



Variabilidade Espacial da Matéria Orgânica, Estabilidade de Agregados e Estoque de Carbono em Área de Terra Preta de Índio em Manicoré, AM⁽¹⁾.

**Selma Ferreira Viana⁽²⁾; Pedro Cardoso Mota Júnior⁽³⁾; Milton César Costa Campos⁽⁴⁾;
José Maurício da Cunha⁽⁵⁾; Willian Barros do Nascimento⁽⁶⁾, Samuel Pereira de
França⁽⁷⁾**

⁽¹⁾ Trabalho financiado pela fundação de aparo a pesquisa do Amazonas FAPEAM ⁽²⁾; Acadêmica em Agronomia do IEAA/UFAM, CEP: 69.800-000 – Humaitá – AM, e-mail selmaviana1993@hotmail.com; ⁽³⁾ Acadêmico em Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM, CEP: 69.800-000 – Humaitá – AM, e-mail: pedrocardosso115@gmail.com; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto II do IEAA/UFAM-AM, ⁽⁵⁾ Professor do IEAA/UFAM-AM; ⁽⁶⁾ Acadêmico em Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM, CEP: 69.800-000 – Humaitá – AM e-mail, willianbarros18@gmail.com, ⁽⁷⁾ Acadêmico em Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM, CEP: 69.800-000 – Humaitá – AM e-mail, samuelzinho21@gmail.com.

Resumo: As terras pretas de índio (TPI) apresentam como características sua coloração escura e a presença de fragmentos cerâmicos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo. Desta forma objetivou-se com este trabalho identificar o comportamento espacial da matéria orgânica, agregados e estoque de carbono em áreas de terra preta de índio e Manicoré, Am. A área de estudo localiza-se ao sul do Estado do Amazonas, nas imediações da comunidade Santo Antônio de Matupí, às margens da BR 230, rodovia transamazônica, município de Manicoré. Demarcou-se uma área de TPI com uso de pastagem e feijão com dimensões de 56m x 80m com espaçamento de 8m x 6m, estes pontos foram georreferenciados com equipamento de GPS, após os solos foram coletados nas camadas de 0,0-0,05m, 0,0-0,10m e 0,10-0,20m com estrutura preservada em anéis volumétricos e em forma de agregados. Foram realizadas as seguintes análises físicas e químicas: Densidade do solo, Estabilidade de agregados, Matéria orgânica e Estoque de carbono. Após a realização das análises e obtenção dos dados, os mesmos foram submetidos a análises de estatística descritiva e geoestatística. Os atributos do solo apresentaram dependência espacial em todas as profundidades exceto na densidade na profundidade 0,0-0,10m.

Palavras chave: Carbono do solo; Identificar; Características.

INTRODUÇÃO

A Amazônia é, com frequência, vista como um ambiente uniforme de alta pluviosidade e temperaturas, com presença de floresta tropical densa e úmida e com solos ácidos e pobres em nutrientes. Na realidade, as condições ambientais na Amazônia são muito mais diversificadas, e essa ampla diversidade das condições climáticas é acompanhada por variações na vegetação, nos atributos e tipos de solos (Sombroek, 2000).

Em meio à vasta região Amazônica ocorrem áreas onde a característica original do solo foi modificada por processos antrópicos, tais solos são conhecidos como terra preta arqueológica (TPA) ou terra preta de índio, podendo ser comumente encontrados na paisagem amazônica (Costa et al., 2004), coloração escura e a presença de fragmentos de cerâmica e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo (Campos et al., 2011).

Por outro lado a matéria orgânica do solo (MOS) tem sido utilizada como indicador da sua qualidade, devido à sua sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de manejo e a sua relação com inúmeros processos que ocorrem no solo (Conceição et al. 2005). Por estes motivos, avaliações dos teores de carbono orgânico total (COT) têm sido consideradas eficientes para auxiliar a entender a dinâmica da MOS em sistemas de exploração florestal e agropecuária a longo prazo.

O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo subsidia a tomada de decisão para adoção de diferentes sistemas de manejo, além de outras aplicações como em mapeamento de ambientes homogêneos, entendimento dos processos pedogenéticos e estimativas de densidade amostral dentre outros (Souza Neto et al., 2008).

Sendo assim objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento espacial da matéria orgânica, agregados e estoque de carbono do solo em área de Terra Preta de índio sob pastagem na região de Manicoré, AM.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do meio Físico

A área de estudo está situada na região do município de Manicoré, sul do Estado do Amazonas, sob as coordenadas geográficas de 05° 48' 33" S e 61° 18' 01" W. A zona climática da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A



(Clima Tropical Chuvoso) com precipitação média anual variando entre 2.250 e 2.750 mm, As médias anuais de temperatura variam em torno de 25° C e 27° C, e umidade relativa do ar variam entre 85 e 90%.

Metodologia de Campo e Laboratório

Foi realizado o mapeamento da área de TPI sob pastagem, nesta área foi estabelecida uma malha de 56m x 80m. Os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento da malha, com espaçamentos regulares de 08 em 06 metros, perfazendo um total de 88 pontos amostrais. Esses pontos foram georreferenciadas com um equipamento de GPS e em seguida foram coletadas amostras de solos nas profundidades 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 m.

Metodologia de Laboratório

A separação e estabilidade dos agregados será determinada segundo (Kemper e Chepil, 1965). Os resultados foram expressos em percentual dos agregados retidos nas peneiras >2,0; 2,0-1,0; <1,0 mm, diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP).

Foram realizadas as seguintes análises físicas: A determinação da densidade do solo foi realizada pelo método do anel volumétrico, com coleta de amostras em estrutura preservada, em cilindros com volume médio de 313,9 cm³.

O carbono total foi determinado pelo método de *Walkley-Black* modificado por (Yeomans e Bremner 1988). O estoque de carbono (Est C) foi determinado pela expressão:

$$\text{Est C} = (\text{CO} \times \text{Ds} \times e) / 10.$$

Para se calcular o carbono orgânico utilizou-se a seguinte expressão a seguir:

$$C = (\text{g/kg}) = [40 - (\text{volume gasto} \times f)] \times 0,6.$$

F = 40/ volume de sulfato ferroso gasto na prova em branco.

Na qual a matéria orgânica foi estimada com base no resultado obtido do carbono orgânico que será multiplicado por 1,724.

Análise estatística descritiva e geoestatística

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, onde foram determinados a média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequências dos dados. As análises da estatística descritiva foram realizadas no software estatístico Minitab 14.

Para a caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geoestatística (Vieira et al., 1983; Isaaks e Srivastava, 1989). O semivariograma experimental foi estimado pela equação. (1).

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

Sendo: $\gamma(h)$ - valor da semivariância para uma distância h ; $N(h)$ - número de pares envolvidos no cálculo da semivariância; $Z(x_i)$ - valor do atributo Z na posição x_i ; $Z(x_i+h)$ - valor do atributo Z separado por uma distância h da posição x_i .

Os semivariogramas experimentais foram escolhidos com base no número de pares envolvidos no cálculo da semivariância dos primeiros lags, presença de patamar claramente definido (Wollenhaupt et al., 1997; Burrough e McDonnell 2000) e o resultado da técnica de Jack Knifing (Vauclin et al., 1983; Vieira e Lombardi, 1995).

Após o ajuste dos modelos de semivariogramas por meio da krigagem. No software GS+ os mapas foram confeccionados no software Surfer versão 8.00.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise descritiva são apresentados na (Tabela 1). Os valores de média e mediana apresentaram semelhanças para todas as variáveis, em todas as profundidades, indicando distribuição simétrica dos dados segundo (Little & Hills, 1978), confirmados pelos valores de assimetria e curtose próximos de zero, com exceção apenas do DMG, nas profundidade e 0,10-0,20 m.

De acordo como os resultados gerados pelo teste Kolmogorov-Smirnov, escolhido para verificar a normalidade de todas as variáveis, exceto o DMG nas profundidades de 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m e o DMP nas profundidades, 0,0-0,5m, 0,05-0,10m e 0,10-0,20m não apresentaram normalidades.

Os atributos apresentaram dependência espacial, ajustando-se, predominantemente, aos modelos exponencial, com valores de VC e R² acima de 0,98 e 0,72, respectivamente apresentados na (Tabela 2).

De acordo com a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por (Warrick & Nielsen, 1980), DMG, DMP e Ds na profundidade 0,0-0,05m, DMP e Ds na profundidade de 0,05-0,10m e Densidade do solo (Ds) a profundidade 0,10-0,20m apresentaram valores baixos do coeficiente de variação (<12 %) indicando baixa variabilidade ou maior homogeneidade dos dados. Todas as demais



variáveis apresentaram CV entre $12\% < CV < 60\%$, indicando assim moderada variabilidade dos dados.

Os resultados da análise geoestatística apresentados na (Tabela 2), mostraram que todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial forte, segundo a classificação proposta por (Cambardella et al. 1994). Com exceção do DMG na profundidade de 0,10-0,20m e DMP na profundidade de 0,0-0,05 apresentando dependência espacial moderada.

O modelo de semivariograma que melhor se ajustaram as variáveis DMG, DMP, M.O, Ds e Estc C foram do tipo exponencial. Onde a M.O na profundidade 0,0-0,05m com modelo gaussiano.

De acordo com (Carvalho et al. 2002) o modelo matemático esférico ajustado a todos os semivariogramas é o que predomina nos trabalhos em ciência do solo, por outro lado (Mcbratney & Webster, 1986), destacam que os modelos de ajuste do semivariograma para as propriedades do solo mais frequentemente encontrado são os modelos esférico e exponencial.

As variáveis apresentaram diferentes alcances de dependência espacial sendo que o DMP na profundidade de 0,10-0,20m apresentou alcance de 82,00m, sendo a classe que menos apresentou alcance foi o Estc C na profundidade de 0,05-0,10m com 13,5m

CONCLUSÕES

1. Os atributos do solo apresentaram dependência espacial e todas as profundidades.
2. Com os valores de determinação e validação cruzada próximos de 1, confirmaram um ótimo ajuste aos modelos exponenciais selecionados exceto a densidade que apresentou aleatoriedade na área com suas respectivas profundidades, sendo neste caso, necessário um novo adensamento da malha.

REFERÊNCIAS

BURROUGH, P.A.; Mc DONNEL, R.A. Principles of geographical information systems. Oxford University Press, Oxford, UK., 2000.
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. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1508, 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*, v. 70, p. 18-27, 2011.

CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M.; VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, p.1151-1159, 2002.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 777-788, 2005.

COSTA, M. L.; KERN, D. C.; PINTO, A. H. E.; SOUZA, J. R. T. The ceramic artifacts in archaeological black earth (terra preta) from Lower Amazon Region, Brazil: chemistry and geochemical evolution. *Acta Amazonica*. v. 34, p. 375-386, 2004.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, p. 561, 1989.

LITTLE, T.M. & HILLS, F.J. Agricultural experimentation. New York, John Wiley & Sons, 1978. 350p.

MC BRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Soil Science*, Baltimore, v.37, p.617-639,

SOMBROEK, W. Amazon landforms and soils in relation to biological diversity. *Acta Amazônica [S.I.]*, v. 30, p. 81, 2000.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.43, n.2, p.255-260, 2008.

VAUCLIN, M., VIEIRA, S.R., VACHAUD, G., NIELSEN, D.R., The use of cokriging with limited field soil observations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 47, 175-184. 1983.

VIEIRA, S.R., LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas-SP, v. 54, p. 405-412, 1995.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

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.

WOLLENHAUPT, N.C., MULLA, D.J., CRAWFORD, G. Soil sampling and interpolation techniques for mapping spatial variability of soil properties. In: Pierce F J, Sadler E.J. The state of site-specific management for agriculture. Madison, p. 19-53, 1997.

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, 1988.



Tabela 1: Estatística descritiva para as variáveis diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), matéria orgânica (M.O), densidade (Ds), estoque de carbono (Est C) no solo.

Estatística Descritiva	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	CV (%)	Assimetria	Curtose	d
0,0-0,05 m								
DMG mm	2,65	2,69	3,25	2,04	9,8	-0,23	-0,34	*
DMP mm	3,11	3,13	3,28	2,86	3,2	-0,75	-0,02	0,08
Ds kg dm ⁻³	1,2	1,2	1,5	0,9	9,1	0,06	0,03	*
M.O g kg ⁻¹	39,2	38,9	53,6	24,2	17,5	0,12	-0,50	*
Est C Mg ha ⁻¹	14,3	14,3	22,2	8,5	20,9	0,41	-0,17	*
0,05-0,10 m								
DMG mm	2,30	2,36	3,64	0,88	25,8	-0,49	-0,27	0,09
DMP mm	2,89	2,93	3,30	2,27	9,3	-0,69	-0,42	0,07
Ds kg dm ⁻³	1,4	1,4	1,6	1,1	6,4	0,12	0,11	*
M.O g kg ⁻¹	36,8	37,0	56,1	17,3	27,1	-0,03	-0,9	*
Est C Mg ha ⁻¹	15,0	14,7	24,5	7,1	27,8	0,15	-0,80	*
0,10-0,20 m								
DMG mm	1,60	1,48	3,04	,43	42,1	0,31	-1,00	,007
DMP mm	2,29	2,33	3,23	0,75	26,6	-0,31	-0,87	0,03
Ds kg dm ⁻³	1,4	1,4	1,6	1,2	5,7	-0,12	-0,49	*
M.O g kg ⁻¹	31,3	31,9	51,3	9,3	27,5	-0,10	-0,19	*
Est C Mg ha ⁻¹	26,3	26,9	43,7	8,5	25,5	-0,06	0,19	*

DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; Ds: densidade do solo; M.O: matéria orgânica; Est C: estoque de carbono; CV: coeficiente de variação; d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; * significativo a 5%.

Tabela 2. Modelos e parâmetros geoestatísticos dos atributos físico-químicos do solo, nas diferentes profundidades.

Parâmetros Geoestatísticos	DMG mm	DMP mm	Ds kg dm ⁻³	M.O g kg ⁻¹	Est C ha ⁻¹
0,0-0,05 m					
Modelo	Exp	Exp	Exp	Gaus	Exp
Efeito pepita	0,04	0,05	0,00	4,40	0,70
Patamar	0,35	0,33	0,01	50,7	8,11
Alcance (m)	14,1	16	16,20	9,52	14,1
R ²	0,90	0,90	0,98	9,1	0,91
GDE (%)	12,1	15,1	9,0	8,6	8,6
VC	0,80	0,81	0,82	9,8	0,89
0,05-0,10 m					
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp
Efeito pepita	0,02	0,01	0,00	8,3	1,64
Patamar	0,37	0,16	0,00	100,6	18,39
Alcance (m)	15	17	21,3	13,5	13,5
R ²	0,90	0,91	0,98	0,95	0,91
GDE (%)	7,8	6,25	0,0	8,2	8,9
VC	0,90	0,82	0,82	0,80	0,77
0,10-0,20 m					
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp
Efeito pepita	0,07	0,18	0,00	5,60	5,70
Patamar	0,47	0,40	0,00	77,05	49,41
Alcance (m)	36	82	15	17	15
R ²	0,89	0,98	0,93	0,75	0,72
GDE (%)	16,5	45	0,0	7,26	11,5
VC	0,72	0,72	0,80	0,71	0,71

DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; Ds: densidade do solo; Est C: estoque de carbono; Exp: exponencial; Gaus: gaussiano; R²: coeficiente de correlação; GDE: grau de dependência espacial; VC: validação cruzada.