
VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS E VARIÁVEIS AGRONÔMICAS DE CITROS EM UMA PARCELA EXPERIMENTAL EM JERÔNIMO MONTEIRO (ES)

Moises Zucoloto¹, Julião Soares de Souza Lima², Ruimario Inacio Coelho³, Samuel de Assis Silva⁴, Renato Ribeiro Passos⁵

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade espacial de atributos físicos do solo e da produtividade, em um pomar cítrico, usando técnicas geoestatísticas. O experimento foi realizado no ano de 2007, em uma parcela experimental de um pomar cítrico, em um Latossolo Amarelo distrófico, localizado no município de Jerônimo Monteiro (ES). Os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento de uma malha, com intervalos de 5 m, na profundidade de 0-0,20 m, totalizando 100 pontos. Os atributos físicos do solo apresentaram variabilidade espacial com razão de dependência moderada para todas variáveis, menos para areia grossa (AG) e areia fina (AF). A distribuição espacial da AG e a AF apresenta um comportamento inverso ao da argila (AR), confirmado pela alta correlação negativa significativa de -0,80 ($p \leq 0,05$). A distribuição espacial de areia e argila, em relação ao número de frutos por planta (NFP) e a da massa total de frutos por planta (MFP), apresenta, aparentemente, alguma semelhança, porém, observa-se uma correlação negativa e não significativa entre a distribuição espacial de (AR) com (NFP) e (MFP).

Palavras-chave: geoestatística, semivariograma, distribuição espacial.

SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICAL ATTRIBUTES AND AGRONOMIC VARIABLES OF AN EXPERIMENTAL CITRUS ORCHARD AT JERÔNIMO MONTEIRO (ES) - BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this work was to study the spatial variability of soil physical attributes and productivity variables in a citric orchard using geostatistical techniques. The experiment was carried in 2007 in an citrus orchard experimental area on a Oxisol located in the Jerônimo Monteiro (ES) municipality - Brazil. The soil samples were taken at regular grid points, with 5 m intervals, at 0-0.20 m depth. The soil physical attributes presented spatial variability with moderate dependence reason for all the variable, excluding thick sand (AG) and fine sand (AF). The AG and the AF present an inverse behavior comparing with clay (AR) in the spatial distribution, ratified by the high significant negative correlation of -0,80 ($p < 0,05$). The spatial distribution of sand and clay comparing with number of fruits (NFP) and total mass of fruits per plant (MFP), presents some apparently similarity. However, a negative and not significant correlation is observed between the spatial distribution of (AR) with (NFP) and (MFP).

Keywords: geostatistics, semivariograms, spatial distribution.

Recebido para publicação em 11/05/2009. Aprovado em 01/07/2010

1- Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia - UFV, Viçosa-MG, e-mail: moiseszucoloto@hotmail.com

2- Engenheiro Agrícola, DSc, Prof. Depto. de Engenharia Rural - UFES, Alegre-ES, e-mail: limajss@yahoo.com.br

3- Engenheiro Agrônomo, DSc, Prof. Depto. de Produção Vegetal - UFES, Alegre-ES, e-mail: ruimario@cca.ufes.br

4- Doutorando em Engenharia Agrícola, Dep. Eng. Agrícola - UFV, Viçosa-MG, email: samuel-assis@hotmail.com

5- Engenheiro Agrônomo, DSc, Prof. Depto. de Produção Vegetal - UFES, Alegre-ES, e-mail: passos@cca.ufes.br

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, com uma produção anual em torno de 18 milhões de toneladas, ocupando uma área de 813 mil hectares. O Estado do Espírito Santo tem uma produção média de 22 mil toneladas, em 2 mil hectares de área plantada, (IBGE, 2006).

A preocupação com a variabilidade de atributos do solo vem, segundo registros, do início do século passado, quando alguns pesquisadores passaram a perceber o comportamento diferenciado na produtividade de culturas em áreas consideradas homogêneas. O comportamento dos atributos químicos do solo e os relativos às plantas estão relacionados com o manejo das culturas, controle de pragas, práticas de calagem, adubação foliar e do solo, entre outras (VIEIRA, 2009).

Segundo Rodriguez *et al.* (1991), o tipo de solo recomendado para instalação da cultura da laranja, de forma a ter boa produtividade, e que permite o desenvolvimento estável do sistema radicular, precisa apresentar boa drenagem, sendo que a disponibilidade de água no solo é afetada por sua textura, que é sensível ao manejo da área. Grego *et al.* (2005) citam que o conhecimento da variabilidade dos atributos 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. Farias *et al.* (2003) utilizaram as técnicas de geoestatística com eficiência para mostrar a variabilidade, mapear e analisar as áreas de risco, mostrando serem elas uma ferramenta útil para auxiliar em programas de agricultura de precisão para a citricultura.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo estudar a variabilidade espacial de atributos físicos do solo e da produtividade, em um pomar cítrico, usando as técnicas de estatística clássica e da geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no ano de 2007, em uma área cultivada com laranjeira 'Folha Murcha' enxertada em limoeiro 'Cravo', com idade de 12 anos, no espaçamento de 5 x 5 m, em um Latossolo Amarelo distrófico, com textura franco-arenosa (EMBRAPA, 1999), localizado no município de Jerônimo Monteiro - ES. O clima da região é do tipo temperado úmido, apresentando chuva mal distribuída ao longo do ano, com verão chuvoso e inverno seco, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (Cwa); a temperatura média do mês mais frio é inferior a 20 °C e do mês mais quente superior a 27 °C. A área utilizada foi considerada plana, visto que a declividade é menor que 1 %, localizada na altitude de 130 m.

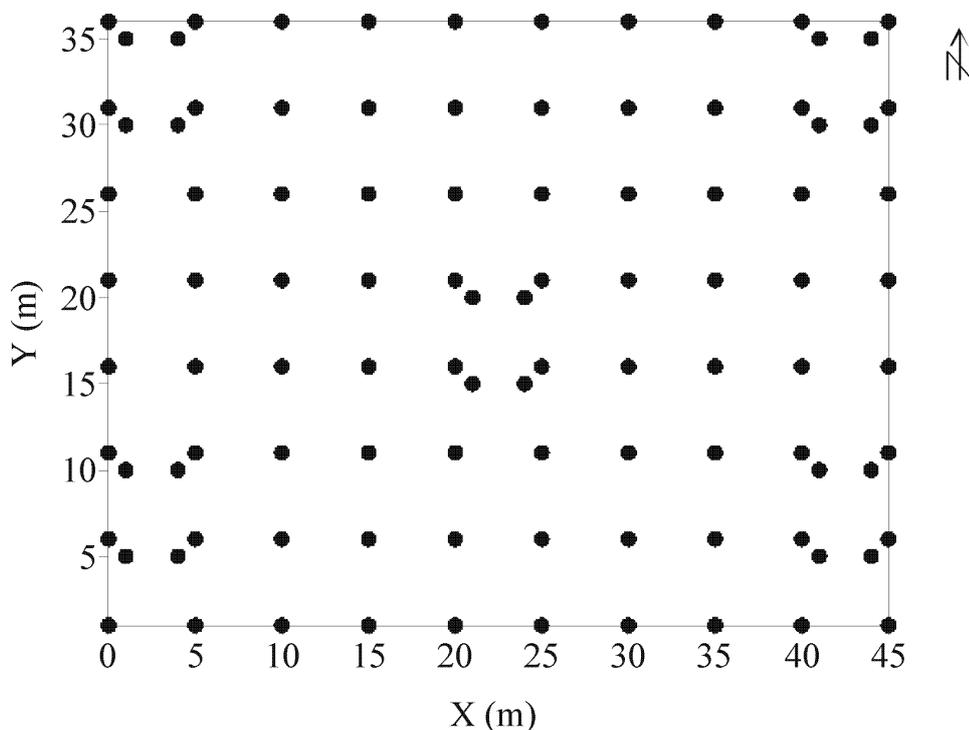


Figura 1. Malha amostral da área em estudo.

Os pontos para amostragem de solo foram demarcados em uma malha regular com espaçamento de 5 m x 5 m, com 8 linhas e 10 colunas, resultando em uma área de 1575 m², com 80 pontos coincidentes com as projeções das copas das plantas. Nas extremidades e no centro da área foram demarcados 20 pontos adicionais de coleta, sendo estes afastados 1 m dos pontos da malha regular, anteriormente descrita (Figura 1).

As amostras foram levadas ao laboratório, secas ao ar e peneiradas em uma malha de 2 mm, para a determinação das frações texturais (argila, silte, areia grossa e areia fina), densidade de partícula (Dp) e densidade do solo (Ds), conforme preconiza a EMBRAPA (1999). A porosidade total (Pt) foi determinada pela expressão $Pt (\%) = [1 - (Ds/Dp)] * 100$, utilizando-se a Dp de cada ponto amostral.

A produção da cultura foi avaliada na colheita, compreendida nos meses de dezembro/07 a janeiro/08, determinando-se o número de frutos por planta (NFP), a massa total dos frutos por planta (MFP) e a massa média por unidade de fruto (MMF), conforme estudo de Zini Júnior (2008).

Realizou-se a análise descritiva, determinando-se a média; mediana; máximo; mínimo; desvio-padrão; e os coeficientes de variação, de assimetria e de curtose. A hipótese de normalidade foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk's ($p \leq 0,05$).

Em seguida, foi feita análise geoestatística, para quantificar o grau de dependência espacial dos dados, usando-se o semivariograma como estimador da dependência espacial (Equação 1):

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

em que,

$\gamma^*(h)$ = semivariância experimental obtida pelos valores amostrados $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$;

h = distância entre os pontos amostrais; e

$N(h)$ = o número total de pares possíveis (VIEIRA, 2000).

Os modelos de semivariogramas teóricos testados foram: esférico, exponencial, gaussiano e linear sem patamar, utilizando-se o software GS+ (ROBERTSON, 2000). A escolha dos modelos foi realizada considerando-se a menor soma de quadrado dos resíduos (SQR), o maior coeficiente de determinação (R^2) e o R^2 da validação cruzada entre os valores

observados e os estimados. Os ajustes matemáticos dos modelos a partir dos semivariogramas definiram os seguintes parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C_1) e alcance da dependência espacial (a). Comprovada a dependência espacial, estimaram-se, por krigagem ordinária, os valores de atributos para locais não amostrados.

O índice de dependência espacial (IDE), que informa a proporção, em porcentagem, do efeito pepita em relação ao patamar, foi calculado segundo Cambardella *et al.* (1994), assumindo-se os seguintes intervalos: dependência espacial fraca para valores de $IDE \geq 75\%$, dependência espacial moderada entre $25\% < IDE < 75\%$ e dependência espacial forte para $IDE \leq 25\%$.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados estatísticos, referentes aos atributos do solo e os relativos à produção de laranja, encontram-se na Tabela 1. Os valores da média e mediana são próximos para AG, AF, Ds, Dp, Pt, NFP e MFP, confirmando distribuição simétrica para os dados e a normalidade pelo teste Shapiro-Wilk's ($p \leq 0,05$). Os atributos, em sua maioria, apresentam simetria e curtose compatíveis com a distribuição normal (valores próximos de 0,0). Porém, os atributos Sil e AR não apresentaram distribuição normal, apesar dos valores baixos dos coeficientes de assimetria e curtose. Isso pode estar relacionado com o seu processo de determinação em laboratório, por incorporar parte da variabilidade existente nas frações areia e argila, e à deposição de materiais carregados pelo escoamento superficial das águas das chuvas de áreas localizadas acima da parcela experimental.

Ao analisar os coeficientes de variação (CV), segundo a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), temos que: a densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp) mais a porosidade total (Pt) apresentam um CV baixo ($< 12\%$); as frações areia grossa (AG), areia fina (AF) e argila (AR) com média variação ($CV < 60\%$). O valor do CV para o Silte (79,27 %) apresentou alta variação ($CV > 60\%$), o que pode estar relacionado com a discussão da não normalidade dos dados. Os dados de produção, NFP e MFP, apresentaram moderada variação ($CV < 60\%$).

Assumindo que o padrão da estrutura espacial é o mesmo, em todas as direções, determinaram-se os modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados, para os quais se realizou a divisão da semivariâncias do modelo pela variância das variáveis em estudo, apresentados na Quadro 2.

Quadro 1. Estatística descritiva dos atributos físicos do solo e de produção de citros AG = areia grossa (g kg⁻¹); AF = areia fina (g kg⁻¹); Sil = silte (g kg⁻¹); AR = argila (g kg⁻¹); Ds = densidade do solo (kg dm⁻³); Dp = densidade de partículas (kg dm⁻³); Pt = porosidade total (%); NFP = número de frutos por planta; MFP = massa total de frutos por planta; MMP = massa média por unidade de fruto; na parcela experimental

Atributos	Média	Med.	s	Min.	Max.	CV	C _s	C _k	DN
AG	536,30	549,56	84,80	367,05	682,66	12,24	- 0,19	0,87	ns
AF	134,22	136,34	21,41	87,06	186,36	15,95	- 0,31	- 0,17	ns
Sil	31,80	24,20	25,21	3,13	99,91	79,27	- 0,08	0,74	*
AR	286,28	274,22	86,73	55,94	482,71	30,12	1,20	- 0,31	*
Dp	2,66	2,63	0,11	2,41	2,99	4,14	0,27	0,38	ns
Ds	1,27	1,27	0,04	1,16	1,37	3,14	-0,04	-0,52	ns
PT	52,55	52,13	3,07	46,7	67,2	5,84	1,24	4,15	ns
NFP	320,74	332,50	106,85	56,00	634,0	33,31	0,136	-0,02	ns
MFP	54,46	55,30	18,54	14,40	116,3	34,04	0,445	0,67	ns
MMP	0,172	0,171	0,029	0,127	0,335	16,80	2,568	12,29	*

Med = mediana; s = desvio padrão; Min. = valor mínimo; Max. = valor máximo; CV = coeficiente de variação; C_s = coeficiente de assimetria; C_k = coeficiente de curtose; ns = não significativo a 5% (distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk's).

Quadro 2. Modelos e parâmetros do semivariograma escalonados, ajustados para os atributos físicos do solo e de produção de citros na parcela experimental

Atributos	Parâmetros dos Semivariogramas							
	Modelos	Co	a (m)	Co+C ₁	IDE	R ²	R ² -VC	Sig
Profundidade de 0 a 0,20 m								
AG	EXP	0,20	17,0	1,05	19	95	46	*
AF	EXP	0,41	9,0	0,98	41	50	30	*
Sil	EXP	0,50	21,0	1,07	50	77	22	*
AR	EXP	0,20	18,0	1,10	18	96	56	*
Dp	EPP	1,00	-	-	-	-	-	-
Ds	ESF	0,41	6,0	1,00	40	70	20	*
PT	EPP	1,00	-	-	-	-	-	-
NFP	ESF	0,65	12,0	1,04	38	58	5	*
MFP	ESF	0,36	12,0	1,05	66	71	10	*
MMP	EPP	1,00	-	-	-	-	-	-

EPP: efeito pepita puro; C₀: efeito pepita; C₀+C₁: patamar; IDE: índice de dependência espacial [C₀/(C₀+C₁)]; a: alcance; R²: coeficiente de determinação do modelo do semivariograma; R²-VC: coeficiente de correlação da validação cruzada; e Sig.: correlação significativa (*) entre valor observado e estimado na validação cruzada (p<0,05).

As frações texturais apresentaram dependência espacial com ajuste do modelo exponencial (EXP) aos dados, apesar do apresentado por Bertolani e Vieira (2001), que comentam ser o modelo esférico o de maior ocorrência para os atributos do solo. Os alcances encontrados foram de 17 e 18 m, para AG e AR, respectivamente, com IDE<25 %. Já a AF apresentou um alcance de 9,0 e Ds com alcance de 6 m, indicando moderada dependência espacial (IDE entre 25 % e 75 %), bem como o Sil alcance de 21 m. Valores de alcance influenciam na qualidade das

estimativas, uma vez que ele determina o número de valores usados na interpolação (CORÁ *et al.*, 2004).

Para os atributos físicos do solo, a Dp e a Pt apresentaram ausência de dependência espacial (EPP) para distâncias maiores que a menor utilizada na amostragem, mostrando que as amostras são independentes. Isso indica que, para esses atributos, as diferenças entre os valores das amostras acontecem ao acaso, não mostrando dependência espacial, podendo-se usar o valor da média para representar esses atributos.

Para os dados de produção de citros, a MMP apresentou efeito pepita puro e o número de frutos por planta (NFP) e a massa total de frutos por planta (MFP), com dependência espacial, com ajuste do modelo esférico (ESF) aos dados, apresentando, assim, o mesmo padrão espacial com o mesmo alcance. Isto se justifica pela alta correlação apresentada por estes atributos (0,87) ($p \leq 0,05$).

Para os parâmetros dos semivariogramas escalonados, percebe-se que o R^2 do semivariograma ajustado foi igual ou maior que 0,50 e R^2 significativo na validação cruzada, a 5 % de probabilidade, estão de acordo com os critérios de aceitação descritos por Azevedo (2004), para os quais, as estimativas de valores pelo método de interpolação krigagem ordinária serão melhores e mais precisas.

Cabe ressaltar que alterações no solo, provenientes do escoamento superficial, são possíveis, pois a área experimental é de topografia plana e está abaixo de uma encosta, sendo, portanto, caracterizada por uma área de deposição. Entretanto, dentro da área de cultivo da laranja, o processo de perda de solo é pouco pronunciado, em virtude do cultivo permanente de leguminosas entre as linhas de cultivo. A variabilidade espacial apresentada pelos atributos está relacionada com os fatores de formação do solo, já que dificilmente o manejo do solo adotado alteraria a composição granulométrica, tampouco promoveria seu arranjo espacial, conforme discutido por Berner *et al.* (2007).

Os semivariogramas escalonados pela variância dos dados estão apresentados nas Figuras 2 e 3. Observa-se um padrão espacial bem próximo entre as frações AG, AR e Sil. Já a precisão na estimativa de valores em locais não medidos, em

distâncias menores que os alcances encontrados para a AF, o Sil e a Ds, é menor, por apresentarem maior variância espacial em relação à variância total, com IDE moderado de 41, 50 e 41 %, respectivamente.

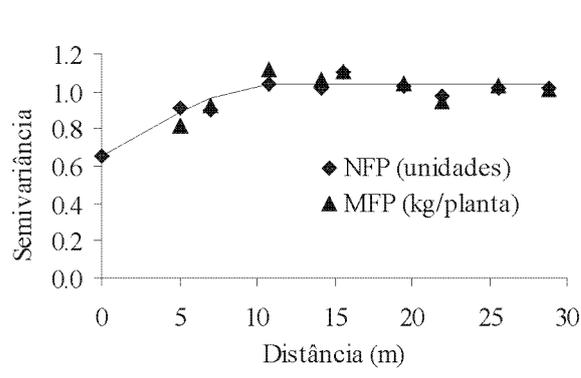


Figura 3. Semivariograma escalonado dos dados de produção de laranja (NFP e MFP).

Os mapas de isolinhas da distribuição espacial das frações granulométricas do solo e da produção de laranja estão apresentados nas Figuras 4 e 5. Quanto à forma dos mapas, observa-se certa semelhança na distribuição espacial entre a areia grossa (AG) e a areia fina (AF) e um comportamento inverso ao da argila (AR), o que já era esperado, com a alta correlação negativa significativa de -0,80 ($p \leq 0,05$) entre a AG e a AR. A região sul do mapa (base do mapa) está localizada imediatamente abaixo da encosta, que sofre o processo de degradação do solo pelas gotas de chuva e o transporte das partículas de solo no escoamento superficial, ocorrendo aí, deposição das partículas mais grosseiras, enquanto as mais finas depositam-se mais adiante, quando a velocidade da enxurrada diminui ainda mais e a carga de sedimento excede a sua capacidade de transporte. Nesse caso, apresenta maior

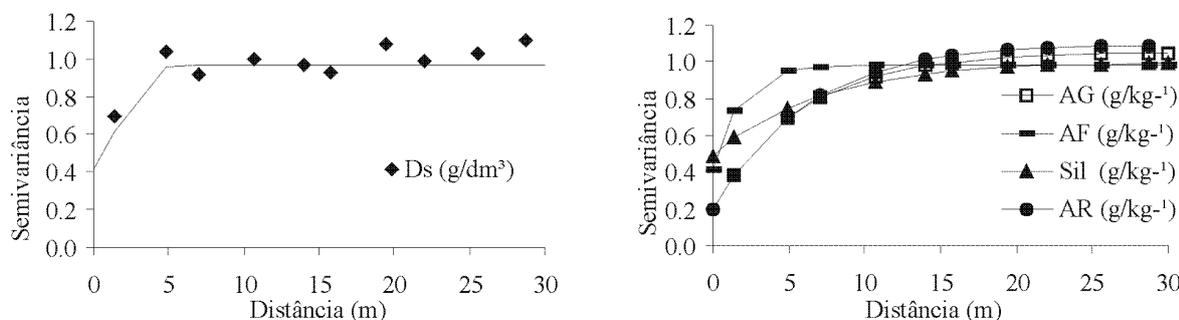


Figura 2. Semivariogramas escalonados de (areia grossa (AG), areia fina (AF), argila (AR), silte (Sil) e densidade (Ds) na área cultivada com laranja.

concentração de areia na região sul e de argila na região norte. A cobertura vegetal permanente do solo entre as fileiras, bem como a presença de resíduos orgânicos na superfície, pode ter, com o passar do tempo, favorecido essa distribuição, servindo de proteção contra a movimentação de solo no processo de erosão hídrica e contribuindo para maior infiltração de água e retenção de umidade do solo.

Com relação ao silte (Sil), o mapa também é inverso ao de argila, ou seja, baixos teores de argila correspondem a altos teores de areia e a altos

teores de silte e da D_s , uma correlação significativa e positiva (0,74) com a fração areia grossa, como também encontrado por Coelho Filho (2001) em um solo classificado como Terra Roxa Estruturada de textura argilosa.

Na Figura 5 mostra-se uma semelhança na distribuição espacial da produção da laranja na área experimental, confirmando a alta correlação (0,87) entre NFP e MFP, conforme discutido por Zini Junior (2008), mas não mostra influência significativa dos atributos do solo na produção de citros.

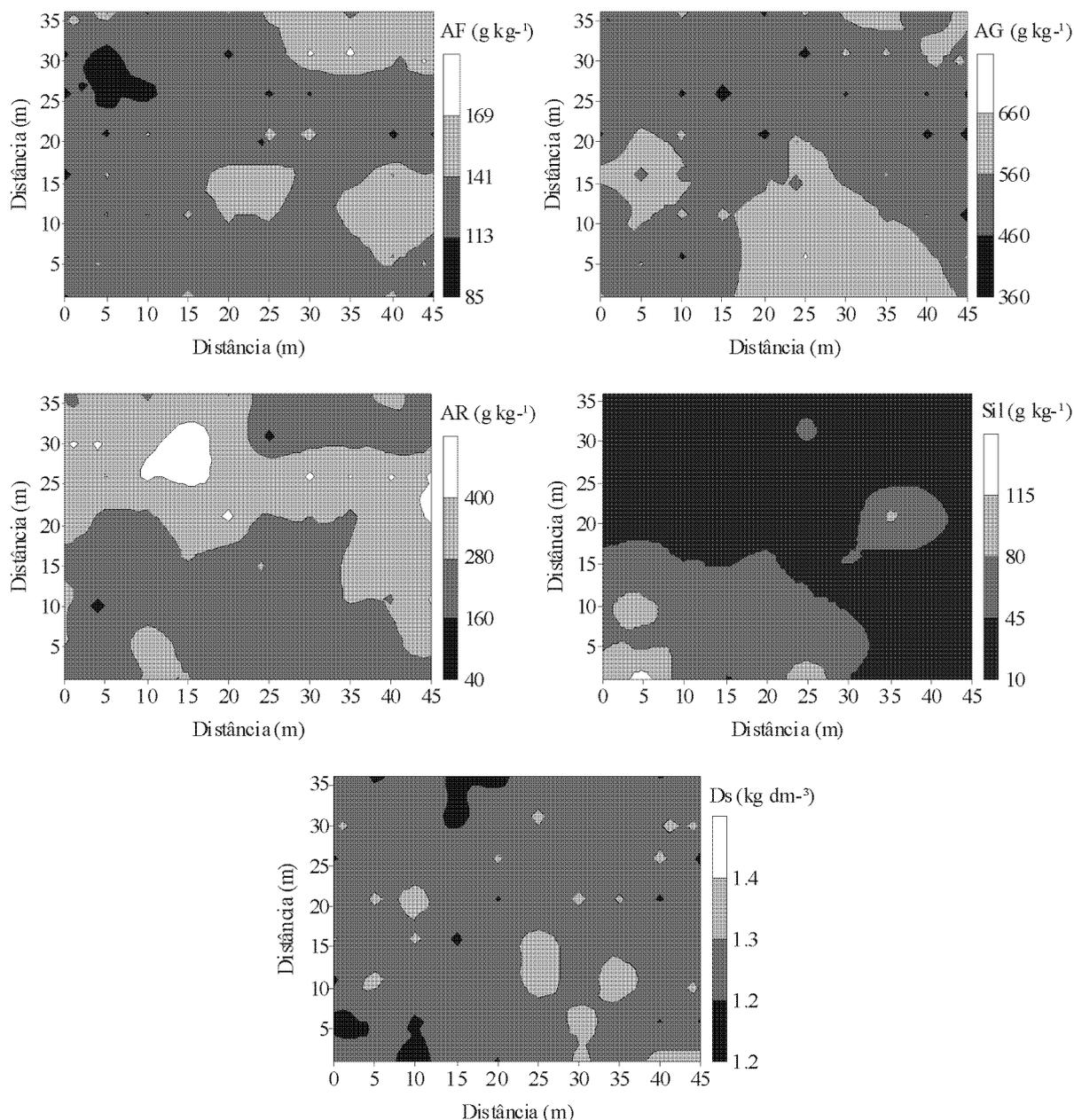


Figura 4. Mapas de isolinhas de atributos físicos do solo (areia grossa (AG), areia fina (AF), argila (AR), silte (Sil) e densidade (D_s)) sob cultivo de citros, na profundidade de 0-0,20 m.

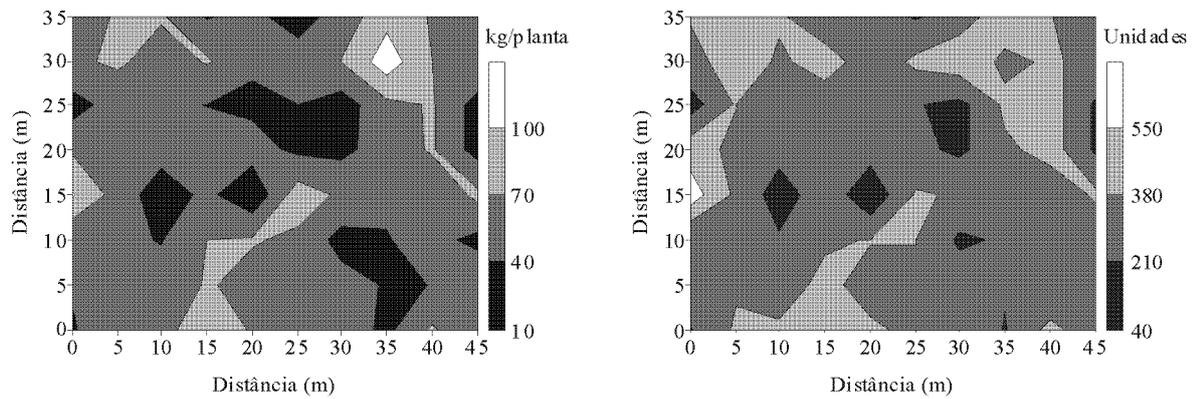


Figura 5. Mapas de isolinhas de parâmetros de produção de citros (número de frutos por planta (NFP) e da massa média de frutos por planta (MFP)).

CONCLUSÕES

- Os coeficientes de variação indicaram variabilidade baixa para a porosidade total, densidade de partículas e densidade do solo, alta para o teor de silte e média para os demais atributos;
- Com exceção da densidade de partículas (D_p) e da massa média de frutos por planta (MFP), todos os atributos de solo e da cultura apresentaram moderada dependência espacial, com ajuste do modelo exponencial para todas as frações texturais e, o esférico, para os atributos da cultura; e
- O número de frutos por planta (NFP) e a massa total de frutos por planta (MFP) apresentaram uma correlação não significativa com a distribuição espacial de argila, não mostrando, assim, influência na produção de citros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, E.C. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso.** 2004. 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola...) - Unicamp, Campinas, 2004.

BERNER, P.G.M.; VIEIRA, S.R.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um Cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. Viçosa. **Revista**

Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v.31. p 387 – 844, 2007.

BERTOLANI, F.C.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.25, n.4, p.987-995, 2001.

CAMBARDELA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KERLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa solis. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.47, p.1501-1511, 1994.

COELHO FILHO, M.A.; COELHO, R.D.; GONÇALVES, A.C.A. Variabilidade espacial de variáveis físico-hídricas do solo em um pomar de lima ácida Tahiti, irrigado por microaspersão. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p. 239-246, 2001.

CORÁ, J.E.; ARAUJO, A.V.; PEREIRA, G.T.; BERALDO, J.M.G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 212 p.

- FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Agricultura de Precisão: Mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n. 2, p.235-241, 2003.
- GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.21, n2, 2005.
- IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2008.
- RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A.A.; **Citricultura Brasileira**. 2º ed. Campinas, SP: Fundação Cargil, 1991.
- OLIVEIRA, R.B. Mapeamento e correlação de atributos do solo e de plantas de café conilon para fins de agricultura de precisão. 2007. 129 f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. 2007.
- ROBERTSON, G. P. GS+: Geoestatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide. Plainwell, **Gamma Desing Software**. East Lansing, Michigan. USA, 152 p, 2000.
- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, G.R., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cidade, v.1. p.1-54, 2000.
- VIEIRA, S.R.; GUEDES FILHO, O.; CHIBA, M.K.; CANTARELLA, H. Spatial variability of soil chemical properties after coffee tree removal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, vol.33, n.5, p.1507-1514, 2009.
- ZINI JUNIOR, A. Variabilidade espacial de atributos químicos e da produção de laranja Var. *folha murcha* em um Lotosolo Vermelho-Amarelo na região sul do Estado do Espírito Santo. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.
- 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, p.319-344, 1980.