

Variabilidade Espacial da Estabilidade de Agregados e Matéria Orgânica de um Argissolo em uma Área de Floresta na Região Sul do Amazonas⁽¹⁾

Leandro Coutinho Alho⁽²⁾; Milton César Costa Campos⁽³⁾; Douglas Marcelo Pinheiro da Silva⁽⁴⁾; Romário Pimenta Gomes⁽⁵⁾; Pérsio de Paula Neto⁽⁶⁾.

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM; ⁽²⁾Mestre em Agronomia Tropical, UFAM, Manaus, AM, e-mail: leandro_alho@yahoo.com; ⁽³⁾Professor Adjunto II, Instituto de Educação Agricultura e Ambiente – IEAA, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Humaitá, AM. ⁽⁴⁾Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, UFAM, Manaus, AM. ⁽⁵⁾Acadêmico de Agronomia do IEAA/UFAM, Humaitá, AM. ⁽⁶⁾Acadêmico de Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM, Humaitá, AM.

RESUMO: Propriedades estruturais do solo são de vital importância para as plantas e na definição da taxa de erosão que poderá incidir sobre um determinado solo. O objetivo desse trabalho foi investigar a variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica de um Argissolo em uma área de floresta na região sul do Amazonas. Para tanto, foi construída uma malha com as dimensões de 70 x 70 m, e espaçamentos regulares entre os pontos de 10 m, totalizando 64 pontos amostrais. Os pontos foram georreferenciados com aparelho de GPS e a altitude de cada ponto foi mensurada com nível de precisão para a construção do Modelo Digital de Elevação. Foram coletados blocos de solo com estrutura preservada nas profundidades de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m para a determinação dos índices de agregação DMG e DMP pelo método do peneiramento úmido, e para a estimativa da matéria orgânica do solo com base no valor de carbono orgânico determinado pelo método de *Walkley-Black*. Os resultados da análise geoestatística indicou dependência espacial para todas as variáveis estudadas com maiores alcances para DMP e MOS na camada superficial de estudo. A forma do relevo configura um canal onde ocorre a menor estabilidade de agregados do solo.

Termos de indexação: geoestatística, elementos do relevo e estrutura do solo.

INTRODUÇÃO

As galerias florestais integram o complexo de vegetação dos Campos de Puciari-Humaitá, apresentam uma tipologia vegetal de floresta tropical densa estabelecida, ocupam as áreas mais elevadas da paisagem, margeiam os pequenos igarapés, rios e córregos da região.

De acordo com Campos et al. (2012) as diferentes vegetações nessa região são reflexo da característica do solo em cada ambiente, que por sua vez, expressa alterações imposta pela variação do relevo.

A estrutura e agregação do solo são de vital importância para as plantas, uma vez que essas

condições estão diretamente relacionadas com a disponibilidade de água e de ar para as raízes, com o suprimento de nutrientes, com a resistência do solo à penetração e com o desenvolvimento radicular e são extremamente importantes na definição da taxa de erosão que poderá incidir sobre um determinado solo (Vieira et al., 2011).

A conversão de áreas de vegetação natural em agrícolas gera um cenário preocupante, especialmente quando se trata de ambientes frágeis ou redutos florestais (Silva et al., 2008; Cardoso et al., 2011). Nesse contexto, ressalta-se a importância avaliar as propriedades do solo em áreas de vegetação nativa, a qual representam as condições ideais de estabilidade do ambiente.

Uma paisagem aparentemente homogênea pode apresentar variabilidade espacial de atributos do solo. Souza et al. (2004) observaram que pequenas variações no gradiente do declive e nas formas do relevo condicionam variabilidade espacial diferenciada em relação à matéria orgânica e estabilidade de agregados do solo.

A variabilidade espacial de atributos do solo pode ser determinada e compreendida por método estatístico próprio capaz de solucionar estimativas envolvendo variáveis espaciais, a saber, a geoestatística, constituindo assim de uma importante ferramenta na análise e descrição detalhada dos atributos do solo (Vieira et al., 2002).

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar a variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica de um Argissolo sob floresta na região sul do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região do município de Humaitá, sul do Estado do Amazonas, situado na latitude de 7° 30' 24" S e longitude de 63° 04' 56" W, em área do 54º Batalhão de Infantaria de Selva do Exército.

O solo em estudo é um Argissolo Vermelho Alítico plintico segundo a classificação de Campos et al. (2012). Foi construída uma malha amostral

nas dimensões de 70 x 70 m, com espaçamento regular entre os pontos de 10 m, totalizando 64 pontos de amostragem. Os pontos de cruzamento da malha foram georreferenciados com aparelho de GPS e a altitude de cada ponto foi mensurada com nível de precisão para a construção do Modelo Digital de Elevação (MDE).

A distribuição de agregados foi feita para as profundidades de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20m, pelo método de peneiramento úmido. Em cada ponto amostral da malha foram retirados blocos de solo com estrutura preservada, secos ao ar e passados em peneiras de 9,52 e 4,76mm. Os agregados retidos na peneira de 4,76 mm foram empregados na análise de estabilidade de agregados via úmida, a qual foi realizada colocando as amostras sobre um jogo de peneiras com malhas de 2,0, 1,0, 0,5, 0,25, 0,105 mm e submetendo-se as oscilações verticais durante 15 min, numa frequência de 32 oscilações por minuto.

Foi adotado como índices de estabilidade, o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP), cujos cálculos foram feitos segundo Kemper e Rosenau (1986).

A matéria orgânica do solo (MOS) foi estimada com base no valor do carbono orgânico o qual foi determinado pelo método de *Walkley-Black* modificado por Yeomans e Bremner (1988).

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo determinados a média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequências dos dados. Para a caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geoestatística. O semivariograma experimental foi estimado pela equação:

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

Após o ajuste dos modelos matemáticos permissíveis foi feita à interpolação dos dados por meio da krigagem.

A análise geoestatística foi realizada no *software* GS+ e os mapas de krigagem no *software* Surfer versão 8.00.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva para os índices da estabilidade de agregados e matéria orgânica do solo se encontram na **Tabela 1**. De modo geral, os valores de média e mediana são próximos para todas as variáveis nas diferentes profundidades o que corrobora com os valores de assimetria e curtose menores que 1.

Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov indicam não normalidade para MOS na camada superficial, DMG e DMP na profundidade de 0,05-0,10m e DMG na profundidade de 0,10-0,20m. Todavia a condição de não normalidade não é uma exigência da geoestatística, é conveniente apenas que a média e a variabilidade dos dados não sejam constantes em toda a área de estudo, e que ocorra a estacionaridade necessária ao uso da geoestatística (Vieira, 2000).

Quanto à classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Warrick e Nielsen (1980) o DMP na profundidade de 0,0-0,05 e 0,05-0,10m e a MOS nas diferentes profundidades apresentaram baixa variabilidade (CV > 12%), as demais variáveis apresentaram média variabilidade (CV entre 12 e 60%).

Os resultados da análise geoestatística revelam dependência espacial para todas as variáveis em estudo, com melhores ajustes aos modelos exponencial e esférico. Esses resultados corroboram com os encontrados por Souza et al. (2004) e Vieira et al. (2011), que avaliando a variabilidade espacial da estabilidade de agregados do solo obtiveram os melhores ajustes para esses modelos.

A análise do grau de dependência espacial (GDE) proposta por Cambardella et al. (1985) que expressa em termos proporcionais a relação $C_0/(C_0 + C_1)$ indica para o DMG e DMP na profundidade de 0,05-0,10m e MOS nas camadas subsuperficiais forte dependência espacial (GDE > 25%) e moderada dependência para os atributos nas demais profundidades. O maior alcance foi obtido pelo DMP (40m) e MOS (46m) na profundidade de 0,0-0,05 m (**Tabela 2**).

Referente aos valores médios, a estabilidade de agregados e a matéria orgânica foram maiores quando menor a profundidade. Na camada de 0,0-0,05m os resultados do DMG, DMP e MOS foram de 2,58mm, 3,11mm e 51,61 g kg⁻¹, respectivamente, enquanto na profundidade de 0,10-0,20m esses valores foram, respectivamente, 1,64mm, 2,49mm e 41,28 g kg⁻¹ (**Tabela 1**).

De acordo com Castro Filho et al. (1998) o DMP é tanto maior quanto maior for a porcentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com malhas maiores. Desse modo, o DMP pode melhor refletir a resistência do solo à erosão, não apenas pela força de ligação das partículas que constitui os agregados, mais também porque são esperados para maiores agregados maiores espaços porosos entre agregados, aumentando a infiltração e diminuindo o arraste do solo pela enxurrada.

Observa-se através dos mapas de krigagem (**Figura 1**) que a agregação é tanto maior quanto mais alto o teor de matéria orgânica do solo e são

indicadas pelo tom de cor mais escuros localizados no lado esquerdo dos mapas desses atributos.

As informações geradas pelos mapas de elevação indicam que a região de menor estabilidade de agregados compreende um canal que pode estar agindo no transporte e deposição de partículas do solo e, notadamente, da matéria orgânica, como se observa nos mapas da MOS (**Figura 1**).

É provável que esse comportamento se deva aos constituintes lábeis da matéria orgânica do solo de fácil transporte e deposição, como resíduos de plantas em decomposição, substâncias não-húmicas não ligadas aos constituintes minerais e formas solúveis em água (Passos et al., 2007) criando um “efeito borrão” que não favorece a formação e estabilidade dos agregados do solo. Esses resultados torna evidente a importância da pedoforma para transferência de informações espaciais de propriedades do solo.

CONCLUSÕES

As variáveis estudadas apresentaram dependência espacial com grau de dependência espacial de moderado a forte.

O DMP e a MOS apresentaram valores mais constantes ao longo da área de estudo na camada superficial.

Os índices da estabilidade de agregados e a matéria orgânica do solo apresentaram dependência espacial aos elementos do relevo (pedoforma).

AGRADECIMENTOS

A FAPEAM pelo financiamento da pesquisa e a UFAM pela execução do trabalho.

REFERÊNCIAS

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Viçosa-MG, v.22, p.527-538, 1998.

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 soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 58, p.1501-1511, 1994.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R.; SOUZA,

R.V.C.C.; ALMEIDA, M.C. Toposequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amaz. Manaus-AM*, vol. 42, p.387-398, 2012.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-mato-grossense.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986, p.425-441.

PASSOS, R.R.; RUIZ, H.A.; CANTARUTTI, R.B.; MENDONÇA, E.S. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico sob duas coberturas vegetais. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v.31, p.1109-1118, 2007.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.39, p.491-499, 2004.

VIEIRA, S. R.; DECHEN, S.C.F.; SIQUEIRA, G.M.; DUFRANC, G. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de agregação de dois Latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. *Bragantia*, Campinas-SP, v. 70, n. 1, p.185-195, 2011.

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, v. 2, p.1-45. 2002.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-53.

YOEMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communication Soil Science Plant Anal.* v.19, p.1467-1476.

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 Press, 1980. cap. 2, p.319-344.

Tabela 1. Estatística descritiva da estabilidade de agregados e matéria orgânica do solo nas diferentes profundidades

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	DMG	DMP	MOS	DMG	DMP	MOS	DMG	DMP	MOS
	-----0,0-0,05m-----			-----0,05-0,10m-----			-----0,10-0,20m-----		
MÉDIA	2,58	3,11	51,61	2,23	2,90	44,65	1,64	2,49	41,28
MEDIANA	2,64	3,13	51,45	2,31	2,97	44,60	1,51	2,44	41,03
MÁXIMO	3,30	3,34	60,50	3,15	3,30	51,91	2,98	3,21	47,61
MÍNIMO	1,68	2,73	43,39	1,14	2,15	36,80	0,56	1,59	36,39
¹ DP	0,37	0,12	2,71	0,47	0,25	3,41	0,59	0,41	2,34
² CV (%)	13,82	3,99	5,25	20,90	8,80	7,64	35,76	16,68	5,67
ASSIMETRIA	-0,49	-0,74	0,57	-0,43	-0,81	0,03	0,37	-0,10	0,49
CURTOSE	-0,06	0,56	3,32	-0,32	0,14	-0,25	-0,91	-0,84	0,33
³ d	0,08	0,07	0,12	0,10	0,16	0,06	0,11	0,09	0,07

DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; MOS: matéria orgânica do solo; ¹DP: desvio padrão; ²CV: coeficiente de variação; ³d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; ⁽¹⁾ significativo a 5% de probabilidade

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados para os semivariogramas experimentais da estabilidade de agregado e matéria orgânica do solo

PARAMETROS	DMG	DMP	MOS	DMG	DMP	MOS	DMG	DMP	MOS
	-----0,0-0,05m-----			-----0,05-0,10m-----			-----0,10-0,20m-----		
MODELO	Esf	Esf	Esf	Exp	Exp	Exp	Esf	Esf	Exp
EFEITO PEPITA	0,03	0,005	3,57	0,03	0,01	1,45	0,09	0,06	0,73
PATAMAR	0,11	0,012	7,87	0,21	0,07	11,53	0,33	0,15	5,18
ALCANCE (m)	33	40	49	21	27	24	37	33	33
GDE %	27,3	41,7	46	14,3	14,3	13	27,3	40,0	14
R ²	0,99	0,99	0,92	0,82	0,98	0,79	0,99	0,96	0,98

DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; MOS: matéria orgânica do solo; R²: coeficiente de determinação; GDE%: grau de dependência espacial; Esf: esférico; Exp: exponencial.

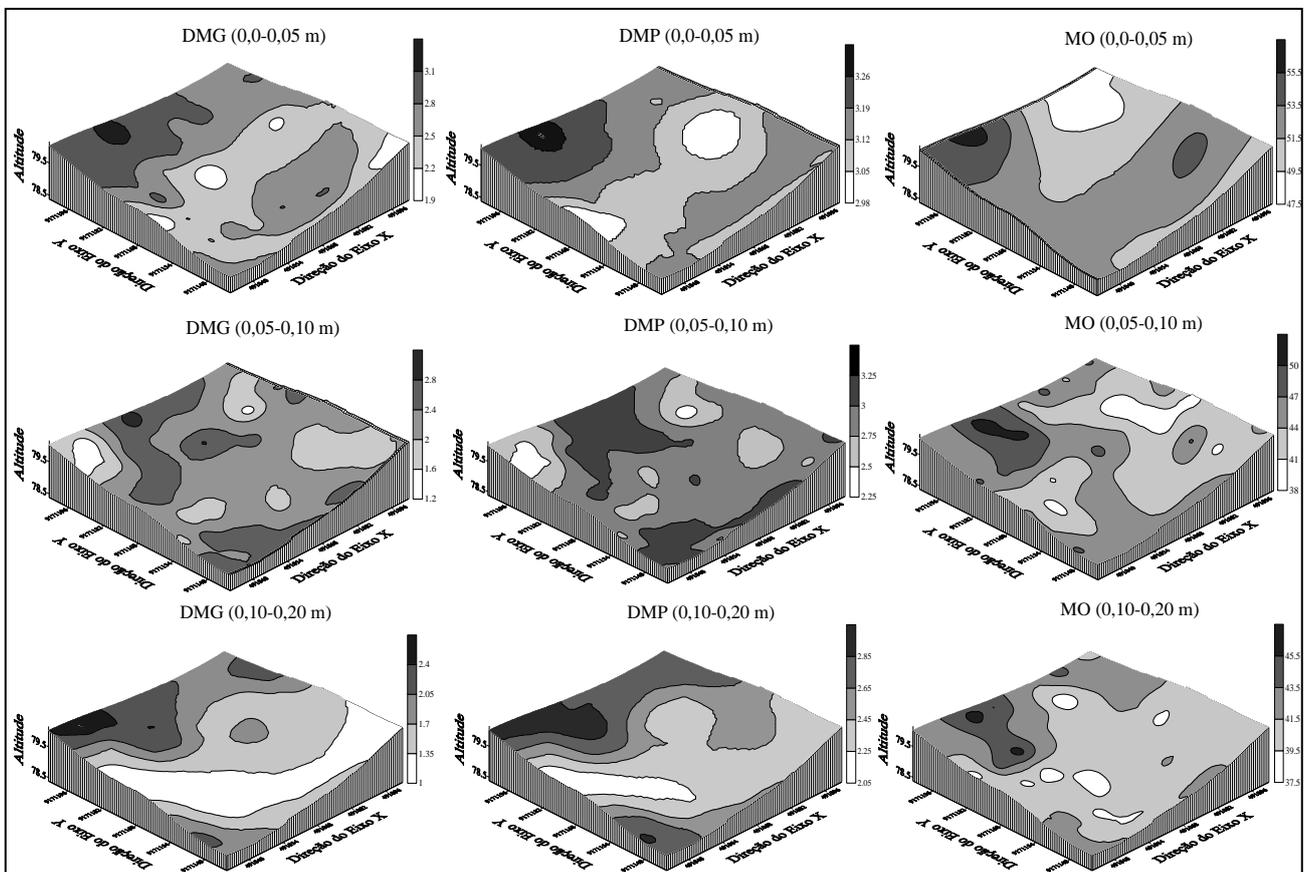


Figura 1. Mapas de krigagem e Elevação Digital dos índices da estabilidade de agregados e da matéria orgânica do solo nas diferentes profundidades