

Krigagem ordinária para precipitação pluviométrica no oeste paulista com tendência no tempo e no espaço

Simone Grego –Graduada em Estatística¹

Edilson Ferreira Flores – Estatística, Unesp²

Célia Regina Grego – Embrapa Monitoramento por Satélite³

Resumo: *Este trabalho teve o objetivo de utilizar a geoestatística para interpolar os dados de precipitação pluviométrica com tendência temporal e espacial no Oeste Paulista. O período de estudo foi de 1970 a 2008, utilizando o ano padrão chuvoso de 1983 para representar esse período, utilizando um transecto de 10 pontos para a direção x e o tempo na direção y. Após a constatação de tendência nos dados em estudo foi necessário remover essa tendência a fim de obter o mapa pela krigagem Ordinária com correção de tendência. O mapa de precipitação, depois da retirada de tendência, mostrou um aumento de chuva no início (janeiro a março) e final (outubro a dezembro) do ano e os meses restantes tenderam a ser mais secos. Houve uma suavização na superfície e com a retirada de tendência foi identificada a dependência espacial e o dado pode ser interpolado em relação a direção do transecto para a precipitação no decorrer do ano de 1983.*

Palavras-chave: Geoestatística, anisotropia, variabilidade espaço-temporal

1. Introdução

O conhecimento da característica da distribuição espacial de chuva no Oeste Paulista é importante para diversos aspectos, principalmente os que envolvem o planejamento e movimento de solo como as barragens, o controle de enchentes, as obras de drenagem, os trabalhos de conservação de solo, as estradas, a irrigação e as obras que são destinadas ao controle mecânico de erosão. Segundo [7], qualquer obra de engenharia precisa ser planejada com base em valores máximos de chuva, isso é necessário para que garanta a segurança aos usuários e a população em geral.

A teoria das variáveis regionalizadas, conhecida como geoestatística [1], estuda os fenômenos contínuos no espaço e no tempo, na qual oferece resultados para o entendimento e modelagem da variabilidade espacial. Dados como os de precipitação pluviométrica geralmente apresentam tendência no espaço e no tempo e um dos tipos de krigagem que trata dessa tendenciosidade, segundo [3] e [4] é a Krigagem Universal. Segundo [5] muitos locais não possuem séries históricas adequadas de precipitação, sendo o uso da interpolação geoestatística uma alternativa para a estimativa de dados visando viabilizar a elaboração de mapas de isocorrências.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi utilizar ferramentas de geoestatística para interpolar os dados de precipitação pluviométrica com tendência temporal e espacial no Oeste Paulista.

2. Metodologia

O período de estudo da precipitação pluviométrica no Oeste Paulista foi de 1970 a 2008. Para melhor representação do período chuvoso foi utilizado neste trabalho o ano-padrão 1983.

Utilizou-se a geoestatística como ferramenta da análise de dependência para os dados de precipitações pluviométricas anuais no tempo e no espaço separadamente, caracterizando a variabilidade espacial.

O primeiro processo foi verificar a tendência nos dados e para removê-la utilizou-se a Krigagem Universal mais conhecida como Krigagem para um modelo com tendência, segundo [3]. Trata-se de uma metodologia de geoestatística para situações não estacionárias e com tendenciosidade nos dados.

Em seguida foram calculados os resíduos por meio da Krigagem Ordinária, que é usada para estimar em um determinado local o seu atributo sem conhecer a média estacionária de acordo com [2].

As análises dos dados de precipitação foram para um transecto de 10 pontos representando o eixo x dos mapas gerados, e as coordenadas em y foram referentes aos 12 meses do ano de 1983.

Uma variável regionalizada que apresenta tendência pode ser decomposta em dois componentes, um o *drift* e o outro o resíduo. O *drift* seria o valor médio da variável em certa vizinhança que varia e os resíduos são os valores obtidos da diferença entre os valores reais e o *drift*. Os resíduos obedecem a hipótese de estacionariedade dos dados. É obtida a estimação da variável regionalizada quando se adiciona a superfície de resíduo estimada a superfície que representa o *drift*.

A variável que tem tendência pode ser expressa por:

$$Z(x) = m(x) + R(x) \quad (1)$$

Onde $m(x)$ é o *drift* e $R(x)$ são os resíduos.

A krigagem universal consiste na seguinte seqüência de cálculo: Estimação linear do *drift* e sua remoção; Krigagem dos resíduos estacionários; e combinação dos resíduos estimados com o *drift* para a obtenção da estimação da superfície real. Assim, como o resíduo tem um comportamento estacionário, é possível aplicar a krigagem ordinária para sua estimação.

Após a retirada de tendência foi aplicada a krigagem ordinária para interpolação da variável precipitação. Os softwares utilizados para as análises foram, VARIOWIN, GS+ e SURFER.

3. Resultados e conclusões

Os resultados da análise variográfica das chuvas no Oeste Paulista (o período de 1970-2008) no ano-padrão chuvoso de 1983 são apresentados na Figura 1.

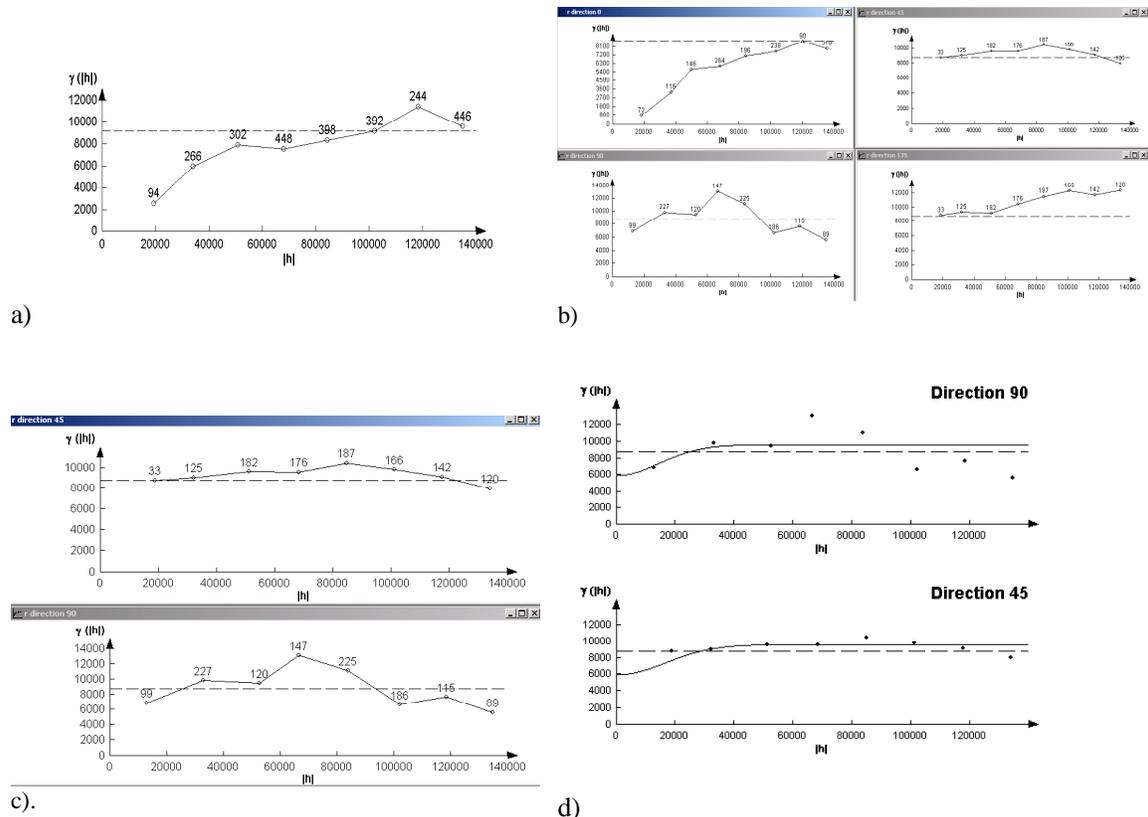


Figura 1. Variogramas: a) com tendência, b) para as quatro direções (0, 45, 90 e 135), c) com menor e maior patamar respectivamente (direções 45 e 90), d) ajustados ao modelo gaussiano.

A primeira etapa foi verificar a tendência no conjunto de dados, para tanto foi construído o variograma ommidirecional (com uma abertura angular 45°) onde se observou uma leve tendência (Figura 1 a). Verifica também na Figura 1 que o patamar varia conforme as direções e com os

variogramas com abertura angular de 45° nas direções 0, 45, 90 e 135 verifica-se que ocorre anisotropia nestes dados de precipitação. A modelagem de anisotropia é feita escolhendo os variogramas com menor e maior patamar, e neste caso foram escolhidos os variogramas nas direções 45 e 90 graus, os quais foram ajustados pelo modelo que melhor representou as duas direções “variograma médio”. O modelo ajustado foi o gaussiano com os seguintes parâmetros: patamar de 3696, alcance de 49000 e efeito pepita de 5984.

A superfície de tendência é mostrada no mapa da Figura 2. Para esta superfície, de acordo com [6], o teste da estacionariedade da média não será aprovado, uma vez que uma média regional tem uma tendência de aumentar verticalmente da maior para a menor coordenada y.

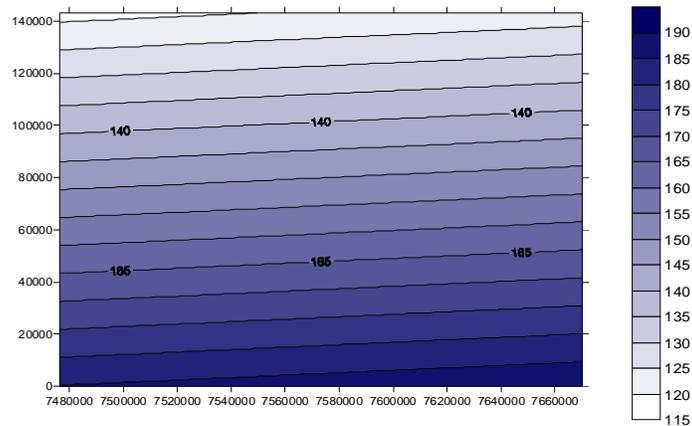


Figura 2. Mapa de superfície de tendência de 1 grau para dados de precipitação no ano de 1983.

A tendência corresponde a não existência do patamar para o variograma dos dados originais (Figura 1a). Isto significa que o espaço e o tempo amostrado não foram suficientes para expressar toda a variabilidade dos dados. A superfície residual foi construída pela diferença entre a superfície linear ajustada e os dados originais, e construiu-se uma nova variável constituída da diferença entre a superfície ajustada e os dados originais, onde a hipótese intrínseca poderá ser satisfeita, examinando-se a existência de patamar no variograma. A superfície resultante ajustada e interpolada por krigagem ordinária após correção está representada nos mapas da Figura 3.

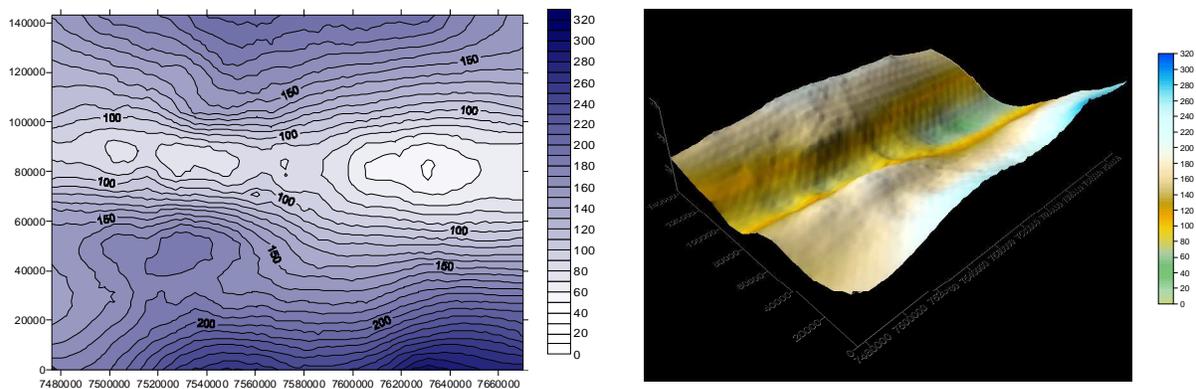


Figura 3: Mapas de precipitação após correção de tendência e interpolação por krigagem ordinária no ano padrão chuvoso de 1983.

Observa-se nitidamente nos mapas, principalmente no tridimensional, que ocorre um período de baixa precipitação no meio do ano de 2003. No início e no final do ano ocorreram as maiores precipitações com maior intensidade no início do ano.

Houve uma suavização na superfície e com a retirada de tendência foi identificada a dependência espacial e o dado pode ser interpolado em relação a direção do transecto para a precipitação no decorrer do ano de 1983.

Referências

- [1] ANDRIOTTI, J.L.S. *Fundamentos de Estatística e Geoestatística*, São Leopoldo, UNISINOS, 2005.
- [2] CAMARGO, E.C.G.; DRUCK, S.F.; CAMARA, G. *Análise Espacial de Superfície*, 1997. 37P.
- [3] JOURNAL A.G.; HUIJBREGTS, C, H. J. *Mining geostatistics*. New York: Academic Press, 7 ed., 1997. 600p.
- [4] LANDIM, P.M.B.; STURARO, J.R.; MONTEIRO, R.C. *Krigagem Ordinária para Situações com Tendência Regionalizada*, Rio Claro, Unesp, 2002.
- [5] MACHADO, R.L.; CEDDIA, M.B.; CARVALHO; D.F.; CRUZ, E.S.; FRANCELINO, M.R. *Spatial variability of maximum annual daily rain under different periods of return at the Rio de Janeiro State, Brazil*, *Bragantia* 2010. p.77-84.
- [6] VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.
- [7] VIEIRA, S.R.; CARVALHO, J.R.P. *Estudo da Periodicidade Temporal de Chuvas em Bacia Hidrográfica dos Rios Turvos/Grande – Uma Proposta*, Campinas, Embrapa Informática Agropecuária, 17 p. (Documento, 10), 2001.