

## VARIABILIDADE ESPACIAL DO CARBONO ORGÂNICO TOTAL E DO ESTOQUE DE CARBONO DE UM SOLO CULTIVADO SOB PASTAGEM

**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>, Alessandra Fagioli da Silva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, CCA/UFES/DER, CP: 16, CEP: 29.500-000, e-mail: [gdsouza@hotmail.com](mailto:gdsouza@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-** O objetivo desse trabalho foi caracterizar a variabilidade espacial do carbono orgânico total (COT) e do estoque de carbono (EC) em um solo sob cultivo de pastagem de *Brachiaria decumbens*. O trabalho foi desenvolvido em uma área pertencente à Escola Agrotécnica Federal de Alegre. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm em uma malha regular contendo 64 pontos, para determinação do carbono orgânico total e estimativa do estoque de carbono do solo. Inicialmente, foi feita uma análise dos dados pela estatística descritiva e, em seguida, aplicada a geoestatística. Os atributos COT e EC apresentaram a mesma estrutura de dependência espacial na área em estudo na profundidade de 0-20 cm. O manejo do solo, efetuado ao longo do tempo, provavelmente contribuiu para alterar o estoque de carbono neste solo.

**Palavras-chave:** Geoestatística, krigagem ordinária, matéria orgânica, pastagem

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

### Introdução

O sul do estado do Espírito Santo apresenta grande parte de sua área agrícola cultivada com gramíneas, em substituição a floresta tropical que no passado cobria toda a região. A conversão da vegetação nativa em sistema de produção, tem resultado em um declínio significativo da concentração de matéria orgânica do solo (LAL, 2002).

Em solos de regiões de clima tropical a matéria orgânica, mesmo em baixo teor, contribui com mais de 50% da CTC dos mesmos (PREZOTTI et al., 2007). Além disso, Gomes et al. (2007) também considerou a matéria orgânica do solo como bom indicador das condições de uso, ocupação e equilíbrio dos recursos presentes numa bacia hidrográfica. O teor de carbono no solo é influenciado por fatores inerentes aos sistemas de produção como o clima e as propriedades físicas e químicas do solo, além de fatores associados ao manejo (BRAZ et al., 2004).

De acordo com Silva e Mendonça (2007), mudanças na concentração de matéria orgânica no solo podem levar a alterações significativas nos teores de CO<sub>2</sub> na atmosfera. No Brasil mudanças no uso da terra, tais como: a substituição das áreas de vegetação nativa por áreas de cultivo intenso, frequente uso de queimadas e preparo intensivo do solo tem levado a diminuição da matéria orgânica do solo e aumento da emissão dos gases de efeito estufa, principalmente CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.

Com o avanço dos conhecimentos sobre o efeito estufa, pesquisas vêm sendo desenvolvidas no sentido de se encontrar alternativas que tornem

o solo menos emissor e mais absorvedor de gases. A implantação dessas alternativas, além dos benefícios que poderá trazer para os solos, poderá conferir aos agricultores reduções certificadas de emissão de carbono, negociáveis em bolsas de valores (CHAVES e FARIAS, 2008).

Vários autores têm demonstrado que os atributos do solo apresentam uma variação em função do espaço (CORÁ et al., 2004; GOMES et al., 2007; CHAVES e FARIAS, 2008). O conhecimento da distribuição espacial dos atributos do solo é importante para o refinamento das práticas de manejo e avaliação dos efeitos da agricultura sobre a qualidade ambiental (CAMBARDELLA et al., 1994). Investigar as causas dessa variabilidade são fatores importantes em um sistema de produção que vise ser sustentável (CORÁ et al., 2004).

Com o auxílio da geoestatística, a estrutura de dependência espacial dos atributos do solo vem sendo estudada e modelada, permitindo a sua visualização espacial (GOMES et al., 2007).

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a variabilidade espacial do carbono orgânico total (COT) e do estoque de carbono (EC) em um solo sob cultivo de pastagem de *Brachiaria decumbens*.

### Metodologia

O trabalho foi desenvolvido em uma área na Escola Agrotécnica Federal de Alegre - EAFA, localizada no município de Alegre, ao sul do Estado do Espírito Santo, apresentando altitude média de 150 m.

Foi escolhida uma área de pastagem no terço médio da rampa, formando um compartimento homogêneo. A área experimental está sendo cultivada a aproximadamente 6 anos com pastagem de *Brachiaria decumbens*. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, com textura argilosa, conforme EMBRAPA (2006).

As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm em uma malha regular de dimensões 70 x 70 m, totalizando 64 pontos amostrais, espaçados 10 m. Os pontos foram marcados com equipamentos de topografia e instrumentos de georreferenciamento (GPS).

As amostras de solo foram preparadas e submetidas à análise química para determinação do carbono orgânico total (COT), conforme Yeomans e Bremner (1988).

O estoque de carbono foi estimado a partir da expressão:

$$EC = (COT \times Ds \times E)/10$$

em que: EC é o estoque de carbono ( $Mg \text{ ha}^{-1}$ ); COT indica o teor de carbono orgânico total ( $g \text{ kg}^{-1}$ ); Ds é a densidade do solo do horizonte estudado ( $kg \text{ dm}^{-3}$ ); E é a profundidade (cm).

Os dados foram analisados, inicialmente, pela estatística descritiva, através de medidas de posição e dispersão. A hipótese de normalidade foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) ao nível de 5% de probabilidade.

A análise geoestatística foi utilizada para quantificar o grau de dependência espacial dos dados pelo semivariograma, utilizando o *software* GS+ (ROBERTSON, 1998). O semivariograma escalonado foi estimado pela Equação:

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

em que:  $\gamma^*$  é a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados  $Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$ ; h é a distância entre pontos amostrais; e  $N(h)$  é o número total de pares de pontos possíveis.

Os modelos teóricos para ajuste foram: esférico, exponencial, gaussiano. Na escolha do melhor modelo, utilizou-se a menor soma dos quadrados do resíduo (SQR) e o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). O ajuste do modelo de semivariograma escalonado possibilitou definir os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0+C$ ), alcance (a) e o índice de dependência espacial (IDE). O IDE é calculado pela relação  $[C/(C_0+C)] \times 100$  e classificado conforme critérios estabelecidos por Zimback (2001): fraco para valores de  $IDE \leq 25\%$ ; moderado entre  $25\% < IDE \leq 75\%$  e forte para  $IDE > 75\%$ .

Foi realizada a interpolação dos dados pelo método da krigagem ordinária, para estimar valores para locais não medidos, gerando assim mapas de distribuição espacial dos atributos.

## Resultados

Na Tabela 1, encontra-se a análise descritiva dos atributos do solo avaliados na área de estudo.

Tabela 1- Estatística descritiva dos atributos do solo sob pastagem na profundidade de 0-20 cm

Estatística	Atributos do solo	
	COT	EC
$\bar{x}$	14,6	45,5
Md	14,0	44,4
CV	17,0	16,2
$C_s$	0,5	0,4
$C_k$	-0,7	-0,4
KS	ns	ns

$\bar{x}$  - média; Md - mediana; s - desvio padrão; CV - coeficiente de variação;  $C_s$  - Coeficiente de assimetria;  $C_k$  - coeficiente de curtose; ns - distribuição normal.

Na Figura 1, são apresentados os modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados dos atributos do solo. O uso do semivariograma para a análise geoestatística permite verificar a presença ou não de dependência espacial dos atributos analisadas.

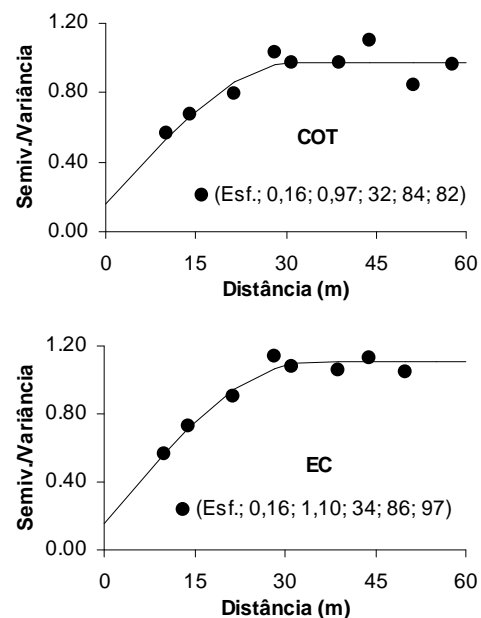


Figura 1- Modelo de semivariograma escalonado (Esf.;  $C_0$ ;  $C_0+C$ ; a; IDE;  $R^2$ ) dos atributos do solo na profundidade de 0-20 cm. Esf.: modelo esférico,  $C_0$ : efeito pepita,  $C_0+C$ : patamar, a: alcance, IDE: índice de dependência espacial, e  $R^2$ : coeficiente de determinação.

A confecção dos mapas (Figuras 3 e 4) foi realizada após estimativa de valores para locais não amostrados, utilizando a interpolação por krigagem ordinária.

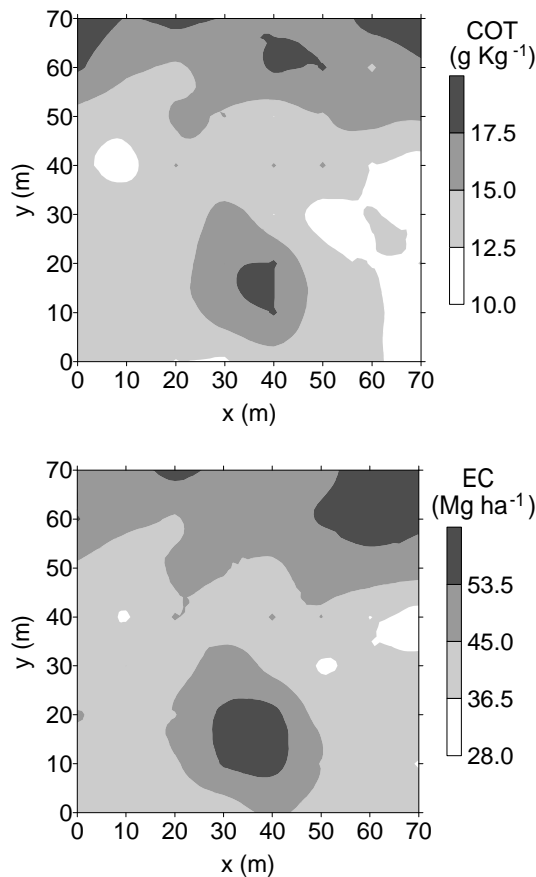


Figura 2- Mapa de distribuição espacial do carbono orgânico total (COT) e do estoque de carbono (EC) na área em estudo na profundidade de 0-20 cm.

## Discussão

Observou-se valores de assimetria e curtose diferentes de zero, indicando uma tendência dos dados dos atributos apresentarem distribuição não normal (Tabela 1). No entanto, os atributos apresentaram distribuição normal, verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

A área apresentou para COT e EC em média  $14,6 \text{ g kg}^{-1}$  e  $45,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Braz et al. (2004) também encontrou em área de pastagem (*B. decumbens*) valor de EC de  $85,1 \text{ Mg ha}^{-1}$  para profundidade de 1 m. A pastagem é um sistema promissor em aumentar os estoques de carbono orgânico do solo, por apresentar variações positivas em relação ao cerrado nativo (D'ANDRÉA et al., 2004). A manutenção dos estoques de carbono no solo sob pastagens depende, principalmente, da otimização de fatores relacionados ao manejo (BRAZ et al., 2004).

Os coeficientes de variação apresentaram valores bem próximos, sendo superior para COT. De acordo com a classificação de Warrick e Nielsen (1980), os dois atributos em estudo apresentaram variabilidade média dos dados ( $12\% < CV < 60\%$ ).

A análise geoestatística, efetuada por meio do ajuste do modelo teórico ao semivariograma experimental, mostrou que todos os atributos do solo estudado apresentaram dependência espacial (Figura 1). O modelo de semivariograma que melhor ajustou-se aos dados foi o esférico, apresentando  $R^2$  superior a 80%.

O  $C_0$  indica a variação ao acaso ou erros na obtenção dos dados. Neste estudo, o  $C_0$  dos dois atributos em estudo foi baixo, uma vez que representaram menos que 25% do patamar ( $C_0 + C$ ), ou seja, os dois atributos apresentaram forte dependência espacial ( $IDE > 75\%$ ), conforme classificação de Zimback (2001). Gomes et al. (2007) também observou forte dependência para a matéria orgânica em um solo sob pastagem.

Os atributos COT e EC apresentaram alcance de 32 e 34 m, respectivamente. O alcance indica a distância limite entre pontos correlacionados entre si, ou seja, pares de pontos espaçados a uma distância maior que o alcance podem ser analisados através da estatística clássica (VIEIRA, 2000).

A variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser influenciada pelos seus fatores intrínsecos (material de origem, relevo, clima, organismos e tempo) e pelos fatores extrínsecos, normalmente empreendidos pelas práticas de manejo do solo (CARVALHO et al., 2003). Gomes et al. (2007) estudando um solo sob pastagem, observou influência do uso e ocupação do solo na variabilidade espacial da matéria orgânica.

Observou-se maior concentração dos maiores valores na parte superior da área para os dois atributos em estudo (Figura 2). Chaves e Farias (2008) observaram em seu estudo que o EC não apresentou um comportamento homogêneo na sua distribuição, sugerindo a existência de diferentes zonas de manejo na área. Esses autores observaram ainda que os maiores valores de estoque de carbono se encontram na camada superficial do solo e que eles diminuem com a profundidade.

## Conclusão

O estoque de carbono foi estimado em média na camada superficial em  $45,1 \text{ Mg ha}^{-1}$  para área em estudo na profundidade de 0 a 20 cm.

Os atributos COT e EC apresentaram a mesma estrutura de dependência espacial na área em estudo.

O manejo do solo, efetuado ao longo do tempo, provavelmente contribuiu para alterar o estoque de carbono neste solo.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil, disponibilizando bolsa de mestrado ao primeiro autor.

### Referências

- BRAZ, S. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Degradação de pastagens, matéria orgânica do solo e a recuperação do potencial produtivo em sistemas de baixo "input" tecnológico na região dos cerrados.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 8 p. (Circular Técnica, 9).

- CHAVES, L.H.G.; FARIAS, C.H.A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba: Solo cultivado com cana-de-açúcar. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.**, v.3, n.1, p.20-25, 2008.

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

- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2.ed. **Manual de Métodos de Análise do Solo.** Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2.ed. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

- GOMES, N.M.; FARIA, M.A.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; 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.

- LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, v.116, p. 353-362, 2002.

- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª Aproximação.** Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

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

- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria orgânica do solo.** In: Novais, R.F. et al. (eds.) **Fertilidade do Solo.** 1. ed. Viçosa: UFV, 2007, p. 275-375.

- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, P.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. V.1. p.1-54.

- 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.

- YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.

- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo.** 2001. 114 f. Tese (Livro-Docência) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2001.