

Dependência espacial de atributos físicos em área cultivada com cana-de-açúcar.

Ronny Sobreira Barbosa⁽¹⁾; José Marques Júnior⁽²⁾; Daniel De Bortoli Teixeira⁽³⁾; Lívia Arantes Camargo⁽⁴⁾; Diego Silva Siqueira⁽⁵⁾; Rafael Gonçalves Peluco⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Bolsista (Capes) de Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo); Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP); Jaboticabal, São Paulo; E-mail: rsbagronomo@gmail.com; ⁽²⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos e Adubos; FCAV/UNESP; E-mail: marques@fcav.unesp.br; ⁽³⁾ Bolsista (Capes) de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal); FCAV/UNESP; E-mail: daniel.dbt@hotmail.com; ⁽⁴⁾ Bolsista (Fapesp) de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal); FCAV/UNESP; E-mail: li_arantes@yahoo.com.br; ⁽⁵⁾ Bolsista (Fapesp) de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal); E-mail: diego_silvasiqueira@yahoo.com.br; FCAV/UNESP; ⁽⁶⁾ Bolsista (Capes) de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal); FCAV/UNESP; E-mail: rgpeluco@hotmail.com.

RESUMO: A cultura da cana-de-açúcar apresenta grande importância econômica nacional. Objetivou-se caracterizar a dependência espacial de três atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. As amostragens foram realizadas no Município de Guataporã, SP, em malha de 155 pontos. Em cada ponto foram realizadas análises físicas granulométricas nas profundidades de 0,00-0,25 m e de 0,25-0,50 m. Os dados obtidos foram analisados por meio da estatística descritiva e geoestatística. Pode-se afirmar que para todas as variáveis nas duas profundidades, com exceção do teor de Areia na profundidade de 0,25-0,50 m, apresentaram alta variabilidade. As variáveis estudadas, nas duas profundidades, apresentaram dependência espacial, sendo os modelos esféricos e exponenciais aqueles que melhor se ajustaram aos variogramas experimentais dos atributos em estudo. Desta forma foi possível delimitar zonas de manejo específico para estes atributos na área estudada.

Termos de indexação: variabilidade espacial; textura do solo; geoestatística.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade do sistema de produção agrícola gira em torno da conservação da água e do solo. O mau uso destes recursos naturais já provocaram eventos que culminaram no declínio de várias civilizações (Davidson, 2007). Para que, a produção agrícola ocorra de forma sustentável, é necessário que haja uso tecnologias para se quantificar a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, buscando aperfeiçoar o aproveitamento de recursos e diminuir os custos do cultivo (Carvalho et al., 2002).

Segundo Souza et al. (2009), um dos agentes decisivos para o controle dos fatores de produção das culturas e proteção ambiental é, de fato, a determinação da variabilidade espacial de atributos físicos do solo.

A importância econômica da cultura da cana-de-açúcar, de acordo com Johnson & Richard Junior (2005), justifica os estudos de variabilidade espacial dos atributos do solo com o objetivo de se identificar zonas de manejo específico (Siqueira, 2010). Diante disso, objetivou-se com esta pesquisa, caracterizar a dependência espacial de atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental, sob cultivo de cana-de-açúcar com colheita mecanizada, é localizada na Usina São Martinho (USM) localizada no nordeste do Estado de São Paulo, no Município de Guataporã (21°29' latitude sul e 48°02' longitude oeste). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico, tropical com estação seca de inverno (Aw) e precipitação média de 1400 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a fevereiro. Esta área está inserida na província geomorfológica do Planalto Ocidental Paulista, próximas ao limite das Cuestas Basálticas no divisor litoestratigráfico arenito-basáltico.

Os solos do local foram classificados, de acordo com o levantamento realizado pelo Centro de Tecnologia Canaveira (CTC) em prestação de serviços à USM, como Latossolo Vermelho distrófico, textura média (LVd3.1; LVd3.4), Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa (LVdf1.1); Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa (LVef1.1) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura média (LVAd3.1) (Embrapa, 2006).

Foi utilizada uma malha de densidade amostral de 1 ponto a cada 2,5 ha somando um total de 155 pontos (Figura 1). Em cada ponto, foram realizadas amostragens em duas profundidades, de 0,00-0,25 m e de 0,25-0,50 m, sendo realizadas, pontualmente, análises físicas Granulométricas (teores de Argila, Silte e Areia), de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

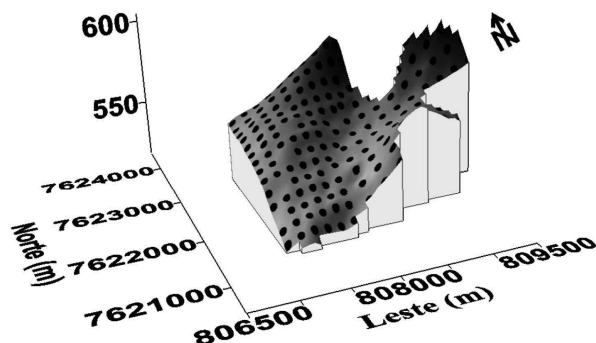


Figura 1 - Modelo Digital de Elevação da área estudada com os respectivos locais de amostragens.

Os dados obtidos foram analisados por meio da análise estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose) utilizando o software Minitab® 14 (Minitab Inc., 2003).

A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas (Vieira et al., 1983). Para isso, foram considerados os modelos esférico, exponencial, linear e gaussiano (McBratney & Webster, 1986) que foram ajustados por meio do software GS+® versão 7.0 (Robertson, 2004), e, posteriormente, foram usados no desenvolvimento de mapas de krigagem.

Em caso de dúvida entre mais de um modelo, considerou-se o menor valor de SQR (soma de quadrados do resíduo). Para elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis foi utilizado o software Surfer versão 8.0 (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da média e da mediana para as variáveis estudadas e nas duas profundidades (Tabela 1) estão próximos, indicando distribuições simétricas. Seguindo a classificação do CV, proposta por Wilding & Drees (1983), observou-se que para todas as variáveis estudadas, nas duas profundidades, com exceção do teor de Areia na profundidade de 0,25-0,50, apresentaram alta variabilidade, concordando com Souza (2001).

Embora as variáveis tenham apresentado distribuição normal, de acordo com Isaaks & Srivastava (1989) a normalidade dos dados não é obrigatoriedade da geoestatística, contudo é conveniente apenas que a distribuição não apresente caudas muito alongadas.

Tabela 1 – Estatística descritiva para as variáveis Argila, Silte e Areia nas profundidades de 0,00 – 0,25 e 0,25 – 0,50 m em uma área sob cultivo de cana-de-açúcar.

Estatística Descritiva	Argila	Silte	Areia
	-----g kg ⁻¹ -----		
	0,00 – 0,25 m		
Média	411,8	121,3	466,1
Mediana	455,5	116,1	419,3
DP ^{1/1}	138,4	83,17	210,3
Variância	19162,9	6917,1	44205,4
CV(%) ^{2/2}	33,61	68,52	45,11
Assimetria	-0,46	0,50	0,24
Curtose	-0,97	-0,76	-1,14
d ^{3/3}	0,135 ^{ns}	0,122 ^{ns}	0,132 ^{ns}
	0,25 – 0,50 m		
Média	436,3	109,8	453,9
Mediana	471,5	102,3	396,4
DP ^{1/1}	141,8	79,9	210,1
Variância	20107,8	6384,2	44126,1
CV(%) ^{2/2}	32,50	72,76	26,28
Assimetria	-0,57	0,51	0,33
Curtose	-0,83	-0,67	-1,14
d ^{3/3}	0,139 ^{ns}	0,104 ^{ns}	0,125 ^{ns}

^{1/1} DP = desvio padrão; ^{2/2} CV = coeficiente de variação; ^{3/3} d = teste de normalidade; ^{ns} Não significativo pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

As variáveis estudadas, nas duas profundidades, apresentaram dependência espacial. (Tabela 2 e Figura 2). Na profundidade de 0,00-0,25 m, as variáveis Silte e Areia ajustaram-se ao modelo exponencial, a variável Argila ajustou-se ao modelo esférico, assim como todas as variáveis na profundidade de 0,25-0,50 m

Tabela 2 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis Argila, Silte e Areia avaliadas em cada ponto experimental, nas faixas de profundidades de 0,00-0,25 m e 0,25-0,50 m.

Parâmetro	Argila	Silte	Areia
	-----g kg ⁻¹ -----		
	0,00 – 0,25 m		
Modelo	Esf.	Exp.	Exp.
Efeito Pepita (C ₀)	14,2	9,4	18,1
Patamar (C ₀ +C ₁)	86,2	32,1	156,0
Alcance (a)	930,0	1290,5	1155,1
RD=[C ₀ /(C ₀ +C ₁)]x100 ^{1/1}	16,4	29,2	11,6
R ^{2/2} (%) ^{2/2}	0,96	0,98	0,94
SQR ^{3/3}	200	8,06	1250
	0,25 – 0,50 m		
Modelo	Esf.	Esf.	Esf.
Efeito Pepita (C ₀)	14,1	6,9	28,5
Patamar (C ₀ +C ₁)	78,3	29,1	158,5
Alcance (a)	746,7	622,9	792,2
RD=[C ₀ /(C ₀ +C ₁)]x100 ^{1/1}	18,0	23,7	17,9
R ^{2/2}	0,96	0,97	0,97
SQR ^{3/3}	210	20,3	625

^{1/1} RD = razão de dependência espacial; ^{2/2} R² = coeficiente de determinação; ^{3/3} SQR = soma dos quadrados dos resíduos.



O modelo esférico foi o que se ajustou com maior frequência aos dados, corroborando com Bertolani et al. (2000), os quais afirmam que modelos esférico e exponencial são os que melhor se ajustam a dados de atributos físicos do solo.

Apesar de serem considerados homogêneos (Avelar & Demattê, 1979), observa-se que nos Latossolos também ocorre variabilidade espacial dos atributos granulométricos. Souza et al. (2004) afirmam que estes atributos físicos podem ser considerados na identificação de limites de precisão entre locais específicos da paisagem, ou zonas de manejo específico.

CONCLUSÕES

As variáveis estudadas apresentaram estrutura de dependência espacial e podem ser utilizadas para delimitar zonas de manejo específico.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pela concessão das bolsas aos Autores.

REFERÊNCIAS

AVELAR, B. C. & DEMATTÊ, J. L. Características físicas e mineralógicas de Latossolos vermelho amarelo, textura média da região de São Manuel, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17., Manaus, 1979. Anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p.683-702.

BERTOLANI, F. C.; GONZÁLEZ, A. P.; LIÑARES, M. L.; VÁZQUEZ, E. V. & MIRANDA, J. G. V. M. Variabilidade espacial da rugosidade superficial do solo medida com rugosímetros de agulhas e laser. *Bragantia*, 59:227-34, 2000.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M. & VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1151-1159, 2002.

DAVIDSON, E. A. *Dirt: The Erosion of Civilizations*. *Nature*, 447:777-778, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, Produção de Informação, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise do solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ISAACS, E. H. & SRIVASTAVA, R. M. *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

JOHNSON, R. M. & RICHARD JUNIOR, E. P. Sugarcane yield, sugarcane quality, and soil variability in Louisiana. *Agronomy Journal*, 97:760-771, 2005.

McBRATNEY, A. B. & WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal of Soil Science*, 37:617-639, 1986.

MINITAB Inc. Release 14 for Windows, State College, PA, USA, 2003.

ROBERTSON, G. P. *GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide*. Plainwell, Gamma Desing Software, 2004. 152 p.

SIQUEIRA, D. S. Suscetibilidade magnética para a estimativa de atributos do solo e mapeamento de áreas sob cultivo de cana-de-açúcar. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2010. 75p. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, C. K. Relação solo-paisagem-erosão e variabilidade espacial de latossolos em área sob cultivo de cana-de-açúcar no município de Jaboticabal (SP). Jaboticabal: Estadual Paulista, 2001. 186p. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JR., J. & PEREIRA, G. T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, 40:48-56, 2009.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. & BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo Vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, 24:309-319, 2004.

SURFER version 8.0. – Contouring, Gridding, and Surface Mapping Package for Scientists and Engineers, 2002.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R. & BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51:1-75, 1983.

WILDING, L. P. & DREES, L. R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L. P. SMECK, N. E. & HALL, G. F., eds. *Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions*. Amsterdam, Elsevier, 1983. p. 83-116.

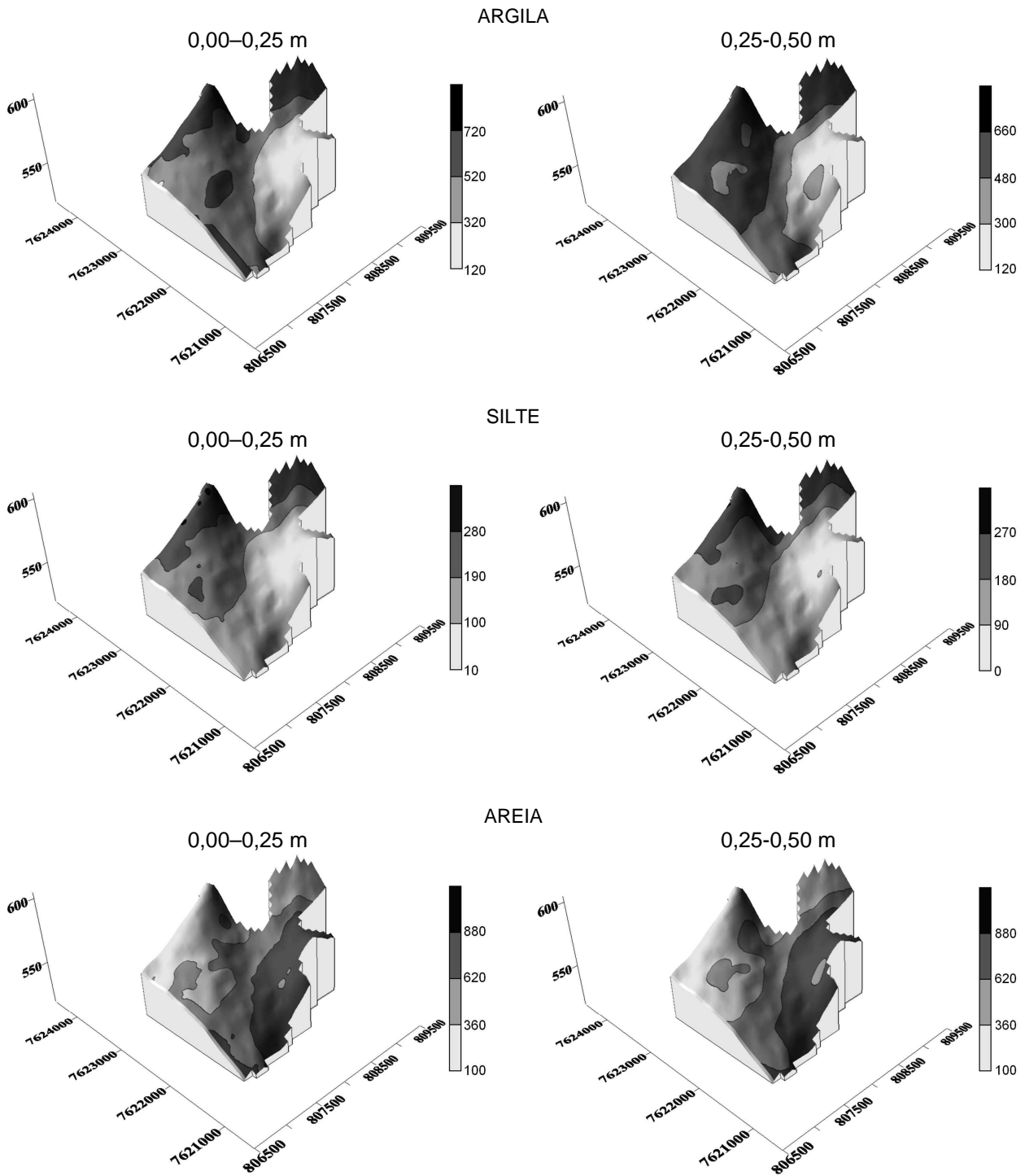


Figura 2 – Mapas de krigagem das variáveis Argila, Silte e Areia (g kg^{-1}), nas profundidades 0,00–0,25 e 0,25–0,50 m, em uma área sob cultivo de cana-de-açúcar.