

Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP¹

Soil texture spatial variability of different parent material in Pereira Barreto, São Paulo State

Milton César Costa Campos², José Marques Júnior³, Gener Tadeu Pereira⁴, Rafael Montanari⁵ e Diego Silva Siqueira⁶

Resumo - A variação das características texturais do solo ocorrem em função do relevo e do material de origem. O objetivo deste trabalho foi estudar a dependência espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP. Foi realizado o mapeamento de uma área de 530,67 hectares, utilizando-se equipamento de sistema de posicionamento global, e elaborado em seguida o Modelo Digital de Elevação. Foram coletadas amostras de solo a cada 7 ha, nas profundidades de 0,0-0,25; 0,25-0,50 e 0,80-1,00 m, totalizando 201 pontos. Realizou-se análise granulométrica pelo método da pipeta para separação da areia fina e grossa, silte e argila. Foram realizadas estatísticas descritivas e análise geoestatística. Os atributos granulométricos apresentaram dependência espacial em função do material de origem e das formas do relevo.

Termos para indexação: atributos físicos, textura do solo, geoestatística, dependência espacial

Abstract - The variation of soil textural characteristics is a function of the relief and parent materials. The objective of this work was to study soil texture spatial variability from different parent material in Pereira Barreto, SP. An area of 530.67 hectares was mapped through the use of Global Positioning System receivers and obtaining of Digital Elevation Models. A set of 201 soil samples was collected from every seven hectares, at three depths: 0 – 0.25 m; 0.25 – 0.50 m; and 0.80 – 1.00 m. The amounts of sand, silt and clay were obtained by the pipette method and analyzed by both descriptive statistics and geostatistics. Soil textures varied as a function of parent materials and topography.

Index terms: physical attributes, soil texture, geostatistic, dependence spatial

¹Recebido para publicação em 28/07/2006; aprovado em 26/02/2007.

Parte da Dissertação do primeiro autor apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da FCAV/UNESP.

²Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciência do Solo da UFRPE. Prof. do Instituto de Agricultura e Ambiente, UFAM. Rua 29 de Agosto, 786, Centro, CEP.: 69.800-000, Humaitá-AM, agromccc@yahoo.com.br; mcesarsolos@ufam.edu.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. do Depto. de Solos e Adubos, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, marques@fcav.unesp.br

⁴Estatístico, D.Sc., Prof. do Depto. de Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, genertp@fcav.unesp.br

⁵Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Fitotecnia), FEI/UNESP, Ilha Solteira, montana@fcav.unesp.br

⁶Aluno de Graduação em Agronomia, FCAV/UNESP, Jaboticabal, diegosilva@yahoo.com.br

Introdução

A aplicação de tecnologia associada à variabilidade espacial e temporal faz-se necessária, sobretudo na pesquisa agrícola que estuda o solo e a sua capacidade produtiva (Grego & Vieira, 2005). A utilização das técnicas geoestatística permite detectar a existência da variabilidade e distribuição espacial das medidas estudadas constitui importante ferramenta na análise e descrição detalhada da variabilidade das propriedades do solo (Vieira, 2000; Carvalho et al., 2002; Vieira et al., 2002).

O conhecimento da variabilidade das propriedades do solo e das culturas, no espaço e no tempo, é considerado, atualmente, o princípio básico para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala (Grego & Vieira, 2005). Pois conhecendo as coordenadas geográficas do ponto amostrado, podem-se analisar os dados, possibilitando, segundo Vendrusculo (2001), representar a área com maior detalhamento.

A variação das características texturais do solo ocorrem em função do ambiente de deposição de sedimentos, da vegetação, do relevo que regula o tempo de exposição dos materiais à ação do intemperismo (Young & Hammer, 2000) e principalmente do material de origem (Cunha et al., 2005). A textura do solo também pode variar em função da estratigrafia da área de estudo, por exemplo, a variação textural do arenito do grupo Bauru (mais fino na base e grosseiro no topo), é indicação da mudança do ambiente deposicional (Marques Junior & Lepsch, 2000).

Gobin et al. (2001), afirma que a distribuição espacial da textura no terreno apresenta dependência espacial da direção e da intensidade dos fluxos de água, que são dependentes das formas de relevo. Assim, em áreas de forma côncava condicionam movimento das partículas na direção perpendicular ao sentido da vertente, em segmento de forma convexa e de forma linear visualiza-se a inversão dos movimentos na direção paralela ao sentido da vertente, conforme destaca Leão (2004).

O entendimento do comportamento da granulometria do solo é importante para se compreender a distribuição dos sedimentos, a dinâmica de formação de uma vertente e fazer inferências sobre o comportamento do solo. Sobre este aspecto, Daniels & Hammer (1992) afirmam que os sedimentos de uma encosta, são formados por processos diversos de movimento de massa e podem mascarar a variabilidade de material subjacente. Áreas de colúvios, por exemplo, apresentam variação textural dependente da fonte e história pós-deposicional de cada local.

Vale salientar que a granulometria também se apresenta como uma ferramenta útil, na definição de classes taxonômicas, na atuação de processos pedogenéticos, além favorecer o entendimento do movimento de água no corpo do solo, o manejo da adubação, assim como o estabelecimento de práticas conservacionistas e planejamento ambiental (Mulla & Mcbratney, 2002).

Em áreas com solos aparentemente homogêneos, sob única classe de solo, com o uso de modelos de paisagem e técnicas geoestatísticas, pode-se captar dependência espacial de atributos granulométricos a curtas distâncias em grau suficiente para interferir na produtividade das culturas. Nesse sentido, Vieira, (2000) afirma que os mapeamentos da variabilidade espacial de atributos granulométricos nessas áreas representam um esforço importante para o manejo de aplicação de insumos com taxas variadas. O objetivo deste trabalho foi estudar a dependência espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP.

Material e Métodos

A área de estudo localiza-se na província geomorfológica do Planalto Ocidental Paulista, no município de Pereira Barreto, nordeste do Estado de São Paulo (20°41'15" S e 51°03'45" W). O relevo é predominantemente plano a suave ondulado, com declividades médias variando de 3 a 6%, e altitude oscilando entre 335 a 385 m. Nesta região predominam os Latossolos, distribuídos ao longo das vertentes, com perfis retilíneos e convexos (IPT, 1981a). Nas posições mais elevadas e planas destas colinas, estão os Latossolos Vermelhos textura média, cujo material de origem derivou-se principalmente de arenitos da Formação Santo Anastácio, e estes transicionam, encosta abaixo, para Latossolos Vermelhos Eutroféricos textura argilosa (EMBRAPA, 1999), originados principalmente dos produtos da alteração dos basaltos Formação Serra Geral (IPT, 1981b).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso de bosque com chuvas de verão e estiagem no inverno (Aw), com temperaturas variando entre 26,8°C e 21,2°C e com precipitação média anual de 1128 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a fevereiro. A vegetação original era caracterizada por floresta tropical subcaducifolia, estando atualmente sob manejo de transição de pastagem para cultivo de cana-de-açúcar.

Realizou-se o mapeamento de uma área de 530,67 hectares, utilizando-se equipamento de sistema de

posicionamento global (GPS). Em seguida, elaborou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo, cuja fisiografia é representativa da região (Figura 1). Os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento de uma malha, com intervalos de 7 hectares m, profundidades de 0,0-0,25; 0,25-0,50 e 0,80-1,00 m., totalizando 201 pontos (Figura 1).

A composição granulométrica foi determinada pelo método da pipeta, utilizando solução de NaOH 0,1N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de baixa rotação por 16 h, seguindo método proposto pela EMBRAPA (1997), com modificações. A fração argila foi separada por sedimentação, de acordo com a lei de Stokes, sendo a fração silte determinada por diferença. A fração areia, após secagem e pesagem, foi subdividida nas subfrações, areia grossa (AG) e areia fina (AF).

Os atributos granulométricos foram analisados por meio da análise estatística descritiva calculando-se a média, mediana, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, por meio do programa computacional SAS (Schlotzhaver & Littell, 1997).

A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas (Vieira et al., 1983), com base

na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada por

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

em que $N(h)$ é o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h . O semivariograma é representado pelo gráfico $\hat{\gamma}(h)$ versus h . Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$, são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C_0 ; patamar, $C_0 + C_1$; e o alcance, a).

Os modelos de semivariogramas considerados foram o esférico, o exponencial, o linear e o gaussiano (Mcbratney e Webster, 1986). Estes modelos foram ajustados por meio do programa GS+ (Robertson, 1998) e posteriormente foram usados no desenvolvimento de mapas de isolinhas (krigagem). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada e menor SQR (soma de quadrados do resíduo). Para elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis foi utilizado o programa Surfer (Golden Software, 1999).

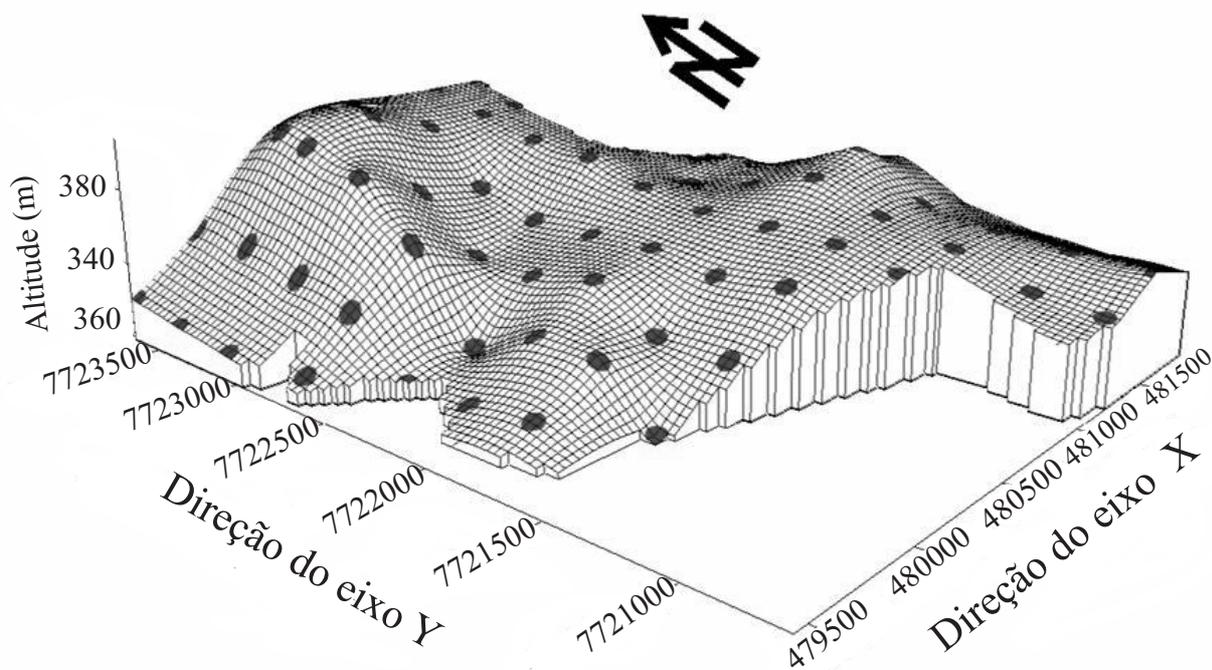


Figura 1 - Modelo de Elevação Digital da área estudada e com os respectivos locais de amostragem

Resultados e Discussão

Os resultados referentes à análise descritiva para a areia fina, areia grossa, silte e argila nas três profundidades estudadas são apresentado na Tabela 1. Nota-se que os valores da média e da mediana estão próximos para areia fina, na profundidade de 0,0 – 0,25 m, areia grossa na profundidade de 0,25 – 0,50 m e areia grossa, areia fina e argila na profundidade de 0,80 – 1,00 m. Os coeficientes de assimetria e curtose estão próximos de zero, para as mesmas variáveis acima citadas, o que caracteriza distribuição simétrica. Os resultados referentes ao teste Kolmogorov-Smirnov indicou normalidade para a areia fina, na profundidade de 0,0 – 0,25 m, areia grossa na profundidade de 0,25 – 0,50 m e areia grossa, areia fina e argila na profundidade de 0,80 – 1,00 m, similarmente ao observado por Car-

Tabela 1 – Estatística descritiva para as variáveis areia fina, areia grossa, argila e silte ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), das amostras coletadas nos pontos de cruzamento da malha

Estatística	Atributos Granulométricos			
	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila
Descritiva	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$			
	0,0 – 0,25 m			
Média	161,1	511,3	104,3	223,4
Mediana	160,0	560,0	90,0	200,0
¹ DP	56,8	118,7	58,8	100,2
Variância	3227	14090	3467	10060
² CV (%)	35,1	23,2	56,4	44,8
Assimetria	0,2	-1,1	1,8	1,0
Curtose	-0,8	0,7	4,1	0,2
³ d	0,16	0,16 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,15 ^{ns}
	0,25 – 0,50 m			
Média	480,4	146,0	103,9	269,7
Mediana	520,0	140,0	90,0	230,0
¹ DP	112,1	52,6	52,1	103,3
Variância	12570	2776	2714	10670
² CV (%)	23,3	36,0	50,1	38,3
Assimetria	1,1	0,2	1,8	1,0
Curtose	0,2	-0,9	5,5	0,3
³ d	0,21 ^{ns}	0,10	0,20 ^{ns}	0,16 ^{ns}
	0,80 – 1,00 m			
Média	506,6	133,3	111,0	306,1
Mediana	510,0	130,0	100,0	304,0
¹ DP	128,3	47,8	52,9	117,8
Variância	16460	2286	2800	13870
² CV (%)	28,5	35,8	47,6	38,4
Assimetria	-1,0	0,2	2,0	0,9
Curtose	-0,2	-0,9	6,2	-0,1
³ d	0,26	0,11	0,19 ^{ns}	0,19

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

valho et al. (2003). Entretanto a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, é conveniente apenas que a distribuição não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem, as quais são baseadas nos valores médios (Isaaks & Srivastava, 1989).

A variação dos atributos do solo podem ser classificados de acordo com o coeficiente de variação (CV) conforme destaca Warrick & Nielsen (1980). As variáveis areia grossa na profundidade 0,0 - 0,25 cm, areia fina nas profundidades 0,25 – 0,50 e de 0,80 – 1,00 m apresentaram CV moderado (23,2; 23,3 e 28,2 %) respectivamente, e para as demais variáveis o CV foi considerado alto (Tabela 1), concordando com resultados encontrados por Souza et al. (2004).

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 2 e Figura 2 e 3), mostraram que todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial. Haja vista, que nenhum dos atributos granulométricos apresentou efeito pepita puro, o que determinaria uma distribuição aleatória dos dados (Vieira, 2000). De acordo com Souza et al., (2004) há dependência espacial com grau moderado para os atributos granulométricos, mesmo em

Tabela 2 – Modelos esféricos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as variáveis areia fina, areia grossa, argila e silte ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), das amostras coletadas nos pontos de cruzamento da malha

Parâmetro	Atributos Granulométricos			
	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila
	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$			
	0,0 – 0,25 m			
Efeito pepita (C_0)	40,0	1690	236	10,0
Patamar (C_0+C_1)	4912	15760	3103	16980
Alcance (a)	2721	2424	2705	2968
¹ R ² (%)	0,96	0,97	0,98	0,96
² SQR	837286	0,000047	142067	0,000001
	0,25 – 0,50 m			
Efeito pepita (C_0)	700	170	524	10,0
Patamar (C_0+C_1)	18050	4072	3591	17720
Alcance (a)	2456	2750	2283	2901
¹ R ² (%)	0,97	0,98	0,95	0,96
² SQR	0,000007	328715	389114	0,000012
	0,80 – 1,00 m			
Efeito pepita (C_0)	250	60,0	400	10,0
Patamar (C_0+C_1)	21870	3428	5693	19810
Alcance (a)	2134	2857	2168	2410
¹ R ² (%)	0,97	0,98	0,94	0,98
² SQR	0,000007	201975	661184	0,000005

¹R² = coeficiente de determinação; ²SQR = soma dos quadrados dos resíduos.

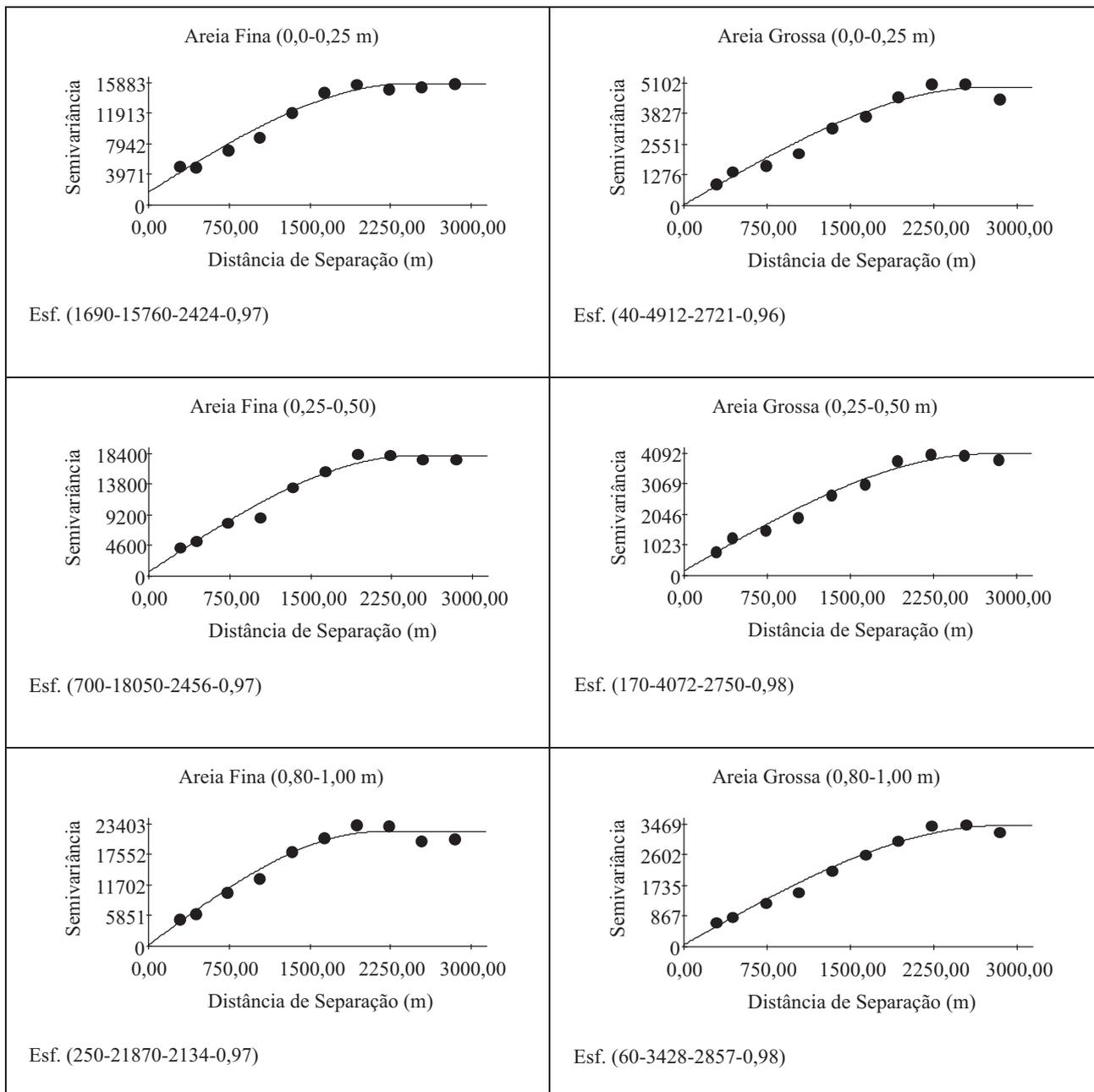


Figura 2 - Semivariograma do conteúdo de areia fina e areia grossa ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), nas profundidades 0,00–0,25, 0,25–0,50 e 0,80–1,00 m, para a transição arenito basalto em Pereira Barreto, SP. Esf (C_0 ; C_1+C_0 ; a), Esf = modelo esférico, C_0 = efeito pepita; C_1+C_0 = patamar; a = alcance

Latosolos, que apesar de serem aparentemente homogêneos, em áreas de solo com mesmo manejo, apresentam variabilidade diferenciada.

As variáveis areia fina, areia grossa, silte e argila apresentaram semivariogramas que ajustaram-se muito bem ao modelo esférico, e estes resultados foram semelhantes a aqueles encontrados por Eguchi et al. (2002) estudando a variabilidade espacial de atributos texturais em um solo

aluvial. Todas as variáveis analisadas apresentaram coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,90, ou seja, no mínimo 90% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados. De acordo com Vieira, (1997) e Carvalho et al. (2002) o modelo esférico predomina nos estudos dos atributos do solo. O alcance representa a distância em que os pontos amostrais estão dependentes espacialmente entre si

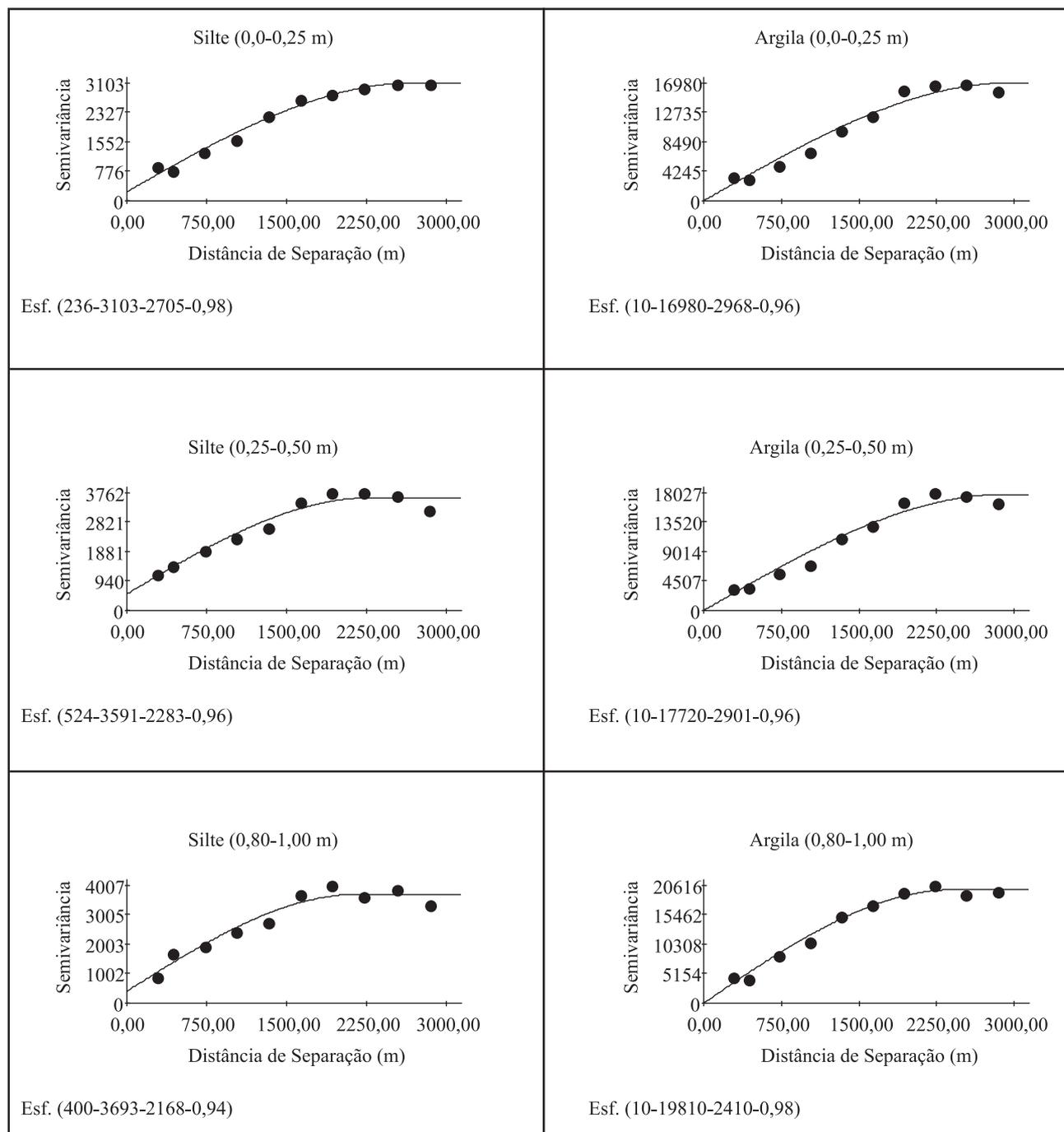


Figura 3 - Semivariograma dos teores de silte e argila (g.kg^{-1}), nas profundidades 0,00–0,25; 0,25-0,50 e 0,80-1,00 m, para a transição arenito basalto em Pereira Barreto, SP. Esf. (C_0 ; C_1+C_0 ; a), Esf = modelo esférico, C_0 = efeito pepita; C_1+C_0 = patamar; a = alcance

(Journel & Huijbregts, 1991), ou seja, os pontos localizados numa área de raio menor ou igual ao alcance são mais similares. Os valores dos alcances variaram pouco. Para a profundidade 0,0-0,25 m, as variáveis areia fina, areia grossa, silte, argila apresentaram valores próximos (2.721; 2.424; 2.705; 2.968 m respectivamente), para a profundidade 0,25-

0,50 m, as variáveis areia fina, areia grossa, silte, argila apresentaram valores próximos (2.456; 2.750; 2.283; 2.901 m respectivamente) e para a profundidade 0,80-1,00 m as variáveis areia fina, areia grossa, silte, argila também apresentaram valores próximos entre si (2.134; 2.857; 2.168 e 2.410 m, respectivamente).

As frações areia fina e areia grossa apresentaram comportamento similar nas três profundidades estudadas (Figura 4), com os maiores conteúdos destas frações nas partes mais elevadas do terreno, influenciados principalmente pelo material de origem; arenitos da Formação Santo Anastácio. Entretanto observando comparativamente as duas frações, verificam-se maiores quantidades de areia fina, originários de principalmente de depósitos fluviais. Além disso, Campos (2006) destaca que a própria variação do relevo influencia significativamente na determinação do transporte e a deposição de sedimentos, de maneira a provocar variabilidade espacial nos atributos do solo.

O comportamento dos teores de argila e silte (Figura 5) obviamente foram contrários aos da fração areia nas três profundidades estudadas, com os maiores teores concentrados nas partes de menores cotas da área em estudo; fato deve-se principalmente aos derrames basálticos da Formação Serra Geral que deram origem aos solos. Coelho et al. (1994) e Cunha et al. (2005), estudando áreas de transição entre esses dois materiais de origem observaram também essa variação textural. Entretanto, observando os mapas da composição granulométrica no conjunto (Figura 4 e 5), pode-se observar que há formação de três ambientes distintos, podendo ser três zonas de manejo diferentes.

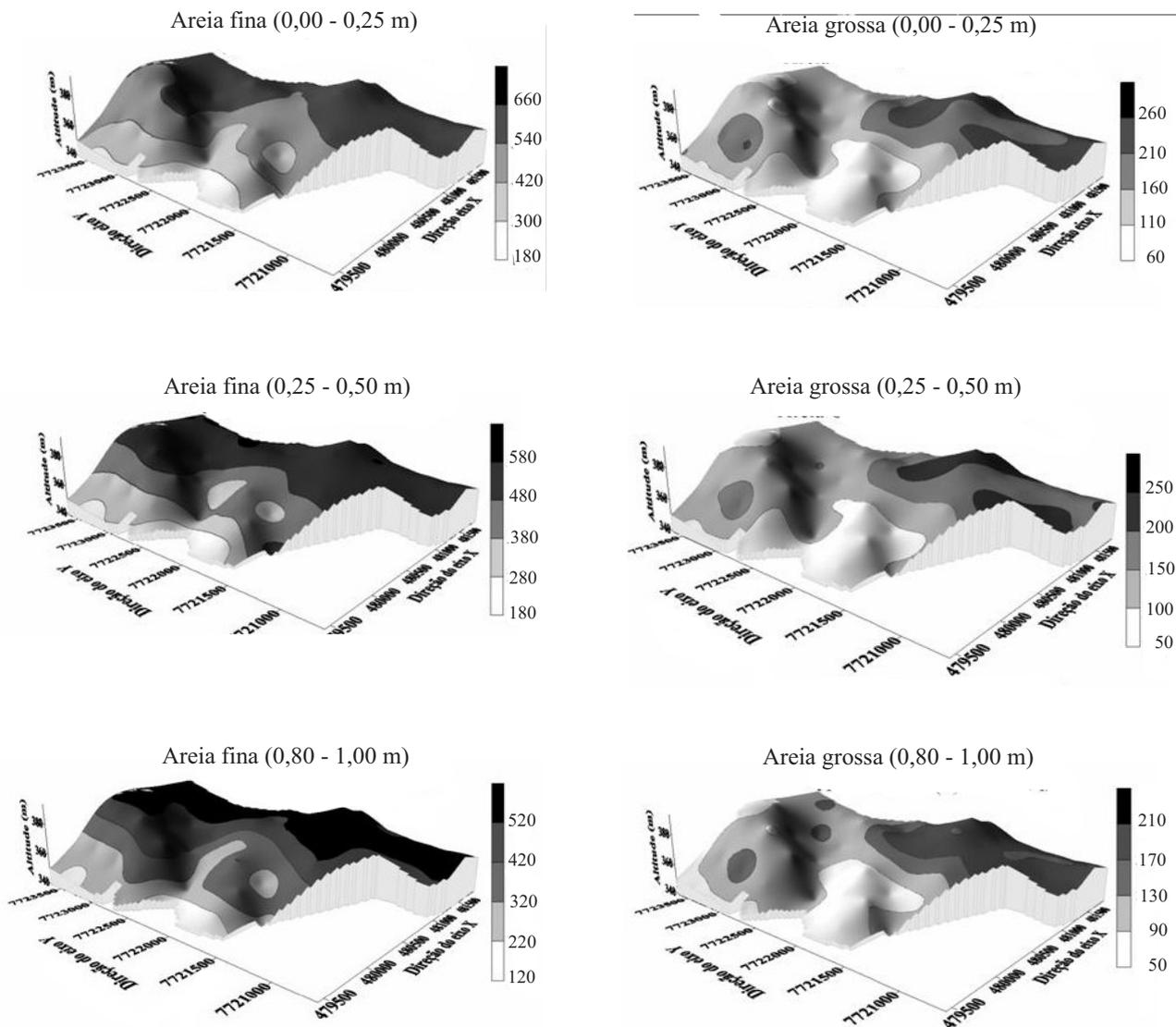


Figura 4 - Mapas de krigagem dos teores de areia fina e areia grossa do solo (g.kg⁻¹), nas profundidades 0,00–0,25, 0,25–0,50 e 0,80–1,00 m, para a transição arenito basalto em Pereira Barreto, SP

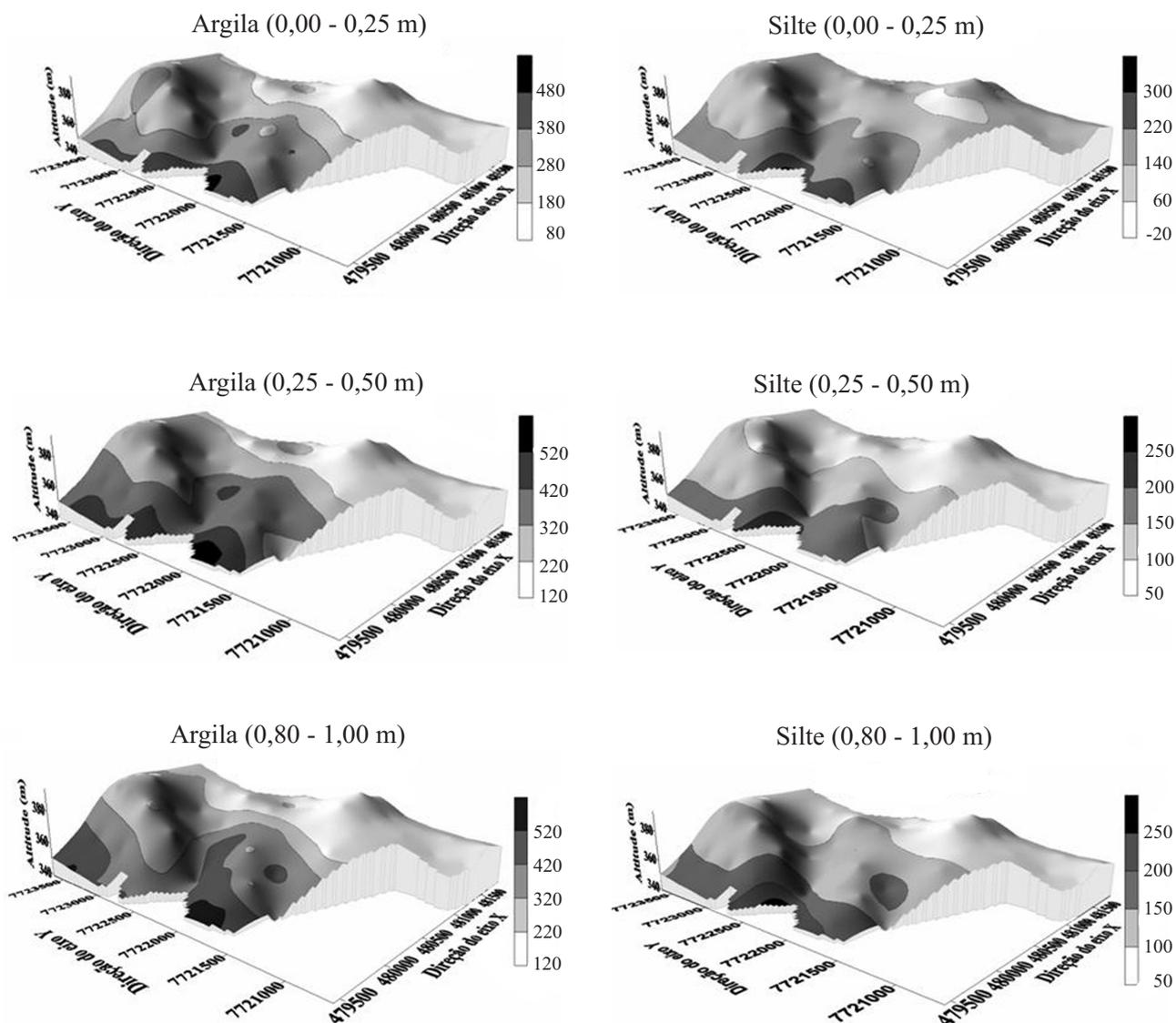


Figura 5 - Mapas de krigagem dos teores de argila e silte do solo (g.kg⁻¹), nas profundidades 0,00–0,25; 0,25-0,50 e 0,80-1,00 m, para a transição arenito basalto em Pereira Barreto, SP

Conclusões

1. Os atributos granulométricos apresentam dependência espacial em função do material de origem e das formas do relevo;
2. As técnicas geoestatísticas apresentam-se como ferramentas eficientes nos estudos dos atributos texturais em solos de diferentes origens.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Usina Santa Adélia pelo apoio e pela concessão da área de estudo.

Referências Bibliográficas

- CAMPOS, M. C.C. **Relação solo-paisagem em uma área de transição arenito-basalto na região de Pereira Barreto (SP)**. Jaboticabal, 2006. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.
- 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**, v.37, p.1151-1159, 2002.
- CARVALHO, M.P.; TAKEDA, E.Y.; FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.695-703, 2003.

- COELHO, R. M.; LEPSCH, I. F.; MENK, J. R. F. Relação solo-relevo em uma encosta com transição arenito-basalto em Jaú, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.125-137, 1994.
- CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR; CURI, N.; PEREIRA, G. T. LEPSCH, I. F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma sequência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.81-90, 2005.
- DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. **Soil geomorphology**. New York: John Wiley, 1992. 236p.
- EGUCHI, E. S.; SILVA, E.L.; OLIVEIRA, M. S. de. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica do solo saturado e da taxa de infiltração básica determinadas “in situ”. **Ciência Agrotecnologia**, p.1607-1613, 2003, Edição Especial.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- GOBIN, A.; CAMPLING, P.; FEYEN, J. Soil-landscape modelling to quantify spatial variability of soil texture. **Physics Chemical Earth**, v.26, p.41-45, 2001.
- GOLDEN SOFTWARE INC. **Surfer for windows: release 7.0, contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide**. New York, 1999. 619p.
- GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.169-177, 2005.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala - 1:1.000.000**. São Paulo, 1981a, v.1, 94p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala - 1:500.000**. São Paulo, 1981b v.1, 126p.
- ISAACS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
- JOURNAL, A.G.; HUIJBREGTS, C.J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1991. 600 p.
- LEÃO, M.G.A. **Relação entre atributos de uma vertente com Latossolos e qualidade de frutos cítricos**. Jaboticabal, 2004. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I. F. Depósitos superficiais neocenozóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**, v.19, p.265-281, 2000.
- McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617-639, 1986.
- MULLA, D. J.; McBRATNEY. Soil spatial variability. In: WARRICK, A.W **Soil physics companion**, (ed.). Boca Raton: CRC Press, 2002. p.343-347.
- ROBERTSON, G. P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.
- SCHLOTZHAVER, S. D.; LITTELL, R. C. **SAS: system for elementary statistical analysis**. 2. ed. Cary: SAS, 1997. 905p.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo Vermelho Eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.24, p.309-319, 2004.
- VENDRUSCULO, L.G. **Desenvolvimento de um sistema computacional para análise geoestatística**. Campinas, 2001. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, 2001.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudo da variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.) **Tópicos ciência do solo** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.1-54.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, p.1-75, 1983.
- VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo Roxo de Campinas, SP. **Bragantia**, v.56, p.181-190, 1997.
- 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., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, 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. cap. 2, p.319-344.
- YOUNG, F. J.; HAMMER, R. D. Defining geographic soil bodies by landscape position, soil taxonomy, and cluster analysis. **Soil Science Society American Journal**. v. 64, p. 989-998, 2000.