

ANÁLISE GEOESTATÍSTICA PARA ESPACIALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

LUISA BARBOSA PINTO DA SILVA¹; **CARINA KRUGER BORK²**; **CÁSSIA BROCCA CABALLERO³**; **HUGO ALEXANDRE SOARES GUEDES⁴**

¹*Universidade Federal de Pelotas – luisa.sbarbosa@hotmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – borkcarina@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – cassiabrocca@hotmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – hugo.hydro@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

O entendimento do clima de uma região é de extrema importância, pois é o principal determinante das atividades socioeconômicas de uma população, que se molda e adapta aos seus diferentes padrões mensais e sazonais (CAMARGO et al. 2011). Nesse sentido, a precipitação é uma das variáveis climáticas mais importantes, extremamente variável no tempo e no espaço, possuindo uma distribuição aleatória e exercendo forte influência nas condições ambientais de determinado local (ALVES; VECCHIA, 2011; MELLO; OLIVEIRA, 2016).

A medição de dados de precipitação é essencial na análise de projetos e modelos hidrológicos, além de ser de primordial importância para muitos estudos ambientais, especialmente para aqueles relacionados aos recursos hídricos (GOOOVAERTS, 2000; WAGNER et al. 2012). Esses estudos geralmente requerem uma rede pluviométrica densa, com um grande número de estações (ADHIKARY et al. 2017). No entanto, muitas vezes, esse número é escasso, restringido por fatores econômicos, logísticos e geológicos, o que afeta o conhecimento espacial da precipitação (GOOOVAERTS, 2000).

Dessa forma, torna-se necessário utilizar métodos adequados de estimativa espacial para obter a distribuição da precipitação. Nesse contexto inserem-se os métodos de interpolação, que tornam possível avaliar a variabilidade espacial da precipitação. Desse modo, é possível estimar o comportamento da precipitação para uma área onde não se verifica a presença de postos pluviométricos (MAGALHÃES et al. 2013).

Existem diversos métodos de interpolação, que vão desde técnicas simples, como os polígonos de Thiessen, o inverso do quadrado da distância (IDW) e até abordagens mais complexas e computacionalmente intensivas tais como a krigagem geoestatística (WAGNER et al. 2012).

A krigagem é um processo geoestatístico de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço e/ou tempo, com base em valores adjacentes quando considerados interdependentes pela análise variográfica (PIRES; TRIEDER, 2006). Já o método do inverso do quadrado, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, tal que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha (ALVES; VECCHIA, 2011).

E, por fim, os polígonos de Thiessen baseiam-se em dar diferentes pesos aos totais precipitados, de acordo com a área que cada aparelho de amostragem abrange (FRANCO; UDA, 2015). Com o desenvolvimento de sistemas de informação geográficas (SIG), o procedimento de interpolação é relativamente simples, possibilitando a espacialização de dados obtidos pontualmente e a realização de análises espaciais desses dados.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi comparar diferentes métodos de interpolação a fim de analisar suas performances e, desse modo,

estabelecer o mais adequado para a espacialização da precipitação no Estado do Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

Para o estudo da distribuição de chuvas no estado do Rio Grande do Sul, foram utilizadas as séries históricas fornecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA), através da plataforma Hidroweb. Analisou-se dados anuais de precipitação de 1109 estações pluviométricas, das quais 365 foram selecionadas utilizando o critério da existência de, no mínimo, 10 anos de dados sem falhas. Em paralelo, aplicou-se o teste de Mann-Kendall (KENDALL, 1975; MANN, 1945), considerando um nível de 5% de significância para analisar possível tendência nas séries históricas.

Para a espacialização dos dados de precipitação foi utilizado o software ArcGIS 10.5, no qual foram inseridas as informações a respeito da localização das estações e dados de chuva para a realização de posterior interpolação. A espacialização foi realizada através dos métodos geoestatísticos: inverso quadrático da distância, krigagem ordinária e polígonos de Thiessen. Os resultados foram validados através da raiz do erro médio quadrático (RMSE - root mean square error), obtida por validação cruzada. O software usado fornece os valores de RMSE para os métodos do inverso quadrático da distância e krigagem. Já para o método de polígonos de Thiessen fez-se necessário o cálculo manual com o auxílio de planilhas Excel.

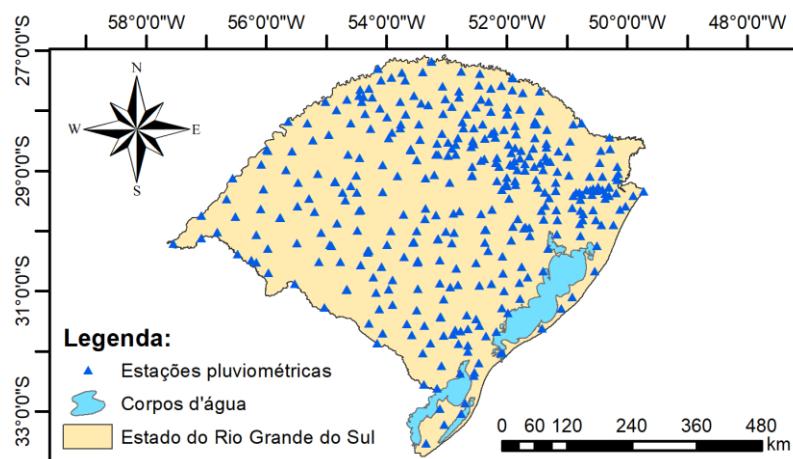


Figura 1. Distribuição das estações no estado do Rio Grande do Sul

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos processos de interpolação, observou-se melhores resultados com a krigagem ordinária (Figura 2), uma vez que tal método apresentou menor RMSE, no valor de 130,1846 mm. A acurácia da krigagem ordinária aplicada para o Estado do RS também foi verificada por Pires et al. (2016), para dados com 10 anos de intervalo. Por outro lado, o resultado obtido por polígonos de Thiessen foi o mais defasado, conforme o RMSE de 271,8743 mm. Já a superfície gerada pelo IDW (Figura 3), apresentou considerável semelhança com a gerada por krigagem ordinária e RMSE igual a 137,7104 mm. Ambos interpolares indicam predominância de maiores concentrações de chuva na região norte do estado.

Nota-se diferença acentuada entre a superfície gerada por polígonos de Thiessen, e as demais, na região sul do estado. Enquanto a krigagem e o IDW forneceram valores baixos de precipitação, o interpolador de Thiessen resultou em valores que atingiram os maiores intervalos em algumas áreas. Os resultados de RMSE para todos os métodos estão expostos na Tabela 1.

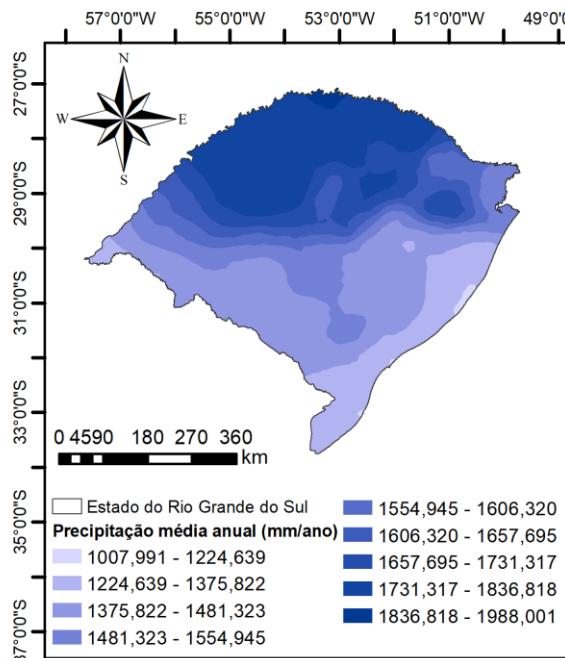


Figura 2. Superfície de interpolação para krigagem ordinária

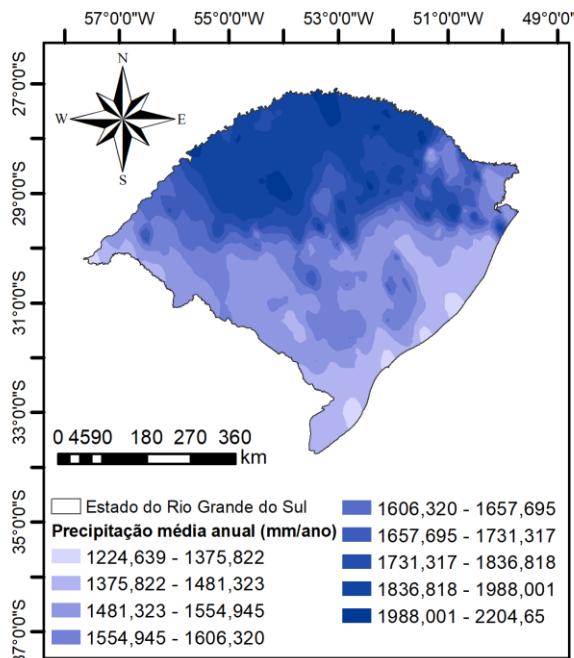


Figura 3. Superfície de interpolação para IDW

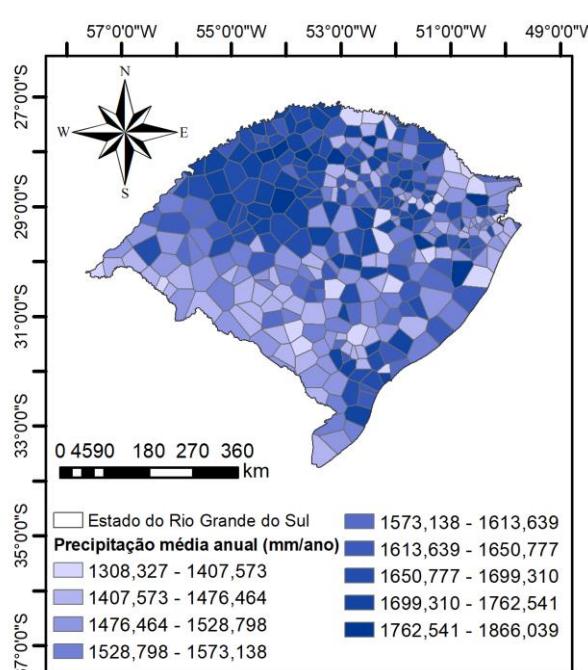


Figura 4. Superfície de interpolação para Polígonos de Thiessen

Tabela 1. Valores de erro quadrado médio para as interpolações executadas

Interpolador	Inverso Quadrático da Distância	Krigagem ordinária	Thiessen
RMSE (mm)	137,7104	130,1846	271,8743

4. CONCLUSÕES

Ante o exposto, concluiu-se que o resultado para a interpolação de polígonos de Thiessen foi o mais distante em relação aos outros métodos desenvolvidos, bem como o que apresentou maior RMSE. Por outro lado, foi possível observar a obtenção de resultados mais consistentes através da krigagem ordinária, pois tal método apresentou o menor RMSE. O método de IDW mostrou ajuste aceitável e superfície semelhante à krigagem.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARY, S.K.; MUTTIL, N.; YILMAZ, A.G. Cokriging for enhanced spatial interpolation of rainfall in two Australian catchments. **Hydrological Processes**, v.31, p. 2143–2161, 2017.

ALVES, E.D.L.; VECCHIA, F.A.S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Human and Social Sciences**, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2011.

CAMARGO, C. G.; MALANDRIN, D.; BRAGA, H.; MACHADO, L. Análise de Eventos Extremos de Precipitação na Região Sul do Brasil Dados Históricos. In: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Guarapari. Espírito Santo, 2011. 5p.

FRANCO, A.C.L. e UDA, P.K. Comparação de métodos de espacialização da precipitação na bacia do alto rio Negro, Santa Catarina. In: **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

GOOVAERTS, P. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. **Journal of Hydrology**, v. 228, p.13–129, 2000.

KENDALL, M.G. **Rank Correlation Methods**. 4 ed. Londres: Charles Griffin, 1975.

MAGALHÃES, I.A.L.; ALMEIDA, K.L.; THIAGO, C.R.L.; JUNIOR, B.S.G.; ZANETTI, S.S.; CECÍLIO, R.A. Análise de métodos de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na região Norte do estado do Espírito Santo, Brasil. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

MANN, H.B. Non-parametric tests against trend. **Econometria**, v. 13, p. 245-259, 1945.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

MELLO, Y.R.; OLIVEIRA, T.M.N. Análise Estatística e Geoestatística da Precipitação Média para o Município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, P. 229-239, 2016.

PIRES, C. A. F.; REIS, J. T.; DILLIUS, A. I. S.; PRIESNITZ, M. C.; PEREIRA, M. J. Krigagem ordinária aplicada à precipitação pluviométrica nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria v.38 n.3, 2016, Set.- Dez. p. 1303 – 1311.

PIRES, C. A. F.; STRIEDER, A. J. Modelagem Geoestatística de dados geofísicos, aplicada a pesquisa de Au no prospecto volta grande (Complexo Intrusivo Lavras do Sul, RS, BRASIL). **Revista Geomática**, v. 1, n.1, 2006.

WAGNER, P.D.; FIENER, P.; WILKEN, F.; KUMAR, S.; SCHNEIDER, K. Comparison and evaluation of spatial interpolation schemes for daily rainfall in data scarce regions. **Journal of Hydrology**, v. 464–465, p. 388–400, 2012.