



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS EM UM LATOSSOLO CULTIVADO EM PREPARO CONVENCIONAL<sup>1</sup>

José Marcílio da Silva<sup>2</sup>; Lucas Figueira da Silva<sup>3</sup>; João Pedro Figueira da Silva<sup>4</sup>

### RESUMO

---

Com o objetivo de caracterizar a variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico cultivado sob preparo convencional com soja, em área de cerrado, através da estatística clássica e da geoestatística na análise dos dados, coletaram-se amostras de solo indeformadas em três profundidades em um talhão de 40 x 55m definidos com malha regular de 44 pontos espaçados 5 m. A densidade do solo, porosidade total e a microporosidade apresentaram moderada e alta variabilidade espacial na profundidade de 0,0-0,10 m, ajustando-se ao modelo esférico. A macroporosidade e a porosidade total apresentaram moderada variabilidade espacial na profundidade de 0,10-0,20 m, a densidade do solo com maior alcance (16,50 m) e a porosidade total apresentou alta e moderada variabilidade espacial na profundidade de 0,20-0,40 m, respectivamente, mostrando que o manejo adotado no solo influencia de forma diferente a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo.

**Palavras-chave:** Geoestatística; análise espacial; preparo convencional; manejo do solo.

### SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICAL ATTRIBUTES ON A LATOSOL CULTIVATED UNDER CONVENTIONAL-TILLAGE

#### ABSTRACT

Aiming characterize the spatial variability of physical attributes on a Typic Hapludox dystrophic cultivated under conventional-tillage with soybean, in savannah area, through classical statistics and geostatistics in data analysis, was collected undisturbed soil samples in the three depths in plots of 40 x 55m regular grid with 44 points spaced 5 m. The soil density, total porosity and microporosity showed moderate and high spatial variability in depth of 0,0-0,10 m, adjusting of the spherical model. The macroporosity and total porosity showed moderate spatial variability in depth of 0,10-0,20 m, the soil density with larger range (16,50 m) and total porosity showed high and moderate spatial variability in depth of 0.20-0,40 m, respectively, showing that the management adopted in the soil influences of differently in the spatial variability of soil physical attributes.

**Key words:** Geostatistics; spatial analysis; conventional-tillage; soil management.

---

<sup>1</sup> Parte dos dados da Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal do Autor.

<sup>2</sup> Lic. Ci. Agrícola, M.Sc. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), *Campus* Barreiros, Fazenda Sapé S/N Caixa Postal 21, Zona Rural, CEP 55560-000. e-mail: marcilio@barreiros.ifpe.edu.br

<sup>3</sup> Bolsista PIBIC-Técnico. IFPE/*Campus* Barreiros. e-mail: lucas\_f.silva@hotmail.com

<sup>4</sup> Estudante do Curso Técnico em Agropecuária. IFPE/*Campus* Barreiros. e-mail: jean\_pierry.97@hotmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de manejo do solo apresentam grande influência nas características físicas do solo e estão relacionados com a compactação, na qual há um aumento da resistência do solo, reduzindo sua porosidade, permeabilidade bem como a disponibilidade de nutrientes e água. A maioria dos estudos sobre os atributos do solo têm demonstrado uma ampla diversidade de resultados (GREGO e VIEIRA, 2005), portanto, o conhecimento sobre a variabilidade espacial e as propriedades físicas do solo é de fundamental importância na contribuição do planejamento de uma agricultura sustentável sem que agrida o meio ambiente, permitindo avaliar e descrever detalhadamente a dependência espacial dos atributos do solo.

O sistema de preparo convencional (PC) do solo promove maior aeração, quebra dos agregados do solo e a incorporação dos resíduos vegetais provocando rápida decomposição e perda do carbono orgânico, assim como uma mineralização do nitrogênio e do fósforo orgânico existente no solo. O preparo convencional, normalmente, consiste na combinação de uma aração e duas gradagens feitas com a finalidade de criar condições favoráveis para o

estabelecimento e desenvolvimento da cultura.

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), uma das espécies cultivadas mais antiga do mundo, tem sido conduzida com alto nível tecnológico em todas suas operações, constituindo-se em uma “commodity” de grande importância comercial para o desenvolvimento da agricultura brasileira, sendo cultivada em todas as regiões.

O Cerrado ocupa quase toda área do Brasil central, com aproximadamente 200 milhões de hectares, em sua maior parte, na região Centro-Oeste. A maioria dos solos em vegetação de cerrados tem sido diagnosticada como de baixa fertilidade natural, apresentando interferência direta na disponibilidade de nutrientes para as plantas se desenvolverem e atingirem altas produtividades. A baixa fertilidade dos solos pode ser corrigida, não se constituindo em obstáculo para o cultivo da soja nas áreas agrícolas no bioma do cerrado.

A análise geostatística constitui importante ferramenta para caracterização e descrição da variabilidade espacial das propriedades do solo (GUIMARÃES, 2000; VIEIRA, 2002; CARVALHO et al., 2002), e o uso de métodos geostatísticos contribui para mostrar que o manejo adotado no solo influencia de forma diferente a variabilidade espacial dos

atributos do solo (SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2009).

O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo é considerado o princípio básico para o manejo específico das áreas agrícolas. Neste aspecto, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico sob preparo convencional no cerrado, sob a égide da estatística clássica e da geoestatística na análise dos dados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Monte Alegre, localizada no município de Rio Verde, Goiás, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006), cujas coordenadas estão situadas geograficamente entre 17°29'24'' a 17°30'36'' de Latitude Sul (S) e 51°23'24'' a 51°24'36'' de Longitude Oeste (W), com altitude média de 748 m e topografia plana (< 3% de declividade). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima predominante na região é do tipo tropical de Savana (Aw), com precipitação média anual de 1.500 mm.

Foi selecionado um talhão com 2.200 m<sup>2</sup>, onde se realizou levantamento por

amostragem em uma malha regular com as dimensões de 40 x 55m, totalizando 44 pontos, sendo que a menor distância entre amostras foi de cinco (5) metros para se garantir a existência de estacionaridade intrínseca e gerar um número mínimo de 30 pares para cada distância estudada. A área estava sendo cultivada com soja por dez anos em monocultivo, em plantio direto. Após este período, antes da semeadura da soja foi realizado o preparo do solo, no talhão selecionado, utilizando uma grade aradora na profundidade de aproximadamente 0,20 m.

As amostras de solo indeformadas foram coletadas com auxílio do amostrador de Uhland, após a colheita mecanizada da soja, nas profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, em cada ponto da malha amostral em locais que não apresentavam as marcas dos rodados da colhedora para a determinação dos atributos físicos densidade do solo (Ds), microporosidade (MiP), macroporosidade (MaP) e porosidade total (Pt), conforme Embrapa (2005).

A estatística clássica foi aplicada às variáveis estudadas, antes da análise geoestatística, para obtenção das medidas de posição (média, mediana, valores máximo e mínimo) e dispersão (variância, desvio padrão e coeficiente de variação, assimetria e curtose). Para análise da hipótese de normalidade dos dados foi

utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,05$ ). Os valores dos atributos físicos do solo nas três profundidades foram comparados pelo teste t-Student ( $p \leq 0,05$ ).

O grau de dependência espacial (GD) foi realizado utilizando-se o software GS+ (ROBERTSON, 2000) para determinação da semivariância estimada ( $\gamma(h)$ ) (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  $N(h)$  é o número de pares de valores medidos ( $Z(x_i)$ ,  $Z(x_i + h)$ ), separados por um vetor de distância  $h$  e  $Z(x_i)$  é a variável aleatória em estudo na  $i$ -ésima posição.

No ajuste dos semivariogramas teóricos aos dados testaram-se os seguintes modelos: esférico, exponencial, gaussiano e linear. Os semivariogramas foram escalonados pela variância dos dados no sentido de padronizar a escala, determinando os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0 + C_1$ ) e alcance ( $a$ ). Os valores do grau de dependência espacial, são apresentados como porcentagem do patamar para facilitar a comparação do grau de dependência espacial (GD) que foi classificado segundo Cambardella et al.

(1994), na qual um atributo pode ser considerado exibindo alta (forte), moderada ou baixa (fraca) dependência espacial, podendo ser verificado em função da relação entre o efeito pepita e o patamar de seu semivariograma ajustado (Equação 2). Valores inferiores a 25% caracterizam alta dependência espacial, entre 25% e 75% moderada e superior a 75%, baixa dependência espacial.

$$GD = \left( \frac{C_0}{C_0 + C_1} \right) * 100 \quad (2)$$

O coeficiente de variação (CV) foi classificado segundo proposta de Warrick e Nielsen (1998), na qual um atributo apresenta-se com baixa variação para  $CV < 15\%$ , média para o intervalo ( $15\% \leq CV < 50\%$ ) e alta variabilidade quando  $CV \geq 50\%$ .

Verificada a dependência espacial entre as variáveis estudadas, fez-se interpolação pelo método de krigagem ordinária para estimar valores em locais não amostrados, considerando pixel de 50 cm x 50 cm. A partir da krigagem foram gerados mapas para os atributos que apresentaram variabilidade espacial para identificar as diferentes zonas homogêneas de manejo.

Para a variável que apresentar efeito pepita puro (EPP), ou seja, ausência de dependência espacial e aquelas com

alcance reduzido realizou-se o teste t-Student em nível de 5% de probabilidade, com intuito de comparar as médias de tais variáveis entre as duas profundidades estudadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise descritiva dos parâmetros: média, mediana, mínimo, máximo, desvio-padrão ( $\delta$ ), coeficientes de variação (CV), curtose ( $C_k$ ), assimetria ( $C_s$ ) para determinação dos atributos físicos avaliados em três profundidades sob preparo convencional. Os resultados do teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov foram comparados nas três profundidades a partir da média obtida de 44 pontos de amostragem, indicando distribuição normal em todos os atributos nas profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Estes resultados estão em conformidades com os obtidos por Schaffrath et al. (2008), em estudo sob plantio direto e preparo convencional. Observa-se que os valores da média e mediana estão próximos, mostrando distribuições simétricas, o que pode ser confirmado pelos valores de coeficiente de assimetria ( $C_s$ ) próximo de zero, pela normalidade dos dados pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p \leq 0,05$ ).

Para Carvalho et al. (2002), valores de assimetria e curtose de zero e três,

indicam a normalidade dos dados, respectivamente, embora a normalidade dos dados não seja uma exigência da geoestatística, é conveniente apenas que no gráfico de distribuição normal, os atributos não apresentem extremidades muito alongadas, o que poderia comprometer as análises.

Os resultados obtidos neste trabalho caracterizam um CV com baixa variação para os atributos Ds, MiP e Pt nas três profundidades avaliadas, apresentando  $CV < 15\%$ , e para a MaP na profundidade de 0,20-0,40 m. Em estudo sob diferentes formas de relevo em cana-de-açúcar, Souza et al. (2004) encontrou valores semelhantes para a Ds (5,45% e 8,57%), nas profundidades de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m, respectivamente. A MaP apresenta média variação nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m. O maior CV foi observado no atributo MaP (23,00%) na profundidade de 0-0,10 m, e o menor para o atributo Ds (2,60%), na profundidade de 0,20-0,40 m (Tabela 1), segundo a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1998).

Como a média aritmética dos dados é uma medida de posição que representa o conjunto de dados dos valores de determinado atributo, e é tanto menos representativa quanto maior for à variação em torno dela, que por sua vez é medida pelo coeficiente de variação, pode-se

afirmar que há baixa variabilidade dos atributos físicos avaliados.

A Ds apresenta valores médios baixos (Tabela 1), nas três profundidades avaliadas, sendo a menor na profundidade de 0,0-0,10 m, podendo ser atribuída não só ao revolvimento com grade aradora, como também à ausência de pisoteio animal, cujos efeitos se restringem normalmente a camada superficial do solo, alterando sua estrutura. Resultados semelhantes foi encontrado por Silva et al. (2008), em um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no cultivo da soja no cerrado; e por Silva et al. (2009) estudando a Ds, umidade (U) e resistência do solo à penetração em dois sistemas de cultivo. Em estudo sobre sistemas de manejo de solo, durante cinco anos, foi verificado por Da Ros et al. (1997) que a menor Ds ocorreu em tratamentos submetidos ao preparo convencional, em relação ao plantio direto, em três profundidades avaliadas entre 0,0-0,21 m.

Os resultados obtidos neste trabalho sobre a Ds, estão de acordo com os encontrados por Souza et al. (2004), nas profundidades de 0,0-0,20 m (1,40) e 0,20-0,40 m (1,41) em estudo de atributos físicos em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. Embora, não seja sensível para detectar a condição física do solo, a Ds tem sido um dos atributos

usados para avaliação do estado estrutural do solo (SPERA et al., 2004).

A MiP apresentou um decréscimo da profundidade de 0,0-0,10 m até 0,40 m (Tabela 1), com diferença significativa entre as profundidades de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m. Andreola et al. (2000), não verificaram diferença para MiP em estudo sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. A MaP apresentou valores baixos em todas as condições de estudo, podendo restringir o movimento de água no perfil do solo, não apresentando diferença significativa nas três profundidades avaliadas.

A Pt diminuiu da profundidade de 0,0-0,10 m para a profundidade de 0,20-0,40 m, indicando degradação da estrutura do solo (Tabela 1). Resultados semelhantes foi encontrado por Spera et al. (2004), em estudo dos efeitos de sistemas de produção de grãos nos atributos físicos de solo. Em solos sob preparo convencional com aração e gradagem, Da Ros et al. (1997) observaram maior Pt em profundidades entre 0,0-0,14 m, em relação ao plantio direto.

Quanto à diferença entre os valores de Pt, comparada nas três profundidades de amostragem, observou-se que não houve diferença entre as profundidades avaliadas no preparo convencional.

**Tabela 1** – Estatística descritiva dos atributos físicos densidade do solo (Ds), microporosidade (MiP), macroporosidade (MaP) e porosidade total (Pt) de amostras coletadas nas profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m no preparo convencional.

Atributo	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	$\delta$	CV	Cs	Ck	d <sup>(4)</sup>
Ds (kg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	1,01b	1,01	0,94	1,11	0,04	4,00	0,29	-0,26	*
Ds (kg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup>	1,11b	1,12	1,00	1,19	0,05	4,50	-0,52	-0,30	*
Ds (kg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	1,15a	1,16	1,10	1,22	0,03	2,60	0,08	-0,67	*
MiP (%) <sup>1</sup>	42,29a	41,84	38,44	49,24	2,54	6,00	0,94	0,64	*
MiP (%) <sup>2</sup>	40,88b	40,70	38,10	47,28	1,83	4,50	1,45	3,14	*
MiP (%) <sup>3</sup>	38,72b	38,51	35,77	42,01	1,26	3,30	0,71	1,16	*
MaP (%) <sup>1</sup>	14,84a	15,01	7,38	21,29	3,41	23,00	-0,18	-0,29	*
MaP (%) <sup>2</sup>	12,09a	12,05	8,96	19,89	2,15	17,80	1,09	2,58	*
MaP (%) <sup>3</sup>	13,49a	13,53	9,36	17,73	1,85	13,70	-0,14	-0,22	*
Pt (%) <sup>1</sup>	57,13a	57,20	52,43	61,12	1,95	3,40	-0,22	-0,13	*
Pt (%) <sup>2</sup>	52,97a	52,74	49,90	60,55	2,15	4,10	1,10	2,19	*
Pt (%) <sup>3</sup>	52,21a	51,99	49,82	56,03	1,40	2,70	0,58	0,32	*

<sup>1</sup>: profundidade de 0-0,10 m; <sup>2</sup>: profundidade de 0,10-0,20 m; <sup>3</sup>: profundidade de 0,20-0,40 m;  $\delta$ : desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Cs: coeficiente de assimetria; Ck: coeficiente de curtose; <sup>(4)</sup>: teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov ( $p \leq 0,05$ )). \*: distribuição normal; \*\*: distribuição não definida. Para um mesmo atributo, médias seguidas de mesma letra minúscula, em coluna, não diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

Nas Figuras 1, 2 e 3 observa-se a análise espacial dos modelos e parâmetros de ajustes dos semivariogramas escalonados para os atributos físicos avaliados nas profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, respectivamente.

Verifica-se na Figura 1 que a Ds, MiP e Pt, ajustam-se ao modelo esférico (ESF), com alcances de 11,10 m, 9,50 m e 10,90 m, respectivamente, com moderada variabilidade espacial para a Ds e Pt, e alta para MiP, segundo metodologia adotada por Cambardella et al. (1994). Estes resultados estão de acordo com Silva et al. (2009) para a Ds, e semelhantes com Schaffrath et al. (2008), em estudo sobre propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional, que

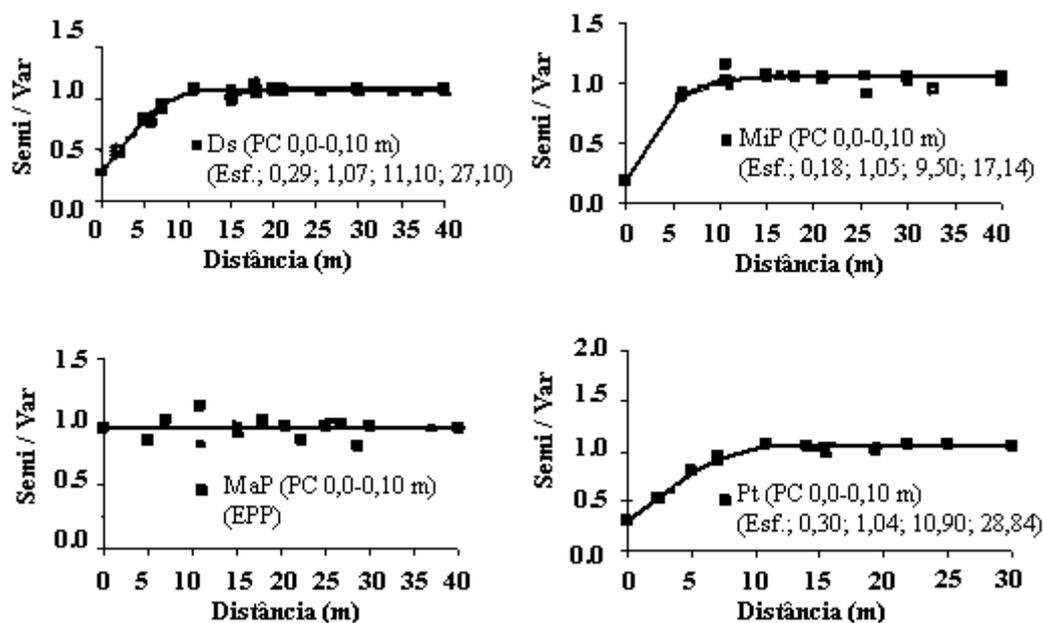
encontraram no preparo convencional (8,5m na Ds, 10,5m na MiP e 11,5m na Pt). A MaP, apresenta efeito pepita puro (EPP), indicando ausência de dependência espacial para distâncias maiores que a menor distância adotada na amostragem, corroborando com Silva et al. (2008).

Na Figura 2, a Ds e MiP apresentam efeito pepita puro (EPP), com ausência de dependência espacial para distâncias maiores que a menor distância adotada na amostragem (5,0 m). Resultados semelhantes foi obtidos por Silva et al. (2008). Os atributos MaP e Pt ajustam-se ao modelo linear (LIN) sem patamar, apresentando moderada variabilidade espacial para os dois atributos, segundo metodologia adotada por Cambardella et al. (1994). Este comportamento indica que

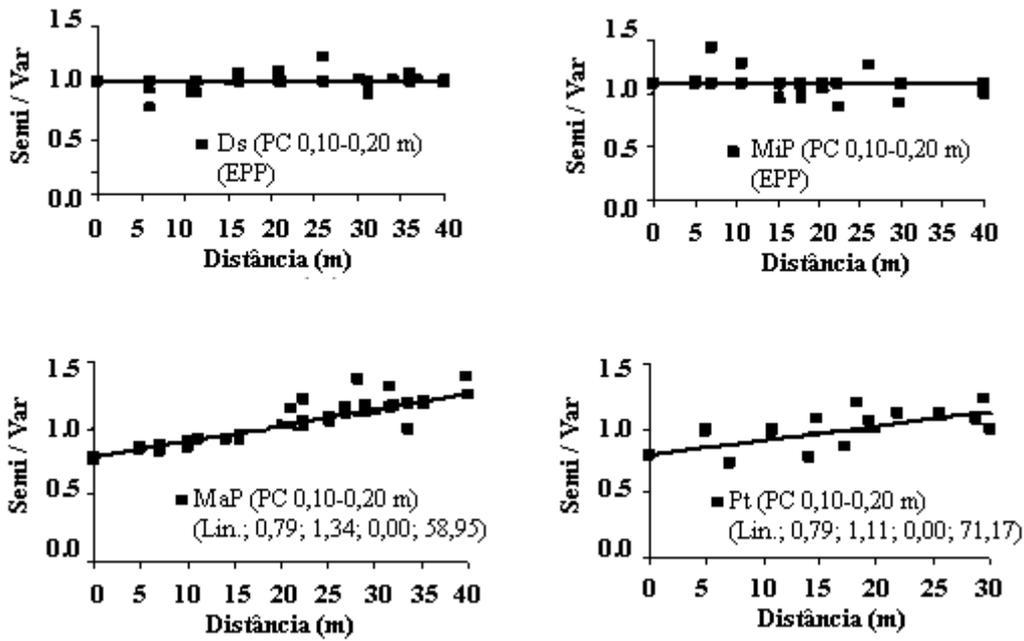
o tamanho da amostra não foi suficiente para exibir a estacionaridade intrínseca dos dados (GUIMARÃES, 2000, VIEIRA, 2002), portanto, não foram construídos os mapas temáticos para esse atributo devido não ter proporcionado uma definição do patamar na escala adotada.

A Ds ajustou-se ao modelo esférico (ESF), com alcance de 16,50 m, apresentando alta variabilidade espacial (Figura 3). O alcance do semivariograma indica, segundo Grego e Vieira (2005), a magnitude da variabilidade espacial. No preparo convencional, a Ds na

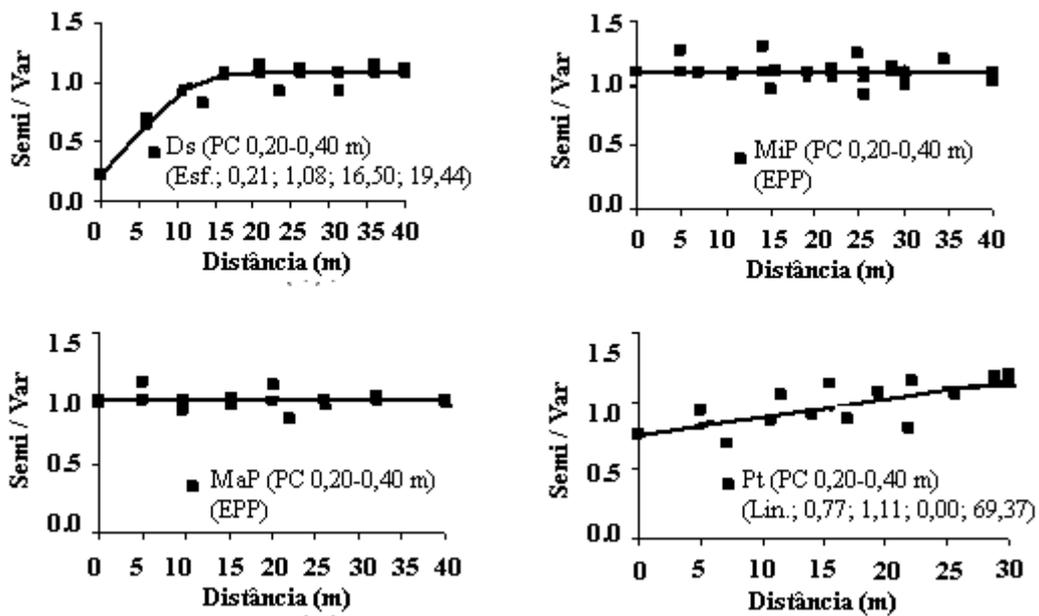
profundidade de 0,20-0,40 m apresentou maior homogeneidade, possivelmente devido ao intenso revolvimento do solo, o que pode ter promovido maior desagregação do solo, comprovada pela diminuição da MaP nas três profundidades avaliadas. Os atributos MiP e MaP apresentam efeito pepita puro (EPP), com ausência de dependência espacial para distâncias maiores que a menor distância adotada na amostragem, e a Pt ajustou-se ao modelo linear (LIN), com moderada variabilidade espacial (Figura 3).



**Figura 1** – Modelos e parâmetros ( $C_0$ ;  $C_0+C_1$ ;  $a$ ; GD) dos semivariogramas escalonados dos atributos físicos no preparo convencional (PC) na profundidade de 0,0-0,10 m.



**Figura 2** – Modelos e parâmetros ( $C_0$ ;  $C_0+C_1$ ;  $a$ ; GD) dos semivariogramas escalonados dos atributos físicos no preparo convencional (PC) na profundidade de 0,10-0,20 m.



**Figura 3** – Modelos e parâmetros ( $C_0$ ;  $C_0+C_1$ ;  $a$ ; GD) dos semivariogramas escalonados dos atributos físicos no preparo convencional (PC) na profundidade de 0,20-0,40 m.

A partir dos modelos aceitos com base na validação cruzada realizou-se a krigagem ordinária para a obtenção dos mapas de cada atributo físico que

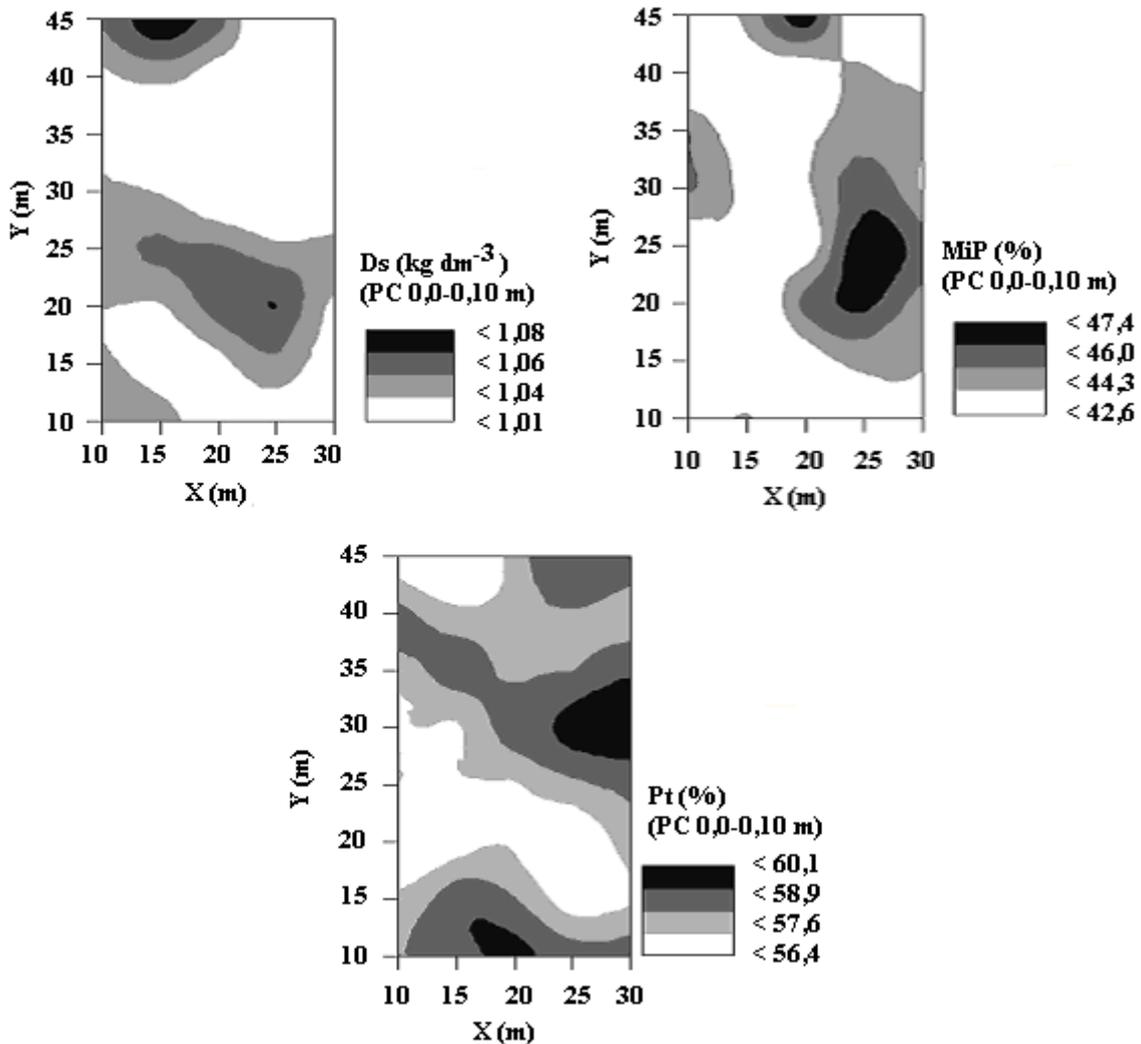
apresentou dependência espacial. As Figuras 4 e 5 apresenta os mapas interpolados da variabilidade espacial da Ds, MiP e Pt na profundidade de 0,0-

0,10 m, e da Ds na profundidades de 0,20-0,40 m. Observa-se na Figura 4 que onde há maiores concentrações da Ds, ocorre menores concentrações da Pt; a maior Pt pode estar relacionada a menor Ds, podendo ser atribuída, provavelmente, ao efeito residual do revolvimento do solo na camada superficial (até 20 cm), estando de acordo com os resultados obtidos por Silva et al. (2008).

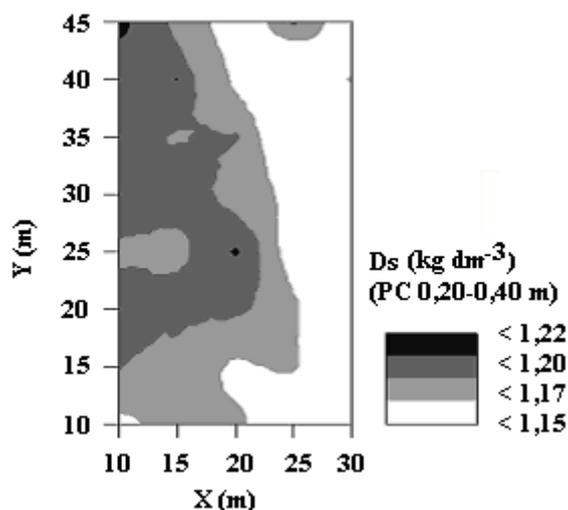
A MiP apresenta maiores concentrações no lado direito central da

área em estudo, podendo ser resultado das alterações estruturais promovidas pelo revolvimento do solo.

A Ds apresenta maiores concentrações no lado esquerdo, com grande variação na área central na profundidade de 0,20-0,40 m (Figura 5). Com o aumento da Ds, nesta profundidade, poderá haver redução na taxa de infiltração pela diminuição da Pt.



**Figura 4** – Mapa de krigagem da densidade do solo (Ds), microporosidade (MiP) e porosidade total (Pt) no preparo convencional (PC) na profundidade de 0,0-0,10 m.



**Figura 5** – Mapa de krigagem da densidade do solo ( $D_s$ ) no preparo convencional (PC) na profundidades de 0,20-0,40 m.

#### 4. CONCLUSÕES

A densidade do solo, a porosidade total e a microporosidade apresentaram maior continuidade espacial com maior alcance para a densidade do solo, com moderada variabilidade espacial para densidade do solo e porosidade total e alta variação para microporosidade, na profundidade de 0,0-0,10 m.

A distância mínima de 5 m entre os pontos de amostragens, não foi suficiente para caracterizar a variabilidade espacial dos atributos macroporosidade na profundidade de 0,0-0,10 m, densidade do solo e microporosidade na profundidade de 0,10-0,20 m, e microporosidade e macroporosidade entre 0,20-0,40 m.

A macroporosidade e a porosidade total apresentaram moderada variabilidade espacial na profundidade de 0,10-0,20 m, e a densidade do solo e a porosidade total apresentou alta e moderada variabilidade espacial na profundidade de 0,20-0,40 m, mostrando que o manejo adotado no solo influencia de forma diferente a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo.

#### 5. REFERÊNCIAS

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.

- CAMBARDELLA, C.A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.05, p. 1501-1511, 1994.
- 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**. Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.
- DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 241-247, 1997.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 2005. 212p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Serviço de Produção de Informação, Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.
- GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas de solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 169-177, 2005.
- GUIMARÃES, E.C. **Variabilidade especial de atributos de um latossolo vermelho escuro textura argilosa na região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional**. Campinas – SP, 2000. 92 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Área de concentração: Água e Solo. Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, Campinas, 2000.
- ROBERTSON, G.P. **GS+ Geostatistics for the environmental sciences: GS+ User's Guide Version 5**. Plainwell: Gamma Design Software, 2000. 200 p.
- SCHAFFRATH, V.R.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; GONÇALVES, A.C.A. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1369-1377, 2008.
- SILVA, J.M.; LIMA, J.S.S.; PIRES, F.R.; ASSIS, R.L. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um latossolo sob plantio direto e preparo convencional no cultivo da soja no cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 50, p. 167-180, jul./dez. 2008.
- SILVA, J.M.; PASSOS, A. da L.R.; BELTRÃO, F.A.S. Análise espacial da densidade, umidade e resistência do solo à penetração sob sistemas de cultivo. **Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v. 6, n. 3, p. 103-118, set/dez. 2009.
- SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,

- Viçosa, v. 28, n. 6, p. 937-944, 2004.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELY, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.
- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002, v.1, p.1-54.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic, 1998. p.655-675.