

UTILIZAÇÃO DE MODELO GEOESTATÍSTICO BIVARIADO NA ESTIMATIVA DO RENDIMENTO DE SOJA SOB INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Edson Antonio Alves da Silva ¹, Paulo Justiniano Ribeiro Jr. ², Miguel Angel
Uribe-Opazo ³

RESUMO

Historicamente se sabe que a produção de uma área cultivada com propósito agrícola é fortemente influenciada por fatores físicos e químicos do local, tanto quanto o é por fatores ambientais. Os fatores físicos caracterizam um solo de várias formas como sua porosidade, compactação e permeabilidade, além de controlarem o desenvolvimento radicular, favorecendo ou restringindo a absorção de nutrientes. Neste trabalho foi utilizada a correlação natural entre a produtividade e resistência mecânica do solo à penetração para se prever o rendimento de uma cultura de soja sob plantio direto. Adotou-se a geoestatística bivariada, baseada em modelos, como solução viável para modelar duas variáveis espacialmente correlacionadas. A produção real foi estimada pela colheita de 256 parcelas estruturadas em um sistema estratificado desalinhado, distribuídas em 17.418,24 m², já a estimativa na mesma área foi feita por krigagem condicional. O erro relativo na comparação entre o valor total colhido e o valor estimado foi de 1,6%.

Palavras-chave: geoestatística, predição, máxima verossimilhança, krigagem condicional.

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná, edsonsilva@unioeste.br

²Universidade Federal do Paraná, palojus@leg.ufpr.br

³Universidade Estadual do Oeste do Paraná, mopazo@unioeste.br

ABSTRACT

The bivariate model-based geostatistics was adopted in this paper such as feasible solution to shape two correlated variables in space. The real production was estimated through harvest of 256 portions covering 17.418,24 m² and the estimate in the same area was made through conditional kriging.

Key-words: Geostatistics, prediction, maxima-likelihood, conditional kriging.

INTRODUÇÃO

A melhor informação do resultado de uma lavoura é a colheita. Esse resultado pode ser expresso por um mapa que mostre a quantidade colhida em cada pequena parte, a variabilidade espacial e a totalidade da produção (MOLIN, 2002). A estatística se insere nesse contexto como um método que utiliza um conjunto de procedimentos específicos, aplicados a dados espacialmente distribuídos e autocorrelacionados. Esse conjunto de procedimentos é denominado Geoestatística (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989). Em muitos experimentos agrícolas se estuda processos estocásticos de variação contínua no espaço. Restringiu-se neste trabalho o uso da Geoestatística ao processo gaussiano bivariado na investigação para se determinar as condições em que uma análise multivariada representa um ganho efetivo na confiabilidade do processo, na eficiência, sobretudo na qualidade de predição. O objetivo deste trabalho foi empregar o método bivariado em um experimento agrícola para comparar o resultado obtido em uma área de plantio de soja, com sua estimativa utilizando informações espacialmente correlacionadas com a compactação de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O espaço de dados foi definido como sendo o conjunto $\{(x_{ij}, y_{ij}) : x_{ij} \in \mathbb{R}^2, y_{ij} \in \mathbb{R}^2, i = 1, \dots, n_j; j = 1; 2\}$ onde x_{ij} representa a localização da i -ésima observação da j -ésima variável Y_{ij} . As duas variáveis foram representações mensuráveis de dois processos estocásticos gaussianos simultâneos $\{S(x) = (S_1(x); S_2(x)) : x \in$

$\mathbb{R}^2\}$, com vetor de médias com elementos nulos, $Var[S_k(x)] = \sigma_j^2$, $j = \{1; 2\}$ e estrutura de correlação determinada pelas funções $\rho_{11}(h) = Cor(S_1(x); S_1(x - h))$, $\rho_{22}(h) = Cor(S_2(x); S_2(x - h))$ e $\rho_{12}(h) = \rho_{21}(h) = Cor(S_1(x); S_2(x + h))$ (DIGGLE; RIBEIRO JR, 2007).

O modelo espacial foi definido por $Y_{ij} = \mu_{ij}(x_{ij}) + S_0(x_{io}) + S_j(x_{ij}) + \varepsilon_j$; $i = 1, \dots, n_j$; $j = 1; 2$ onde $S_0(x_{io})$ tem média zero e estrutura de correlação $\sigma_{01}^2 R_o(x_{ij}; \phi_0)$, $S_j(x_{ij})$ tem média zero e estrutura de correlação $\sigma_j^2 R_j(x_{ij}; \phi_j)$, os erros independentes são dados por $\varepsilon_j \stackrel{i.i.d.}{\sim} N(0; \tau^2)$, $\sigma_{(\cdot)}^2$ são parâmetros de escala das correlações, ϕ_0 , ϕ_1 e ϕ_2 determinam a taxa de decaimento da função de autocorrelação. Foi escolhida a função de Matérn (MATÈRN, 1986), pois ela foi conveniente devido à sua equivalência pela parametrização com as funções de correlação exponencial, esférica e gaussiana.

Para a estimação dos parâmetros do modelo, utilizou-se o método da maximização do logaritmo da função de verossimilhança (MARDIA; MARSHALL, 1984). Se supôs que o comportamento espacial das variáveis fosse resultante da sobreposição de dois diferentes processos $S_j(x)$ independentes, trabalhando em diferentes escalas espaciais (WAKERNAGEL, 2003). As predições foram obtidas a partir da distribuição de $(T|Y)$, empregando-se as funções *likfirBGCCM* e *predict*, disponíveis no pacote *geoR* (RIBEIRO JR; DIGGLE, 2001). Os dados vieram de cultura de soja em sistema de semeadura direta da safra 97/98. Esse estudo considerou 2 enfoques sendo o primeiro constituído de 256 pontos amostrais de soja e o segundo por um sub-conjunto de 128 amostras de soja combinada com 150 amostras de Índice de Cone.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área total de cultivo foi de 17.418,24 m². Cada parcela mediu 25 m² perfazendo um total de 6.400 m² (36,7% da área total cultivada). As 256 amostras renderam 1,7577 ton de soja que, projetada para a área cultivada, totalizou 4,7894 Kg. Essa resultado corresponde a uma produtividade de 2,7496 ton ha⁻¹.

A análise descritiva da produtividade indicou a média de 2,746 ton ha⁻¹ e Coeficiente de Variação - CV de 15,8% sugerindo uniformidade do rendimento das parcelas. Esses resultados foram compatíveis com a produção dessa cultivar no Paraná. Encontrou-se uma fraca correlação dos resultados em relação às coordenadas sugerindo estacionariedade na média. O Índice de Cone apresentou uma média de 20,54 Kg cm⁻² o que equivale a 2,015 Mpa, valor considerado limítrofe para crescimento radicular das principais cultivares (LIMA et al., 2007). O CV resultou 20,0%, sugerindo uniformidade na distribuição das medidas dessa variável.

A maximização do logaritmo da função de verossimilhança para o modelo bivariado foi encontrada nos valores dos parâmetros $\mu_1 = 2,4886$; $\mu_2 = 20,415$; $\sigma_{01}^2 = 0,1563$; $\sigma_1^2 = 0,2655$; $\sigma_{02}^2 = 0,0001$; $\sigma_2^2 = 2,282$; $\phi_0 = 37,192$; $\phi_1 = 29,0995$ e $\phi_2 = 5,4993$. A predição bivariada da produtividade de soja em um grid regular de 4.466 pontos resultou em uma média de 2,70686 ton ha⁻¹ com um desvio padrão de 0,334049 ton ha⁻¹ e um CV de 12,3%, portanto uma distribuição homogênea pela área. O erro relativo, obtido pela comparação da média de krigagem da produtividade com a produtividade projetada para a área a partir das 256 parcelas foi de 1,6%.

CONCLUSÕES

Usar uma segunda variável como informação adicional para a predição espacial leva a resultados satisfatórios. O diferença entre o valor conhecido de produtividade da área que mais se aproxima do valor verdadeiro e o valor predito pelo método bivariado se mostrou desprezível, aproximadamente 43 Kg nesse experimento.

Referências

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JR, P. J. *Model-based Geostatistics*. USA: Springer Series in Statistics, 2007.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. *Applied Geostatistics*. New York: Oxford University, 1989.

LIMA, C. L. R. et al. Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência à penetração de um argissolo vermelho distrófico arênico. *Ciência Rural*, v. 4, n. 37, p. 1166–1169, 2007.

MARDIA, K. V.; MARSHALL, R. J. Maximum estimation of models for residual covariance in spatial regression. *Biometrika*, v. 1, n. 71, p. 135–146, 1984.

MATÈRN, B. *Spatial Variation Analysis*. 2. ed. [S.l.]: Springer Verlag, 1986.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. *Engenharia Agrícola*, v. 22, n. 1, p. 83–92, 2002.

RIBEIRO JR, P. J.; DIGGLE, P. J. geoR: A package for geostatistical analysis. *R-NEWS*, v. 11, n. 2, 2001.

WAKERNAGEL, H. *Multivariate geostatistics: an introduction with applications*. 3. ed. Germany: Springer, 2003.