

## DENSIDADE DO SOLO SOB DOIS TIPOS DE COBERTURA ANALISADA POR TÉCNICAS DE GEOESTATÍSTICA

**Gustavo Soares de Souza<sup>1</sup>, Julião Soares de Souza Lima<sup>2</sup>, Samuel de Assis Silva<sup>1</sup>, Moisés Zucoloto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, CCA/UFES/DER, CP: 16, CEP: 29.500-000, e-mail: [gsdsouza@hotmail.com](mailto:gsdsouza@hotmail.com)

<sup>2</sup>Prof. Titular, CCA/UFES/DER, CP: 16, CEP: 29.500-000, e-mail: [limajss@yahoo.com.br](mailto:limajss@yahoo.com.br)

**Resumo-** Objetivou-se, neste trabalho, comparar o comportamento da densidade de um Argissolo Vermelho Amarelo sob dois tipos de cobertura vegetal. No presente estudo foram construídas, lado a lado, duas grades regulares para amostragem do solo, ambas sobre um Argissolo Vermelho Amarelo, porém com diferentes coberturas vegetais, sendo que uma área apresenta vegetação nativa e a outra pastagem de *Brachiaria decumbens*. A densidade do solo foi analisada pela estatística descritiva e, em seguida, pela geoestatística. A área de pastagem apresentou, em média, maior  $D_s$  que a área de vegetação nativa. Todos os atributos estudados apresentaram dependência espacial. A construção dos mapas temáticos proporcionou, de forma mais eficiente, a compreensão da variabilidade espacial dos atributos do solo e uma melhor visualização do comportamento do atributo nas áreas.

**Palavras-chave:** Variabilidade espacial, krigagem, atributos do solo.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

### Introdução

A pecuária bovina é considerada uma das principais atividades econômicas da região sul do Estado do Espírito Santo, sendo desenvolvida em extensas áreas de pastagem.

O potencial produtivo das pastagens é determinado por fatores relacionados ao clima, ao solo e a espécie envolvida (IMHOFF et al., 2000). O solo pode impor limitações ao crescimento das plantas pela capacidade de supri-las com nutrientes ou devido as suas características físicas.

O uso adequado do solo é o primeiro passo no sentido da preservação deste recurso natural, e também para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável (MANZATTO, 2002).

No contexto da conservação, a densidade do solo é um dos atributos físicos que mais se destaca em virtude de refletir, especialmente, as condições de compactação do solo, a qual é reflexo do manejo empregado (DIAS JÚNIOR, 2000). O aumento na densidade do solo causada pelo pisoteio dos animais concorre para a redução da produtividade e longevidade das pastagens (IMHOFF et al., 2000). O excesso de carga animal ocasionado por diferentes lotações sobre uma pastagem pode afetar algumas propriedades do solo e aumentar a suscetibilidade à erosão hídrica (BERTOL et al., 2000).

O solo, por ser um corpo tridimensional formado pela ação de vários fatores e processos, apresenta uma variação de suas características ao longo da paisagem (ABREU et al., 2002). O solo cultivado ainda revela fontes adicionais de heterogeneidade, originadas do efeito antrópico da

agricultura (CARVALHO et al., 2003). Como resultado, a natureza da variabilidade espacial do solo estudado depende da escala de observação e da variável em questão.

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 e VIEIRA, 2005).

A dependência espacial dos atributos físicos do solo vem sendo estudada e analisada através do uso de técnicas de geoestatística, permitindo a sua visualização espacial (ABREU et al., 2002; CARVALHO et al., 2003; GOMES et al., 2007).

Objetivou-se, neste trabalho, comparar o comportamento da densidade de um Argissolo Vermelho Amarelo sob dois tipos de cobertura vegetal.

### Metodologia

O estudo foi desenvolvido numa área experimental, localizada no distrito de Rive, município de Alegre, situada nas coordenadas 20° 46' 2,8" S e 41° 27' 39,2" W. O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com verão quente e úmido e inverno frio e seco.

No presente estudo foram construídas, lado a lado, duas grades regulares para amostragem do solo, ambas sobre um Argissolo Vermelho Amarelo, porém com diferentes coberturas vegetais, sendo que uma área apresenta vegetação nativa e a outra pastagem de *Brachiaria decumbens*.

Cada grade foi composta de 64 pontos (8 x 8), espaçados 10 m. Os pontos de coleta das amostras do solo foram georreferenciados utilizando equipamentos de topografia.

O atributo analisado nas duas áreas foi a densidade do solo (Ds), determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997) na camada superficial do solo.

A análise descritiva dos dados foi realizada para verificar a distribuição de frequência e a variabilidade dos dados. Foi aplicado o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade para comparar as médias.

A dependência espacial da densidade do solo foi determinada pela geoestatística a partir do ajuste do semivariograma. As semivariâncias, em função da distância entre os pontos, foram determinadas pela seguinte equação:

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

em que: N(h) é o número de pares experimentais de observações Z(x<sub>i</sub>) e Z(x<sub>i</sub>+h), separados por uma distância h.

Os semivariogramas foram escalonados pela variância, facilitando as interpretações e comparações entre eles e escolhidos segundo os critérios adotados pelo programa GS<sup>+</sup> (ROBERTSON, 1998).

O ajuste do semivariograma aos dados permitiu definir os seguintes parâmetros: efeito pepita (C<sub>0</sub>), patamar (C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>), alcance (a) e a razão de dependência espacial (RD). A razão de dependência espacial é a relação entre o efeito pepita (C<sub>0</sub>) e o patamar (C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>). A RD da densidade do solo foi classificada em fraca para os semivariogramas que apresentaram RD>75%, moderado para 25%<RD<75%, e forte para RD <25% (CAMBARDELLA et al., 1994).

Uma vez apresentada a dependência espacial, foram estimados pelo método da krigagem valores para locais não medidos, possibilitando a construção de mapas temáticos. Essa técnica permite estimar valores com as condições de estimativa sem tendenciosidade e com desvios mínimos em relação aos valores conhecidos, ou seja, com variância mínima (GREGO e VIEIRA, 2005).

Os mapas temáticos foram confeccionados no programa Surfer (GOLDEN SOFTWARE, 1999) permitindo uma melhor visualização dos resultados.

## Resultados

Na Tabela 1, encontra-se a análise descritiva da densidade do solo (Ds) para as áreas de vegetação nativa (VN) e pastagem (Pa). Foi

aplicado o teste t de Student para comparar as médias de Ds entre as duas áreas.

Tabela 1- Estatística descritiva da densidade do solo (Ds) sob vegetação nativa (VN) e pastagem (Pa)

Parâmetros	Atributos do solo	
	Ds-VN	Ds-Pa
Média	1,43 b	1,56 a
Mediana	1,43	1,56
Mínimo	1,31	1,47
Máximo	1,55	1,65
Desvio padrão	0,06	0,05
CV (%)	2,9	3,1
C <sub>s</sub>	-0,1	0,2
C <sub>k</sub>	-0,8	-1,1

CV - coeficiente de variação; C<sub>s</sub> - Coeficiente de assimetria; C<sub>k</sub> - coeficiente de curtose. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 1 são apresentados os modelos e parâmetros dos semivariogramas isotrópicos da densidade do solo. Utilizando-se o semivariograma isotrópico, assume-se que o padrão da estrutura espacial é o mesmo em todas as direções.

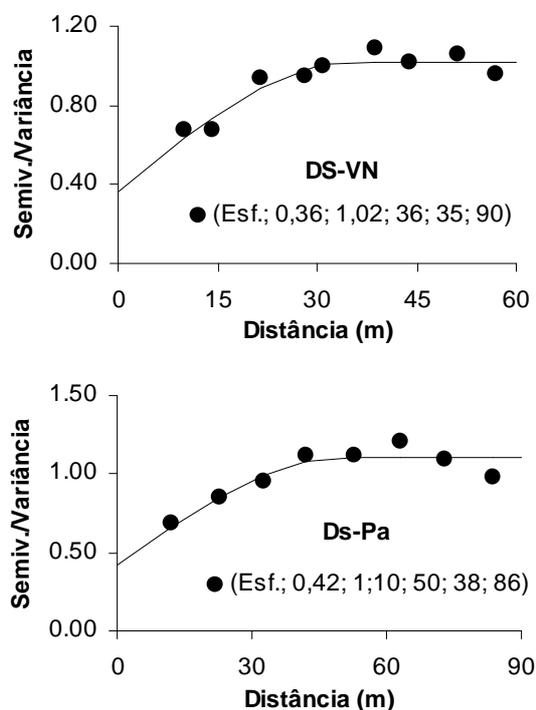


Figura 1- Parâmetros e modelo do semivariograma (Esf.; C<sub>0</sub>; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>; a; RD; R<sup>2</sup>) da densidade do solo (Ds) sob vegetação nativa (VN) e pastagem (Pa). Esf.: modelo esférico; C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>: patamar; a: alcance; RD: razão de dependência espacial; e R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

Conhecido o semivariograma teórico da densidade do solo para as duas áreas em estudo, foram estimados valores para locais não medidos por krigagem ordinária, permitindo a confecção de mapas de isolinhas.

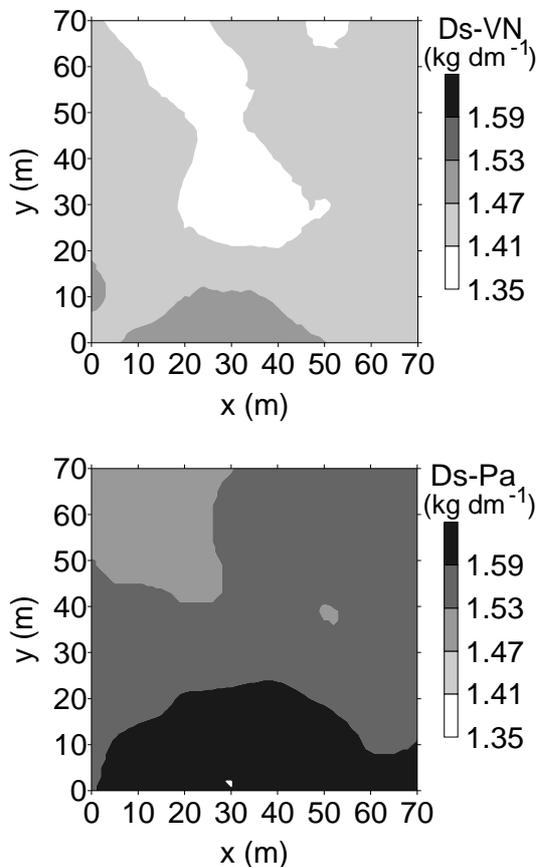


Figura 2- Mapas de isolinhas representando o comportamento espacial da densidade do solo (Ds) sob vegetação nativa (VN) e pastagem (Pa).

### Discussão

Os valores de CV (Tabela 1) da densidade do solo para as duas áreas em estudo, segundo a classificação de Warrick & Nielsen (1980), apresentaram-se baixos ( $CV < 12\%$ ), concordando com os resultados obtidos por Souza et al. (2004).

Os valores de média e mediana foram iguais para a Ds para as duas áreas em estudo, indicando tendência a distribuição normal dos dados. No entanto, a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, é conveniente apenas que a distribuição não apresente caudas muito alongadas (Cressie, 1991).

Os teores médios do atributo nas duas áreas apresentaram diferença significativa pelo teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade, sendo a maior Ds observada na área de pastagem. A menor Ds encontrada na área de vegetação nativa deve-se, principalmente, a ausência de pressão

mecânica exercida pelo pisoteio animal sobre o solo. Segundo Bertol et al. (2000), a Ds tende a aumentar com o aumento da pressão de pastejo.

Foi encontrada dependência espacial para a Ds nas duas áreas em estudo (Figura 1). O melhor ajuste encontrado para as duas áreas em estudo foi proporcionado pelo modelo esférico, apresentando  $R^2$  de 90 e 86% para as áreas de vegetação nativa e pastagem, respectivamente. Mello et al. (2004) considerou os modelos com  $R^2$  superior a 62% com bom ajuste para atributos químicos e físicos do solo.

O efeito pepita ( $C_0$ ) representa o comportamento da variação ao acaso e sua proporção em relação a semivariância determina a contribuição da dependência espacial, ou seja, quanto maior for o seu valor, mais fraca é a dependência espacial. A razão de dependência espacial foi classificada como moderada para as duas áreas em estudo (CAMBARDELLA et al., 1994).

O maior alcance foi observada para a Ds na área de pastagem (50 m). De acordo com Corá et al. (2004) estimativas feitas por krigagem ordinária tendem a ser mais confiável, quando se utiliza maiores alcances.

Pela gradação dos tons de cinza, nota-se presença de variabilidade para o atributo em estudo (Figura 2). Observa-se presença de maiores valores de Ds na área de pastagem em relação a área de vegetação nativa. Gomes et al. (2007) encontrou em área de pastagem maiores valores de Ds que em áreas cultivadas com lavouras e eucalipto. Esse autor cita ainda que o pisoteio animal é um dos principais causadores da compactação do solo na sua região, o que proporciona diminuição da infiltração de água no solo e, conseqüentemente, intensifica o processo erosivo.

Observa-se nos mapas maior concentração de valores mais elevados de Ds na parte inferior da área, indicando uma tendência dos animais permanecerem na região mais baixa da área. Bertol et al. (2000), citou que o manejo dos animais sobre as pastagens causa modificações nas propriedades físicas do solo, a médio e longo prazo, em que as pressões aplicadas pelo pisoteio dos animais ocasionam alterações na densidade e na porosidade do solo, principalmente na camada mais superficial do solo.

### Conclusão

A área de pastagem apresentou, em média, maior Ds que a área de vegetação nativa.

Todos os atributos estudados apresentaram dependência espacial.

A construção dos mapas temáticos proporcionou, de forma mais eficiente, a compreensão da variabilidade espacial dos

atributos do solo e uma melhor visualização do comportamento do atributo nas áreas.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil.

### Referências

- ABREU, S.L. de; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. da; REINERT, D.J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. **Cienc. Rural**, vol.33, n.2, p.275-282, 2003.

- BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. de; ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-Elefante-Anão cv. Mott. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.35, n.5, p.1047-1054, 2000.

- CAMBARDELLA, C.A.; MOOMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEM, D.L.; TURVO, R.F. & KONOPA, A.E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. **Soil Sci. Am. J.**, 47:1501-1511, 1994.

- CARVALHO, M.P.; TAKEDA, E.Y.; FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, n.4, p.695-703, 2003.

- 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. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.

- CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley, 1991.

- DIAS JÚNIOR, M.S. Compactação do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez V. V. H.; Schaefer, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2000. p.55-94.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento. 1997. 212p

- GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for windows: contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide**. New York, 1999. 619p.

- GOMES, N.M.; FARIA, M.A. de, SILVA, A.M. da; MELLO, C.R. de; VIOLA, M.R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.11, n.4, p.427-435, 2007.

- GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **R. Bras. Ci. Solo**, v.29, n.2, p.169-177, 2005.

- IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesq. agropec. bras.**, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.

- MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J.R.R. (ed.) **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 174p.

- MELLO, G.; BUENO, C.R.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.2, p.294-305, 2006.

- ROBERTSON, G. P. **GS<sup>+</sup>: Geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide**. Plainwell, Gamma Desing Software, 1998. 152p.

- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Application of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. 385 p.