

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA TEXTURA DE UM SOLO CULTIVADO COM CITROS

Moises Zucoloto¹, Julião Soares de Souza Lima², Ruimario Inacio Coelho³, Gustavo Dias de Almeida⁴, Samuel de Assis Silva⁵, Victor Bernardo Vicentini⁶ e Gustavo Soares de Souza⁷

¹Ufes/Engenharia Rural, Alto Universitário Cx 16, moiseszucoloto@hotmail.com

²Ufes/Engenharia Rural, Alto Universitário Cx 16, limajss@yahoo.com.br

³Ufes /Produção Vegetal, Alto Universitário Cx 16, ruimario@bol.com.br

⁴UFV / Produção Vegetal, 36.570-000, Viçosa, gustavokbe@hotmail.com

⁵Ufes/Engenharia Rural, Alto Universitário Cx 16, samuel-assis@hotmail.com

⁶Ufes/Engenharia Rural, Alto Universitário Cx 16, gsdsouza@hotmail.com

Resumo- O objetivo deste trabalho foi estudar a distribuição espacial de atributos físicos de um pomar cítrico usando as técnicas de estatística clássica e da geoestatística. O experimento foi realizado em uma parcela experimental em solo Latossolo Amarelo distrófico, localizado no município de Jerônimo Monteiro (ES). Os atributos físicos do solo apresentaram variabilidade espacial com razão de dependência moderada para todas as variáveis, menos para areia grossa (AG) e areia fina (AR). A distribuição espacial da AG e a AF apresentam um comportamento inverso com a argila (AR), fato que já é esperado, ratificado devido à alta correlação negativa significativa de -0,80 ($p < 0,05$).

Palavras-chave: geoestatística, semivariograma e distribuição espacial

Área do Conhecimento: Ciências do solo

Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, com uma produção 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. No entanto, a textura do solo sofre pouca ou quase nenhuma alteração com o manejo adotado. Sendo, portanto, quaisquer alterações que venham a ocorrer estão relacionadas com o processo de formação do solo. Já a densidade do solo pode sofrer alguma modificação em pomares cítricos devido ao alto índice de tráfego de máquinas na área.

Segundo Rodriguez et al. (1991) o tipo de solo recomendado para instalação da cultura da laranja de forma a ter boa produtividade e que permita o desenvolvimento estável do sistema radicular é preciso 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) utilizou as técnicas de geoestatística com eficiência para mostrar a variabilidade, mapear e analisar as áreas de risco, mostrando ser uma ferramenta útil para auxiliar em programa de agricultura de precisão para a citricultura.

Nesse contexto, esse 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.

Metodologia

O experimento foi realizado no ano de 2007 em uma parcela experimental de um pomar cítrico, em um Latossolo Amarelo distrófico, com textura franco-arenosa, localizado no município de Jerônimo Monteiro (ES). O clima da região é do tipo Cwa, apresentando chuva desuniforme ao longo do ano, com verão chuvoso e inverno seco de acordo com a classificação de Köpen. A temperatura média do mês mais frio é inferior 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 %.

A área é cultivada com laranja (folha murcha) enxertada em limoeiro "Cravo", com idade de 12 anos, implantada no espaçamento de 5x5 m. Os pontos para a amostragem de solo na

profundidade de 0-0,20 m e a um metro do tronco foram coletados na base da copa das plantas, totalizando 100 pontos, compondo uma malha regular de 400 m².

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

Assumida a hipótese de estacionaridade, os dados foram submetidos à análise geoestatística no intuito de verificar a existência, e quando presente, quantificar o grau de dependência espacial das frações estudadas, por meio do ajuste do semivariograma descrito por Vieira (1997), que é definido pela seguinte equação:

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

em que: N(h) é o número de pares de valores medidos Z(x_i), Z(x_i+h), separados por um vetor h; e Z(x_i) é a variável aleatória em estudo na i-ésima posição.

Segundo Guimarães (2004), a escolha do modelo de semivariograma a ser utilizado é um dos aspectos mais importantes da geoestatística. O *software* GS⁺ (Robertson, 1998) utilizado aplica a metodologia dos mínimos quadrados para os ajustes dos modelos teóricos aos semivariogramas experimentais, determinando os parâmetros efeito pepita (C₀), patamar (C₀+C) e o alcance da dependência espacial (a). Os critérios para ajuste e seleção do melhor modelo foram o coeficiente de determinação (R²), a soma de quadrados de resíduos (SQR) e o coeficiente de correlação da validação cruzada. Sendo assim, o índice de dependência espacial (IDE) foi calculado pela relação $[C/(C_0+C)] * 100$, e classificado segundo Zimback (2001), que considera dependência espacial fraca (IDE<25%); moderada (25%≤IDE≤75%) e forte (IDE>75%).

Comprovada a dependência espacial das frações texturais na área utilizou-se o método de krigagem ordinária para interpolação de valores em locais não medidos em *pixel* de 1x1 m, com auxílio do *software* Surfer.

Resultados

Os dados estatísticos referentes aos atributos do solo encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Dados da estatística descritiva dos atributos físicos do solo.

Atrib.	Méd	Med.	S	Min	Max	CV	Cs	Ck	D.N
AG	536	549	84	367	682	12	0,19	0,87	ns
AF	134	136	21	87,06	186	15	0,31	0,17	ns
Sil	31	24,20	25	3,13	99,91	79	0,08	0,74	*
AR	286	274	86	55,94	482	30	1,20	0,31	*
DP	2,66	2,63	0,11	2,41	2,99	4,1	0,27	0,38	ns
DS	1,27	1,27	0,04	1,16	1,37	3,1	0,04	0,52	ns
PT	52	52	3,07	46,7	67,2	5,8	1,24	4,15	ns

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 pé; MFP = massa total de frutos por pé; MMP = massa média por unidade de fruto; ns = não significativo a 5% (distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk's).

Assumindo que o padrão da estrutura espacial é o mesmo em todas as direções determinou-se os modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados, que estão representados na Tabela 2.

Tabela 2- Modelos e parâmetros do semivariograma escalonados dos atributos físicos.

Parâmetros dos Semivariogramas									
Modelos	Co	a	Co+C ₁	IDE	R ²	R-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	0,97	-	-	-	-	-	-	
Ds	ESF	0,41	6,0	1,00	40	70	20	*	
PT	EPP	1,00	-	1,00	-	-	-	-	

EPP: efeito pepita puro; C₀: efeito pepita; C₀+C₁: patamar; IDE: índice de dependência espacial $[C_0/(C_0+C_1)]$; a: alcance (m); R²: coeficiente de determinação do modelo do semivariograma; R-VC: coeficiente de correlação da validação cruzada; e Sig.: correlação significativa (*) entre valor observado e estimado na validação cruzada (p<0,05).

Os mapas de isolinhas da distribuição espacial das frações granulométricas do solo tais como a AG, AF, AT, Sil, AR e Ds, estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

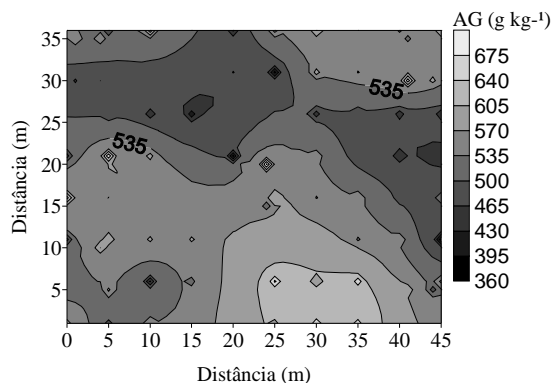


Figura 1 – Mapa de isolinha da Areia Grossa.

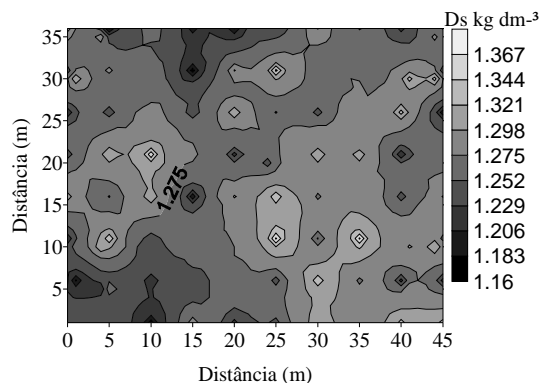


Figura 5 – Mapa de isolinha da Densidade do solo.

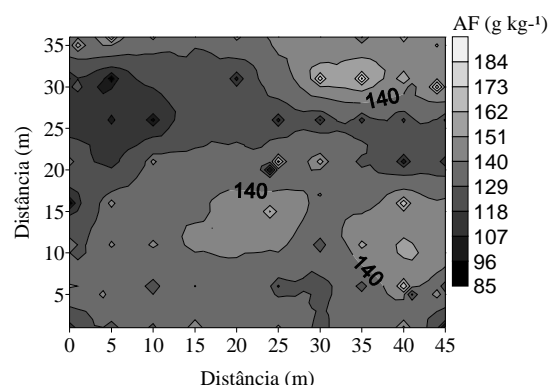


Figura 2 – Mapa de isolinha da Areia Fina.

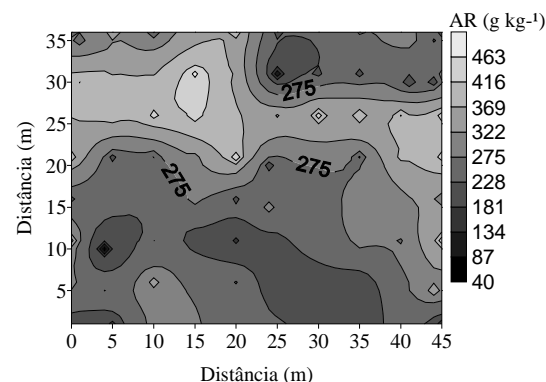


Figura 3 – Mapa de isolinha da Argila.

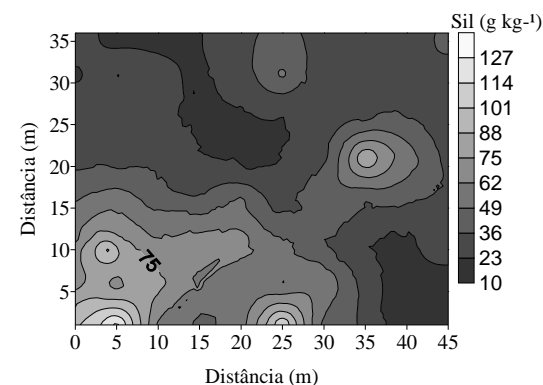


Figura 4 – Mapa de isolinha da Silte.

Discussão

Os valores da média e mediana são próximos para AG, AF, DS, DP e PT confirmando distribuição simétrica para os dados e a normalidade pelo teste Shapiro-Wilk's ($p < 0,05$). 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 ao seu processo de determinação em laboratório, por incorporar parte da variabilidade existente nas frações areia e argila, e da deposição de materiais carreados pelo escoamento superficial das águas das chuvas, dessas frações mais finas, de áreas localizadas acima da parcela experimental.

Ao analisar os coeficientes de variação (CV), segundo a classificação proposta por Warrick & 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 Sil (79,27%) apresentou alta variação ($CV > 60\%$), o que pode estar relacionado com a discussão da não normalidade dos dados.

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 por acaso, não mostrando dependência espacial, independentemente do sistema de cultivo no pomar cítrico, podendo usar o valor da média para representar esses atributos.

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 com a argila (AR), o que já era esperado, com alta correlação negativa significativa de $-0,80$ ($p < 0,05$) entre a AG e a AR. A região sul do mapa está localizada 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

assim, a deposição dessas quando a carga de sedimento excede a sua capacidade de transporte. Nesse caso, apresenta maior concentração de areia nas regiões sul e norte. Porém, com menor deposição na parte central da área, justamente onde está a maior concentração de argila. 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 esta 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 altos teores de silte e da DS uma correlação significativa e positiva com a fração areia grossa, como também encontrado por Coelho Filho (2001) em um solo classificado como Terra Roxa Estruturada de textura argilosa.

Conclusão

Os coeficientes de variação para a porosidade total, a densidade de partículas e do solo indicou baixa variabilidade e alta para o teor de silte. Sendo que, os demais atributos com média variação.

Todos os atributos de solo apresentaram moderada dependência espacial, com exceção para a densidade de partículas (DP) e com ajuste do modelo exponencial para todas as frações texturais.

Referências

- 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.
- 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, 1997. 212 p.
- FARIAS, M.S.S. de. **Diagnóstico da necessidade de drenagem no perímetro irrigado de São Gonçalo**. Campina Grande: UFPB, 1999. 75p. Dissertação Mestrado.
- 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, n.2, 2005.
- GUIMARÃES, E. C. Geoestatística básica e aplicada. UFU/FAMAT. Núcleo de estudos

estatísticos e biométricos, Uberlândia - MG, 77p, 2004.

- 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.

- ROBERTSON, G. P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User’s Guide. Plainwell, **Gamma Desing Software**, 2000. 152 p.

- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo roxo de Campinas. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n.1, p. 1-13, 1997.

- ZIMBACK, C.R.L. **Análise especial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. Tese de Livre-Docência (Livre-Docência em Levantamento do solo e fotopedologia), FCA/UNESP, 2001.114p.

- 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, 1980. p. 319-344.