



Atributos do solo em área de Terra Preta Arqueológica em Apuí, AM

José Maurício da Cunha⁽¹⁾; Douglas Marcelo Pinheiro da Silva⁽²⁾; Milton César Costa Campos⁽²⁾; Leandro Coutinho Alho⁽³⁾; Uilson Franciscon⁽⁴⁾; Pérsio de Paula Neto⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Doutorando; UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental; Cuiabá, Mato Grosso; E-mail: maujmc@ig.com.br; ⁽²⁾ Professor; UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente; ⁽³⁾ Professor; INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS; ⁽⁴⁾ Estudante; UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente.

RESUMO: Na região Amazônica ocorrem diversos tipos de solos, dentre estes aqueles com horizonte A antrópico, formados em áreas Terra Preta Arqueológica. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos do solo em área de Terra Preta Arqueológica no município de Apuí, AM. Foi delimitado uma malha em uma área com Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau, com dimensões de 42 x 88 m, espaçados em 6 x 8 m, totalizando 88 pontos amostrais georreferenciado. Neste local, foi coletado amostras de solo em sacos plásticos e amostras com estrutura preservada em anéis volumétricos nas profundidades 0,0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Foram realizadas análises texturais, umidade do solo (Us) e resistência do solo à penetração (RSP). Os resultados foram submetidos às análises estatística descritiva e geoestatística. A RSP são influenciados pela umidade volumétrica e pelo aumento dos teores de argila em profundidade, fato que é explicado com o aumento da profundidade ultrapassando-se o horizonte antrópico e adentra os horizontes de natureza mais próxima ao material de origem.

Termos de indexação: física do solo, sistemas de manejo, geoestatística.

INTRODUÇÃO

Na região Amazônica ocorrem diversos tipos de solos, dentre estes aqueles com horizonte A antrópico, que possivelmente foram formados por meio de ações humanas promovidas no solo e em seus atributos morfológicos, físicos e químicos (Santos et al., 2013). As Terras Pretas Arqueológicas (TPAs) normalmente localizam-se em antigos assentamentos indígenas, e tem como característica marcante a presença de artefatos cerâmicos e culturais, coloração escura com grande depósito estável de matéria orgânica (Campos et al., 2011).

É sabido que práticas de uso e manejo dos solos, e suas variações, interferem no equilíbrio natural dos ecossistemas e alteram os componentes orgânicos, tanto em quantidade como em qualidade (Melo & Schaefer, 2009).

O manejo do solo e de plantas pode promover a degradação física, reduzindo a estabilidade de agregados, condutividade hidráulica e aumentando a densidade do solo, resistência do solo à penetração e a perda de carbono orgânico total (Hickmann et al., 2012) e, conseqüentemente, alterando a evolução de gases para a atmosfera (Chaves & Farias, 2008).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a os atributos do solo em área de Terra Preta Arqueológica no município de Apuí, AM.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo localizou-se no município de Apuí, Amazonas, Brasil, situado ao longo da rodovia Transamazônica (BR-230), sob as coordenadas geográficas de 7°12'05" S e 59°39'37" W. Segundo a classificação de Köppen o clima da região pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade está limitada pelas isoietas de 2250 e 2750 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25°C e 27°C e a umidade relativa fica entre 85 e 90%.

O solo da área de estudo foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrofico segundo Embrapa, (2013), com predominância de vegetação primária formada por Floresta Tropical Densa, constituída por árvores adensadas (SDS, 2004).

A área de TPA vem sendo cultivado ha quatorze anos, que abrigou nos primeiros seis anos os cultivos de arroz, milho, feijão e melancia. Posteriormente foi inserida a cultura do cacau, que permanece até o presente estudo.

Foi delimitado uma malha de 42 x 88 m, com espaçamentos de 6 x 8 m, totalizando 88 pontos amostrais. Nos pontos de cruzamento da malha foram coletados blocos de solo com estrutura preservada nas profundidades 0,0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m.

Para as determinações da Us e RSP foram coletadas amostras com estrutura preservada utilizando-se anéis volumétricos, nas mesmas



profundidades adotadas anteriormente. No laboratório, as amostras foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja plástica. Após a saturação, as amostras foram pesadas e levadas à mesa de tensão, sendo submetidas a uma tensão de 0,006 MPa (Embrapa, 1997). Após atingirem o equilíbrio em um potencial matricial de 0,006 MPa, as amostras foram pesadas e, em seguida, foi medida a resistência do solo à penetração (RSP), utilizando-se um penetrógrafo eletrônico modelo MA-933, marca Marconi. Em seguida, as amostras foram secas em uma estufa a 105°C. A Us é diferença entre o peso úmido e seco em estufa.

A análise de textura foi realizada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 15 min. seguindo metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, com determinados a média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequências dos dados, utilizando o *software* estatístico Minitab14 (Minitab, 2000). Em seguida foram feitas análise geoestatística, utilizando o programa GS+ 7.0 (Gamma Software, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística descritiva dos atributos estudados são apresentadas nos Quadros 1. Observa-se que todos os atributos apresentaram valores de média e mediana próximo, com assimetria e curtose próximo de zero, com exceção do silte nas profundidades 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, que apresentaram valores de curtose acima de 1. De acordo com Diggle & Ribeiro Júnior (2007), a proximidade dos valores média e mediana assegura uma distribuição simétrica dos dados, o que significa que a dispersão dos valores não apresenta caudas muito alongadas, o que poderia comprometer a análise geoestatística e ocorre somente quando os valores de assimetria e curtose são sensíveis a valores extremos de forma que um único valor pode exercer grande influência nos seus resultados.

Em relação ao teste de normalidade (Quadros 1), todos os atributos apresentaram distribuição normal, assemelhando aos resultados encontrados por Aquino et al. (2014a), que estudou solos antropogênicos e não antropogênicos no sul do Amazonas. Para Isaaks & Srivastava (1989), a normalidade dos dados é importante, pois isso indica que a média e a variação dos dados são

constantes na área de estudo, ou seja, ocorrência de estacionaridade necessária ao uso da geoestatística.

De acordo com a classificação do coeficiente de variação (CV), proposta por Warrick & Nielsen (1980), que classificaram como baixa variabilidade CV < 12%, média variabilidade CV entre 12 e 60% e alta variabilidade CV > 60%, observa-se que parte dos atributos estudados apresentaram baixa variabilidade, com exceção RSP, areia e argila em todas as profundidades estudadas, que apresentaram média variabilidade, resultados estes que são considerados promissores, uma vez que estas variáveis apresentam normalmente alta variação no campo, conforme afirma Aquino et al. (2014b).

Os valores médios da RSP aumentaram com a profundidade, coincidente com a diminuição da média de Us, evidenciando a influência da umidade na resistência do solo à penetração. Além disso, verificou-se o aumento dos teores de argila em profundidade, que é explicado com o aumento da profundidade, ultrapassando horizonte antrópico e adentra os horizontes de natureza mais próxima ao material de origem, fato também observado por Santos et al. (2013) em estudo com TPAs na região de Apuí e Manicoré, AM.

Os resultados das análises geoestatísticas para a RSP, Us, areia, silte e argila são apresentados no Quadro 2, que verificou-se dependência espacial para todos os atributos estudados, com exceção para o Us nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, que apresentaram efeito pepita puro, ou seja, variação aleatória na área de estudo. Os semivariogramas dos atributos do solo que apresentaram dependência espacial ajustaram-se predominantemente aos modelos exponencial e esférico (Quadros 2), corroborando com outros estudos que apontam serem os modelos que melhor se ajustam aos atributos do solo (Souza et al., 2009; Cajazeira & Assis Junior, 2011).

O grau de dependência espacial (GDE), classificado de acordo com Cambardella et al. (1994), que avalia em termos proporcionais o efeito pepita sobre o patamar ($C_0/(C_0+C_1)$), mostraram-se, de modo geral, forte dependência espacial (GDE < 25%) para os atributos estudados. Todavia, o silte na profundidade de 0,00-0,05 apresentou moderada variabilidade (25 a 75 %) (Quadro 2). Por outro lado, o atributo Us nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m (Quadro 2), apresentaram efeito pepita puro, isto é, ocorreu variação aleatória dos atributos na área estudada, resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2013) que estudou solos sob diferentes usos na Amazônia.

Os resultados do alcance da dependência espacial não apresentaram grandes variações. A



argila foi o atributo de maior variação (26 a 54 m), seguido da areia (alcance entre 30 e 54 m), e pequenas variações (entre 20 e 34 m) para o RSP, Us e silte (Quadro 2), semelhante aos resultados encontrados por Aquino et al. (2014 a), no estudo de solos antropogênicos e não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. A informação sobre o alcance pode auxiliar no subsídio de futuros estudos envolvendo amostragem de solos no que se refere à densidade amostral (Aquino et al., 2014 b).

CONCLUSÕES

Em áreas de TPA, a resistência do solo a penetração são influenciados pela umidade volumétrica e pelo aumento dos teores de argila em profundidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEAM e a DINTER/CAPES pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; SILVA, D. M. P. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênicos e não antropogênicos na região de Manicoré, AM. B. Journal, 30: 988-997, 2014a.
- AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geostatística na avaliação dos atributos físicos em latossolo sob floresta nativa e pastagem na Região de Manicoré, Amazonas. R. Bras. Ci. Solo, 38: 397-406, 2014b.
- CAJAZEIRA, J. & ASSIS JUNIOR, R. N. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no estado do Ceará. R. Ci. Agron., 42:258-267, 2011.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEM, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPA, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. SoilSci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SOUZA, R. V. C. C.; ALMEIDA, M. C. Caracterização e Classificação de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira. Bragantia, 70:18-27, 2011.
- CHAVES, L. H. G. & FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba: Solo cultivado com cana-de-açúcar. R. Bras. Ci. Agra., 3:20-25, 2008.
- DIGGLE, P.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. Model-based geostatistics. New York: Springer, 2007.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 2013. 353p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997.
- Gamma Design Software. GS+ 7.0. Geostatistics for the environmental sciences; 2004.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, R. B. A.; ANDRADE, C. L. T. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um Argissolo após 23 anos de diferentes manejos. R. Caatinga, 25: 128-136, 2012.
- ISAACS, E. H. & SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, p. 561, 1989.
- MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. Matéria orgânica em solos desenvolvidos de rochas máficas no nordeste de Roraima. Acta Amaz., 39: 53-60, 2009.
- MINITAB Release 14. 1, Statistical Software. 2000.
- OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E.; MARQUES JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, E. P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háptico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. R. Bras. Ci. Solo, 37:1103-1112, 2013.
- SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C.; SILVA, D. M. P.; MARQUES JUNIOR, J.; FRANCA, A. B. C. Caracterização de terras pretas arqueológicas no sul do estado do Amazonas. R. Bras. Ci. Solo, 37: 825-836, 2013.
- SDS - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Relatório técnico síntese dos diagnósticos: Área estadual sul de Apuí e Manicoré. Manaus, 2004. 20p.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SÁENZ, C. M. S. Spatial variability of aggregate stability in Latosols under sugarcane. R. Bras. Ci. Solo, 33:245-253, 2009.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980. cap. 2, p. 319-344.

Quadro 1. Estatística descritiva da areia, silte, argila, resistência do solo a penetração (RSP), umidade do solo (Us) em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí, AM.

Estatística Descritiva	Areia	Silte	Argila	RSP	Us
	g kg ⁻¹			Mpa	%
0,00 - 0,05 m					
Média	221,1	572,8	204,6	0,89	49,01
Mediana	217,5	577,0	205,5	0,84	48,89
¹ DP	49,6	32,0	44,1	0,37	4,39
Variância	2458,2	1024,5	1941,3	0,14	19,28
² CV%	22,4	5,6	21,4	32,63	8,96
Assimetria	0,37	-0,54	-0,03	0,34	-0,72
Curtose	-0,30	1,18	0,10	-0,48	1,53
³ d	0,06* ^s	0,09*	0,08*	0,08*	0,09*
0,05 - 0,10 m					
Média	195,2	534,0	265,4	0,91	46,76
Mediana	192,0	544,5	265,0	0,85	47,01
¹ DP	38,7	34,5	53,4	0,34	4,83
Variância	1499,6	1192,1	2850,0	0,11	23,40
² CV%	19,8	6,4	20,1	30,00	10,35
Assimetria	0,38	-0,17	0,56	-0,12	-0,30
Curtose	-0,05	0,82	0,40	-0,54	1,32
³ d	0,07*	0,09* ^s	0,07*	0,07*	0,06*
0,10-0,20 m					
Média	188,0	537,9	274,2	1,11	43,36
Mediana	181,0	536,5	275,5	1,10	42,72
¹ DP	36,10	37,6	47,97	0,34	3,83
Variância	1302,4	1413,8	2300,9	0,14	14,70
² CV%	19,2	7,0	17,5	41,62	8,84
Assimetria	0,57	0,46	-0,05	0,52	-0,04
Curtose	0,05	1,26	-0,81	-0,48	1,18
³ d	0,09*	0,07*	0,06*	0,07*	0,09*

RSP: resistência do solo à penetração; Us (vol.): umidade volumétrica do solo. ¹DP: desvio padrão; ²CV: coeficiente de variação; ³d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; *significativo a 5 % de probabilidade.

Quadro 2. Modelos e parâmetros estimados aos semivariogramas da resistência do solo a penetração (RSP), umidade volumétrica (Us), areia, silte e argila em diferentes profundidades em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí, AM.

Parâmetros Geoestatísticos	RSP	Us (vol)	Areia	Silte	Argila
	Mpa	%	g kg ⁻¹		
0,00-0,05 m					
Modelo	Exp	Exp	Esf	Esf	Exp
Efeito Pepita	0,015	2,80	519	256	256
Patamar	0,121	17,74	2235	937	1942
Alcance (m)	20	20	30	23	26
¹ R ²	0,90	0,91	0,97	0,95	0,84
² GDE (%)	12	16	23	27	13
³ VC%	0,89	0,70	0,85	0,87	0,95
0,05-0,10 m					
Modelo	Exp	Lin	Exp	Exp	Exp
Efeito Pepita	0,02	-	104	91	484
Patamar	0,09	-	1091	910	2245
Alcance (m)	34	-	54	31	51
¹ R ²	0,97	-	0,96	0,94	0,99
² GDE (%)	22	-	9,5	10	21,6
³ VC%	0,75	-	0,90	0,91	0,96
0,10-0,20 m					
Modelo	Exp	Lin	Exp	Exp	Exp
Efeito Pepita	0,012	-	67	148	138
Patamar	0,110	-	1081	1539	1735
Alcance (m)	24	-	35	26	54
¹ R ²	0,90	-	0,96	0,95	0,94
² GDE (%)	11	-	6	10	8
³ VC%	0,87	-	0,94	0,78	0,94

RSP= resistência do solo a penetração; Ds: densidade do solo; Us (vol): umidade volumétrica do solo; MaP: macroporosidade; MiP: microporosidade; VTP: volume total de poros; Esf: Esférico; Exp: Exponencial; Lin: Linear; ¹EPP: efeito pepita puro; R²: coeficiente de determinação; GDE%: grau de dependência espacial e; VC: validação-cruzada.