
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS

Resenha de um artigo

O artigo utilizado nesta resenha foi financiado pela Embrapa, escrito por José R. P. de Carvalho, que é ph.D. em Estatística e titulado em: *Análise Espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação.*

Resumo: O objetivo do trabalho é comparar três interpoladores univariados: inverso do quadrado da distância, curvatura mínima e krigagem ordinária. Os dados utilizados foram de precipitação pluvial média anual em 1.027 postos pluviométricos do Estado de São Paulo, no período de 1957 a 1997.

Introdução: Ter conhecimentos sobre a precipitação pluvial é muito importante em diversos contextos, tais como produção da cultura, manejo dos recursos hídricos, avaliação ambiental, erosão hídrica, em geral para um bom planejamento agrícola. Outra área de extrema importância para o conhecimento da precipitação é em relação aos reservatórios das usinas hidrelétricas que podem causar problemas para o abastecimento urbano e na geração de energia elétrica caso haja períodos de grande estiagem.

Para fazer a interpolação dos dados, vários métodos estão disponíveis na literatura, e este trabalho teve como objetivo comparar alguns métodos univariados na obtenção da distribuição espacial da precipitação pluvial.

Material e Métodos: O objetivo é estimar o valor de um atributo z para qualquer local $\boldsymbol{u}$ que não foi amostrado, utilizando os valores de z que foram amostrados na região de estudo, que foi denotado por A. Todos os estimadores de krigagem são variantes do estimador básico de regressão linear $Z(u)$ definido por:

$$Z(\boldsymbol{u}) - m(\boldsymbol{u}) = \sum_{\alpha=1}^{n(\boldsymbol{u})} \lambda_\alpha(u)[Z(\boldsymbol{u}_\alpha) - m(\boldsymbol{u}_\alpha)]$$

em que $\lambda_\alpha(\boldsymbol{u})$ são os pesos para os dados $z(\boldsymbol{u}_\alpha)$, $m(\boldsymbol{u})$ e $m(\boldsymbol{u}_\alpha)$ são os valores esperados das variáveis aleatórias $Z(\boldsymbol{u})$ e $Z(\boldsymbol{u}_\alpha)$, respectivamente. Na prática, utiliza-se apenas valores que estão próximos do local $\boldsymbol{u}$ a ser estimado. A estimação por krigagem consiste em minimizar a estimativa da variância do erro $\sigma^2(\boldsymbol{u})$, ou seja:

$$\sigma^2(\boldsymbol{u}) = \text{Var}\{Z(\boldsymbol{u}_\alpha) - Z(\boldsymbol{u})\} \quad \text{que é minimizada por:} \quad E\{Z(\boldsymbol{u}_\alpha) - Z(\boldsymbol{u})\} = 0$$

Considerando, que as flutuações locais da média são limitadas ao domínio de sua estacionariedade, esta sendo constante e desconhecida temos que o estimador linear é definido por:

$$Z_{OK}(\boldsymbol{u}) = \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_\alpha^{OK}(\boldsymbol{u}) Z(\boldsymbol{u}_\alpha) \quad \text{para} \quad \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_\alpha^{OK}(\boldsymbol{u}) = 1$$

de tal forma que os $n(\boldsymbol{u})$ pesos $\lambda_\alpha^{OK}(\boldsymbol{u})$ são determinados de modo que a variância do erro seja mínima.

Já o inverso do quadrado da distância é um interpolador de médias ponderadas que não é exato, pois caso os pontos a serem interpolados coincidam com algum ponto da malha, este terá peso zero enquanto os não coincidentes terão pesos 1. Este estimador é dado por:

$$Z(\boldsymbol{u}) = \left(\sum_{\alpha=1}^{n(u)} z(\boldsymbol{u}_\alpha)/h_\alpha^2(\boldsymbol{u}) \right) / \left(\sum_{\alpha=1}^{n} (u) 1/h_\alpha^2(\boldsymbol{u}) \right)$$

O método de curvatura mínima gera uma curva que é semelhante a um disco passando por meio dos valores observador com pequena curvatura e consiste em realizar 4 passos: 1^o uma regressão de mínimos quadrados é ajustada as observações; 2^o os resíduos são calculados; 3^o o modelo de curvatura mínima é usado para interpolar os resíduos nos nós da malha de observação e 4^o os valores do modelo de regressão nos nós das malha são adicionados nos resíduos interpolados, resultando na superfício final.

A comparação dos três métodos será feita pelo método do Quadrado Médio do Erro, calculado por:

$$\text{QME} = \left\{ \sum_{\alpha=1}^{n(u)} (Z_{\text{est}}, \alpha - Z_\alpha^*)^2 \right\} / n(\boldsymbol{u})$$

Resultados e Discussões: Foi calculado o semivariograma experimental para os dados referentes a precipitação média anual que de fato mostrou a dependência espacial da variável em estudo, utilizando o modelo esférico.

Foi realizado o mapa da distribuição espacial para a precipitação pluvial média anual no Estado de São Paulo pelos três métodos: krigagem ordinária, inverso do quadrado da distância e pela curvatura mínima e comparando estes mapas verificou-se que o método da krigagem ordinária apresentou uma distribuição espacial mais homogênea, isto foi justificado pelo fato de que este interpolador é não viciado, com variância mínima e portanto um estimador ótimo.

Foi calculado o Quadrado Médio do Erro para os três interpoladores o que forneceu a seguinte tabela.

Krigagem Ordinária	Inverso do Quadrado da Distância	Curvatura Mínima
	QME	
24.952,80	114.050,44	113.010,52

Conclusões: Como esperado, os resultados confirmaram que o interpolador geoestatístico de krigagem ordinária, por ser estatisticamente ótimo, apresentou o melhor resultado em comparação com os outros interpoladores, isto ocorre pelo fato de que na krigagem ordinária a dependência espacial é levada em consideração, enquanto os outros interpoladores ignoram tal fato.

Neste estudo também foi possível concluir que as observações possuem uma certa dependência espacial com um alcance de 48,5 km.