104,76	162,35	109,35	29,30	858,88	0,26
Mai	36,55	94,50	138,15	93,56	31,61	999,52	0,33
Junho	39,76	112,70	192,86	106,40	42,47	1.804,24	0,39
Julho	32,02	91,87	166,96	97,12	41,40	1.689,71	0,42
Agosto	13,63	51,10	110,26	53,80	28,17	794,00	0,52
Setembro	2,63	24,58	55,99	26,06	14,37	206,54	0,55
Outubro	4,37	9,48	24,47	11,41	5,46	29,89	0,47
Novembro	3,16	13,20	26,54	12,44	6,58	43,38	0,52
Dezembro	8,11	22,05	32,13	21,44	6,96	48,51	0,32

Fonte: Autores (2022)

Observa-se que o maior desvio padrão ocorre na estação chuvosa no mês de junho com o valor de 42,47 ocorrendo conjuntamente à maior variância de 1.804,24. No mês de setembro o maior coeficiente de variância é de 0,55 e menor valor em março em estação seca com valor de 0,27.

Com relação à variabilidade entre os meses observa-se que o mês de julho apresenta menor variabilidade (Figura 5). Francisco e Santos (2017), observaram que as médias de precipitação mais elevadas ocorreram principalmente no outono; além da contribuição da orografia, apresenta um acréscimo na pluviosidade no sentido oeste/leste em todo o decorrer do ano, onde o período das chuvas inicia-se em março e estende-se até junho, que é o mês de maior precipitação, como se constata nesta pesquisa.

Chaves et al. (2021) afirmam que, o terço médio do Estado, região de estudo deste trabalho, é considerada a região com mais baixa precipitação e sua média anual varia entre 350 a 750mm, e as chuvas são irregulares, como verificado pelos dados obtidos por este trabalho.

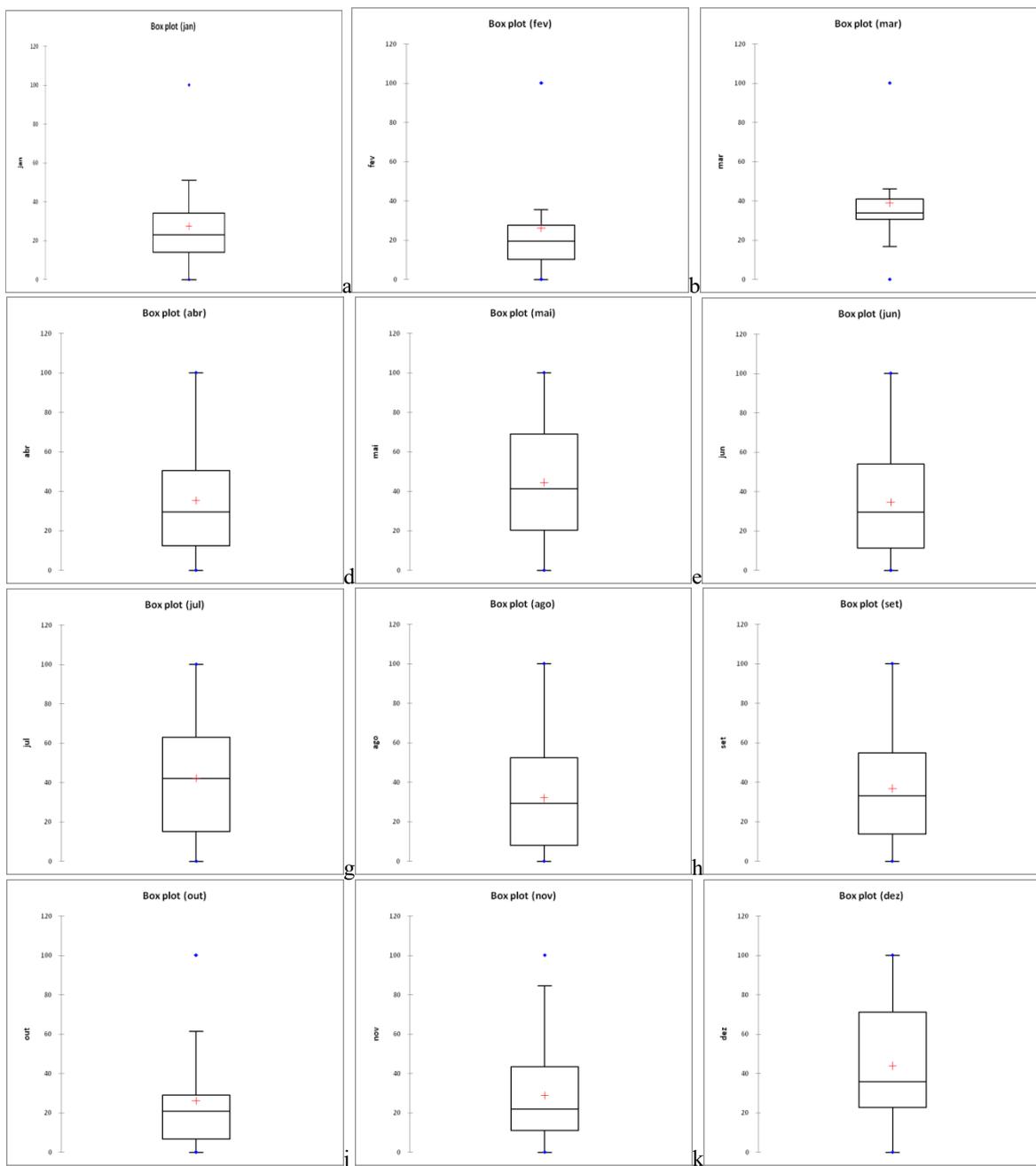
Pelo Teste de Normalidade observa-se que a distribuição apresenta-se regular nos meses de abril, maio e junho (Figura 6e, d e f).

Este intervalo de meses representa a época chuvosa na região, resultado esperado da distribuição atendendo a normalidade e a qualidade dos dados.

Resultado este similar ao de Araújo et al. (2009), onde a espacialização temporal da precipitação apresentou média aproximada de 50mm e período chuvoso nos meses de abril a julho.

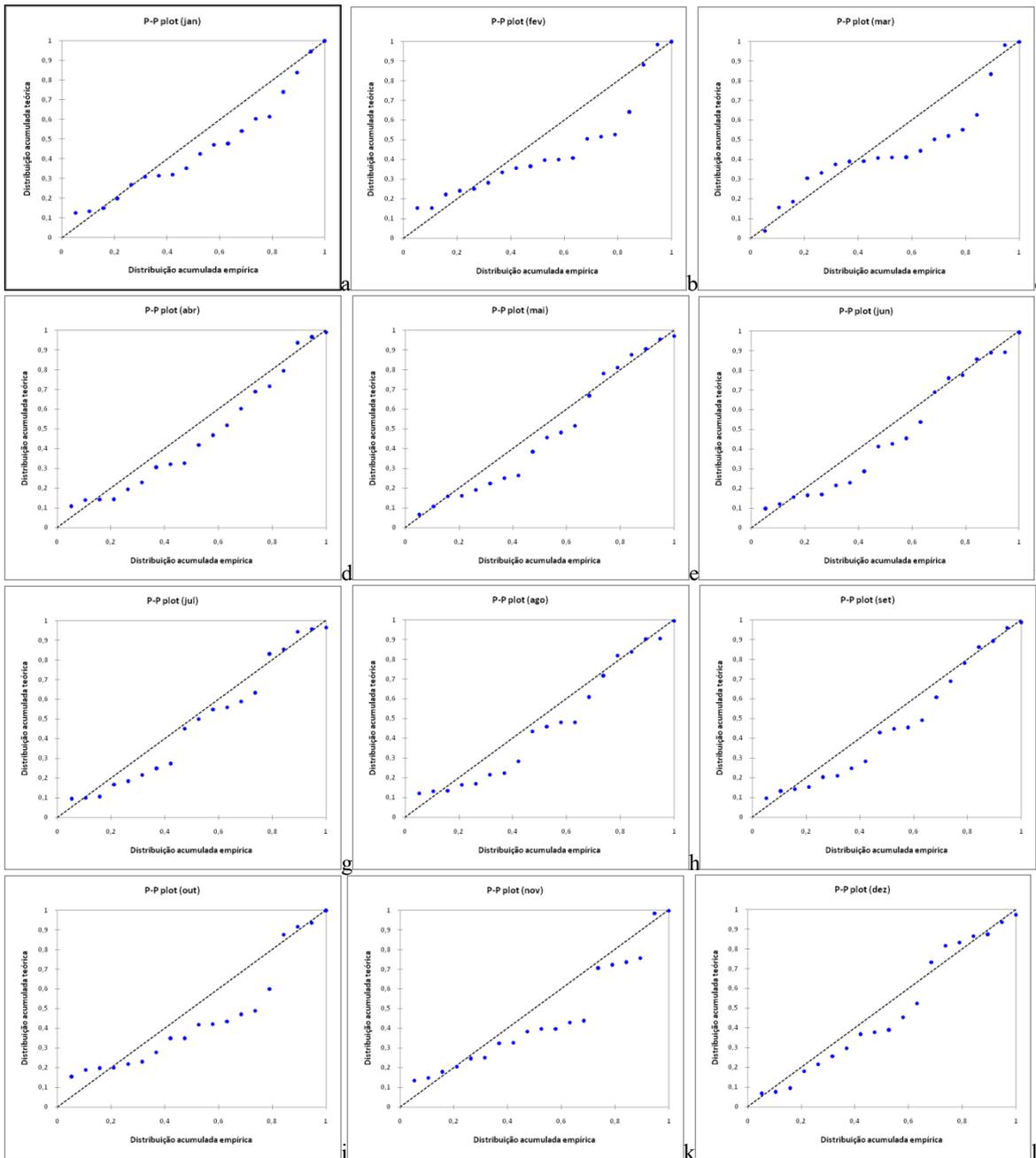
Araújo et al. (2007), observaram para região do médio curso do rio Paraíba, que o período de abril a junho corresponde à quadra chuvosa, e a quadra menos chuvosa vai de setembro a dezembro, e o máximo pluviométrico ocorreu no mês de abril com aproximadamente 87mm, seguido pelos demais meses que compõem a quadra chuvosa.

Figura 5. Pluviosidade média mensal (mm).



Fonte: Autores (2022)

Figura 6. Distribuição acumulada da pluviosidade (mm).



Fonte: Autores (2022)

Conclusão

A utilização da krigagem proporcionou resultados satisfatórios no mapeamento dos dados obtidos onde se pôde chegar a resultados satisfatórios com rapidez e precisão.

A utilização da geoestatística obteve-se informações importantes sobre as estimativas relacionadas ao método de interpolação de krigagem, estando condizentes com as características climatológicas locais da região, tanto na distribuição espacial quanto sazonal.

O uso do teste de hipótese não paramétrico de Shapiro-Wilk foi significativo apresentando boa coerência.

Na avaliação pluviométrica a distribuição temporal da precipitação média anual teve variabilidade espacial da pluviosidade concentradas no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área.

Referências Bibliográficas

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2021. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de abril 2021.

ARAÚJO, L. E. DE; SILVA, D. F. DA; MORAES NETO, J. M. DE; SOUSA, F. DE A. S. DE. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Ambi-Água**, v. 4, n. 3, p. 93-110, 2009.

CHAVES, I. DE B.; FRANCISCO, P. R. M.; MACÊDO, M. L. A. DE. Precipitação e erosividade das chuvas do Estado da Paraíba. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 6, 2021, Goiânia. Anais...Goiânia, 2021.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. **Análise espacial de áreas**. Análise espacial de dados geográficos. Brasília: Embrapa, p.157-8, 2004.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise Multivariada: para os Cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

COSTA NETO, F. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; MENEZES, H. E. A.; COSTA, R. O. DA. Balanço hídrico para cidade de Olivedos-PB, Brasil. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 2, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.

DUARTE, S. M. A.; BARBOSA, M. P. Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no semiárido, estado da Paraíba. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 168-189, 2009.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-18, 2005.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 98f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA; SANTOS, D. Oscilação pluviométrica anual e mensal no Estado da Paraíba-Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 3, p. 141-154, 2016.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. 1ª ed. EDUFPG: Campina Grande, 2017. 75p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

JAKOB, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: **Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, 13, 2002, Ouro Preto. Anais...Ouro Preto, 2002.

MATHERON, G. **Les principes de la geostatistique**. CG, Ecole des Mines de Paris. Rapport, 88, 1963.

MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; MATOS, R. M. DE; SANTOS, D.; SABOYA, L. M. F. Diagnósticos das Flutuações Pluviométricas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1017-1027, 2015.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas**. Brasília, DF, 2006. 112p.

ROCHA, M. M.; LOURENÇO, D. A.; LEITE, C. B. B. Aplicação de krigagem com correção do efeito de suavização em dados de potenciometria da cidade de Pereira Barreto-SP. **Geologia USP**, v. 7, p. 37-48, 2007.

ROYSTON, J. P. Algorithm AS 181: the W test for normality. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 31, n. 2, p. 176-180, 1982.

SILVA, R. M. DA; SILVA, L. P. E; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. **Sociedade & Natureza**, v. 2, p. 357-372, 2010.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, P. Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão de dipolo observados na bacia do atlântico tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, p. 45-55, 1998.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Paraíba. Série Pluviometria 2**. Recife. 1990.