
VARIABILIDADE ESPACIAL DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO E DA PRODUTIVIDADE DA MAMONA (*Ricinus communis* L.) NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Célia Regina Grego¹; Sidney Rosa Vieira²; José Paulo Molin³; Fernanda Ribeiro Marques Miguel⁴; Franz Arthur Pavlu⁵

Resumo

A utilização de equipamentos para coleta de dados possibilita a redução de custos e melhor interpretação de mapas de produção das culturas agrícolas de maneira mais eficiente e com maior acurácia. O objetivo do trabalho foi verificar a variabilidade espacial da condutividade elétrica do solo, do teor de água e da produtividade da mamona cultivada num Latossolo Vermelho eutrófico sob sistema de plantio direto. A área localiza-se no Centro Experimental Central do Instituto Agronômico, Campinas, SP, e possui 3,42 ha. Foram obtidos o teor gravimétrico de água do solo (g g^{-1}), a condutividade elétrica (mS m^{-1}) com o sensor por contato direto Veris 3100, ambos de 0-30 e 0-90 cm de profundidade e a produção de grãos (kg ha^{-1}) da mamona IAC Guarani. Foram obtidos os parâmetros estatísticos descritivos e realizada a análise geoestatística através do semivariograma, interpolação dos dados por krigagem e construção de mapas de isolinhas. Os semivariogramas mostraram dependência espacial para todas as variáveis. A condutividade elétrica apresentou valores maiores na superfície do que em profundidade e o mesmo aconteceu com o teor de água do solo. Locais com maior produção de grãos de mamona apresentaram também maior condutividade elétrica. Conclui-se que a variabilidade espacial encontrada nos resultados de produção de grãos pode ser atribuída aos mesmos fatores que afetam a condutividade elétrica do solo.

Palavras-chave: veris 3100, teor de água, geoestatística

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND CROP TO *Ricinus communis* L. IN NO TILLAGE SYSTEM

Summary

Data acquisition using equipments brings cost reduction and makes possible a more accurate interpretation of maps related to crop yield. The aim of this work was to verify the spatial variability of the soil electrical conductivity, water soil content, and the yield of *Ricinus communis* L. planted in Rhodic Ferralsol (typic Haplorthox) using no-tillage system. The cultivated area (3.42 ha) is placed at Central Experimental Farm of the Instituto Agronômico, Campinas, SP. The electrical conductivity (mS m^{-1}), using Veris 3100 with direct-contact sensors, and the water soil content (g g^{-1}) were acquired at 0-30 and 0-90 cm depths. In addition it was obtained the *Ricinus communis* L. (IAC

¹ Pós-doutoranda no Instituto Agronômico, crgrego@iac.sp.gov.br

² Pesquisador Científico do Instituto Agronômico, sidney@iac.sp.gov.br

³ Livre Docente da ESALQ USP, jpmolin@esalq.usp.br

⁴ Bolsista de Iniciação Científica no Instituto Agronômico, fermm@cca.ufscar.br

⁵ Bolsista de Iniciação Científica no Instituto Agronômico, franz@cca.ufscar.br

Guarani) yield (kg ha⁻¹). Data were analyzed using descriptive statistics and geostatistics analyses to describe the spatial variability with semivariogram, kriging and maps. The semivariograms have shown spatial dependence for the entire set of variables. The electrical conductivity and water soil content present higher values at the points close the soil surface. It was observed that the *Ricinus communis* L. yield grows with the electrical conductivity. Therefore we conclude that spatial variability found in the yield results can be associated with the same factors that affect the electric conductivity.

Keywords: veris 3100, water content, geostatistic

Introdução

Na agricultura atual, busca-se cada vez mais a utilização de equipamentos que permitam obter dados mais precisos e com maior eficiência para que possam ser correlacionados com outras propriedades de difícil obtenção, visando à redução de gastos e aumento de produtividade. Recursos mais avançados da eletrônica e computação, como os sistemas de posicionamento global (GPS), os sistemas de informação geográfica (SIG), os sistemas de controle, a aquisição e a análise de dados que considera a variabilidade espacial, como a Geoestatística, estão cada vez mais presentes no campo através da agricultura de precisão (Molin, 1997, Câmara & Medeiros, 1998; e Vieira, 2000).

A análise de distribuição espacial das propriedades dos solos, dos parâmetros de plantas e da produtividade, pode ser feita pela geoestatística, que se apresenta como importante ferramenta para análise da estrutura da dependência espacial das variáveis. Segundo Grego & Vieira (2005) mesmo numa parcela experimental de 30 x 30 m existe grande variabilidade de propriedades físicas do solo e se for considerada como homogênea pode mascarar os resultados dos tratamentos aplicados.

A investigação de possíveis causas da variabilidade espacial encontrada nos resultados de produtividade das culturas tem sido atribuída aos fatores de solo, como as propriedades físicas e químicas, entretanto estas são obtidas por amostragens que na maioria, exigem alta demanda de mão de obra, de tempo e de custo. A condutividade elétrica do solo tem chamado a atenção, principalmente por ser obtida através de métodos eficientes e rápidos como pelos sensores de contato direto encontrados no mercado.

O conhecimento dos níveis de condutividade elétrica do solo, determinada sem limitação de densidade amostral, permite correlação com outros fatores do solo onde sua variação espacial e temporal pode ser atribuída às variações nos teores de água, de argila, de sais dissolvidos no solo (Mcbride et al., 1990, Aueswald et al., 2001), servindo para classificar o solo quanto a sua capacidade de produção (Anderson Cook et al., 2002). Com todas estas informações, os mapas de colheita das culturas poderão ser melhor interpretados, como para a cultura da mamona (*Ricinus communis* L.), que é comprovadamente sensível ao excesso de água no solo e regiões compactadas (Savy et al., 1989).

O trabalho teve o objetivo de verificar a variabilidade espacial da condutividade elétrica do solo, do teor de água e da produtividade da mamona cultivada num Latossolo Vermelho eutroférico sob sistema de plantio direto.

Material e Métodos

A área utilizada localiza-se no Centro Experimental Central do Instituto Agrônômico, Campinas, SP, e possui 3,42 ha cultivados com culturas anuais em plantio direto a mais de 20 anos demarcada com 302 pontos de amostragem espaçados de 10 x 10 m.

O equipamento utilizado para medir a condutividade elétrica foi o sensor por contato direto Veris 3100, composto de seis discos de corte, ou seja, quatro sensores que penetram no solo e dois eletrodos que injetam a corrente elétrica, acoplado no trator equipado com GPS e receptor de dados. Os sensores transmitiram valores de 0-30 e de 0-90 cm de profundidade. Discos percorreram superficialmente o solo obtendo-se 3600 medições de condutividade elétrica (mS m^{-1}) no espaçamento aproximado de 2 m x 3.5 m que foram agrupadas em 763 dados para análise. No mesmo dia foram coletadas amostras de solo deformadas, em 39 pontos espaçados de 20 x 45 m, para obter o teor de água do solo gravimétrico de 0-30 cm e de 0-90 cm de profundidade, segundo Reichardt (1987).

A mamona IAC Guarani foi implantada em semeadura direta, no espaçamento de 1,35 m entre linhas e após desbaste chegou-se a 70 cm entre plantas. A produção de grãos foi avaliada em 302 pontos espaçados de 10 x 10 m, cortando-se os cachos secos e trilhando-os para obtenção do peso de grãos (kg ha^{-1}).

Inicialmente os dados foram analisados pela estatística descritiva obtendo-se a média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo, valor máximo, assimetria e curtose. Para verificar a variabilidade espacial das variáveis, os dados foram analisados pela geoestatística, através da construção e ajuste de semivariogramas, krigagem para interpolação de dados e construção de mapas de isolinhas, descritos em Vieira (2000). Os programas utilizados para as análises foram desenvolvidos segundo Vieira et al. (2002), e os mapas foram gerados no programa Surfer (Golden Software, 1999).

Resultados e discussão

De acordo com a tabela 1 verifica-se que a variável que apresentou maior coeficiente de variação foi a produção de grãos (35,5%), revelando-se alto segundo a classificação de Warrick & Nielsen (1980), o que pode ser melhor examinado pelos valores máximos e mínimos em relação aos das outras variáveis. Assimetria e curtose indicam a proximidade da distribuição de frequência de dados normal, pois seus valores se aproximam de 0, com exceção da condutividade elétrica de 0-90 cm que apresentou curtose de 3,210 tendendo a distribuição log normal, por existir uma grande quantidade de valores pequenos e também muito grandes. Percebe-se também pelos valores máximos e mínimos que tanto a condutividade elétrica quanto o teor de água foram maiores na superfície (0-30 cm) do que em profundidade (0-90 cm).

Tabela 1: Resultado da estatística descritiva para as variáveis analisadas, média, variância (Var), desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV %), valor mínimo (Min) e máximo (Max), assimetria e curtose.

Variável	Nº	Média	Var	DP	CV	Min.	Max.	Assimetria	Curtose
Condutividade elétrica 0-30 cm (mS m ⁻¹)	763	9,719	4,942	2,223	22,87	3,980	19,00	0,271	0,243
Condutividade elétrica 0-90 cm (mS m ⁻¹)	763	4,604	1,013	1,007	21,87	1,880	10,80	0,838	3,210
Teor de água 0-30 cm (g g ⁻¹)	39	0,244	0,00029	0,017	7,01	0,198	0,272	-0,734	0,310
Teor de água 0-90 cm (g g ⁻¹)	39	0,232	0,00029	0,017	7,35	0,185	0,26	-0,922	0,539
Produção de grão (Kg ha ⁻¹)	300	4.203	2.231.000	1494	35,50	894	8522	0,155	-0,575

Os semivariogramas (Figura 1) mostraram dependência espacial para todas as variáveis analisadas. Os ajustes foram todos esféricos, sendo que para a condutividade elétrica (Figuras 1a e 1b), trabalhou-se com o resíduo da retirada de tendência parabólica. Os semivariogramas para os teores de água (Figuras 1c e 1d) apresentaram os piores ajustes com os menores coeficientes de correlação (r^2), consequência da grade de medição ter sido bem menor (com apenas 39 pontos medidos) do que para as demais variáveis (Tabela 1).

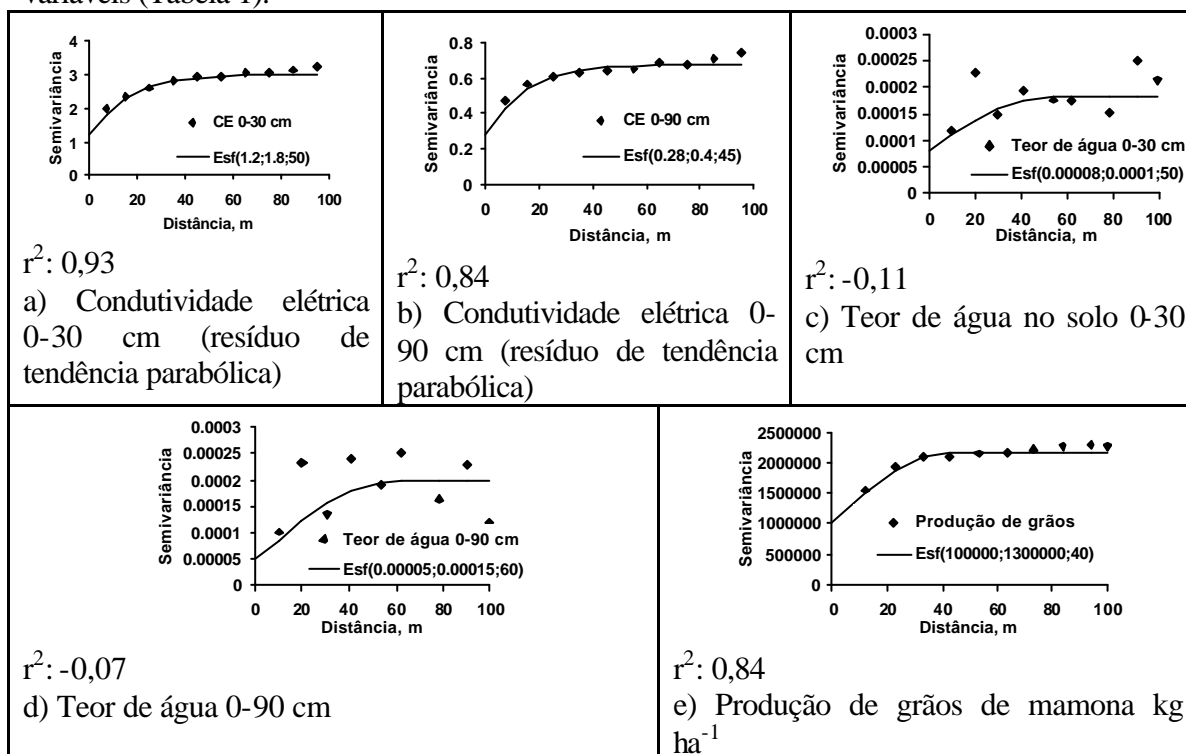


Figura 1: Semivariogramas da condutividade elétrica (CE) e do teor de água de 0-30 e 0-90 cm (a, b, c, d), e da produção de grãos da mamona (e) com seus respectivos parâmetros de ajuste C_0 (efeito pepita), C_1 (variância estrutural), a (alcance) e coeficiente de correlação (r^2).

Os mapas de isolinhas para as variáveis, nos quais foi verificada a variabilidade, espacial estão apresentados na Figura 2.

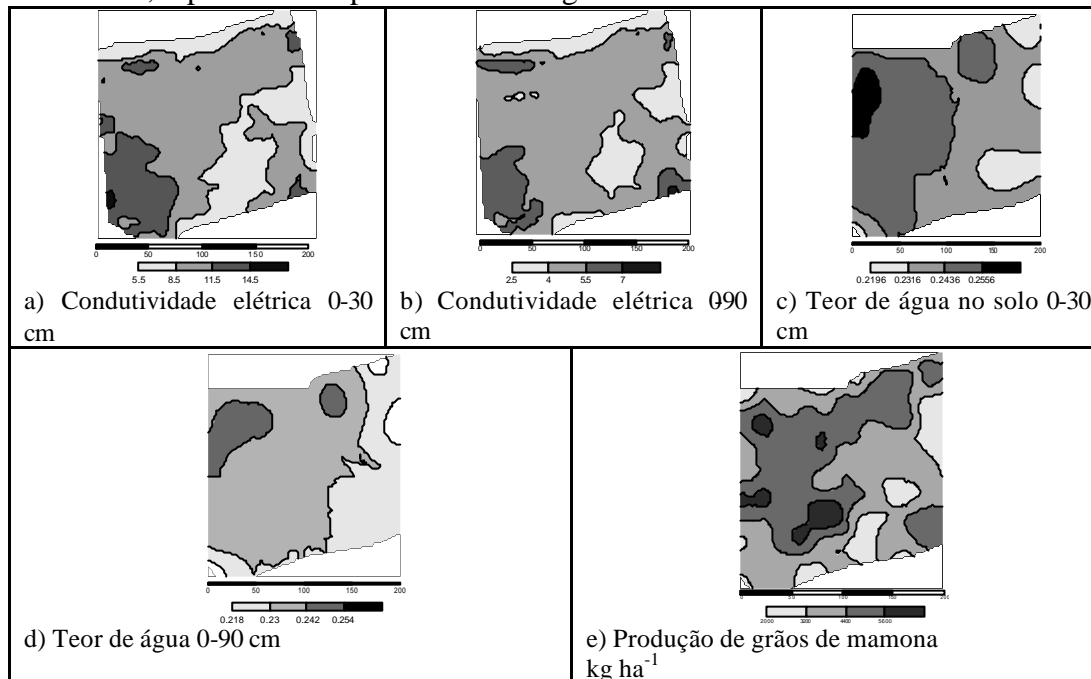


Figura 2: Mapas de isolinhas para condutividade elétrica e teor de água de 0-30 e 0-90 cm (a, b, c, d), e para produção de grãos de mamona (e).

A condutividade elétrica do solo (Figuras 2a e 2b) apresentou valores maiores na superfície (0-30 cm), do que em profundidade (0-90 cm), o que confirma os valores apresentados na tabela 1. A maior quantidade de nutrientes na superfície pode ter colaborado para este resultado, pois a mamona e as demais culturas implantadas na área anteriormente foram semeadas e adubadas no sistema de plantio direto, onde segundo Freire et al. (2001), ocorre acúmulo de nutrientes na superfície. As disposições das manchas foram semelhantes para as duas profundidades (0-30 cm e 0-90 cm) tanto para a condutividade elétrica quanto para o teor de água do solo (Figuras 2c e 2d). Segundo McBride et al. (1990) e Auesrwald et al. (2001) a variação espacial da condutividade elétrica do solo pode ser atribuída a variações nos teores de água, o que pode explicar este resultado. Comparando o mapa de condutividade elétrica (Figuras 2a e 2b) com o de produção de grãos da mamona (Figura 2e), verifica-se que locais com maiores produções apresentaram também maior condutividade elétrica para as duas profundidades, indicando que as causas da variabilidade espacial encontrada nos resultados de produtividade podem ser atribuídas aos mesmos fatores que afetam a condutividade elétrica do solo, concordando com os resultados de Anderson Cook et al. (2002), que classificaram solos com precisão de 90 % quando combinados dados de produtividade e condutividade elétrica.

Conclusões

Houve elevada relação entre a condutividade elétrica nas duas profundidades estudadas, com o teor de água do solo.

A variabilidade espacial encontrada para a produção de grãos pode ser atribuída aos mesmos fatores que definem a condutividade elétrica do solo.

Referências Bibliográficas

ANDERSON COOK, C.M, ALLEY, M.M., ROYGARD, J.K.F., KHOSLA, R., NOBLE, R.B., DOOLITTLE, J.A. Differentiating soil types using electromagnetic conductivity and crop yield map. **Soil Science Society of America Journal**. v.66, p.1562-1570, 2002.

AUESRWALD, SIMON, S.; STANKEY, H. Influence of soil properties on electrical conductivity under humid water regimes. **Soil Science**, v.166, n.6, p.382-390, 2001.

CÂMARA, G., MEDEIROS, J.S. Princípios básicos do geoprocessamento. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. (eds.) **Sistema de informações geográficas**. Aplicações na agricultura Brasília: EMBRAPA-CPAC, 2 ed., 1998. p. 411-423.

FREIRE, F.M., VASCONCELLOS, C.A., FRANÇA, G.E. Manejo da fertilidade do solo em sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**. v.22, n.208, p.49-62, 2001.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer 7.0**. Contouring and 3D surface mapping for scientists engineers. User's Guide. New York, Golden software, Inc, 1999, 619p.

MCBRIDE, R.A, GORDON, A M. SHRIVE, S.C. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. **Soil Science Society of America Journal**. v.54, p.255-260, 1990.

MOLIN, J.P. Agricultura de precisão, parte I: O que é e estado da arte em sensoriamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.97-107, dez. 1997.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Editora Manole, 1987, 188p.

SAVY FILHO, A., CASTRO, O M., BANZATTO, N.V. Efeito da compactação de solo sobre o desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista de Agricultura**. v.64, p 230-239, 1989

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, v.1, 2000. p. 1-54.

VIEIRA, S.R., MILLETE, J., TOPP, G.C., REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V.V.H.,SCHAEFER, C.E.G.R., BARROS, N.F., MELLO, J.W.V., COSTA,L.M.(ed) **Tópicos em Ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, v.2, 2002. p. 1-45.

WARRICK, A, W, NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (ed.). Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980.