



Dependência Espacial dos Agregados do Solo em Área de Terra Preta Arqueológica sob Cultivo de Café na Região Sul do Amazonas⁽¹⁾.

Romário Pimenta Gomes⁽²⁾; Milton César Costa Campos⁽³⁾; Wildson Benedito Mendes Brito⁽⁴⁾; Uilson Franciscon⁽⁵⁾; Douglas Marcelo Pinheiro da Silva⁽⁶⁾; Anderson Cristian Bergamin⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; ⁽²⁾ Acadêmico em Agronomia do IEAA/UFAM-AM. e-mail: rpgagronomia@gmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto II do 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: wild.brito@gmail.com; ⁽⁵⁾ Acadêmico de Engenharia Ambiental, IEAA/UFAM. e-mail: uilsonfranciscon@gmail.com; ⁽⁶⁾ Professor adjunto do IEAA/UFAM. e-mail: douglasmarcelo@gmail.com; ⁽⁷⁾ Professor adjunto da Universidade Federal de Rondônia. e-mail: andersonbergamin@hotmail.com.

RESUMO: Estudos que abordem os impactos do uso e manejo do solo com culturas, são fundamentais na avaliação da sustentabilidade dos diferentes agroecossistemas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a dependência espacial dos agregados do solo em área de terra preta arqueológica sob cultivo de café na região Sul do Amazonas. Foi realizado o mapeamento na área de TPA, Nesse local foi delimitada uma malha de 42 x 100 metros, com espaçamentos de 6 x 10 metros, totalizando 88 pontos amostrais, sendo realizada as coletas de solo nas profundidades 0,0-0,05 e 0,05-0,10 metros, totalizando 176 amostras. Para determinação da estabilidade dos agregados do solo pelo método do peneiramento úmido, com o uso de um ioder, numa frequência de 32 oscilações por minuto. Todas as variáveis foram analisadas por meio de estatística descritiva e geoestatística. Nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 metros, os atributos avaliados apresentaram forte dependência espacial, somente a classe de agregados < 2 mm foi classificada como moderada.

Termos de indexação: manejo do solo; classes de agregados; geoestatística.

INTRODUÇÃO

As terras pretas arqueológicas possuem elevado teor de matéria orgânica e também propriedades físico-químicas como a elevada reatividade das frações húmicas (Cunha et al., 2009). Tendo a matéria orgânica do solo, um papel fundamental na formação dos agregados, que são considerados unidades básicas da estrutura do solo (Meurer, 2000).

Uma das mais importantes propriedades do solo do ponto de vista agrícola é a estruturação, sendo assim a quantificação desse atributo torna se fundamental para agroecossistema sustentável. Quando um solo é cultivado há

alterações na sua estrutura natural (Souza & Alvez, 2003). Pois há uma estreita relação entre o cultivo e o estado de agregação do solo, visto que a prática de cultivo com o uso de culturas com vigoroso e extenso sistema radicular rompe os macroagregados, causando assim, impacto nos organismos filamentosos, deixando mais rápida a decomposição da matéria orgânica do solo (Moreira e Siqueira, 2006).

Para Bronick & Lal (2005) a agregação do solo pode ser alterada pelas plantas, principalmente pela ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante e, indiretamente, fornecendo nutrientes à fauna do solo.

Com o uso das técnicas geoestatísticas é possível verificar a variabilidade do comportamento dos atributos do solo no espaço e no tempo (Wang et al., 2002), assim como também redução de custos, pois esta ferramenta incorpora em si funções de relacionar a distância e a covariância dos atributos do solo entre os pontos das análises espaciais tornando assim as determinações mais acuradas. Permitindo definição de práticas regionalizadas do solo, e, juntamente com a definição da variabilidade espacial, possibilita melhor controle dos fatores de produção das culturas e proteção ambiental (Fraisse et al., 1999).

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a dependência espacial dos agregados do solo em área de terra preta arqueológica sob cultivo de café na região Sul do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está situada na região do município de Apuí, localizado no sul do Estado do Amazonas, sob as coordenadas geográficas de 7° 30' 22" S e 63° 01' 15" W respectivamente. Com histórico de ocupação antrópica nas décadas de



70 e 80, sendo utilizada para o cultivo a aproximadamente um período de vinte anos.

A zona climática da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com precipitação média anual variando entre 2.250 e 2.750 mm, e com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As temperaturas variam em torno de 25° C e 27° C e umidade relativa do ar variando entre 85 e 90%.

Foi realizado o mapeamento na área de (TPA), nesse local foi delimitada uma malha de 42 x 100 metros, em cada unidade de manejo. As malhas foram amostradas em espaçamentos de 06 x 10 metros, totalizando 88 pontos amostrais. Esses pontos foram georreferenciados com um equipamento de GPS para construção do Modelo Digital de Elevação e em seguida foi realizado as coletas de solo nas profundidades 0,0-0,05 e 0,05-0,10 metros, totalizando 176 amostras.

Para determinação da estabilidade dos agregados do solo pelo método do peneiramento úmido, passadas em peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha, utilizado para realização da análise as amostras retidas na peneira de 4 mm, para as análises em questão. A separação e estabilidade dos agregados foram determinadas nas seguintes classes de diâmetro: >2,0; 2,0-1,0; 1,0-0,25; 0,25-0,10; 0,10-0,05 e <0,05 mm. Os agregados seguiram colocados sobre papel filtro até umedecimento total da amostra, depois colocados sobre o conjunto de peneiras nas respectivas ordens, procedendo com uma oscilação vertical lenta por quinze minutos no ioder, numa frequência de 32 oscilações por minuto, feito isso a massa do material retido em cada peneira, foi colocada em estufa a 105 °C para secagem e posteriormente esfriar em dessecador e seguir com a pesagem (Embrapa, 1997).

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva. Feita análise no software estatístico Minitab 14 (MINITAB, 2000). Para a caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geoestatística. O semivariograma experimental estimado pela equação. (1).

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

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva do diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), % agregados > 2 mm e % agregados < 2 mm são apresentados na (tabela 1). Os resultados de média e mediana na camada 0,0-0,05 e 0,05-0,10 apresentam uma proximidade de valores, podendo predizer que há uma distribuição simétrica, o que pode ser afirmado pelos valores de assimetria próximos à zero. O mesmo foi observado por (Oliveira et al., 2013) trabalhando com os atributos físicos de um Cambissolo Háplico sob cultivo no Sul do Amazonas.

Com base nos limites do coeficiente de variação propostos por Warrick e Nielsen (1980) para a classificação das propriedades do solo, somente os agregados < 2 mm, obtiveram alta variação (> 62%) enquanto que os demais apresentaram variação de baixa (<12%) a média (12-62%).

Vale ressaltar que a área apresenta bons resultados de DMG e DMP do solo, havendo pouca perda de partículas para as peneiras de menor diâmetro, pois o valor médio da % de agregados < 2 mm é de 8,36 na camada 0,0-0,05 m e 11,25 na camada de 0,05-0,10 m. Isso se explica pelos elevados teores de carbono estocado que as TPA's possuem. Segundo Six et al., (2004) os agregados do solo são conhecidos por terem um importante efeito sobre a retenção de C no solo. Desta forma, altos teores de carbono orgânico no solo estão relacionados com agregados mais estáveis e maior biomassa vegetal (Bayer e Mielniczuc, 2008).

Os modelos de semivariogramas na (tabela 2) que melhor se ajustaram aos atributos estudados foram o modelo esférico para classe de agregados > 2 mm e exponencial para todos os restantes. De acordo com Vieira (2000) para os estudos as variáveis de interesse agrônomo, tais como solo e planta, os principais modelos matemáticos ajustados aos semivariogramas experimentais são estes citados.

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. Partindo do pressuposto, as variáveis apresentaram forte dependência espacial, não havendo a necessidade de adensamento da malha. Somente a classe de agregados < 2 mm foi classificada como moderada.

As variáveis em estudo apresentaram alcances (a) decrescentes da camada 0,0-0,05 m para camada 0,05- 0,10 m, sendo que a classe de



agregados < 2 mm teve maior alcance, chegando a 35 m. Este parâmetro representa a distância limite da dependência espacial.

Os mapas de krigagem do DMG, DMP, % agregados > 2 mm e % agregados < 2 mm são apresentados na (Figura 1). Foi observada maior mancha de cor para agregados > 2 mm na faixa dos 88% a 90% e para < 2 mm na faixa de 10%, nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, havendo uma distribuição espacial de valores semelhantes.

CONCLUSÕES

1. O diâmetro médio geométrico e a % agregados > 2 mm apresentaram menor alcance, mas ainda assim superior ao estabelecido pela malha amostral.

2. A % agregados < 2 mm apresentou moderada distribuição espacial e o DMG, DMP e % agregados > 2 mm demonstraram forte dependência espacial, portanto influenciados em razão do uso e manejo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFAM e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. (2008) Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; Camargo, F. A. O. (Eds.) *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais*. 2ª.ed. Porto Alegre: Metrópole. p. 7-18.

BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124:3-22, 2005.

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.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; CANELLAS, L. P.; RIBEIRO, L. P.; BENITES, V.M.; SANTOS, G. A.; Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (terra preta de índio) in the Brazilian Amazon basin. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 85-93, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de

análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

FRAISSE, C.W.; SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R.; FRIDGEN, J.J. Use of unsupervised clustering algorithms of delineating within-field management zones. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1999. 121p. (ASAE Paper, 15).

MEURER J. E. (2000) Introdução à ciência do solo, In: Meurer, E.J. Fundamentos de química do solo, gênese, Porto Alegre, p.11-21.

MINITAB Release 14.1, Statistical Software. US/Canada. 2000.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. (2006) Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA. 729p.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C.C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E.; JÚNIOR, J. M.; NASCIMENTO, E. P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região Sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37:1103-1112, 2013.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. and DENEK, K. (2004) A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.*, v. 79, p. 7-31.

SOUZA, Z. M. & ALVES, M. C.; Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.7, n.1, p.18-23, 2003.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Schaefer, G.R. (eds) *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54, 2000.

WANG, G.; GERTNER, G.; SINGH, V.; SHINKAREVA, S.; PARYSOW, P.; ANDERSON, A. Spatial and temporal prediction and uncertainty of soil loss using the revised universal soil loss equation: a case study of the rainfall-runoff erosivity R factor. *Ecological Modelling*, v. 153, n. 1/2, p. 143-155, 2002.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of some physical properties of the soil. In: Hill, D. ed. *Applications of soil physics*, New York: Academic Press, 1980, Cap. 13, p. 319-344.



Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro maior que 2 mm (>2 mm) e diâmetro menor que 2 mm (<2 mm) nas profundidades 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m em área de TPA sob cultivo de café.

Estatística Descritiva	DMG		DMP		>2 mm		<2 mm	
	mm		%		mm		%	
	Profundidade (m)							
	0,0 – 0,05				0,05 – 0,10			
Média	2,76	3,12	89,70	8,36	2,67	3,05	87,26	11,25
Mediana	2,79	3,13	90,37	7,07	2,71	2,71	88,56	9,23
Máximo	4,03	3,46	99,77	30,58	3,31	3,31	98,13	41,72
Mínimo	1,20	2,28	58,15	1,20	1,69	2,39	56,44	1,80
DP ⁽¹⁾	0,41	0,41	6,06	5,17	0,32	0,16	7,70	7,57
Variância	0,17	0,17	36,78	26,82	0,10	0,02	59,36	57,35
CV% ⁽²⁾	14,98	5,16	6,76	61,92	12,25	5,53	8,83	67,28
Assimetria	-0,57	-1,90	-1,85	1,39	-1,61	-1,71	-1,80	1,94
Curtose	2,28	7,83	7,29	3,12	0,69	4,27	4,51	4,69
d ⁽³⁾	0,07	0,10	0,02	0,10	0,08	0,13	0,13	0,13

⁽¹⁾DP: desvio padrão; ⁽²⁾CV: coeficiente de variação; ⁽³⁾d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, * significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas do diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro maior que 2 mm (>2 mm) e diâmetro menor que 2 mm (<2 mm) nas profundidades 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m em área de TPA sob cultivo de café.

Parâmetros estimados	DMG		DMP		>2 mm		<2 mm	
	mm		%		mm		%	
	Profundidade (m)							
	0,0 – 0,05				0,05 – 0,10			
Modelo	Exp ⁽⁷⁾	Exp	Esf ⁽⁸⁾	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp
C ₀ ⁽¹⁾	0,01	0,002	0,89	6,74	0,01	0,004	7,90	7,70
C ₀ +C ⁽²⁾	0,17	0,01	25,51	17,15	0,13	0,04	83,76	81,71
a (m) ⁽³⁾	15,90	26,30	14,30	35,70	15,60	17,70	19,80	18,60
R ² ⁽⁴⁾	0,94	0,98	0,76	0,86	0,98	0,99	0,99	0,95
GDE % ⁽⁵⁾	9,24	20,00	3,48	39,30	12,30	10,00	9,43	9,42
VC ⁽⁶⁾	0,85	0,97	0,76	0,93	0,94	0,99	1,04	1,00

⁽¹⁾C₀ = efeito pepita; ⁽²⁾C₁ + C₀ = patamar; ⁽³⁾a (m) = alcance (metros); ⁽⁴⁾R² = coeficiente de determinação; ⁽⁵⁾[C₀/(C₀+C₁)x100] = GDE = grau de dependência espacial; ⁽⁶⁾VC = Validação-cruzada; ⁽⁷⁾Exp = exponencial e ⁽⁸⁾Esf = esférico.

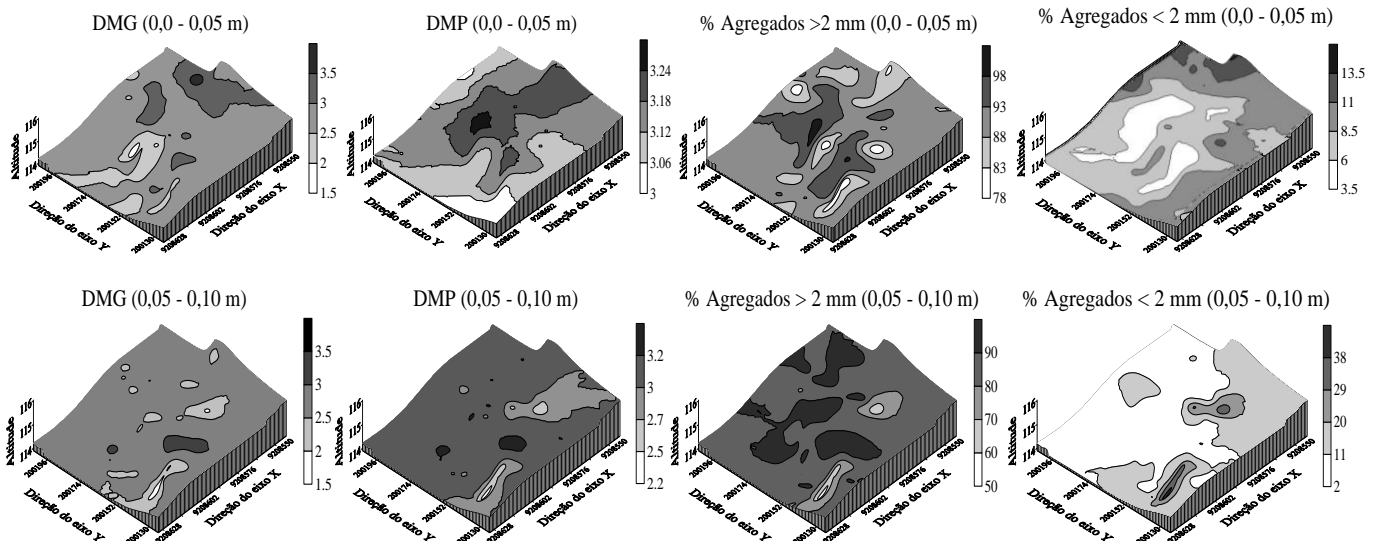


Figura 1. Mapas de krigagem das variáveis (DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado, % de agregados > 2 mm e % de agregados < 2 mm em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café na região Sul do Amazonas.