

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA MICRORREGIÃO DO VALE DO IPOJUCA DO ESTADO DE PERNAMBUCO

*Felipe Alves de Lima*¹ ; *Tiago Rosendo de Lima Silva*² ; *Matheus Gomes Diniz Paes*³ ; *Eduardo Cabral da Silva*⁴ ; *Cícero Fellipe Diniz de Santana*⁵ ; *José Martins de França Neto*⁶

RESUMO – O estudo da variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica configura uma importante ferramenta para o entendimento do comportamento hídrico de uma região. O presente artigo contempla a variabilidade espaço-temporal na Microrregião do Vale do Ipojuca, mesorregião do Agreste Pernambucano. Os dados pluviométricos foram obtidos por 11 postos pluviométricos gerenciados pela APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima - no período entre 2007 a 2016. Para o preenchimento de falhas dos dados, foi usado o método do vetor regional. Utilizou-se um software de planilha eletrônica e o ArcMap 10.2.2, extensão Geostatistical Analyst, para analisar a distribuição espaço-temporal da precipitação. A variabilidade temporal do total anual para a região no período compreendido entre 2007 e 2016 apresentou duas tendências distintas, entre 2007 e 2010 – crescente e com média mais alta - e entre 2011 e 2016 – decrescente e com menor valor médio. Os anos de 2010 e 2012 se destacaram pelos maiores e menores acumulados anuais, respectivamente. O período chuvoso da região vai de abril até julho e representou 66% do total anual. Especialmente, notou-se que a precipitação não é homogênea em nenhum período do ano, com maiores volumes de chuva na porção sudoeste da região, destacando o município de Capoeiras, com maiores acumulados de precipitação.

ABSTRACT– The study of the space-time variation of rainfall constitutes an important tool for the understanding of the water behavior of a region. The present article contemplates the spatio-temporal variability in the Microregion of the Ipojuca Valley, mesoregion of Agreste Pernambucano. Rainfall data were obtained by 11 pluviometric stations managed by APAC - Pernambucana Water and Climate Agency - in the period from 2007 to 2016. To fill data gaps, the regional vector method was used. A spreadsheet software and ArcMap 10.2.2, extension Geostatistical Analyst, were used to analyze the spatio-temporal distribution of precipitation. The temporal variability of the annual total for the region between 2007 and 2016 presented two distinct trends between 2007 and 2010 - increasing and with higher average - and between 2011 and 2016 - decreasing and with lower average value. The years 2010 and 2012 stood out for the largest and smallest annual accruals, respectively. The region's rainy season runs from April through July and accounted for 66% of the annual total. Spatially, it was observed that precipitation is not homogeneous at any time of the year, with higher rainfall in the southwest portion of the region, with the highest rainfall accumulation in the municipality of Capoeiras.

Palavras-Chave – Pluviometria; climatologia; geoestatística.

1) Graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP / WYDEN, felipealves1909@gmail.com

2) Graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP / WYDEN, tiagorosendoeng@hotmail.com

3) Graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP / WYDEN, matheusgomesdp@hotmail.com

4) Professor do Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP / WYDEN, eduardo.silva@unifavip.edu.br

5) Professor do Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP / WYDEN, cicero.santana@unifavip.edu.br

6) Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, jmfranconeto@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica pode ser entendida como um fenômeno de retorno ao solo do vapor d'água que se condensou e se aglutinou em gotas de dimensões suficientes para quebrar a força da gravidade. Tal fenômeno não apresenta um comportamento homogêneo, ao invés disso, possui um aspecto quantitativo para cada local, mas sua distribuição durante o ciclo anual é irregular em todo o planeta. (LIRA, *et al.*, 2006).

A zona intertropical tem a precipitação pluviométrica como a variável mais importante de entrada de volume numa bacia hidrográfica e de influência sob a dinâmica da estrutura superficial do planeta. A natureza variável desse evento é o grande responsável pela alteração do ambiente físico, seja impondo secas ou cheia intensas (SOUZA, 2017).

Sabendo da sua importância, vários pesquisadores se lançaram em entender o comportamento pluviométrico de uma região a partir da análise da variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica. Silva (2010), se propôs o estudo da variação pluviométrica espaço-temporal na bacia do Tapacurá, em Pernambuco. O autor identifica que a região é marcada por uma intensa variação seja numa escala espacial, ou seja de um ano para o outro.

Silva (2015), numa análise semelhante, conseguiu demonstrar que a precipitação pluviométrica está diminuindo na região de transição Amazônia–Cerrado no estado do Maranhão, o que a coloca numa situação crítica de conservação da biodiversidade.

Foi através da análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica da Amazônia, que Sousa *et al.* (2015) estabeleceu uma correlação entre o fenômeno ENOS e a precipitação na região. O autor conclui que o fenômeno ENOS modula a precipitação anual na região através de múltiplas escalas de tempo.

Silva (2012), ao analisar a variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica na Região Metropolitana do Recife e áreas circunvizinhas, mostrou haver correlação entre o relevo da região e a distribuição espaço-temporal da precipitação.

Dessa forma, o presente trabalho possui como objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica na Microrregião do Vale do Ipojuca.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A Microrregião do Vale do Ipojuca (Figura 1) localiza-se na mesorregião do Agreste do estado de Pernambuco. Seus 923.116 habitantes (IBGE, 2016) se concentram ao longo de 16 municípios, a saber: Caruaru, Belo Jardim, Gravatá, São Bento do Una, Pesqueira, Bezerros, São Caetano, Brejo da Madre de Deus, Sanharó, Riacho das Almas, Cachoeirinha, Capoeiras, Alagoinha, Jataúba, Tacaimbó e Poção, dos quais, o primeiro destaca-se como o mais populoso e importante socioeconomicamente, da microrregião. Hidricamente, a região comporta parcelas de três bacias hidrográficas. Ao norte, a Bacia do Capibaribe, na região central, a Bacia do Ipojuca e ao sul, a Bacia do Una (APAC, 2018).



Figura 1- Localização da Microrregião do Vale do Ipojuca (em vermelho) no estado de Pernambuco

2.2 Métodos Utilizados

Os dados pluviométricos, na escala mensal, utilizados para avaliar a variabilidade espaço-temporal na microrregião do Vale do Ipojuca, foram obtidos no sítio eletrônico da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), referentes aos postos listados na Tabela 1. O período analisado foi de 2007 a 2016 devido a esse intervalo apresentar um conjunto de dados com poucas falhas para os postos selecionados.

Tabela 2- Postos pluviométricos utilizados

POSTO PLUVIOMÉTRICO	CÓDIGO*	LONGITUDE (Grau)	LATITUDE (Grau)	ALTITUDE (m)
Belo-Jardim	384	-36.3744	-8.3458	601,67
Belo-Jardim	20	-36.4253	-8.3367	611.7
Caruaru	211	-35.9678	-8.2794	536.79
Caruaru	484	-35.9158	-8.2383	656,40
Cachoeirinha	125	-36.2372	-8.4806	532.36
Capoeiras	287	-36.6267	-8.7342	877,74

Riacho das Almas	56	-35.8592	-8.1381	410.05
São Bento do Una	21	-36.4594	-8.5272	612.77
São Bento do Una	486	-36.46	-8.5281	612.77
Brejo da Madre de Deus	113	-36.1942	-8.1819	474.16
Sanharó	114	-36.5664	-8.3639	655.05

Para o preenchimento das falhas e análise de consistência dos dados foi utilizado o método do Vetor Regional. Segundo Bertoni e Tucci (2007), o método do vetor regional é uma série cronológica, sintética, de índices pluviométricos mensais, oriundos da extração da máxima verossimilhança da informação mais provável contida nos dados de um conjunto de estações de observação, agrupadas regionalmente e para isso, o método parte de uma matriz P (Equação 1) de n observações de precipitação ao longo do tempo em m estações de uma área considerada homogênea, para determinar dois vetores ótimos, L, componente regional, e C, componente sazonal, cujo produto é uma aproximação de P.

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Assim, cada altura precipitada no mês i, num posto j, resulta na Equação 2.

$$\hat{p}_{ij} = l_i \cdot c_j \quad (2)$$

Usando o somatório do quadrado das diferenças para a minimização dos erros e adotando a média das precipitações como estimativa inicial para o método iterativos, obtemos as Equações 3 e 4.

$$C_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i^0 \cdot P_{ij}}{\sum_{i=1}^n (L_i^0)^2}, \quad 1 \leq i \leq n \quad (3)$$

$$L_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m C_j \cdot P_{ij}}{\sum_{j=1}^m (C_j)^2}, \quad 1 \leq j \leq m \quad (4)$$

O método geoestatístico adotado para realização da interpolação dos dados pluviométricos foi o da Krigagem, a partir da qual se obtém uma regionalização das variáveis permitindo que os dados amostrados em determinados pontos sejam utilizados para parametrizar a estimativa de pontos ausentes de medidas. O semivariograma (equação 5) é a principal ferramenta da geoestatística, por ser capaz de descrever a dependência espacial e a determinação do preditor estatístico. (SILVA, 2012).

$$y(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (5)$$

Em que $y(h)$ é a semivariância estimada para uma distância h , $N(h)$ é o número de pares amostrais da precipitação (z), separados por uma distância h , x_i e $x_i + h$ é a distância entre os pontos da amostragem e $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$ são os valores de precipitação medidos nesses locais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise temporal

A variação temporal dos acumulados médios anuais de precipitação para os postos da microrregião do Vale do Ipojuca estão dispostos na Figura 2. A série de dados mostra dois períodos distintos de tendências pluviométricas: uma crescente, compreendida entre 2007 e 2010, com média superior a 665,0 mm, e outra decrescente, entre 2011 e 2016, com média inferior a 430,0 mm. Nessa série de 10 anos de dados, os anos de 2010 e 2012 se destacam por registrarem o maior (824,6 mm) e o menor (246,3 mm) valor acumulado.

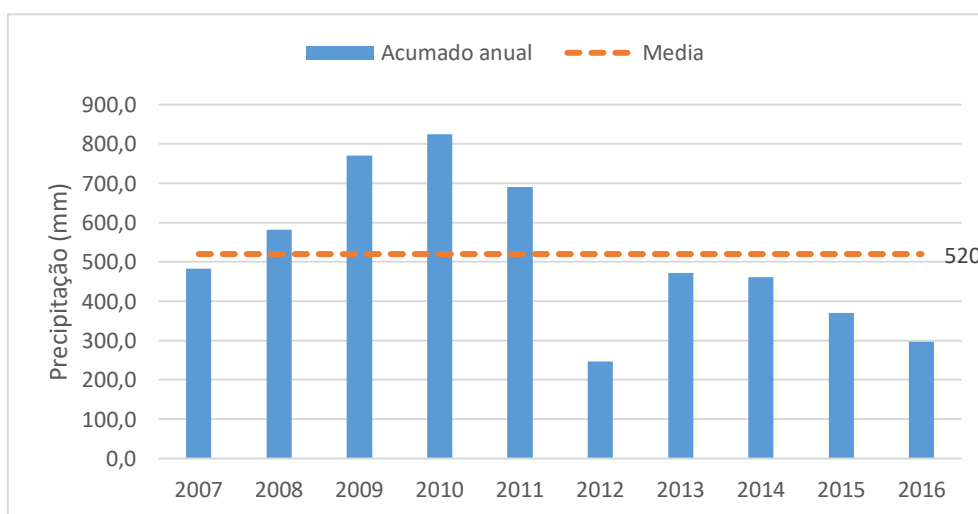


Figura 2 - Acumulados anuais médios para o período de 2007 a 2016 dos postos pluviométricos que compõem a microrregião do Vale do Ipojuca-PE

O posto pluviométrico de Capoeiras teve o maior acumulado anual médio (745,5 mm) de precipitação do período compreendido entre 2007 e 2016, entre as estações pluviométricas avaliadas na microrregião do Vale do Ipojuca. O município do Brejo da Madre de Deus apresentou o menor acumulado anual médio entre os postos avaliados (425,0 mm). O município de Caruaru teve um

acumulado médio anual de 623,1 mm, sendo o terceiro município com maiores totais médios anuais de precipitação (Figura 3).

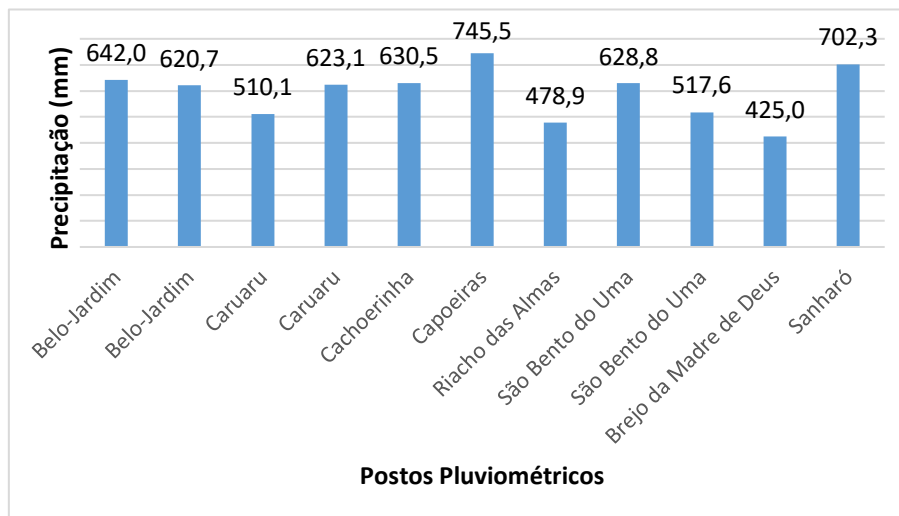


Figura 3 - Totais anuais médios de precipitação do período compreendido entre 2007 e 2016 para as cidades que compõem a microrregião do Vale do Ipojuca-PE

A variabilidade sazonal da precipitação média mensal para os postos pluviométricos considerados no período compreendido entre 2007 e 2016 está descrita na Figura 4. O período chuvoso da região concentra-se entre os meses de abril e julho, representando 66% do total anual. O mês de março é um mês de precipitações intermediárias, com média acima de 60,0 mm, no entanto, abaixo das médias dos meses do período chuvoso, as quais ultrapassam 70,0 mm.

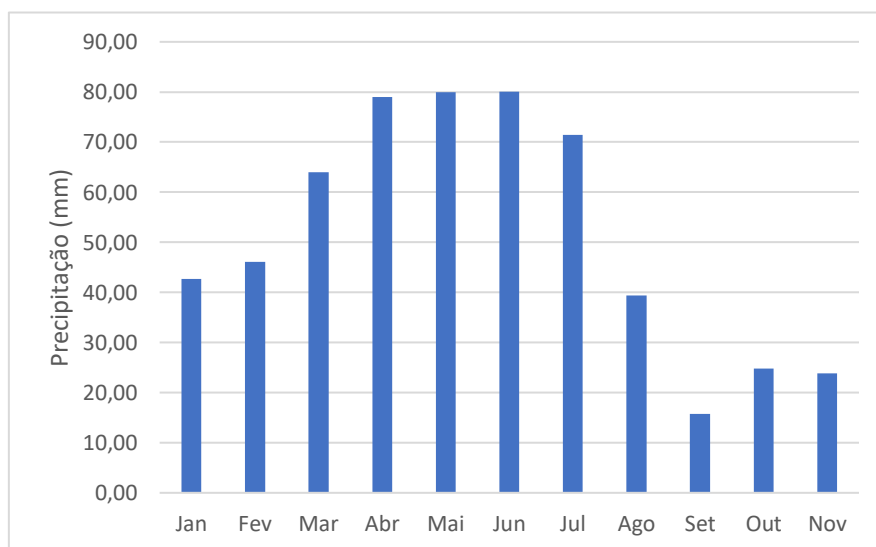


Figura 4 - Médias anuais ao longo dos anos em toda Microrregião do Vale do Ipojuca

3.2 Análise espacial

A variabilidade espacial da precipitação pluviométrica ao longo do ano para a Microrregião do Vale do Ipojuca, está representada na Figura 5.

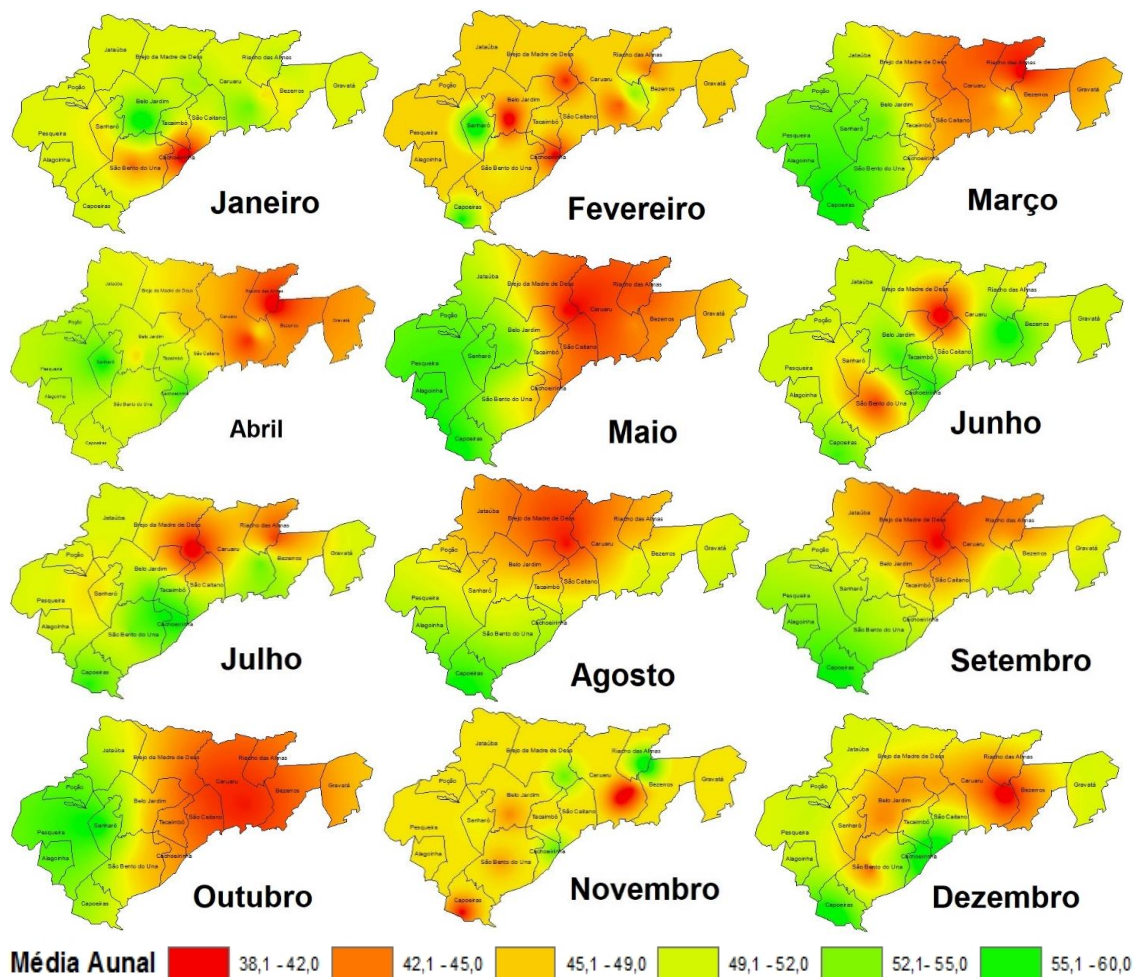


Figura 5 - Variabilidade espacial da precipitação pluviométrica mensal, em mm, para a Microrregião do Vale do Ipojuca

Como visto, a região sudoeste da área estudada apresenta maiores precipitações em todos os meses do ano. Os municípios de Alagoinha, Pesqueira, Capoeiras e Sanharó se destacam por apresentarem volumes de chuvas bem distribuídos ao longo do ano para o período analisado. Já municípios com maiores expressões socioeconômicas, tais como, Caruaru, Belo Jardim e Gravata, registraram precipitações inferiores aos municípios já citados ao longo do ano.

Percebe-se que as precipitações dos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, tendem a ser eventos concentrados. Diferentemente dos restantes dos meses, em que se nota uma maior distribuição da precipitação. Ainda assim, nota-se que em nenhum momento do ano o comportamento

chuvoso da região se mostra uniforme, ficando evidente uma área de menor incidência de chuvas formada pelos municípios de Caruaru, Brejo da Madre de Deus, São Caetano, Riacho das Almas, Bezerros e parte de Belo Jardim, Gravatá e Tacaimbó (Figura 6).

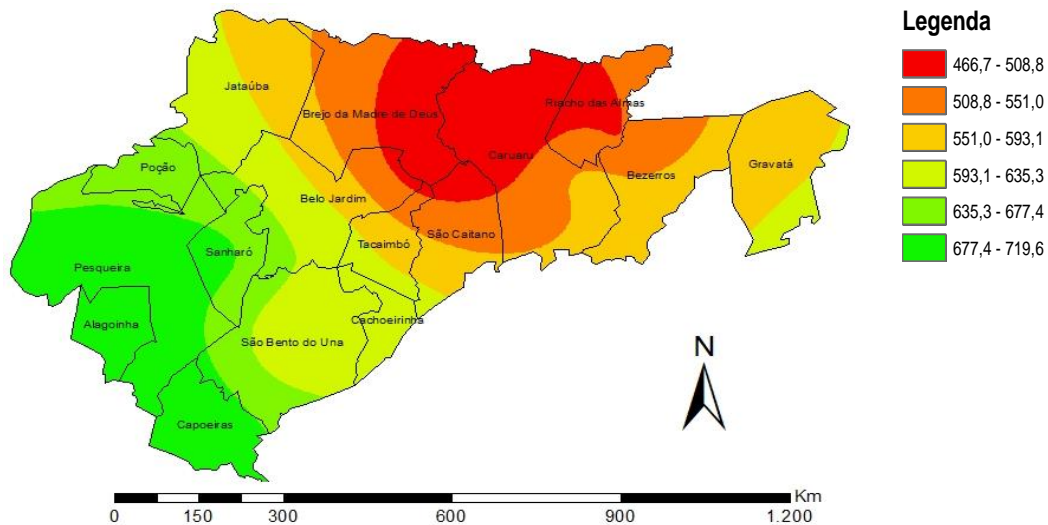


Figura 6 - Variabilidade espacial da precipitação pluviométrica mensal, em mm, para a Microrregião do Vale do Ipojuca

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento pluviométrico na microrregião do Vale do Ipojuca sofreu grandes variações nos últimos anos, visto que apresentava uma tendência crescente entre 2007 e 2010 e comportamento inverso entre 2011 e 2017. Os anos de 2010 e 2012 se destacaram por apresentarem o maior e o menor volume pluviométrico anual, respectivamente. O período chuvoso da região foi de abril a maio.

A avaliação espacial revelou que a precipitação na Microrregião do Vale do Ipojuca não apresenta um comportamento homogêneo em nenhuma época do ano. Nos meses de janeiro, fevereiro e novembro os eventos chuvosos são incidentes isolados, nos demais se mostram mais distribuídos. É perceptível ainda a formação de duas áreas distintas na mesma região que têm comportamentos pluviométricos opostos. Há uma área de menor incidência de chuva formada por Caruaru, Brejo da Madre de Deus, São Caetano, Riacho das Almas, Bezerros e parte de Belo-Jardim, Gravatá e Tacaimbó. E existe uma outra área de maior incidência de chuvas formada por Capoeiras, Alagoinha, Pesqueira, Sanharó, Poção, São Bento do Una, Cachoeirinha e parte de Belo Jardim e Jataúba.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, ao Centro Universitário do Vale do Ipojuca - UNIFAVIP/WYDEN, à Universidade Federal de Pernambuco - UFPE e à Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC.

REFERÊNCIAS

- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 01/04/2018.
- Bertoni, J. C; Tucci, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C. E. M. (2007). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: UFRGS, p. 177-241.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo/default.php>>. Acesso em 22/04/2018.
- LIRA, M. L.; OLIVEIRA M.; DANTAS, R. T.; SOUZA, W. M. (2006). “Alterações da precipitação em municípios do Estado de Pernambuco”. Engenharia Ambiental, v. 3, n. 1, p. 52-61.
- SILVA, E. C. da et al. (2012). “Spatial Variability Of Precipitation Correlated With Relief In Recife Metropolitan Region And Surrounding Areas”. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v. 01, n.1, p. 01-12.
- SILVA, F. B.; ARAÚJO, M. L. S. de; SANTOS, J. R. N.; SILVA JÚNIOR, C. H. L. (2014). “Análise Espaço-Temporal Da Precipitação No Estado Do Maranhão No Período De 2003 A 2012”. In: XIV Safety, Health and Environment World Congress, Cubatão. Anais... Cubatão: COPEC. 2014. Disponível em: <<http://proceedings.copec.org.br/index.php/shewc/article/view/2375>>. Acesso em: 20/09/2018.
- SILVA, R. M. da; SILVA, L. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. (2010). “Análise Da Variabilidade Espaço-Temporal e Identificação do Padrão da Precipitação na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco”. Sociedade & Natureza. Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 357-372.
- SOUSA, A. M. L. de et. al. (2015). “Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos Enos”. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 08, n. 01, p. 013 – 024.
- SOUZA, J. A. de. (2017). “Variação espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Potengi-RN”. 2017. 50f. Monografia – UFRN, Natal, 2017.
- TUCCI, Carlos E. M. (2001). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2º Ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH.