

Variação Espacial do Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico em Área de Campo Natural na Região Sul do Amazonas¹

Luís Antônio Coutrim dos Santos²; Milton César Costa Campos³; Bruno Campos Mantovanelli⁴; Leandro Coutinho Alho⁵; Diogo André Pinheiro da Silva⁶.

(¹) Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM; (²) Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Ciências do Solo no Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. e-mail: luizcouttrin@hotmail.com; (³) Professor Adjunto II, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, e-mail: mcesarsolos@gmail.com; (⁴) Acadêmico em Agronomia do IEAA/UFAM-AM. e-mail: brunomantovanelli21@gmail.com; (⁵) Lic. Ciências Agrárias, Mestrando em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas – Manaus. e-mail: leandro_alho@yahoo.com; (⁶) Acadêmico de Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM-AM. e-mail: andredioogo@hotmail.com

RESUMO: Avanços tecnológicos na agropecuária têm mostrado a importância de se quantificar a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas. O presente estudo teve como objetivo avaliar a variação espacial do teor de matéria orgânica do solo em área de campo natural na região Sul do Amazonas. Foi realizado o mapeamento de uma área de campo natural, nesta área foi estabelecida uma malha de 70 m x 70 m com espaçamentos regulares de 10 em 10 metros, perfazendo um total de 64 pontos amostrais, sendo coletadas amostras de solo nas profundidades 0,0 – 0,20 e 0,40 – 0,60 m, totalizando 128 amostras. O carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método da oxidação via úmida pelo dicromato de potássio e com base no teor de CO foi estimada a matéria orgânica. Todas as variáveis foram analisadas por meio de estatística descritiva e geoestatística. Observou-se que os atributos analisados apresentaram estrutura de dependência espacial nas duas profundidades analisadas.

Termos de indexação: campo natural, geoestatística, solos amazônicos.

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo refere-se aos resíduos vegetais e animais misturados, em várias fases de decomposição, de substâncias sintetizadas microbiologicamente ou quimicamente, sendo que os resíduos dessa forma são continuamente degradados, até sua estabilização, assumindo diferentes composições químicas (Spagnollo, 2004). A fração orgânica é um componente essencial dos solos produtivos, melhorando características químicas e físicas deles, contendo nutrientes essenciais para as plantas, que são liberados após a decomposição (Hassett & Banwart, 1992).

A quantidade de matéria orgânica no solo é uma característica de extrema importância na determinação de seus parâmetros de aptidão ao uso na produção florestal e agrícola, devido concentrar

uma soma considerável de propriedades desejáveis. Uma alta concentração de matéria orgânica favorece a infiltração de água no solo, diminuindo problemas com erosão e escoamento superficial (Alisson, 1973). O carbono presente na matéria orgânica do solo, em todo o planeta, representa um dos principais componentes do ciclo do carbono. Estimativas dizem que o solo é o principal compartimento terrestre do elemento, podendo armazenar de duas a cinco vezes mais do que o carbono da atmosfera (Eswaran et al., 1993).

Os avanços tecnológicos na agropecuária têm mostrado a importância de se quantificar a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, buscando otimizar o aproveitamento de recursos e diminuir custos (Carvalho et al. 2002). A análise geoestatística permite detectar a existência da variabilidade e distribuição espacial de variáveis do solo, constituindo assim uma importante ferramenta na análise e descrição detalhada dos atributos do solo (Vieira et al. 2002). Pois conhecendo as coordenadas geográficas do ponto amostrado, podem-se analisar os dados, possibilitando, segundo Vendrusculo (2001), representar a área com maior detalhamento.

O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo subsidia a tomada de decisão para adoção de diferentes sistemas de manejo, além de outras aplicações como em mapeamento de ambientes homogêneos, entendimento dos processos pedogenéticos e estimativas de densidade amostral dentre outros (Souza Neto et al., 2008). Dessa forma as associações entre os modelos de paisagem e os mapas de variabilidade espacial podem figurar como importantes ferramentas para visualização e entendimento das relações de causa e efeito da distribuição espacial dos atributos do solo (Hammer et al., 1995).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a variação espacial do teor de matéria orgânica do solo em área de campo natural na região Sul do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na região de Humaitá, sul do Estado do Amazonas, estando situada sob as coordenadas geográficas de 7° 30' 24"S e 63° 04' 56" W. A região apresenta relevo aproximado ao do tipo "tabuleiro", com desníveis muito pequenos e, bordos ligeiramente abaulados (Braun & Ramos, 1959). O clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração (Am), temperaturas variando entre 25 e 27 °C e precipitação média anual de 2.500 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho e umidade relativa do ar entre 85 e 90% (Brasil, 1978).

Foi realizado o mapeamento de uma área de campo natural, nesta área foi estabelecida uma malha de 70 m x 70 m, de onde que os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento da malha, com espaçamentos regulares de 10 em 10 metros, perfazendo um total de 64 pontos amostrais. Esses pontos foram georreferenciados com um equipamento de GPS para construção do Modelo Digital de Elevação e em seguida coletadas amostras indeformadas de solo nas profundidades 0,0- 0,20 e 0,40 – 0,60 m, totalizando 128 amostras.

Para determinação do carbono orgânico aplicou-se a metodologia de Yeomans & Bremner (1988), foi pesado 0,5 g de solo, em seguida, foram adicionados 10 mL de $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L⁻¹. Posteriormente, as amostras em tubos foram acondicionadas em chapa aquecedora e digeridas em temperatura de 250 °C, por 3 min; após essa etapa e depois de serem resfriadas, foram adicionados 1 mL de H_3PO_4 , visando facilitar a visualização do ponto de viragem da titulação. Em seguida, foram adicionadas três gotas do indicador difenilamina 1 %, sendo as amostras tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,4 mol L⁻¹. A matéria orgânica foi estimada com base no teor de carbono orgânico total.

A análise da dependência espacial foi realizada por meio da geoestatística. Sob teoria da hipótese intrínseca o semivariograma experimental foi estimado a partir do software GS+ (Robertson, 1998), pela equação:

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

Para a confecção dos mapas de isolinhas utilizou-se o software Surfer versão 8.00 (Golden Software Inc., 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva da matéria orgânica e carbono orgânico são apresentados na **(Tabela 1)**. Os valores da média e da mediana para os atributos analisados nas profundidades 0,0 – 0,20 e 0,40 – 0,60 m estão próximos, indicando que estes dados seguem uma distribuição simétrica.

Os coeficientes de assimetria e curtose estão próximos de zero **(Tabela 1)**, para todas as variáveis caracterizando distribuição simétrica, justificados pelos valores de média e mediana. Os resultados referentes ao teste Kolmogorov-Smirnov indicou normalidade para todas as variáveis estudadas, Souza et al. (2003) obtiveram os mesmos resultados a este trabalho, encontrando distribuição normal para a matéria orgânica e carbono orgânico. Apesar da normalidade dos dados não ser uma exigência da geoestatística, é importante que a distribuição não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem, as quais são baseadas nos valores médios (Isaaks & Srivastava, 1989).

Seguindo a classificação do coeficiente de variação (CV), proposta por Warrick & Nielsen (1980), os valores de CV para a classificação de variáveis do solo (CV < 12 %), (12 % < CV > 60 %) e (CV > 60 %), indicam variabilidade baixa, moderada e alta, respectivamente, e sendo assim, os teores de matéria orgânica e carbono orgânico apresentaram valores baixos de coeficiente de variação (CV) nas duas profundidades analisadas. Apesar de os coeficientes de variação permitirem comparar a variabilidade entre amostras com unidades diferentes, o seu emprego não deve ser generalizado, devendo-se apreciar esses resultados segundo as finalidades a que o trabalho se destina. O coeficiente de variação foi menor na camada de 0,0–0,20 m em relação à camada de 0,40–0,60 m para todas as variáveis **(Tabela 1)**.

Os semivariogramas experimentais são apresentados na **(Figura 1)**. As variáveis ajustaram respectivamente aos modelos esférico e exponencial. Os modelos esférico e exponencial que se ajustaram aos dados desse estudo concordam com os resultados de pesquisas que indicam esses modelos como os de maior ocorrência para atributos do solo (SOUZA et al., 2004).

Com relação ao ajuste da variável matéria orgânica, os resultados concordam com os obtidos por Silva & Chaves (2001), nas profundidades de 0,0–0,20 m e 0,40–0,60 m.

Na análise do grau de dependência espacial das variáveis em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al., (1994), onde valores de $[(C_0/(C_0+C_1))$ menores que 25% são considerados dependência espacial forte, valores de $[(C_0/(C_0+C_1))$ entre 25 e 75 % indicam dependência espacial moderada e valores de $[(C_0/(C_0+C_1))$ maiores que

75% dependência espacial fraca. A análise da relação do $[(C_0/(C_0+C_1))]$ mostrou que as variáveis em estudo apresentaram fraca dependência espacial. Convém destacar que a variável de matéria orgânica na profundidade de 0,40 – 0,60 m apresentou efeito pepita, ou seja, total independência entre os pontos amostrados.

O alcance (a) indica o limite da dependência espacial da variável, assim, determinações realizadas em distâncias menores que o alcance são correlacionadas umas as outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores que os amostrados. Os valores de alcance foram da ordem de 16 a 24 m mostrando assim total independência dos atributos analisados na área de estudo.

Os mapas de krigagem dos atributos matéria orgânica e carbono orgânico são representados na (Figura 2). Comparando as informações entre os valores dos atributos, observa-se que houve correlação entre os valores, quando comparados entre si, os maiores valores de carbono orgânico são observados onde ocorrem os menores valores de matéria orgânica nas profundidades estudadas.

CONCLUSÕES

1 - As variáveis apresentaram estrutura de dependência espacial fraca nas duas profundidades mostrando - se aleatória.

2 - A partir dos mapas de krigagem pode-se identificar regiões heterogêneas na área de estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFAM e a FAPEAM pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ALLISON, F.E. Soil organic matter and its role in crop production. *Developments in Soil Science*. Amsterdam: Elsevier, v. 3, 637 p. 1973.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radam Brasil, folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561 p.

BRAUN, E.H.G.; RAMOS, J.R.A. Estudo agroecológico dos campos Puciari-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). *Revista Brasileira de Geografia*. v. 21, n. 04, p. 443-497, 1959.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. *Soil Science Society of American Journal*, v. 58, n. 5, p. 1501- 1511, 1994.

CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M.; VIEIRA, S.R. Geostatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes

preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 37, p. 1151-1159, 2002.

ESWARAN, H.; VAN DEN BERG, E. REICH, P. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, v. 57, p. 192-194, 1993.

GOLDEN SOFTWARE INC. (Golden, Estados Unidos). SURFER for Windows: release 7.0: contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers, user's guide. New York, 1999. 619p.

HAMMER, R.D.; YOUNG, N.C.; WOLENHAUPT, T.L.; BARNEY T.L.; HAITHCOATE, T.W. Slope Class Maps Form Soil Survey and Digital Elevation Models. *Soil Sci. Soc. Am. J. Madison*, v.59, p.509-519, 1995.

HASSETT, J.J.; BANWART, W.L. Soils & their environment. New Jersey: Prentice-Hall, 1992. 427 p.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

ROBERTSON, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SILVA, P.C.M.; CHAVES, L.H.G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em alissolos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, p.431-436, 2001.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.43, n.2, p.255-260, 2008.

SOUZA, C.K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M.V.; PEREIRA, G.T. Influência do relevo na variação anisotrópica dos atributos químicos e granulométricos de um latossolo em Jaboticabal, SP. *Engenharia Agrícola*, v.23, p.486-495, 2003.

SOUZA, Z.M. et al. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.491-499, 2004.

SPAGNOLLO, E. Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais. 2004, 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

VENDRUSCULO, L.G. Desenvolvimento de um sistema computacional para análise geoestatística. Campinas, 2001. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, 2001.

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, L.M., eds. *Tópicos em Ciência do Solo*, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 1-45.

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.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.*, 19:1467-1476, 1988.

Tabela 1. Estatística descritiva para as variáveis de resistência do solo a penetração e umidade nas profundidades 0,0 – 0,20 e 0,40 – 0,60 m em área de campo natural na região sul do Amazonas.

Estatística Descritiva	Carbono Orgânico Total (COT)	Matéria Orgânica (MO)
	-----%-----	
Profundidade 0,0 – 0,20 m		
Média	23,57	40,64
Mediana	23,50	40,55
DP ¹	1,70	2,96
Variância	2,91	8,76
CV ²	7,24	7,28
Assimetria	-0,11	-0,10
Curtose	0,63	0,68
d ³	0,05	0,07
Profundidade 0,40 – 0,60 m		
Média	17,48	30,15
Mediana	17,75	30,65
DP	1,41	2,45
Variância	2,01	6,03
CV	8,12	8,15
Assimetria	-1,49	0,79
Curtose	4,19	4,21
d	0,15	0,15

¹ Desvio padrão; ² Coeficiente de variação; ³ Teste de Kolmogorov Smirnov 5% de probabilidade; * Significativo ao nível de 5%.

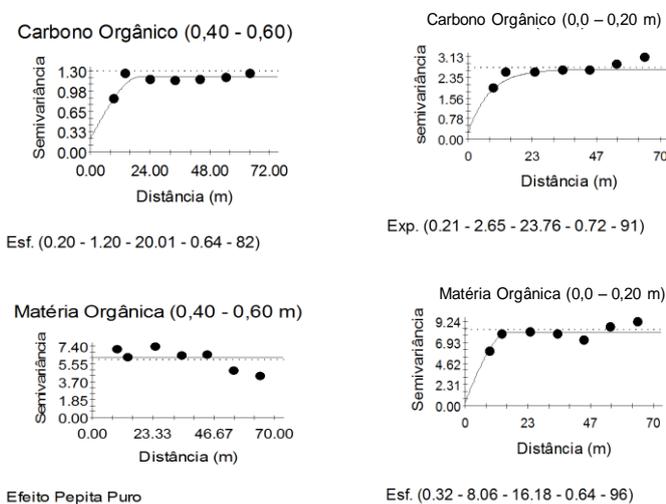


Figura 1: Semivariograma das variáveis de carbono orgânico e matéria orgânica nas profundidades de 0,0 – 0,20 e 0,40 – 0,60 m em área de campo natural na região Sul do Amazonas. Esf e Exp. (C₀; C₁+C₀; a), Esf = modelo esférico, Exp.= modelo exponencial. C₀ = efeito pepita; C₁+C₀ = patamar; a = alcance.

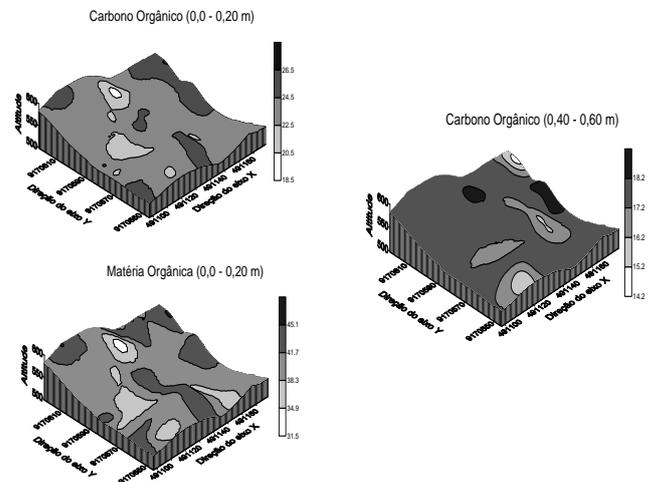


Figura 2: Mapas de krigagem das variáveis de matéria orgânica e carbono orgânico em área de campo natural na região Sul do Amazonas.