

## Variabilidade Espacial de Alguns Atributos Físicos de um Argissolo em uma Área de Floresta na Região Sul do Amazonas<sup>(1)</sup>

Leandro Coutinho Alho<sup>(2)</sup>; Milton César Costa Campos<sup>(3)</sup>; Douglas Marcelo Pinheiro da Silva<sup>(4)</sup>; Selma Ferreira Viana<sup>(5)</sup>; Rwanielly Freitas de Castro<sup>(5)</sup>

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

**RESUMO:** Buscando gerar informações a respeito da distribuição espacial e comportamento de propriedades do solo que refletem a qualidade do solo, este trabalho teve como objetivo investigar a variabilidade espacial de alguns atributos físicos 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 coletadas amostras com estrutura preservada utilizando-se cilindros volumétricos nas profundidades de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. As variáveis foram analisadas por meio de estatística descritiva e geoestatística. Observou-se que os atributos em estudo apresentaram estrutura de dependência espacial de GDE de forte a moderada. A configuração do relevo foi marcante na variabilidade espacial. A Ds e a RSP apresentaram correlação com a umidade do solo.

**Termos de indexação:** formas do relevo, qualidade do solo, vegetação nativa.

### INTRODUÇÃO

As características físicas do solo é um importante indicador da sua sustentabilidade quando submetido a diferentes usos e manejos.

Tisdall (1980) observou que quando o solo é revolvido inadequadamente ou de forma excessiva tende a modificar a estrutura original, fracionando agregados em unidades menores, reduzindo o volume de macroporos e aumentando o volume de microporos.

No contexto da conservação do solo, a densidade (Ds) 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.

A compactação do solo exerce influência direta no aumento na densidade e conseqüentemente na redução da porosidade do solo, principalmente, da macroporosidade (Albuquerque et al., 1995). Por outro lado, Silva e Kay (1997) afirmam que a

microporosidade é pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo.

A resistência do solo à penetração (RSP) é um parâmetro que faz inferência a penetração de raiz e tem estreita relação com alguns atributos do solo, como a densidade e umidade. Essas propriedades do solo por sua vez estão direta ou indiretamente relacionadas com o crescimento e desenvolvimento das plantas devido os efeitos que exercem nos processos metabólicos e nas funções vitais das plantas (Lima et al., 2006; Costa et al., 2012).

No setor agropecuário brasileiro ainda é comum grades áreas serem consideradas homogêneas, nelas as decisões quanto ao uso e práticas de manejo são tomada com base em valores médios não suprimindo, muitas vezes, as reais necessidades do solo. Para Souza et al. (2004) uma característica intrínsecas dos solos é a sua heterogeneidade.

A heterogeneidade deve ser considerada toda vez que a amostragem de solo for efetuada a fim de minimizar os efeitos da variabilidade espacial sobre a vegetação de o recobre.

A geoestatística permite estabelecer um modelo de semivariograma que melhor descreve a variabilidade espacial de propriedades do solo, o qual é utilizado no processo de interpolação de valores para locais não mensurados pelo método de krigagem.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de alguns atributos físicos de um Argissolo em uma área de 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.

A tipologia vegetal é de Floresta Tropical Densa, disposta como galerias florestais ao longo de igarapés, córregos e rios da região. 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).

Nos pontos foram coletadas amostras com estrutura preservada em cilindros metálicos com 5,57 cm de diâmetro e 4,1 cm de altura. Após o preparo das amostras, estas foram saturadas por elevação gradual de uma lâmina de água até atingir cerca de dois terços da altura do cilindro e realizado o procedimento para obtenção da microporosidade pelo método da mesa de tensão, onde foram submetidas a uma tensão de 0,006 MPa, conforme descrito em Embrapa (1997).

Em seguida à obtenção da microporosidade, quando as amostras se encontravam com um potencial matricial de 0,006 MPa, foram medidos a Resistência do Solo à Penetração (RSP), utilizando um penetrógrafo eletrônico com velocidade constante de penetração de 1 cm min<sup>-1</sup>, desenvolvido por Serafim et al. (2008). Após a determinação da RSP as amostras foram levadas à estufa a 105-110° C por 48 h, para se determinar a umidade volumétrica e a Ds pelo método do cilindro volumétrico. O volume total de poros e a macroporosidade foram obtidas de acordo com Embrapa (1997).

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo determinados os valores de tendência e dispersão. Para a caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geoestatística, cujo 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 e elaboração dos mapas.

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

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da estatística descritiva dos atributos físicos do solo estão apresentados na **(Tabela 1)**. Os coeficientes de assimetria e curtose estão próximos de zero, para todas as variáveis caracterizando distribuição assimétrica, justificados pelos aproximados valores de média e mediana,

concordando com o resultados encontrados por Bottega et al. (2011).

Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov revelam que apenas as variáveis MaP e umidade na profundidade de 0,10-0,20m não apresentaram normalidade dos dados. Todavia, em se tratando de dados obtidos na natureza, o ajuste de uma distribuição teórica é apenas aproximado (Warrick e Nielsen, 1980).

Os parâmetros dos semivariogramas foram ajustados aos modelos exponencial e esférico. Todavia, alguns atributos não apresentaram dependência espacial, os quais foram a RSP e VTP da camada superficial e MiP da profundidade de 0,05-0,10m, conferindo a esses atributos a condição de efeito pepita puro, significando variação aleatória dos atributos na área de estudo, considerando a distância de amostragem utilizada.

De acordo com a classificação de Cambardella et al. (1994) os atributos limitaram-se de forte a moderada dependência **(Tabela 1)**. O maior e menor alcance encontram-se, respectivamente, na profundidade de 0,0-0,05 m para umidade com alcance de 45 m e na profundidade de 0,05-0,10 m para MaP e VTP ambos com alcance de 21 m.

Os valores médios mostram que quanto maior a profundidade estudada maiores são os valores de Ds e RSP, e menores os valores de MaP e umidade, a MiP e o VTP praticamente não se alteram em profundidade **(Tabela 1)**.

O perfil linear do relevo, caracterizando um relevo uniforme proporciona aos atributos uma distribuição mais prolongada de seus valores ao longo da área de estudo **(Figura 1)**.

Observar nos mapas que a região central da área de floresta apresenta os maiores valores de Ds e RSP com valores superiores a 1,32 g cm<sup>-3</sup> e 1,49 MPa, respectivamente. Em contrapartida, na mesma região dos mapas são encontrados os menores valores de umidade e MiP, resultados que corroboram com os encontrados por Souza et al. (2006) e Iori et al. (2012).

A MaP e MiP são proporções do VTP, sendo assim e diante da baixa amplitude dos valores máximo e mínimo da MiP a distribuição dos valores de VTP na área de estudo seguiram o mesmo comportamento da MaP **(Figura 1)**.

## CONCLUSÕES

1 - Os atributos físicos avaliados apresentaram dependência espacial, com exceção da RSP e VTP na camada superficial e MiP na profundidade de 0,05-0,10 m;

2 – A característica linear do relevo proporcionou uma distribuição mais prolongada dos valores dos atributos ao longo da área de estudo.

### AGRADECIMENTOS

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

### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTIMELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 19:115-119, 1995.

BOTTEGA, E. L.; BOTTEGA, S. P.; SILVA, S. A.; QUEIRO, D. M.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.2, p. 331-336, 2011.

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.

COSTA, M.A.T.; TORMENA, C.A.; LUGÃO, S.M.B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W.G.; MEDEIROS, F.M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Viçosa-MG, v.36, p.993-1004, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de

métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.212p.

IORI, P.; DIAS JÚNIOR, M.S.; SILVA, R.B. resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. *Biosci. J.*, Uberlândia-MG, v.28, p.185-195, 2012.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 30:59-68, 2006.

SERAFIM, M.E.; VITORINO, A.C.T.; SOUZA, C.M.A.; PRADO, E.D.; VENTURIN, J.C.; YAMAMOTO, N.T. Desenvolvimento de um penetrógrafo eletromecânico de bancada. *R. Ci. Téc. Agropec.*, 17:61-65, 2008.

SILVA, A.P. e KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:877-883, 1997.

SOUZA, Z. M.; CAMPOS, M. C. C.; CAVALCANTE, Í. H. L.; MARQUES JÚNIOR, J.; CESARIN, L. G.; DE SOUZA, S. R.; Dependência espacial da resistência do solo à penetração e teor de água do solo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, v. 36, n. 1, p. 128-134, 2006.

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.

TISDALL, J.M. The management of ryegrass to stabilize aggregates of a redbrown earth. *Australian Journal of Soil research*, V.18, p. 415-422, 1980.

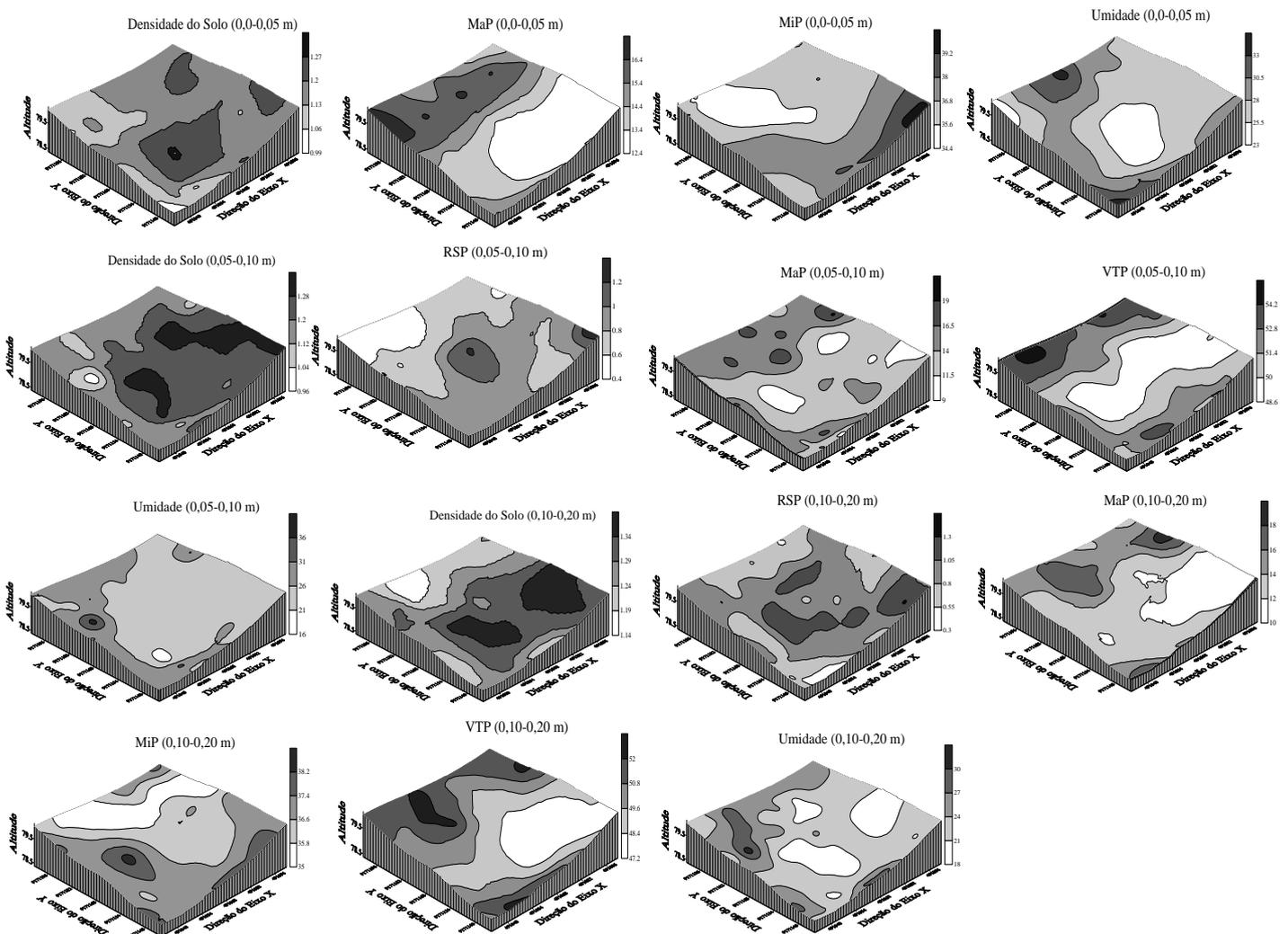
WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic, 1980.p.319-344.

**Tabela 1.** Estatística descritiva e geoestatística dos atributos físicos do solo nas diferentes profundidades.

Estatística	Ds	RSP	MaP	MiP	VTP	Umidade
	g cm <sup>-3</sup>			MPa		%
----- 0,0 – 0,05 m -----						
Média	1,15	0,77	14,11	36,63	50,74	27,74
Mediana	1,15	0,73	13,70	36,56	50,42	27,96
Máximo	1,32	1,49	20,73	41,08	57,45	37,98
Mínimo	0,97	0,30	8,98	32,56	43,55	19,87
<sup>2</sup> CV%	6,4	30,8	17,7	5,2	5,6	12,7
Assimetria	-0,13	0,51	0,58	0,08	-0,07	0,56
Curtose	0,09	0,30	0,18	-0,33	0,06	0,78
<sup>3</sup> d	0,07*	0,06*	0,09*	0,08*	0,08*	0,07*
Modelo	Exponencial	Linear	Esférico	Esférico	Linear	Esférico
Alcance (m)	36	-	45	38	-	45
GDE(%)	7,7	EPP	47,6	48,6	EPP	29,9
----- 0,05 – 0,10 m -----						

<b>Média</b>	1,20	0,77	14,17	36,77	51,17	25,61
<b>Mediana</b>	1,21	0,79	14,03	36,71	51,07	24,79
<b>Máximo</b>	1,34	1,32	20,52	40,14	55,62	35,60
<b>Mínimo</b>	0,90	0,30	8,06	33,18	47,12	20,31
<b><sup>2</sup>CV%</b>	7,97	28,55	20,65	4,57	4,48	13,81
<b>Assimetria</b>	-1,10	0,16	0,44	-0,11	0,16	1,16
<b>Curtose</b>	1,40	0,07	-0,41	-0,46	-0,90	1,08
<b><sup>3</sup>d</b>	0,09*	0,08*	0,09*	0,07*	0,09*	0,07*
<b>Modelo</b>	Exponencial	Esférico	Exponencial	Linear	Esférico	Exponencial
<b>Alcance (m)</b>	41	33	21	-	21	25
<b>GDE(%)</b>	14,8	37,5	10,9	EPP	13,8	14,0
----- 0,10 – 0,20 m -----						
<b>Média</b>	1,26	0,85	13,26	36,55	50,16	23,53
<b>Mediana</b>	1,27	0,85	12,95	36,73	50,12	22,72
<b>Máximo</b>	1,44	1,52	20,94	39,42	59,00	34,87
<b>Mínimo</b>	0,99	0,22	8,06	32,89	45,21	17,65
<b><sup>2</sup>CV%</b>	7,77	36,09	19,40	3,86	5,54	16,01
<b>Assimetria</b>	-0,46	0,09	0,67	-0,27	0,90	1,03
<b>Curtose</b>	0,29	-0,64	0,87	-0,27	1,08	1,17
<b><sup>3</sup>d</b>	0,06*	0,06*	0,10	0,08*	0,08*	0,10
<b>Modelo</b>	Esférico	Exponencial	Esférico	Exponencial	Esférico	Exponencial
<b>Alcance (m)</b>	33,8	31	34	44	41	30
<b>GDE(%)</b>	37,8	12,5	25,0	35,3	46,4	6,9

<sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação; <sup>2</sup>d: Teste de Kolmogorov Smirnov; <sup>3</sup> 5 %probabilidade; DGE: grau de dependência espacial.



**Tabela 1.** Mapas de krigagem dos atributos físicos do solo nas diferentes profundidades