

**Varição espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em área de terra preta arqueológica sob cultivo de cacau**

Spatial variation of aggregates stability and carbon stock in archaeological dark earths under cocoa cultivation

SILVA, Douglas Marcelo Pinheiro da<sup>1</sup>, CAMPOS, Milton Cesar Costa<sup>1</sup>, ALHO, Leandro Coutinho<sup>2</sup>, CUNHA, Jose Mauricio da<sup>1</sup>, PAULA NETO, Pérsio de<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Humaitá – AM, Brasil, douglasmcarcelo@gmail.com; mcesarsolos@gmail.com; maujmc@gmail.com; pv.apui@gmail.com; <sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Lábrea – AM, Brasil, leandro\_alho@yahoo.com

---

**RESUMO:** As Terras Pretas Arqueológicas ocorrem em antigos assentamentos indígenas, e tem como características marcantes a presença de artefatos cerâmicos e coloração escura com grande depósito estável de carbono orgânico. Pode apresentar em média até seis vezes mais carbono que solos não antropogênicos, figurando, portanto, como um grande reservatório de carbono orgânico. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variação espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí, AM. Foi delimitada uma malha em uma área com Terra Preta Arqueológica (TPA) sob cultivo de cacau, com dimensões de 42 × 88 m, com espaçamentos de 6 × 8 m, totalizando 88 pontos amostrais. Nestes locais foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. Foram realizadas análises de densidade do solo (Ds), diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono. Os resultados foram submetidos às análises estatística descritiva e geoestatística. Os atributos do solo estudados apresentaram dependência espacial, com modelos esféricos e exponencial e alcance a partir de 20 m. A densidade do solo, diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado apresentaram-se dependentes da quantidade de carbono orgânico e estoque de carbono nos solos de TPAs. Os elevados teores de carbono se correlacionaram com a densidade do solo e índices de agregação nos solos de TPAs.

**PALAVRAS-CHAVE:** terra preta de índio, solos da Amazônia, solos antrópicos.

**ABSTRACT:** The archaeological dark earth occurs in ancient indian settlements and its striking characteristics are presence of ceramic artifacts and dark color with large stable deposit of organic carbon. It has average six times more carbon than not anthropogenic soils, appearing therefore as a large reservoir of organic carbon. So the aim of this study was to evaluate the spatial variation of aggregate stability and carbon stock in an area of archaeological dark earth under cocoa cultivation at the municipality of Apuí, AM. A mesh was defined in an area of archaeological dark earth under cocoa cultivation, with dimensions of 42 × 88 m, with spacing of 6 × 8 m, totaling 88 sampling points collected at these sites were sampled at depths of 00.0-0.05; 0.05-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m. Soil density bulk analysis, geometric mean diameter, weighted mean diameter, total organic carbon and carbon stock were measured. The results were submitted to descriptive statistics and geostatistics analysis. Soil attributes studied presented spatial dependence, spherical and exponential models and range from 20 m. Soil density, geometric mean diameter and mean weight diameter presented themselves dependent on the amount of organic carbon and carbon stock in archaeological dark earth soil. The high carbon content is correlated with soil bulk density and aggregation rates in archaeological dark earth soils.

**KEYWORDS:** indigenous dark earth, amazonian soils, anthropogenic soils.

## Introdução

As Terras Pretas Arqueológicas (TPAs) ocorrem em antigos assentamentos indígenas e têm como características marcantes a presença de artefatos cerâmicos e culturais, coloração escura com grande depósito estável de matéria orgânica (CAMPOS et al., 2011). Além disso, segundo Glaser (2001), as TPAs podem apresentar em média até seis vezes mais carbono orgânico estável que solos não antropogênicos, figurando, portanto, como um grande reservatório de carbono orgânico.

Por outro lado, as mudanças na cobertura vegetal e as transformações do ambiente alteram a dinâmica natural do carbono do solo. Para Campos et al. (2012), a medida em que os ecossistemas naturais são substituídos por outras coberturas vegetais voltadas a produção de alimentos, há alterações ambientais, principalmente em função do uso inadequado dos solos. Entretanto, alguns atributos são mais sensíveis às mudanças que outros. Destacando-se, dentre esses, a estabilidade de agregados, densidade do solo, teor de carbono orgânico e estoque de carbono (ALHO et al., 2014).

Outro atributo físico do solo influenciado pela matéria orgânica é a agregação, que está relacionado com a disponibilidade de água e ar para as raízes, com a microbiota e com a resistência mecânica do solo à penetração (VIEIRA et al, 2010). Além da agregação do solo, a matéria orgânica desempenha outras funções vitais no ciclo da vida que vão desde a atividade de microorganismos do solo e da fauna, até a ação positiva sobre a estabilidade dos agregados, porosidade e densidade do solo, contribuindo para diminuição da compactação do solo (SPERA et al, 2010).

Em ambientes de Terra Preta Arqueológica, devido ao seu grande estoque de carbono orgânico, acredita-se que parte desse material pode ser perdido para a atmosfera e, dessa maneira, o conhecimento dos teores e estoques de carbono e estabilidade dos agregados do solo são fundamentais, pois tanto influenciam na capacidade de produção das culturas como também desempenham funções ambientais importantes (AQUINO et al, 2014a). Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variação espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau.

## 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 2.250 e 2.750 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 varia de 85 a 90% durante grande parte do ano.

A geologia da região apresenta arenitos da formação Beneficiente, recoberto por pacote argiloso do terciário. Em relação aos solos presentes no município, ocorre predominância das classes: Argissolos e Latossolos, sendo que o solo da área de estudo foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrofico, segundo Embrapa, (2013), e predomina a vegetação primária formada por Floresta Tropical Densa, constituída por árvores adensadas (SDS, 2004).

A área de TPA vem sendo cultivada a quatorze anos. Nos primeiros seis anos abrigou os cultivos de arroz, milho, feijão e melancia e, posteriormente, foi inserida a cultura do cacau que permanece até o presente estudo. Neste local, foi delimitada uma malha de 42 x 88 m, com espaçamentos de 6 x 8 m, totalizando 88 pontos amostrais, nestes locais coletou-se amostras nas profundidades 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

Nos pontos de cruzamento da malha foram coletados blocos de solo de 20 x 20 cm, com estrutura preservada para determinação da estabilidade dos agregados do solo. Inicialmente, o solo foi seco ao ar e passado em peneira de 9,52 e 4,76 mm. A determinação da estabilidade de agregados foi realizada pelo método de peneiramento úmido. Os agregados retidos na peneira de 4,76 mm foram colocados sobre um jogo de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125 e 0,063 mm. As amostras foram submetidas a oscilações verticais durante 15 minutos, numa frequência de 32 oscilações por minuto. Foi adotado como índice de estabilidade o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP), cujo cálculo foi feito segundo Kemper e Rosenau (1986).

A densidade do solo ( $D_s$ ) foi determinada em amostras com estrutura preservada, em cilindro volumétrico com 5,57 cm de diâmetro e 4,1 cm de altura, secas em estufa a 105-110°C por 48 horas (EMBRAPA, 1997).

O carbono orgânico total foi determinado pelo método de Walkley-Black modificado por Yomans e Bremner (1988). O estoque de carbono (Est C) foi determinado

pela expressão proposta por Weldkamp (1994):

$$Est\ C = (COT \times Ds \times e) / 10$$

sendo,

Est C = estoque de carbono orgânico (Mg ha<sup>-1</sup>);

COT = teor de carbono orgânico total (g kg<sup>-1</sup>);

Ds = densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>);

e = espessura da camada (cm).

Inicialmente, os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, máximo, mínimo, coeficiente de assimetria, curtose e a hipótese de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) pelo software estatístico Minitab 14 (MINITAB, 2000).

Na determinação da existência ou não da dependência espacial, utilizou-se a modelagem dos semivariogramas através do programa GS+ (ROBERTSON, 1998). Tendo como base para a escolha do melhor ajuste do semivariograma respectivamente, os maiores valores do coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) e validação-cruzada. Após o ajuste dos modelos matemáticos permissíveis, foi realizada a interpolação dos dados por meio da krigagem e em seguida a confecção dos mapas de isolinhas foram geradas no software Surfer versão 8.00.

## Resultados e Discussões

A análise estatística descritiva dos atributos estudados é apresentada na Tabela 1. Todos os atributos estudados apresentaram valores de média e mediana próximos, e assimetria e curtose próximo de zero, com exceções do estoque de carbono (Est C) na profundidade de 0,00-0,05 e 0,10-0,20 m e carbono orgânico total (COT) na profundidade de 0,05-0,10 m que apresentou valores de curtose acima de 1, caracterizando uma distribuição simétrica dos dados. Segundo Alho et al (2014), a proximidade dos valores média e mediana assegura uma distribuição simétrica dos dados, permitindo a análise geoestatística. Outro aspecto citado pelo mesmo autor é que 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 (Tabela 1), todos os atributos apresentaram distribuição normal, assemelhando-se aos resultados encontrados por Aquino et al. (2014a), que estudou solos antropogênicos e não antropogênicos no sul do Amazonas. Apesar de que mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do chamado efeito proporcional, que

a média e a variabilidade dos dados sejam constantes na área de estudo, o que foi observado, ou seja, ocorrência de estacionalidade necessária ao uso da geoestatística (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989).

Segundo a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Warrick e Nielsen (1980), que classificaram como baixa variabilidade CV < 12%, média variabilidade CV entre 12 e 60% e alta variabilidade CV > 60%, alguns atributos apresentaram baixa variabilidade, enquanto o DMG e EstC em todas as profundidades, DMP nas profundidades 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m e Ds na profundidade de 0,20-0,30 m apresentaram média variabilidade. Estes resultados são considerados promissores já que estas variáveis, normalmente, têm alta variação no campo conforme afirmam Aquino et al. (2014 b).

Os valores médios de DMP e DMG são maiores nas camadas superficiais e decrescem em profundidade acompanhando o comportamento dos teores do COT e Est C (Tabela 1). Segundo Santos et al. (2013), em áreas de TPAs o carbono orgânico desempenha papel determinante na formação e estabilização dos agregados. A diminuição de seu conteúdo no solo altera a estrutura do solo, já que a agregação, indiretamente, afeta outros atributos como porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração de água.

A densidade do solo apresenta valor abaixo de 1 Mg m<sup>-3</sup>, indicando baixa densidade do solo (Tabela 1). Verifica-se ainda aumento desse valor nas camadas com baixos teores de COT, evidenciando o papel determinante do carbono orgânico no comportamento dessas variáveis. Campos et al. (2011) estudou perfis de TPA na região do médio Rio Madeira, encontrou valores de COT nos horizontes antropogênicos, oscilando entre 43,7 e 80,3 g kg<sup>-1</sup>, abaixo dos encontrados neste trabalho. Santos et al. (2011), estudando atributos físicos em terra preta arqueológica na região sul do Amazonas, encontraram valores de densidade do solo (Ds) com médias semelhantes a este trabalho na superfície do solo e aumento em profundidade.

Os resultados das análises geoestatísticas, para a Ds, DMG, DMP, COT e Est C, são apresentados na Tabela 2. Há dependência espacial para todos os atributos estudados. Os semivariogramas dos atributos do solo apresentaram dependência espacial e ajustaram-se aos modelos exponencial e esférico (Tabela 2), corroborando com outros estudos que apontam esses serem os modelos que melhor se ajustam aos atributos do solo (SOUZA et al., 2009; CAJAZEIRA e ASSIS JUNIOR, 2011).



Tabela 1. Estatística descritiva da densidade do solo (Ds), diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (Est C) em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí, AM.

Estatística Descritiva	Ds Mg m <sup>-3</sup>	DMG	DMP	COT	Est C
		mm		g kg <sup>-1</sup>	Mg ha <sup>-1</sup>
0,00-0,05 m					
Média	0,90	2,67	3,13	114,52	52,31
Mediana	0,89	2,67	3,14	114,39	51,33
Máximo	1,15	3,90	3,67	128,44	84,20
Mínimo	0,69	1,32	2,43	96,59	34,76
<sup>1</sup> DP	0,11	0,50	0,20	8,12	8,42
Variância	0,01	0,25	0,04	65,90	70,90
<sup>2</sup> CV%	11,76	18,87	6,30	7,09	16,10
Assimetria	0,45	-0,34	-0,64	-0,08	0,90
Curtose	0,16	0,91	1,54	-0,88	1,93
<sup>3</sup> d	0,09*	0,09*	0,01 <sup>ns</sup>	0,07*	0,11*
0,05-0,10 m					
Média	0,95	2,55	3,01	105,45	54,35
Mediana	0,95	2,54	3,05	104,66	50,63
Máximo	1,18	3,92	3,50	122,65	82,21
Mínimo	0,73	1,25	2,43	97,40	38,52
<sup>1</sup> DP	0,09	0,45	0,21	4,69	11,25
Variância	0,01	0,20	0,04	21,97	126,49
<sup>2</sup> CV%	9,34	17,50	7,00	4,44	20,69
Assimetria	0,22	0,02	-0,58	1,08	1,34
Curtose	0,44	0,61	0,27	1,85	0,81
<sup>3</sup> d	0,10*	0,05*	0,08*	0,04*	0,08*
0,10-0,20 m					
Média	0,95	2,53	2,52	107,43	59,01
Mediana	0,94	2,63	2,61	101,41	58,01
Máximo	1,25	3,52	3,98	118,27	71,65
Mínimo	0,73	1,28	1,26	90,15	34,46
<sup>1</sup> DP	0,10	0,43	0,50	6,44	6,03
Variância	0,01	0,19	0,25	41,42	36,44
<sup>2</sup> CV%	10,62	16,85	19,96	6,35	12,32
Assimetria	0,62	-0,65	-0,36	0,72	0,70
Curtose	0,32	0,06	0,34	0,43	1,54
<sup>3</sup> d	0,09* <sup>s</sup>	0,02*	0,05*	0,07*	0,05*
0,20-0,30 m					
Média	0,98	2,50	2,51	101,01	48,32
Mediana	0,97	2,57	2,62	101,48	44,49
Máximo	1,27	3,75	3,89	119,33	79,16
Mínimo	0,26	1,15	1,39	89,99	39,26
<sup>1</sup> DP	0,13	0,45	0,46	6,68	13,47
Variância	0,02	0,21	0,21	44,60	181,43
<sup>2</sup> CV%	13,46	18,15	18,22	6,24	23,10
Assimetria	-1,48	-0,25	-0,20	-0,36	1,17
Curtose	9,26	0,23	-0,04	0,89	0,84
<sup>3</sup> d	0,09*	0,09*	0,08*	0,10*	0,08*

<sup>1</sup>DP: desvio padrão; <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação; <sup>3</sup>d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, \*significativo a 5% de probabilidade.

Os valores da validação cruzada (VC) foram acima de 0,60, com exceção apenas do DMP e Est C na profundidade de 0,0-0,05 m que apresentaram respectivamente 0,58 e 0,54 (Tabela 2). Segundo Wojciechowski et al. (2009), os valores da VC variam de 0 a 1, cuja os valores mais próximos de 1 apontam os

modelos mais eficientes para representar o fenômeno estudado.

Quanto ao grau de dependência espacial (GDE), classificação segundo Cambardella et al. (1994), que avalia em termos proporcionais o efeito pepita sobre o patamar (C0/(C0+C1), mostraram-se, de modo geral,

forte dependência espacial ( $GDE < 25\%$ ) para os atributos estudados. Todavia, exceção do DMP para a profundidade de 0,0-0,05 m e do Est C para a profundidade de 0,20-0,30 m, que mostraram moderada variabilidade. 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. O DMG foi a variável que apresentou maior amplitude, com alcance de 26 a 43 m, o DMP variou de 31 a 39 m, já a Ds ficou entre 20 a 30 m e o Est C e COT entre 20 e 27 m

(Tabela 2), semelhante aos resultados encontrados por Aquino et al. (2014a). A informação sobre o alcance pode auxiliar no subsídio de futuros estudos envolvendo amostragem de solos no que se refere a densidade amostral (AQUINO et al., 2014 b).

Apesar da densidade do solo apresentar baixos valores, verificou-se que, a partir da profundidade 0,05 até 0,30 m, há formação de uma zona de maiores valores de Ds (Figura 1). Segundo Campos et al. (2012), em estudos com TPAs e solos não antrópicos, este fato deve-se ao afastamento do horizonte antrópico e proximidade aos horizontes de maior influência do

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados aos semivariogramas da Ds, DMG, DMP, COT e Est C do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí, AM.

Parâmetros	Ds	DMG	DMP	COT	Est C
0,00-0,05 m					
Modelo	Exp	Exp	Esf	Exp	Exp
Efeito Pepita	0,00091	0,041	0,013	10,0	12,8
Patamar	0,0089	0,221	0,027	66,1	74,9
Alcance (m)	22	35	37	22	23
<sup>1</sup> R <sup>2</sup>	0,83	0,94	0,99	0,91	0,74
<sup>2</sup> GDE (%)	10	19	48	15	17
<sup>3</sup> VC%	0,81	0,70	0,58	0,64	0,54
0,05-0,10 m					
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp	Esf
Efeito Pepita	0,00082	0,018	0,007	2,70	35
Patamar	0,00062	0,135	0,039	22,67	140
Alcance (m)	30	26	31	26	23
<sup>1</sup> R <sup>2</sup>	0,89	0,94	0,98	0,85	0,86
<sup>2</sup> GDE (%)	13	13	18	12	25
<sup>3</sup> VC%	80	0,80	0,78	0,70	0,89
0,10-0,20 m					
Modelo	Exp	Esf	Esf	Exp	Exp
Efeito Pepita	0,00087	0,009	0,047	4,90	3,0
Patamar	0,00083	0,194	0,196	42,85	28,3
Alcance (m)	28	43	39	25	23
<sup>1</sup> R <sup>2</sup>	0,97	0,97	0,98	0,90	0,92
<sup>2</sup> GDE (%)	10	5	24	11	11
<sup>3</sup> VC%	0,75	0,99	89	0,75	0,82
0,20-0,30 m					
Modelo	Exp	Esf	Exp	Exp	Esf
Efeito Pepita	0,0015	0,017	0,021	4,20	49,8
Patamar	0,0096	0,162	0,204	45,63	146,6
Alcance (m)	20	11	34	24	27
<sup>1</sup> R <sup>2</sup>	0,95	0,94	0,99	0,91	0,95
<sup>2</sup> GDE (%)	16	11	10	9	34
<sup>3</sup> VC%	0,71	0,76	0,80	0,85	0,96

Est C: estoque de carbono do solo; COT: carbono orgânico total; DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; Ds: Densidade do solo; Esf.:Esférico; Exp.: Exponencial; Lin: Linear; <sup>1</sup>R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; <sup>2</sup>GDE%: grau de dependência espacial e; <sup>3</sup>VC: validação cruzada.

material parental.

Os mapas de krigagem dos índices da estabilidade de agregados (DMG e DMP) nas diferentes profundidades apresentam resultados semelhantes entre si (Figura 2). As manchas nos mapas de DMG e DMP são coincidentes com as dos teores de COT e maior Est C (Figura 3). Esse fato também foi observado por Souza et al., (2009) e Coutinho et al. (2010), o que segundo Vieira et al. (2011), resultados dessa natureza reforçam a importância do carbono na agregação do solo.

### Conclusões

Os atributos do solo estudados apresentaram dependência espacial, com modelos esféricos e exponencial e alcance a partir de 20 m;

A densidade do solo, diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado apresentam-se dependentes da quantidade de carbono orgânico e estoque de carbono nos solos de TPAs.

Os elevados teores de carbono interferem positivamente na densidade do solo e índices de agregação nos solos de TPAs.

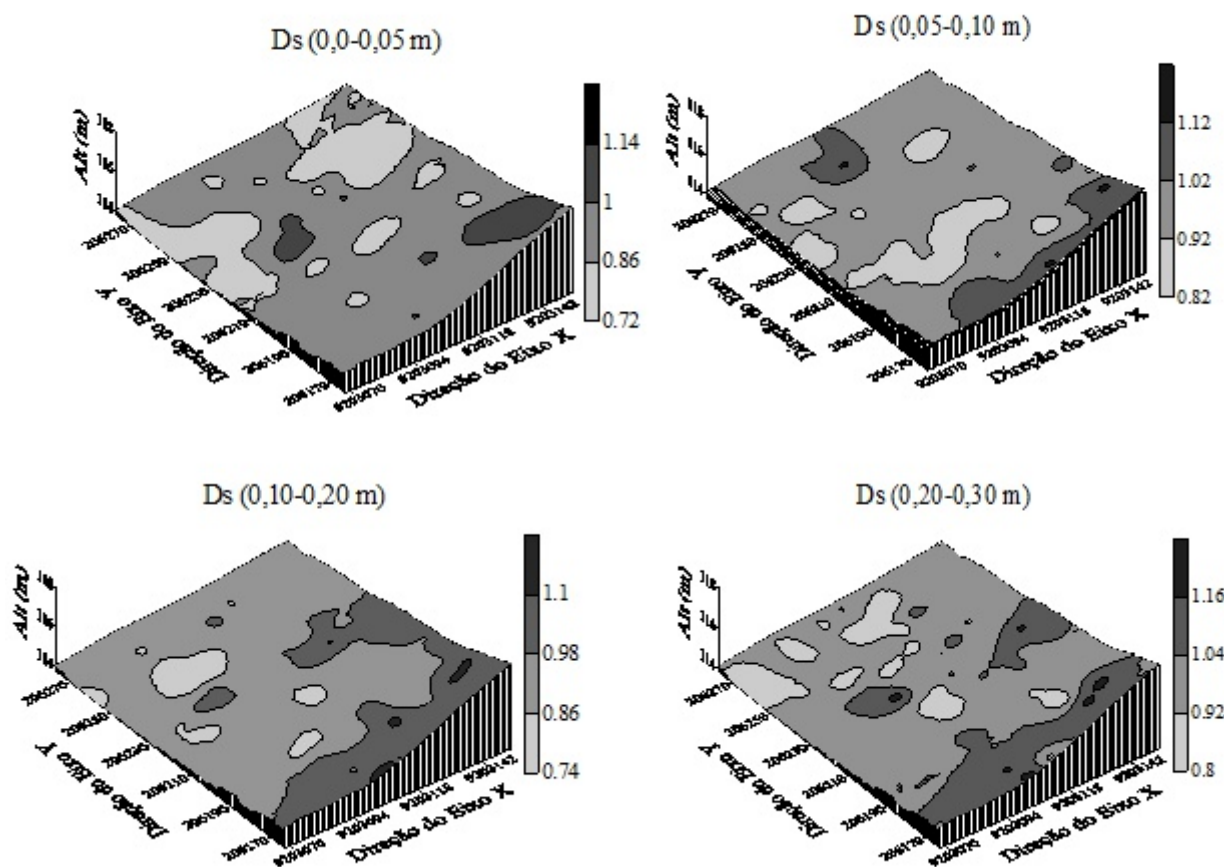


Figura 1. Mapas de krigagem da Ds nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,010; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí, AM.



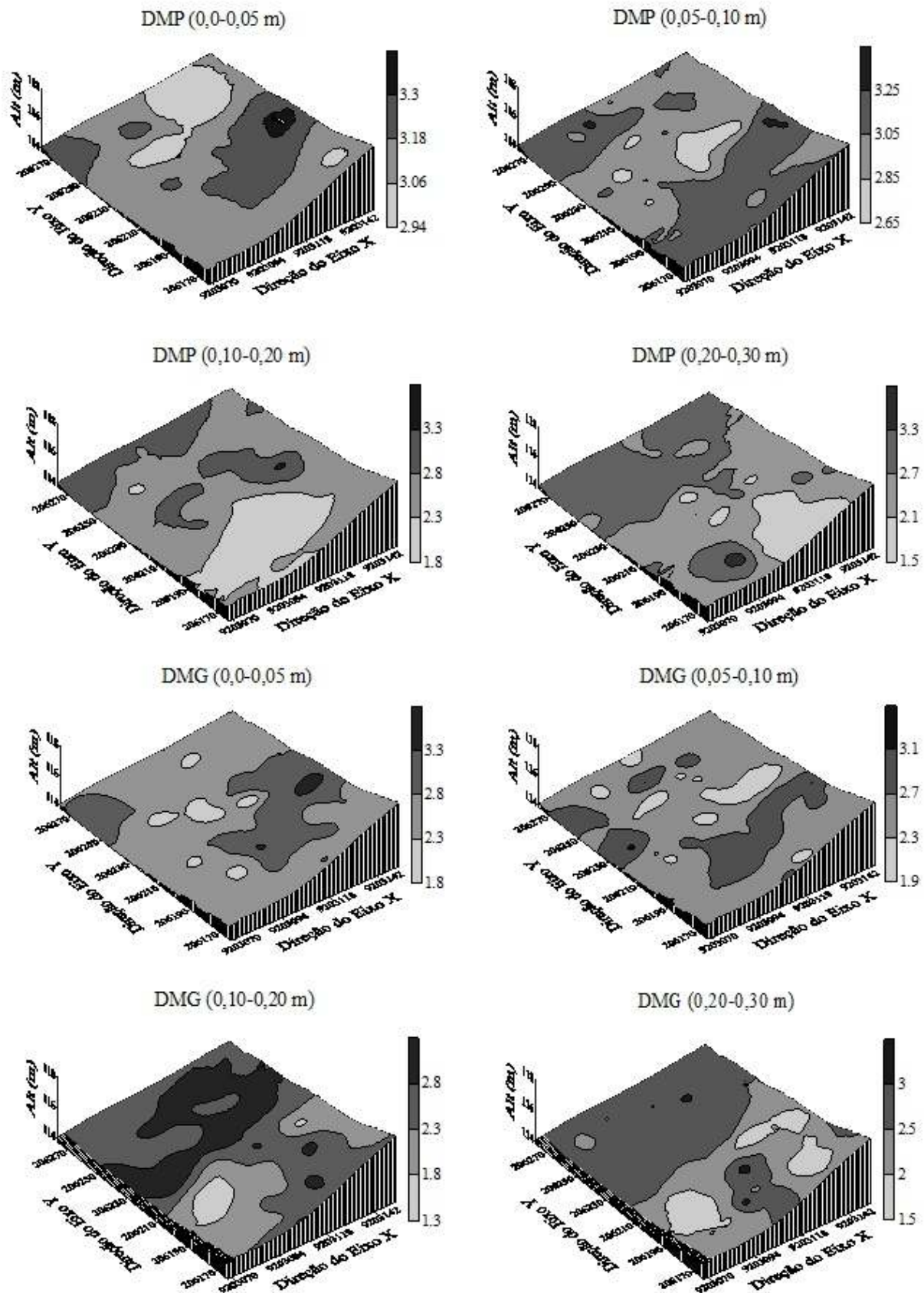


Figura 2. Mapas de krigagem do DMP e DMG nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,010; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí, AM.

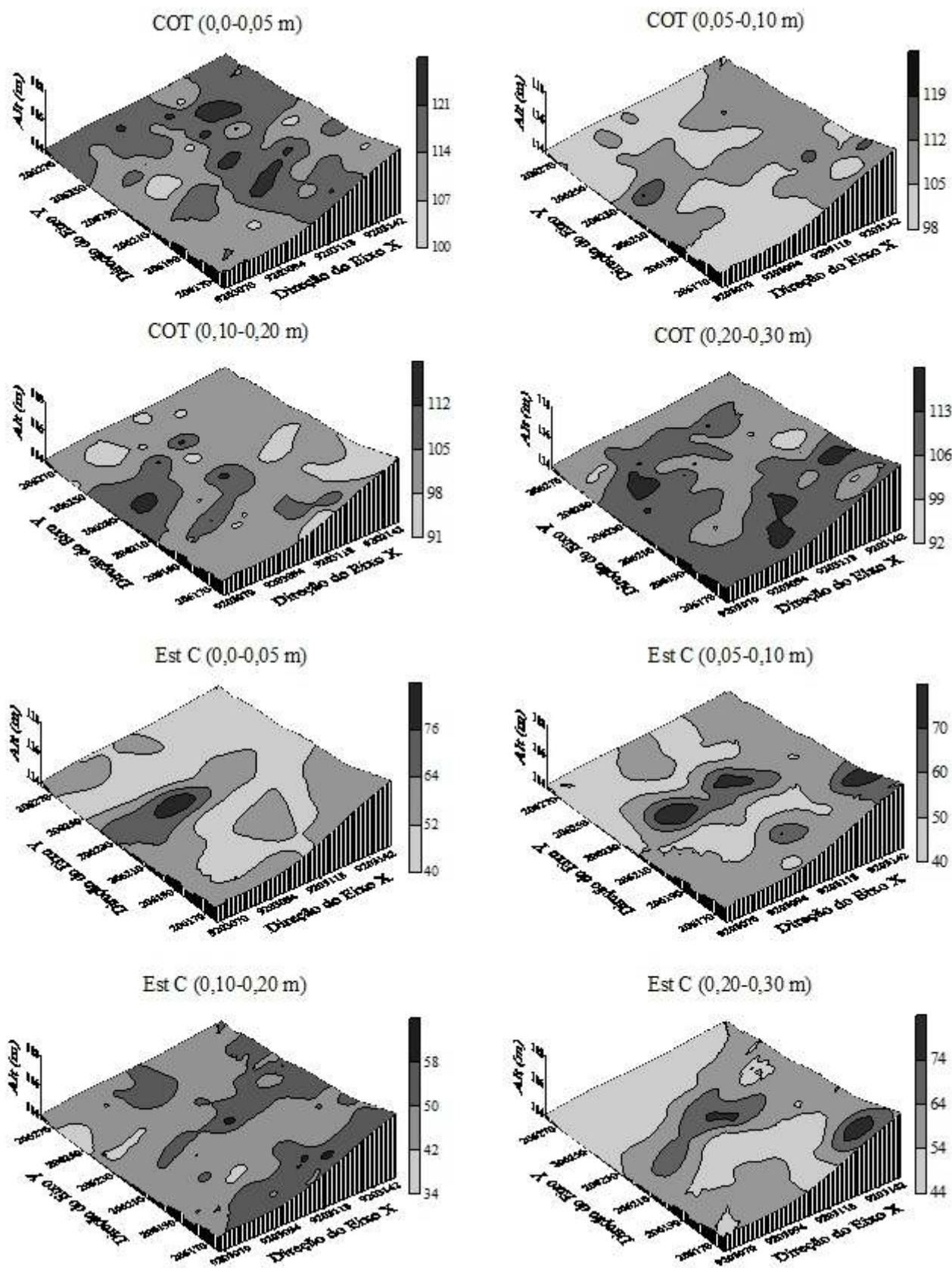


Figura 3. Mapas de krigagem do COT e Est C nas profundidades de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí, AM.



**Referências Bibliográficas**

- ALHO, L.C. et al. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.3, p.246-254, 2014.
- AQUINO, R. E. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênico e não antropogênico na região de Manicoré, AM. **Bioscience Journal**, v.30, p.988-997, 2014a.
- AQUINO, R. E. et al. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em latossolo sob floresta nativa e pastagem na Região de Manicoré, AM. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.397-406, 2014b.
- CAJAZEIRA, J.; ASSIS JUNIOR, R. N. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.258-267, 2011.
- CAMBARDELLA, C.A. et al. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.47, p.1501-1511, 1994.
- CAMPOS, M.C.C. et al. Caracterização e Classificação de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira. **Bragantia**, v.70, p.18-27, 2011.
- CAMPOS, M.C.C. et al. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Agro@ambiente On-line**, v. 6, p.102-109, 2012.
- COUTINHO, F. S. et al. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. **Comunicata Scientiae**, v. 2, p.100-105, 2010.
- 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-CNPq, 1997.
- GLASER, B.G. **The Grounded Theory perspective: Conceptualizations contrasted with description**, Sociology Press, 2001.
- ISAACS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Part I. Physical and mineralogical methods. Madison, WI: Soil Science Society of America, 1986. p. 425-442.
- MINITAB Release 14.1, Statistical Software. 2000.
- OLIVEIRA, I. A. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1103-1112, 2013.
- ROBERTSON, G.P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998.152p.
- SANTOS, L. A. C. et al. Caracterização física de seis sítios de Terras Pretas Arqueológicas na região de Apuí-AM. **Revista Verde**, v.6, p.167-174, 2011.
- SANTOS, L.A.C. et al. Caracterização de terras pretas arqueológicas no sul do estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.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. et al. Spatial variability of aggregate stability in Latosols under sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.245-253, 2009.
- SPERA, S. T. et al. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 37-44, 2010.
- VIEIRA, S. R. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de agregação de dois Latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. **Bragantia**, v.70, p.185-195, 2011.
- VIEIRA, S. R. et al. Variabilidade espacial e temporal do teor de água do solo sob duas formas de uso. **Bragantia**, v.69, p.181-190, 2010.
- 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. p.319-344.
- WELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.175-180, 1994.
- WOJCIECHOWSKI, J.C. et al. Geoestatística aplicada ao estudo das características físico-químicas do solo em áreas de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal**, v.19, p.383-391, 2009.
- YEOMANS, J.C.; BREMMER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1467-1476, 1988.