



## Variabilidade espacial da granulometria em Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café <sup>(1)</sup>.

**Igor Hister Lourenço<sup>(2)</sup>; Milton César Costa Campos<sup>(3)</sup>; Douglas Marcelo Pinheiro da Silva<sup>(3)</sup>; José Maurício da Cunha<sup>(3)</sup>; Pedro Cardoso Mota Junior<sup>(4)</sup>; Uilson Franciscan<sup>(4)</sup>;**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPEAM, CNPq e SECT-AM.

<sup>(2)</sup> Acadêmico de Agronomia da Universidade Federal do Estado do Amazonas, *Campus Vale* o Rio Madeira, Humaitá; igorhisteragro@gmail.com; <sup>(3)</sup> Professores adjuntos da Universidade Federal do Amazonas; <sup>(4)</sup> Acadêmicos de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Amazonas, *Campus Vale* do Rio Madeira.

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo estudar a variabilidade espacial dos atributos granulométricos com o uso da geoestatística e estatística descritiva em Terra Preta Arqueológica cultivada com café na região de Apuí, AM. Foi realizado o mapeamento numa área sob cultivo de café com espaçamento regular de 6 x 10 m com dimensão total de 42 m x 100 m. Foram coletadas amostras nos cruzamentos da malha nas profundidades 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, totalizando 352 amostras. Os valores de alcance obtidos pela geoestatística apresentaram-se diferentes, porém em todos os casos obteve-se alcances superiores ao valor do espaçamento utilizado na malha de amostragem, o que indica que as amostras estão espacialmente relacionadas, permitindo que se façam interpolações. Concluiu-se que todas as variáveis, com exceção do silte nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m (que apresentou dependência espacial moderada), apresentaram alta dependência espacial.

**Termos de indexação:** Textura, geoestatística e estatística descritiva.

### INTRODUÇÃO

A região Amazônica compreende uma extensa área abrangendo vários estados brasileiros, se estendendo desde a parte oeste do Maranhão, até o Acre. Com uma exuberante floresta, os primeiros exploradores supuseram se tratar de solos naturalmente férteis, quando na verdade se tratava de solos ácidos e com pouca disponibilidade de nutrientes (Vieira, 1987). Porém em meio a essas condições ambientais, ocorrem manchas desuniformes de solos denominados localmente como Terras Pretas Arqueológicas (TPAs), conhecidas internacionalmente como Amazonian Black Earths. E se caracterizam por apresentarem um horizonte A antrópico de coloração escura, com presença de fragmentos líticos e elevada fertilidade natural (Lepsch, 2002).

A ocorrência destes solos de acordo com Kämpf & Kern (2005), está correlacionada com a presença de cursos d'água, ocupando desde várzeas a terras

firμες, com extensões de menos de um hectare. Falcão et al. (2010) afirma que esta categoria de solo constitui um importante registro da ocupação humana e do uso do solo na Amazônia por populações pré-colombianas, que alteraram as propriedades químicas e físicas do solo através da deposição e queima de produtos de origem vegetal e animal em fogueiras domésticas.

Dentro das propriedades físicas do solo, a textura é um importante fator na determinação da fertilidade, visto que a mesma influenciará características físicas e químicas do solo. De acordo com os teores das frações granulométricas, é possível definir a quantidade de partículas coloidais, as quais possuem alta superfície específica o que significa alta capacidade de retenção de cátions, de água e de adsorção de fosforo (Raij, 1991).

Teixeira et al. (2010) afirma que apesar das TPAs em geral apresentarem a fração areia em maior percentual, existem casos que a textura, de acordo com a localidade, pode variar de argilosa e mesmo muito argilosa, o que torna complexa a comparação de valores e a caracterização das TPAs como uma classe de solo.

Logo o objetivo deste trabalho é avaliar a dependência espacial das frações granulométricas em Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20; 20-30 cm.

### MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada nas coordenadas geográficas O 59° 42' 52" e S 7° 09' 06", na mesorregião Sul do Amazonas, precisamente no município de Apuí. De acordo com Köppen, esta área situa-se no grupo climático A (Clima Tropical Chuvoso), tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração. A precipitação pluvial anual total apresenta uma variação de 2.250 a 2.750 mm, e as temperaturas médias anuais do ar variam entre 25 e 27°C com umidade relativa média do ar entre 85 e 90%.

Foi realizado o mapeamento de uma área sob cultivo de café, com uma malha de 42 m x 100 m. Na malha foram coletadas amostras de solos em



espaçamentos regulares de 10 m sentido eixo Y e 6 m sentido eixo X, nas profundidades 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m, totalizando 352 pontos amostrais. Esses pontos foram georreferenciados com auxílio de um equipamento GPS.

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 15 minutos, seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). A fração argila foi separada por sedimentação, as areias grossa e fina por tamisação e o silte calculado por diferença.

A análise da dependência espacial foi feita por meio da geoestatística (Vieira et al., 1983). Sob teoria da hipótese intrínseca, o semivariograma experimental será estimado pela Equação:  $\gamma(h) = \frac{1}{2} E \{ [Z(x) - Z(x+h)]^2 \}$ , em que,  $\gamma(h)$  é o semivariograma,  $Z(x)$  é valor da variável no ponto  $x$ ,  $Z(x+h)$  é o valor da variável no ponto  $(x+h)$  e  $h$  é a distância entre os pontos  $x$  e  $(x+h)$ . Para este cálculo, utilizou-se o programa GS+ (Gamma Design, 2002). O algoritmo implementado no GS+ seleciona o modelo que apresentar menor soma de quadrado de resíduo no ajuste. O ajuste do modelo matemático aos dados define os parâmetros do semivariograma, que são: efeito pepita ( $C_0$ ), que é o valor de  $\gamma$  quando  $h=0$ ; alcance ( $A$ ) a partir do qual  $\gamma$  é constante; patamar ( $C+C_0$ ), cujo valor é aproximadamente igual à variância dos dados (se ela existe) obtido pela soma do efeito pepita ( $C_0$ ) e a variância estrutural ( $C$ ). Para confecção dos mapas de isolinhas, utilizou-se o software Surfer versão 8.00 (Golden Software Inc., 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à estatística descritiva e geoestatística são apresentados na **tabela 1**.

Nas duas primeiras profundidades, 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, (**Tabela 1**) os valores de areia se apresentaram altos (especialmente na segunda), porém nas profundidades subsequentes, pode-se notar o decaimento das frações areia e silte, e consequente aumento da fração argila, o que caracteriza o fim do horizonte A antrópico e, começo do horizonte subsuperficial.

Os coeficientes de assimetria e curtose (**Tabela 1**), em todas as profundidades e fatores (areia, silte e argila), apresentaram-se próximos de zero, o que caracteriza uma distribuição simétrica dos valores granulométricos.

Os valores do coeficiente de variação (**Tabela 1**) se apresentaram abaixo de 20%, representando uma baixa heterogeneidade dos dados. Os menores coeficientes de variação (CV) são encontrados na

fração areia, com exceção da última profundidade, onde ocorre um decaimento maior desta fração e consequente aumento do coeficiente de variação (CV).

A dependência espacial (**Tabela 1**) foi avaliada, segundo Cambardella et al. (1994), por meio do coeficiente de efeito pepita (CEP), definido como a razão entre o efeito pepita e o patamar ( $C_0/C+C_0$ ). Todas as variáveis nas diferentes profundidades (com exceção do silte nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m) apresentaram um Grau de dependência Espacial (GDE%) alto. O silte nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m apresentou GDE moderado.

Todas as variáveis analisadas (**Tabela 1**) (com exceção da areia nas profundidades 0,05-0,10 e 0,20-0,30 m) apresentaram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,80, ou seja, no mínimo 80% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados. Somente a variável areia nas profundidades 0,05-0,10 e 0,20-0,30 m apresentaram valores abaixo de 0,80, porém acima de 0,70.

Os valores de alcance obtidos pela geoestatística apresentaram-se diferentes, porém em todos os casos obteve-se alcances superiores ao valor do espaçamento utilizado na malha de amostragem, o que indica que as amostras estão espacialmente relacionadas, permitindo que se façam interpolações (Vieira, 2000).

## CONCLUSÕES

A aleatoriedade na maioria das variáveis é baixa devido à alta dependência espacial (com exceção do silte nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m).

Os valores de silte das profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m apresentam dependência espacial moderada.

O uso da geoestatística em conjunto com a estatística descritiva, possibilitou a descrição dos atributos do solo.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, FAPEAM e SECT-AM pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SB.21 Tapajós; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1975. 418p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.



FALCÃO, N. A Fertilidade dos Solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G., ed. As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. 1.ed. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas/ Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. p.190-211.

GAMMA DESIGN. GS+ for Windows Demonstration Version 5.3. Plainwell, Michigan, USA: Gamma Design Software, 2002.

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.

KÄMPF, N. & KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO, P et al., ed. Tópicos em ciências do solo. v.4. Viçosa: Sociedade Brasileira em Ciências do Solo, 2005. p.277-320.

LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 181p.

RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. 1.ed. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1991. 343p.  
ROBERTSON, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998.152p

TEIXEIRA, W. G. A Propriedades Físicas e Hídricas dos Horizontes Antrópicos das Terras Pretas de Índio na Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G., ed. As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. 1.ed. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas/ Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. p.243-251.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S. & UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Adv. Agron., 38:54-94, 1985.

VETTORI, L. Ferro "livre" por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.

VIEIRA, L. S. & SANTOS P. C. T. C. Amazônia: seus solos e outros recursos naturais. 1.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416p.

VIEIRA, S.R. et al. Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties. Hilgardia, Berkeley, v.51, n.1, p.1-75, 1983.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudo da variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. ed. Tópicos ciência do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54. 2000.



**Tabela 1:** Geoestatística e Estatística Descritiva da textura em diferentes profundidades numa área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café.

Estatística descritiva e Geoestatística	g kg <sup>-1</sup>					
	0,00-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila	Areia
Média	301,02	330,40	368,57	311,08	270,21	418,71
Mediana	304,73	331,38	370,05	311,01	272,57	420,93
Desvio Padrão	31,34	33,53	31,84	39,54	42,22	28,89
<sup>(1)</sup> CV%	10,41	10,15	8,64	12,71	15,62	6,90
Assimetria	-0,24	0,02	-0,03	-0,02	0,16	0,19
Curtose	-0,22	-0,33	-0,08	0,18	0,04	-0,15
<sup>(2)</sup> d	*	*	*	*	*	*
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
<sup>(3)</sup> GDE (%)	3,80	12,04	0,08	39,07	14,08	0,08
<sup>(4)</sup> R <sup>2</sup>	0,90	0,96	0,93	0,99	0,84	0,78
<sup>(5)</sup> VC	0,89	0,77	0,86	0,81	0,84	0,74
	0,10-0,20 m			0,20-0,30 m		
Média	273,94	379,04	347,02	269,38	406,82	323,80
Mediana	271,20	374,40	346,99	265,57	401,58	329,42
Desvio Padrão	39,32	45,11	23,02	37,32	76,17	48,02
<sup>(1)</sup> CV%	14,35	11,90	6,63	13,86	18,72	14,83
Assimetria	-0,06	0,54	-0,13	-0,12	0,15	-0,16
Curtose	-0,19	0,19	-0,31	-0,45	-0,42	-0,58
<sup>(2)</sup> d	*	*	*	*	*	*
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
<sup>(3)</sup> GDE (%)	49,96	4,25	11,58	7,60	14,23	12,34
<sup>(4)</sup> R <sup>2</sup>	0,92	0,80	0,95	0,86	0,88	0,70
<sup>(5)</sup> VC	0,74	0,73	0,84	0,74	0,90	0,81

(1): Coeficiente de Variação; (2): Teste de significância Komolgorov-Smirnov a 5% de probabilidade; \*: Significativo; (3): Grau de Dependência Espacial; (4): Coeficiente de determinação; (5): Validação Cruzada; Exp: Exponencial.