

## RELAÇÕES ESPACIAIS ENTRE FERTILIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE CULTURAS SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Spatial relations between soil fertility and crops yield under no tillage

GUEDES FILHO, O.<sup>1</sup>; VIEIRA, S.R.<sup>2</sup>; GREGO, C.R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Agricultura Tropical e Subtropical, IAC - Instituto Agronômico, Av. Barão de Itapura, 1481 CP 28, Campinas, SP CEP 13020-902. osvaldoguedes@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Pesquisador Científico do IAC - Instituto Agronômico. sidney@iac.sp.gov.br

<sup>3</sup> Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite Av. Soldado Passarinho, 303 Jardim Chapadão CEP 13070-115 Campinas, SP.

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espacial de atributos de fertilidade do solo e sua influência na produtividade de culturas sob o sistema de plantio direto. O experimento está localizado no Centro Experimental Central do Instituto Agronômico, Campinas, SP, onde foram determinados os dados de produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das safras de labelabe, milho, triticale e mamona e dados de fertilidade do solo na profundidade de 0,0-0,20 m. A estatística descritiva foi utilizada para avaliar parâmetros de tendência central e de dispersão. A geoestatística foi utilizada para avaliar a variabilidade espacial. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial e tiveram seus semivariogramas ajustados ao modelo esférico. Os mapas construídos com valores interpolados por krigagem indicam que a parte lateral esquerda da área apresentou a maior relação espacial entre produtividade e os atributos de fertilidade do solo, favorecendo o manejo diferenciado na área.

### Abstract

The objective of this work was to analyze the spatial variability of soil fertility properties and its influence on some crops yield under no tillage. The experiment is located at Centro Experimental Central of the Instituto Agronômico, in Campinas/SP, where yield data for ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) of lablab, corn, triticale and castor oil plant, and data for soil fertility at the depth of 0,0-0,20 m were collected. Descriptive statistics were used to evaluate parameters of central tendency and of dispersion. Geostatistics were used to evaluate the spatial variability. All variables showed spatial dependence and their semivariograms were adjusted to the spherical model. The maps constructed with values obtained by kriging interpolation indicate that the left lateral part of the area showed the greatest spatial relation amongst productivity and soil fertility properties, favoring a distinguished management of the area.

### Introdução

Avanços tecnológicos na agropecuária têm mostrado a importância de se medir a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, com o objetivo de otimizar o aproveitamento de recursos e diminuir custos (Carvalho et al., 2002). A determinação da variabilidade presente no rendimento das culturas em um mesmo talhão pode ser atribuída a um número bastante grande de fatores. Segundo Acock e Pachepsky (1997), a temperatura do ar, radiação solar, precipitação, umidade, ventos, nutrientes, profundidade do solo, densidade do solo, presença de plantas daninhas, pragas e doenças são alguns dos fatores que afetam as culturas e podem causar variabilidade.

O conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode influenciar as aplicações localizadas de corretivos e fertilizantes, melhorando dessa maneira o controle do sistema de produção das culturas, reduzindo os custos gerados pela alta aplicação de insumos e a degradação ambiental provocada pelo excesso destes nutrientes (Rocha & Lamparelli, 1998). Segundo Salviano (1998), os sistemas de manejo conservacionistas criam ambiente no solo diferente daquele encontrado no sistema convencional, resultante dos efeitos dos resíduos superficiais e da reduzida movimentação do solo sobre os atributos físicos, químicos e biológicos. Portanto, em estudos agronômicos do sistema água-solo-planta deve-se considerar a variabilidade espacial dos solos, pois os fatores e processos de sua formação que atuaram ao longo do tempo imprimiram-lhe variabilidades naturais, estas somadas ao manejo

realizado pelo homem, acentuam a variabilidade dos atributos do solo (Cavalcante et al., 2007; Albuquerque et al., 1996).

O objetivo do trabalho foi analisar a variabilidade espacial de atributos de fertilidade do solo e sua influência na produtividade de grãos sob o sistema de plantio direto em Campinas/SP.

### Material e Métodos

Este estudo foi realizado em uma área experimental de 3,42 ha localizada no Centro Experimental Central do Instituto Agrônomo em Campinas (SP). As coordenadas geográficas da área são: latitude 22° 53' Sul e longitude 47° 04' Oeste, com altitude média de 600 com cerca de 6 % de declividade. O solo da área é um Latossolo Vermelho (Embrapa, 1999). A área vem sendo manejada desde 1985 com semeadura direta em sucessão de culturas. As amostras de solo e planta foram coletadas em uma grade com espaçamento regular de 10 m x 10 m, totalizando 302 pontos de amostragem.

Os atributos de fertilidade analisados foram: matéria orgânica (M.O.), pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio e alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na profundidade de 0,0-0,2 m, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os dados de produtividade envolvidos neste estudo compreendem a colheita de labelabe 2002 (*Dolichos lablab* L.), milho 2003 (*Zea mays* L.), triticale 2004 (*Triticum secale* L.) e mamona 2005 (*Ricinus cummunis* L.). Esses dados foram normalizados de acordo com a expressão (1), possibilitando desta maneira a comparação da produtividade das diferentes culturas.

$$VN = \left( \frac{VP - VMin}{VMax - Vmin} \right) * 100 \quad (1)$$

onde, VN é o Valor Normalizado, VP o Valor no Ponto, VMin o Valor Mínimo; VMax o Valor Máximo.

A análise geoestatística foi realizada utilizando os procedimentos para ajuste e validação do semivariograma, conforme descrito por Vieira (2000) e o conjunto de programas Geoestat (Vieira et al., 2002). O método de interpolação krigagem foi utilizado para estimar valores para os locais não amostrados no campo. O software SURFER 7.0 (Golden Software, 1999) foi utilizado para construção dos mapas de isolinhas.

### Resultados e Discussão

A análise estatística (Tabela 1) dos atributos de fertilidade e produtividade demonstra que o maior valor de CV ocorreu para o fósforo (P), provavelmente devido aos efeitos residuais de adubações anteriores, enquanto o pH foi o único atributo que apresentou baixo CV, segundo classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980). Valores de coeficientes de assimetria e curtose próximos de zero, são um indicativo de distribuição de freqüência Normal, nesse sentido, MO, K, H+Al, B, Fe, Mn e todas as produtividades apresentaram distribuição de freqüência do tipo Normal. Como as produtividades foram normalizadas pode-se dizer que labelabe e milho apresentaram respectivamente, menor e maior média de produtividade.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis estudadas.

	Unidade	Média	Variância	CV (%)	Assimetria	Curtose
<b>Atributos químicos do solo</b>						
M.O.	g.dm <sup>3</sup>	30.43	16.90	13.51	1.00	0.13
pH	s/uni	5.07	0.12	6.85	2.30	7.98
P	mg.dm <sup>3</sup>	61.66	3252.00	92.49	2.39	7.63
K	mmol.dm <sup>3</sup>	5.19	1.18	20.93	-0.52	0.47
Ca	mmol.dm <sup>3</sup>	34.40	335.00	53.21	3.45	15.48
Mg	mmol.dm <sup>3</sup>	8.40	9.13	35.97	3.46	16.09
H+Al	mmol.dm <sup>3</sup>	32.94	49.47	21.35	-0.97	0.96
SB	mmol.dm <sup>3</sup>	47.99	463.90	44.88	3.39	15.14
CTC	mmol.dm <sup>3</sup>	81.02	278.70	20.60	3.60	16.93
V%	%	57.54	133.70	20.09	0.96	1.23
B	mg.dm <sup>3</sup>	0.31	0.00	16.08	0.26	-0.33
Fe	mg.dm <sup>3</sup>	7.09	2.67	23.06	0.33	0.08
Mn	mg.dm <sup>3</sup>	33.90	132.40	33.94	0.16	-0.40
Zn	mg.dm <sup>3</sup>	1.34	0.47	51.05	1.16	0.96

Produtividade das culturas						
Labelabe	kg ha <sup>-1</sup>	36.44	367.9	52.64	0.396	5.83E-02
Milho	kg ha <sup>-1</sup>	54.73	270.9	30.08	-0.607	1.713
Triticale	kg ha <sup>-1</sup>	44.93	321.4	39.9	0.29	-8.81E-02
Mamona	kg ha <sup>-1</sup>	41.67	501	53.72	0.196	-0.5722

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 2) mostraram que os atributos de fertilidade e as produtividades estudadas apresentaram dependência espacial e se ajustaram todos ao modelo matemático esférico, confirmando este modelo como o que mais se ajusta aos parâmetros de solo e planta (Siqueira et al., 2008). Os parâmetros de ajuste do semivariograma (Tabela 2) permitem descrever que os atributos de fertilidade do solo apresentam uma menor aleatoriedade entre amostras, uma vez que os valores de efeito pepita ( $C_0$ ) são muito mais elevados para os atributos de planta, ou seja, representando uma variabilidade espacial que não foi detectada pelo processo de amostragem. Os valores de alcance (a) demonstram que as maiores manchas de variabilidade espacial foram encontradas para os atributos de fertilidade do solo. A produtividade de triticale 2004 apresentou o menor alcance entre todos os dados, em torno de 15 m. Segundo Cambardella et al. (1994), pode-se dizer que apenas P, K e Fe tiveram forte grau de dependência espacial, os demais atributos apresentaram moderada dependência espacial.

Tabela 2. Parâmetros de ajuste do semivariograma para as variáveis estudadas.

	Modelo	C0	C1	a	RD
<b>Atributos químicos do solo</b>					
M.O.	Esférico	9.00	3.80	116.50	70
pH	Esférico	0.05	0.08	77.80	38
P	Esférico	0.00	3300.00	70.00	0
K	Esférico	0.00	1.20	85.00	0
Ca	Esférico	121.00	251.80	79.30	32
Mg	Esférico	3.00	7.00	60.00	30
H+Al	Esférico	20.00	32.00	53.00	38
SB	Esférico	132.30	382.30	75.00	26
CTC	Esférico	85.20	212.10	80.40	29
V%	Esférico	50.00	90.00	65.00	36
B	Esférico	0.0010	0.0017	80.00	37
Fe	Esférico	0.17	2.15	72.00	7
Mn	Esférico	37.90	76.20	96.50	33
Zn	Esférico	0.11	0.32	84.70	26
<b>Produtividade das culturas</b>					
Labelabe	Esférico	120	228	41	34
Milho	Esférico	100	95	35	51
Triticale	Esférico	205	100	15	67
Mamona	Esférico	243.8	253.8	36	49

A análise conjunta dos mapas de variabilidade espacial da produtividade normalizada das culturas favorece a determinação de zonas de manejo com maior ou menor produtividade. Percebe-se que as colheitas de 2002, 2003 e 2005 a maior produtividade está relacionada com a parte lateral esquerda da área, que é a zona que apresenta os maiores valores de M.O., pH, K, Ca, V%, SB, CTC e Zn. Desta maneira, corroborando para a manutenção dos maiores valores de produtividade na parte lateral esquerda da área para as culturas de labelabe, milho e mamona, o mapa de produtividade de triticale apresentou um padrão comportamental diferente das demais culturas, devido ao ataque da lagarta do trigo (*Pseudaletia sequax Franclemont*) justamente no lado esquerdo da área.

### Conclusões

A parte lateral esquerda da área apresentou a maior relação espacial entre produtividade e os atributos de fertilidade do solo, favorecendo o manejo diferenciado na área.

As recomendações de calagem e adubações para os próximos cultivos devem levar em consideração a variabilidade espacial da fertilidade do solo.

A geoestatística possibilitou estudar o comportamento da variabilidade espacial da fertilidade do solo e da produtividade de grãos, permitindo a interpretação dos resultados com base na estrutura dessa variabilidade, quantificando o seu tamanho.

## Referências

- ACOCK, B. & PACHEPSKY, Y. Holes in precision farming: mechanistic crop models. In: Precision agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, p.397-404, 1997.
- ALBUQUERQUE, J.A. et al. Variabilidade espacial de solo e planta em podzólico vermelho-amarelo. R. Bras. Ci. Solo, 20: 151-157, 1996.
- CAMBARDELLA, C.A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CARVALHO, J.R.P. et al. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.37, n.8, p.1151-1159, 2002.
- CAVALCANTE, E.G.S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. R. Bras. Ci. Solo, 31: 1329-1339, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- RAIJ, B. van et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. Geoprocessamento. In: SILVA, F.M. **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas: UFV, 1998. Cap.1, p.1-30.
- SALVIANO, A. A. C., VIEIRA, S. R., SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v. 22, p. 115-122, 1998.
- SIQUEIRA, G.M.; VIEIRA, S.R & CEDDIA, MB. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. *Bragantia*, 67: 693-699, 2008.
- SURFER. *Surfer 7.0*. Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers. User's Guide. New York: Golden Software, 1999. 619 p.
- 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, J.M. *Tópicos em Ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.2, 2002. p.1-45.
- 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.
- 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. Cap.2, p.319-344.

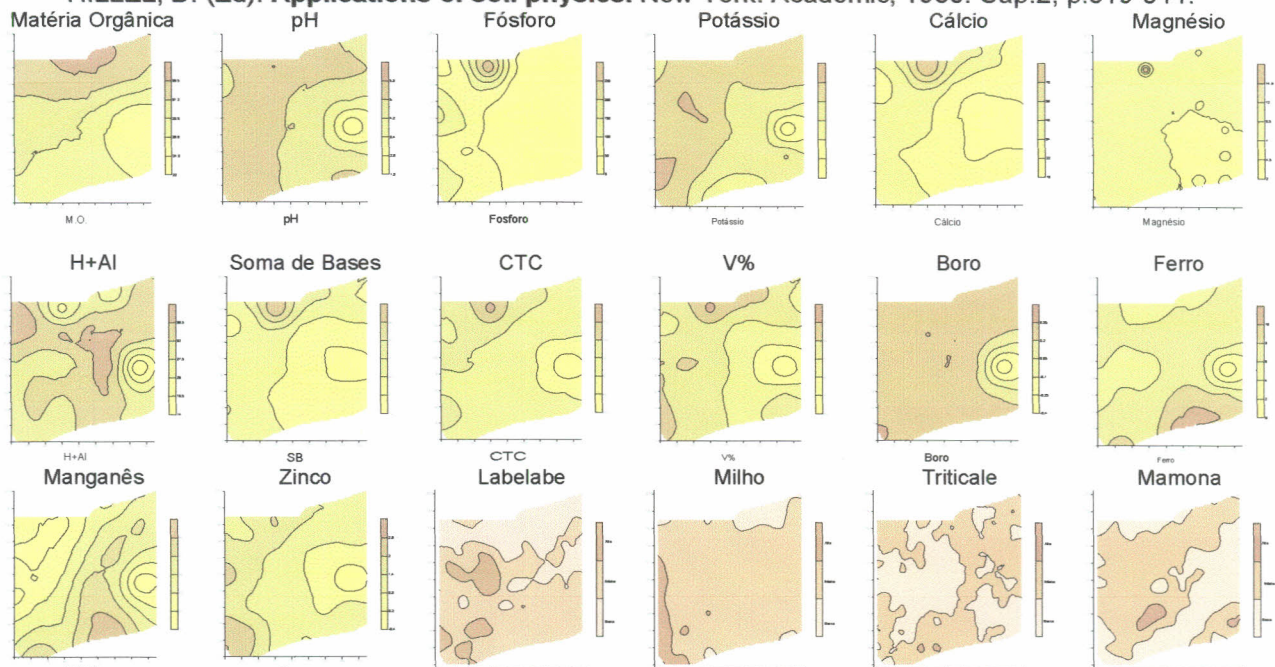


Figura 1. Mapas de contorno para as variáveis estudadas.