I Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER - PDVAgro2016

VARIABILIDADE E CORRELAÇÃO ESPACIAL DE AGREGADOS, DENSIDADE DO SOLO E CARBONO ORGÂNICO EM TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA NO MUNICÍPIO DO APUÍ, AM

Romário Pimenta Gomes¹; Milton César Costa Campos²; Laércio Santos Silva³; Douglas Marcelo Pinheiro da Silva⁴ Ronaldo Alves de Oliveira Filho⁵

Introdução

As atividades humanas para formação das terras pretas arqueológicas (TPAs) têm também como consequência, uma provável variabilidade espacial das propriedades do solo (Madari et al., 2005). A partir do conhecimento dessa dependência espacial dos atributos do solo é possível avaliar a correlação entre atributos por meio do semivariograma cruzado (Camargo, 2009).

Devido a carência de profissionais atuantes na área e planejamento logístico (Oliveira et al., 2015), se faz necessário a disseminação do uso da geoestatística, visto que demanda de menos mão-de-obra, pois permite estimar com precisão matemática, valores entre os pontos georreferenciados (Lemos Filho et al., 2008).

O estudo da variabilidade associado à correlação espacial dos atributos do solo, como no caso do carbono orgânico e suas relações com outros atributos físicos em ambientes antropogênicos de caráter tão íntimo como as TPAs é de natureza inédita na região Amazônica. Com base no que foi argumentado, neste trabalho avaliou-se a variabilidade e correlação espacial do carbono orgânico, densidade do solo, e classes de agregados em área de terra preta arqueológica no município de Apuí, sul do Amazonas.

¹ Programa de Pós-Graduação em ciência do solo, Universidade Estadual Paulista, e-mail: rpgagronomia@gmail.com.

² Professor Adjunto IV da Universidade Federal do Amazonas, e-mail: mcesarsolos@gmail.com.

³ Programa de Pós-Graduação em ciência do solo, Universidade Estadual Paulista, e-mail: laerciosantos18@gmail.com.

⁴ Professor Adjunto da Universidade Federal do Amazonas, e-mail: dougllasmarcelo@gmail.com.

⁵ Mestrado em andamento pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: rcnaldoalvesfoto@gmail.com.

Fundamentação Teórica

A variabilidade espacial dos atributos no sistema solo ocorre naturalmente e em diferentes níveis, podendo também, ser atribuído aos fatores e processos pedogenéticos intrínsecos de formação do solo e suas interações com a paisagem, bem como associado ao manejo.

Metodologia

A área de estudo está localizada ao sul do Estado do Amazonas, às margens da BR 230, rodovia Transamazônica, no município de Apuí, AM, estando em uma área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café, localizado nas coordenadas geográficas 7° 12' 05" de latitude sul e 59° 39' 35" e longitude oeste. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo eutrófico, segundo Embrapa (2013), ou um Ultisol (Soil Survey Staff, 2014).

Nesse local, foi estabelecido um grid amostral com dimensões de 48 × 88 m e espaçamentos de 06 × 08 m, totalizando 88 pontos amostrais. Em seguida, foram abertas trincheiras pequenas, e o solo foi amostrado na camada: 0,0-0,05 m, nos pontos de cruzamento da malha. Esses pontos foram georreferenciados com equipamento de GPSMAP 76CS (Garmin International, USA). A densidade do solo (Ds) foi determinada em amostras com estrutura preservada, em cilindro volumétrico com 5,57 cm de diâmetro e 4,1 cm de altura, e secas em estufa a 105-110 °C, por 48 h (Embrapa 1997). O carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método de Walkley-Black, modificado por Yeomans e Bremner (1988). As amostras de solos foram retiradas em forma de blocos, as quais foram secas ao ar e passadas em peneiras de 9,52 mm e 4,76 mm. Em seguida, 20 g de amostras dos agregados retidos na peneira de 4,76 mm foram empregados na análise da estabilidade de agregados via úmida, colocadas sobre um jogo de peneiras com tamisagem de 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,105 mm e 0,053 mm e submetendo-os a oscilações verticais (Kemper e Chepil, 1965) e o resultado foi expresso em diâmetro médio ponderado (DMP). A estatística descritiva foi aplicada utilizando o software Minitab 14, para analisar os valores de média, mediana e os coeficientes de variação, assimetria e curtose. A normalidade dos dados foi examinada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A variabilidade espacial de todas as variáveis desse estudo foi avaliada por meio do uso da geoestatística. O semivariograma experimental foi estimado sob a hipótese de estacionaridade, 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 .

Modelos matemáticos permissíveis foram ajustados aos semivariogramas e estimados os semivariogramas experimentais com base no coeficiente de determinação (R^2). Em seguida, aplicou-se a técnica de validação cruzada (VC) para testar todo procedimento do ajuste dos modelos. Para analisar a correlação espacial entre o CO e os demais atributos estudados, foram desenvolvidos semivariogramas cruzados, que puderam assumir valores tanto positivos, indicando que o aumento em um dos atributos foi acompanhado pelo aumento do outro, como negativos, que evidenciou que, quando ocorreu o aumento de um dos atributos, ocorreu o decréscimo do outro. A estimativa da distribuição de valores das variáveis para os pontos não amostrados no grid foi realizada pela krigagem, utilizando o programa Surfer (Golden Software Inc., 1999).

Resultados e Discussões

Os resultados referentes à análise estatística descritiva revelaram que grandes partes das variáveis estudadas ajustaram a normalidade, dependendo da profundidade (Tabela 1). A proximidade dos valores de média e mediana indicia uma distribuição simétrica dos dados. Assumindo o critério de classificação para o coeficiente de variação (CV) proposto por Warrick e Nielsen (1980) o carbono orgânico (CO) apresentou alta variabilidade. As estimativas dos semivariogramas (Figura 1) no diâmetro médio ponderado (DMP) e CO ajustou-se ao modelo exponencial, enquanto a densidade do solo (Ds) ajustou-se ao modelo esférico. É sabido na literatura que quanto menor o alcance, maior é a variabilidade espacial dos atributos (Marques Júnior et al., 2008). Neste sentido, os atributos estudados apresentaram diferentes valores de alcance, variando de 12,60 a 78,34 m, e todos acima do valor estabelecido na malha amostral, indicando maior continuidade espacial das propriedades do solo. Com o objetivo de compreender a similaridade espacial dos atributos avaliados, foram construídos semivariogramas cruzados, fixando o CO e correlacionado espacialmente com outros atributos, sendo assim, foi observado correlações espacialmente negativas entre CO x DMP e CO x Ds. Lima e Anderson (1997) alegam que agregação é um fenômeno eletrostático atribuído, excepcionalmente, a fração argila, considerada a

fração ativa do solo, e matéria orgânica. Isto explica a correlação negativa dos semivariogramas cruzados entre CO x DMP e a correlação negativa confirma o comportamento antagônico entre a Ds e o CO com o incremento da matéria orgânica. Na figura 1, estão apresentados os mapas de isolinhas e de superfícies dos atributos avaliados, representados no campo tridimensional. De forma geral, a produção dos mapas elucidaram e amplitude dos atributos estudados. Neste aspecto, nos compartimentos com menores teores de CO, os menores valores de DMP coincidem com os maiores de Ds. Assim, os menores valores de DMP são reflexos dos maiores de Ds, logo, os baixos valores de Ds é resultado do elevado teor de CO evidenciado em solos de TPA, conforme Oliveira et al. (2015). De modo geral, constatou-se que independente do tamanho da área do estudo, as pequena as variações geomorfológicas condicionam variabilidade diferenciada para os atributos físicos do solo.

Tabela 1. Estatística descritiva do diâmetro médio ponderado (DMP), densidade do solo (Ds) e carbono orgânico (CO) em área de TPA sob cultivo de café no sul do Amazonas na profundidade 0,0 – 0,05 m.

Estatística Descritiva	Prof. (m)	Média	Mediana	Coeficientes			d ⁽¹⁾
				Varição (%)	assimetria	curtose	
DMP (mm)	0,0 – 0,05	3,04	3,14	3,18	-0,29	-0,24	0,20*
Ds (kg dm ⁻³)	0,0 – 0,05	1,80	1,09	9,25	0,23	0,22	0,20*
CO (g kg ⁻¹)	0,0 – 0,05	38,96	37,25	29,85	0,38	-0,85	0,03

Figura 1. Semivariogramas simples, cruzados e mapas de isolinhas dos atributos estudados na profundidade 0,0 – 0,05 m.

⁽¹⁾d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, * significativo a 5% de probabilidade. Exp: Exponencial; Esf: Esférico; C_0 : efeito pepita; $C_0 + C_1$: patamar; a: alcance; R^2 : coeficiente de determinação e VC: validação cruzada.

Conclusões

As variáveis estudadas apresentaram estruturas de dependência espacial. Com maior alcance constatado na Ds e CO.

O DMP e a Ds apresentaram correlação espacial negativa com carbono orgânico.

Agradecimentos:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Universidade Federal do Amazonas.

Referências

CAMARGO, L. A. Mineralogia da argila e atributos físicos de um Argissolo em curvaturas de relevo. 111f. **Dissertação** (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 3ª ed. Brasília: DC; 2013.

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

KEMPER, W. D. & CHEPIL, W.S. Aggregate stability and size distribution. In: Black CA, editor. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. p. 499–510, 1965.

LEMO FILHO, L. C. A.; OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; LUIZ, A. B. A. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Rev Cienc Agrôn**. 39, 193–202, 2008.

LIMA, J. M. & ANDERSON, S. J. Aggregation and aggregate size effects on extractable iron and aluminum in two Hapludox. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 61:965-970, 1997.

MADARI, B. E.; TEIXEIRA, W. G.; BENITES, V de MELO.; KERN, D. C.; FALCÃO, N. P. S. **Pesquisas sobre os solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio) e sua relevância agrônoma**. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2005. 27p.

MARQUES JÚNIOR, J. & LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neocenozóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**, São Paulo, v.19, n.2, p.265-281, 2000.

OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; FREITAS, L.; SIQUEIRA, D. S.; CUNHA, J. M. Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de Argissolos da região de Manicoré, AM. **Rev Bras Cienc Solo**. 39, 668–681, 2015.

SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy. 12th ed. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service; 2014.

SURFER for windows. Release 7.0. Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers. Warrick AW, Nielsen DR. Spatial variability of some physical properties of the soil. In: Hill D. editor. **Applications of soil physics**. New York: Academic. p: 319–344, 1980.

YEOMANS JC, BREMNER JM. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Commun Soil Sci Plant Anal**. 19:1467–1476, 1988.