

KRIGAGEM INDICATRIZ NA DETERMINAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA NECESSIDADE DE CALAGEM DO SOLO

IGOR Q. M. VALENTE¹, ANAMARI V. A. MOTOMIYA², BEATRIZ B. DA SILVA³, JULIA T. LOPES⁴, JORGE W. CORTEZ⁵

¹ Eng. Agrícola, Mestrando em Eng. Agrícola, FCA/UFGD

² Eng. Agrônoma, Prof. Dr., Faculdade de Ciências Agrárias – FCA na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Fone (67) 3410-2389.

³ Acadêmica de Agronomia, FCA/UFGD.

⁴ Eng. Florestal, Mestranda em Eng. Agrícola, FCA/UFGD.

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Faculdade de Ciências Agrárias – FCA na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Fone (67) 3410-2389, Bolsista de Produtividade do CNPq.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: A krigagem indicatriz é um tipo não-paramétrico de krigagem ordinária condicional, que usa a posição e os valores dos dados para produzir uma distribuição local em vez de uma distribuição global das propriedades analisadas. O trabalho teve como objetivo identificar a distribuição espacial de cálcio e magnésio no solo utilizando-se a técnica de krigagem indicatriz em um Latossolo Vermelho Escuro distroférico. A amostragem foi realizada nos pontos de cruzamento de uma malha regular de 8 linhas e 6 colunas, com um espaçamento de 20 metros entre pontos, totalizando 48 pontos de amostragem. Os dados de Ca e Mg foram analisados por procedimentos de estatística descritiva e então transformados em indicadores de probabilidade de acordo com valores de corte correspondentes aos quartis. A análise geoestatística foi realizada sobre os dados transformados. O modelo do semivariograma e seus parâmetros foram usados, conjuntamente com técnicas de interpolação de dados, para obter os mapas de probabilidade. Observou-se que os melhores ajustes foram obtidos para o indicador de Ca (0-0,10 m) utilizando-se como valor de corte, o primeiro quartil da distribuição de frequência e, também para o indicador de Mg (0-0,10 m) utilizando o 3º Quartil.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, krigagem, mapeamento

INDICATOR KRIGING TO DETERMINATE THE SPACIAL VARIABILITY OF THE NEED TO LIME THE SOIL

ABSTRACT: The indicator kriging is a non-parametric of ordinary conditional kriging, which uses the position and the data values to produce a local distribution instead of a global distribution of the properties analyzed. The aim of this study is to identify the spatial distribution of calcium and magnesium in soil using the indicator kriging technique in a Latossolo Vermelho Escuro distroférico. The sample was made in crossing points in a regular grid of 8 lines and 6 columns, with 20 meters spacing between the points, the sum total of 48 points of sampling. The data of Ca and Mg were analyzed by procedures of descriptive statistics and then, transformed in probability indicators according to the cut values, which corresponds the quartis. The geostatistic analyze was made about the transformed data. The semivariogram model and its parameters were used, together with interpolation data techniques, to obtain probability maps. It was observe that better adjustments were obtained for the Ca indicator (0-0,10 m), using as cut value the first quartil of frequency distribution and for the Mg indicator (0-0,10 m) using the third quartil.

KEY-WORDS: geostatistics, kriging, mapping

INTRODUÇÃO: O modelo de dependência espacial fornece os parâmetros necessários para estimar os valores de atributos do solo em locais não amostrados (GOOVAERTS, 1997). A krigagem ordinária, que é um método de interpolação de dados, usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do espaço analisado, ao qual o modelo do semivariograma foi ajustado, sem tendência e com variância mínima. Esse estimador nada mais é do que uma média ponderada dos valores observados. A krigagem indicatriz é um tipo não-paramétrico de krigagem ordinária condicional, que usa a posição e os valores dos dados para produzir uma distribuição local em vez de uma distribuição global das propriedades analisadas. Ela tem a vantagem de não sofrer efeitos de valores discrepantes (“outliers”) e, segundo Smith et al. (1993), é útil para conjuntos de dados assimétricos.

O método é baseado em uma transformação binária dos dados, sendo cada dado transformado em um indicador antes de ser submetido às análises geoestatísticas e à krigagem. Por convenção, os dados são codificados em 0 ou 1, se estiverem acima ou abaixo de determinado valor de corte, respectivamente. O valor de corte é arbitrário e depende do objetivo do estudo. O resultado da transformação é um novo conjunto de dados, composto de 0 e 1, o qual é então submetido às análises geoestatísticas, obtendo-se, assim, o semivariograma indicador, que reflete o modelo de continuidade espacial para o valor de corte preestabelecido. Para Verhagen & Bouma (1997), a krigagem indicatriz tem sido usada com sucesso porque permite expressar o modelo espacial em termos de probabilidade de excesso.

Este trabalho teve como objetivo identificar a distribuição espacial de cálcio e magnésio no solo utilizando-se a técnica de krigagem indicatriz em um Latossolo Vermelho Escuro distroférico.

MATERIAL E MÉTODOS: A área experimental localiza-se na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias - FCA, da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, localizado nas coordenadas geográficas 22°12'S latitude 54°56'W Grw e a altitude média de 452 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Escuro Distroférico (EMBRAPA, 2006). A amostragem foi realizada nos pontos de cruzamento de uma malha regular de 8 linhas e 6 colunas, com um espaçamento de 10 metros entre pontos, totalizando 48 pontos de amostragem. Cada ponto amostral foi constituído de nove sub amostras de solo coletadas com um trado tipo holandês em uma profundidade amostral de 0-0,10 e 0,10-0,20 m. As amostras de solo, após serem secas, peneiradas em malha de 2 mm de abertura, foram submetidas às análises químicas para determinação dos teores de Ca e Mg, segundo métodos descritos por Claessen (1997).

Os dados originais foram submetidos à análise estatística para determinação da distribuição de frequência e dos diferentes quartis. Posteriormente, os dados foram transformados em indicadores de probabilidade de acordo com valores de corte correspondentes aos quartis observados na distribuição de frequência das variáveis. Os dados foram codificados em 0 ou 1, se estavam acima ou abaixo do valor de corte determinado. A análise geoestatística foi realizada, utilizando o programa GS+ (ROBERTSON, 1998). A cada uma das variáveis indicadoras, foi ajustado um modelo de semivariograma.

TABELA 1. Valores de corte correspondente ao 1º, 2º e 3º quartil de cada variável, utilizados nas definições dos valores indicados.

Variável	1º Quartil	2º Quartil (mediana)	3º Quartil
Ca 0- 0,10	5,22	9,74	15,11
Ca 0,10- 0,20	4,82	8,75	14,12
Mg 0- 0,10	2,93	5,27	7,56
Mg 0,10- 0,20	0,14	4,82	7,25

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O valor médio de Ca, na camada 0-0,10 m, está elevado(Tabela 2), conforme critérios de Sousa & Lobato (2004). Os valores máximo e mínimo encontrados não foram

discrepantes ,porém a ocorrência de alguns valores mais altos elevaram o coeficiente de variação. Para o coeficiente de assimetria (C_s) pode-se observar uma distribuição assimétrica à direita, ou seja $C_s > 0$, quando temos $C_s < 0$ indica uma distribuição assimétrica a esquerda, $C_s = 0$ a distribuição é simétrica (GUIMARÃES, 2004). Já para o coeficiente de curtose (C_k) temos uma distribuição platicúrtica, ou seja, $C_k < 0$, quando $C_k = 0$ temos uma distribuição mesocúrtica (distribuição normal), $C_k > 0$ temos uma distribuição leptocúrtica (GUIMARÃES, 2005).

TABELA 2. Análise estatística descritiva dos atributos químicos do solo Ca e Mg na profundidade de 0 – 0, 10 m e 0,10-0,20m.

Variável	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Coeficientes		
					Variação	Assimetria	Curtose
Ca (0-0,10 m)	9,76	9,74	5,22	15,11	27,72	0,20	-1,06
Ca (0,10-0,20 m)	8,79	8,75	4,82	14,12	25,43	0,20	-0,73
Mg (0-0,10 m)	5,28	5,27	2,93	7,56	17,18	-0,13	0,80
Mg (0,10-0,20 m)	4,64	4,82	0,14	7,25	25,05	-0,99	4,15

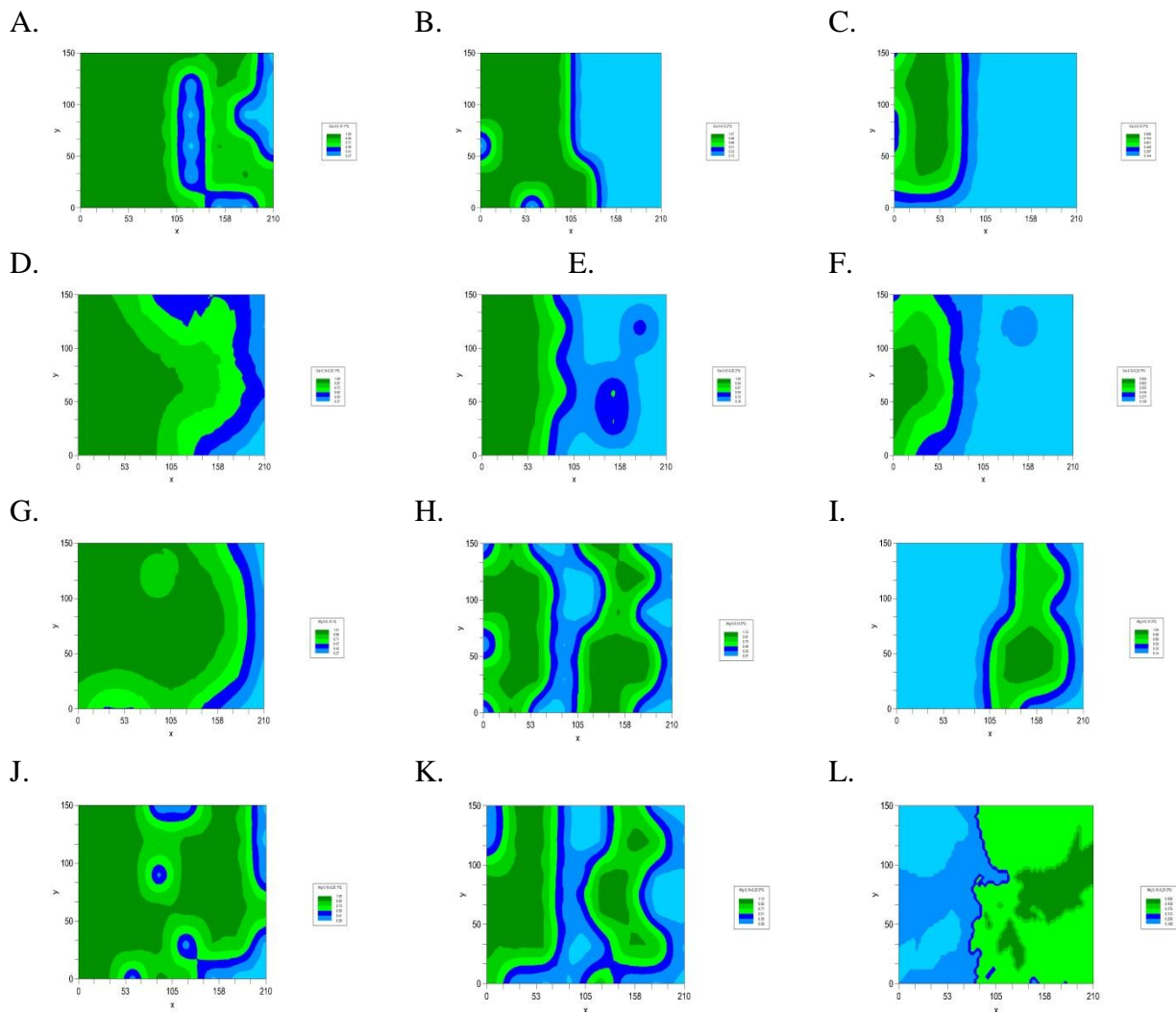
Os teores de Ca (0,10-0,20 m) e Mg (0-0,10 m e 0,10-0,20 m) são considerados adequados seguindo as recomendações de Sousa & Lobato (2004). Para todos esses atributos os valores mínimo e máximo encontrados não foram discrepantes, porém o menor valor de coeficiente de variação foi o obtido para Mg (0-0,10 m) indicando assim uma menor dispersão relativa destes dados.

Foram ajustados semivariogramas a cada um dos conjuntos de dados indicadores transformados. Observou-se que os melhores ajustes foram obtidos para o indicador de Ca (0-0,10 m) utilizando-se como valor de corte, o primeiro quartil da distribuição de frequência e, também para o indicador de Mg (0-0,10 m) utilizando o 3º Quartil. Considerou-se o melhor ajuste de semivariograma conforme os valores do coeficiente de determinação (R^2) e menor soma de quadrados de resíduos (SQR). Para os dados de Mg (0,10-0,20 m), utilizando-se o 3º Quartil, observou-se efeito pepita puro, ou seja, os dados não apresentaram dependência espacial.

Tabela 3. Parâmetros da análise dos semivariograma das variáveis (Krigagem Indicatriz).

Variável	Modelo	C0	Patamar	A0	C0/C0 + C	R^2	SQR
Ca							
ICa0-10 Q1	Exponencial	0,04	0,17	21,80	0,26	0,339	8,088E-04
ICa0-10 Q2	Esférico	0,001	0,52	319,50	0,001	0,993	4,227E-04
ICa0-10 Q3	Esférico	0,05	0,31	280,30	0,18	0,959	5,688E-04
ICa10-20 Q1	Esférico	0,11	0,22	257,10	0,48	0,882	4,547E-04
ICa10-20 Q2	Esférico	0,06	0,003	370,10	0,14	0,975	5,710 E-04
ICa10-20 Q3	Esférico	0,09	0,30	366,10	0,32	0,950	2,879E-04
Mg							
IMg0-10 Q1	Esférico	0,08	0,29	367,60	0,29	0,898	6,760E-04
IMg0-10 Q2	Esférico	0,01	0,24	50,70	0,06	0,083	6,413E-03
IMg0-10 Q3	Esférico	0,04	0,20	96,00	0,21	0,985	6,591E-05
IMg 10-20 Q1	Exponencial	0,05	0,18	27,00	0,27	0,812	1,966E-04
IMg 10-20 Q2	Esférico	0,03	0,24	53,50	0,13	0,178	3,732E-03
IMg 10-20 Q3	Efeito pepita puro						

Os parâmetros dos semivariogramas foram utilizados para elaboração de mapas de distribuição espacial de cálcio e magnésio utilizando os diferentes valores de corte. Pode-se observar pelos mapas que a área encontra-se com teores de Ca de adequado a alto (Figura 2)) Os níveis de Mg se mostram um pouco mais baixos (Figura 2), porém não ainda considerados adequado.



CONCLUSÕES: Observou-se que os teores de Cálcio e magnésio no solo estão adequados, não sendo necessária aplicação de calagem. Através da krigagem indicatriz, foi possível modelar a variabilidade espacial destes atributos utilizando diferentes valores de corte.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, E.G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.L.; TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GUIMARÃES, M. de F. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.493-501, 2006.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.1663-1674, 2006.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, v.82, p.121-145, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 412 p.

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. *Ciência Rural*, v.34, p.755-760, 2004.

VERNETTI JR, F. de J.; GOMES, A.da S. Plantio Direto: uma opção de manejo para a produção agrícola sustentável. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 69 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 58).