

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS EM DOIS SISTEMAS DE MANEJO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Danielle do Socorro Nunes CAMPINAS¹, Paulo Roberto da Silva FARIAS²,
Herdjania Veras de LIMA², Fábio Junior de OLIVEIRA³

RESUMO – Este trabalho teve por objetivo avaliar o grau de dependência espacial das propriedades físicas do solo através de técnicas de geoestatística em diferentes sistemas de manejo. Os atributos estudados foram densidade do solo, resistência do solo à penetração, macroporosidade e microporosidade, utilizou-se técnicas de geoestatística na determinação da dependência espacial. Os resultados indicam que ambas as áreas apresentam valores de resistência a penetração superior a 2,0 MPa. As variáveis macroporosidade, microporosidade e resistência à penetração apresentaram grau de dependência espacial moderado na área de citros. Na área de pastagem, a variável resistência à penetração foi classificada com dependência espacial moderado.

PALAVRAS-CHAVE: dependência espacial, krigagem, manejo do solo.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN TWO MANAGEMENT SYSTEMS IN THE EASTERN AMAZON

ABSTRACT - The objective was to assess the degree spatial dependency of some physical properties of the soil through the techniques of geostatistics in different systems of management. The attributes studied were soil bulk density, soil resistance to penetration, macroporosity and microporosity, in which we used geostatistical techniques in determining the spatial dependence. The results indicate that both fields have values of resistance to penetration greater than 2.0 MPa. The variables macroporosity, microporosity and penetration resistance showed moderate degree of spatial dependence in the citrus area. In the pasture area, the variable resistance was classified as moderate spatial dependence.

KEYWORDS: spatial dependence, kriging, soil management.

1. INTRODUÇÃO

Os diferentes tipos de uso do solo aliado às diversas técnicas de cultivo com mecanização têm provocado alterações nos atributos físicos do solo, alterando o equilíbrio dos recursos naturais e influenciando na produtividade das culturas.

Em áreas de cultivo, devido o manejo exercido, há ocorrência de fontes adicionais de heterogeneidade no solo, além da variabilidade natural (CAMARGO et al., 2010).

A variabilidade espacial das propriedades físicas do solo pode ser

¹Mestre em Agronomia – Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA – Belém – PA - Brasil. E-mail: danielle.campinas@ufra.edu.br

²Professor Doutor - Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA – Belém – PA - Brasil. E-mail: paulo.farias@ufra.edu.br; herdjania.lima@ufra.edu.br

³ Discente de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: fjoliveira13@gmail.com

ocasionada em consequência de fatores geológicos e pedológicos de formação do solo, ou, podem ser induzidas por lavoura ou outras práticas de gestão (IQBAL et al., 2005). Técnicas de geostatísticas têm sido bastante utilizadas em estudos sobre variabilidade das propriedades dos solos, pois elas permitem quantificar a existência das variações espaciais dos diversos atributos físicos tais como a densidade do solo (Ds), umidade, porosidade do solo e resistência do solo à penetração (RP), possibilitando uma descrição detalhada destas propriedades no tempo ou no espaço. De acordo com Bottega et al. (2011), estes atributos tem sido utilizados como indicadores de qualidade física e estão diretamente relacionados a produtividade de culturas.

Estudos indicam que valores de resistência do solo à penetração de 2,0 a 4,0 MPa, podem restringir, ou mesmo impedir, o crescimento e o desenvolvimento das raízes, porém a compactação do solo é mais prejudicial em solo seco, sendo que em condições de maior conteúdo de água pode haver crescimento radicular em valores de resistência do solo à penetração superiores a 4,0 MPa (TAVARES FILHO e TESSIER, 2009). Em relação ao grau de dependência espacial, estudos apontam que geralmente a RP possui moderada ou forte dependência espacial. Já a Ds geralmente possui dependência espacial fraca (MESTAS et al., 2010; CAMPOS et al., 2012). No entanto, Wang e Shao (2011), encontraram forte dependência espacial para densidade do solo e Silva et al. (2008), moderada dependência espacial. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o grau de dependência espacial de algumas propriedades físicas do

solo através de técnicas de geostatística em dois diferentes sistemas de manejo, no município de Capitão Poço, Nordeste Paraense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Capitão Poço, nordeste do Estado do Pará. O município ocupa uma área de 2.899,540 km² (IBGE). Em geral o município apresenta solo do tipo Latossolo Amarelo, textura média (SILVA et al., 1999), clima tipo Ami, segundo a classificação de Köppen, com os maiores índices de pluviosidade de janeiro a maio e os menores de agosto a novembro.

O experimento foi conduzido na Fazenda Ornela, localizada entre as latitudes 01°43'20" e 01°44'10" S, e as longitudes 47°7'30" e 47°6'40" W, em duas áreas experimentais: a) Cultivo de laranja, com textura franco-arenosa, implantada há 7 anos, no qual se utiliza o processo de gradagem, roçagem e, quando necessária, ocorre a entrada de tratores com carretas e pulverizadores; b) Área de pastagem, com textura franco-argilo-arenosa que encontra-se abandonada a 10 anos. Selecionou-se uma área de 6 ha, com espaçamento entre amostras de 50x50m perpendiculares entre si, totalizando 24 pontos. Para determinação dos atributos foram coletadas amostras indeformadas nas profundidades de 0-7cm utilizando um trado holandês em anel metálico de 100 cm³ (5cm de altura e diâmetro).

As variáveis estudadas foram microporosidade, macroporosidade, densidade do solo e resistência do solo à penetração de raízes. O volume de microporos foi determinado pelo método da

mesa de tensão, por meio da determinação da curva de retenção de água no solo, na tensão de 6 kPa (EMBRAPA, 1997). O volume de macroporos foi calculado pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. A densidade do solo foi determinada segundo Blake e Hartge (1986).

A resistência do solo à penetração (MPa) foi determinada com o auxílio de um penetrômetro eletrônico, consistindo no deslocamento vertical de uma haste metálica cônica de área de base 0,1167 cm², semi-ângulo de 30° e velocidade de penetração 1,0 cm min⁻¹. Realizaram-se 240 leituras, com três repetições por amostra. As cinco primeiras e as cinco últimas leituras foram descartadas, a fim de diminuir o erro experimental (FIGUEIREDO et al., 2011).

A variabilidade do solo foi avaliada primeiramente através de análise exploratória dos dados, através de estatística descritiva, calculando-se média, mediana, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose e teste de normalidade.

Para caracterização da dependência espacial, utilizou-se a análise geoestatística, sendo construído um semivariograma (Eq. 1) conforme Vieira et al. (1983):

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

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

Modelos teóricos como modelos gaussiano, esférico e exponencial, foram testados após o ajuste do semivariograma. Os dados das amostragens foram estimados através da krigagem ordinária. Para propriedades espacialmente dependentes, espera-se que a diferença entre valores $[Z(x_i) - Z(x_i + h)]$ seja, em média, crescente com a distância até determinado ponto a partir do qual se estabiliza um valor, denominado patamar (C1) que é aproximadamente igual à variância dos dados. Esta distância recebe o nome de alcance (a) e representa o raio de um círculo dentro do qual os valores são tão parecidos uns com os outros que se correlacionam. O valor da semivariância na interseção do eixo Y tem o nome de efeito pepita (C0) e representa a variabilidade da propriedade estudada em espaçamentos menores que o amostrado; assim, quanto maior o efeito pepita mais fraca é a dependência espacial de um atributo. Os mapas foram gerados através do programa Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

variabilidade das propriedades do solo de acordo com a análise de estatística descritiva para as variáveis analisadas são apresentados na Tabela 1.

Os valores de coeficientes de variação (CV) são adimensionais e permitem a comparação de valores entre diferentes atributos do solo (SANCHEZ et al., 2009), de acordo com a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980) do coeficiente de variação (CV), as variáveis densidade do solo nas duas áreas e a microporosidade na área de citros apresentou baixa variabilidade, corroborando com resultados

encontrados por outros autores (SILVA et al., 2008; SOUZA et al., 2009; WANG e SHAO, 2011), indicando baixa dispersão entre estes atributos. Os atributos MI para área de pasto e RP na área de citros apresentaram média variabilidade (12% - 60%) e a MA em ambas as áreas e RP na área de pasto apresentou alta variabilidade (> 60%) (Tabela 1).

A densidade do solo na área de cultivo de citros variou de 1,40 a 1,69 ($Mg\ m^{-3}$), de acordo com a literatura a densidade do solo para a classe-textural franco-arenosa

varia entre $1,6\ g\ cm^{-3}$ a $1,8\ g\ cm^{-3}$ (REYNODS et al., 2002), sendo um indicativo que a densidade do solo na área de estudo não oferece limitação física, apesar do intenso manejo exercido nela.

Na área de pastagem, a densidade do solo variou de 1,36 a 1,78 ($Mg\ m^{-3}$). Estudos revelam que densidades a partir de $1,45\ Mg\ m^{-3}$ para solos com texturas franco-argilo-arenosa são consideradas elevadas, ocasionando algumas limitações físicas (MARCOLAN e ANGHINONI, 2006).

Tabela 1. Estatística descritiva para as variáveis das amostras coletadas nas profundidades de 0-7cm.

Estatísticas	Atributos			
	Ds ($mg\ m^{-3}$)	MA ($m^{-3}\ m^{-3}$)	MI ($m^{-3}\ m^{-3}$)	RP (Mpa)
	----- Citros -----			
Média	1,55	0,05	0,37	2,64
Mediana	1,54	0,04	0,38	2,54
Mínimo	1,40	0,01	0,24	0,79
Máximo	1,67	0,16	0,42	5,80
Assimetria	-0,30	1,55	-1,85	0,48
Curtose	-0,18	2,52	3,59	-0,97
DP	0,07	0,04	0,04	1,57
Variância	0,004	0,002	0,002	2,479
CV (%)	4,27	79,88	11,84	59,60
	----- Pasto -----			
Média	1,51	0,06	0,37	4,90
Mediana	1,50	0,04	0,39	3,12
Mínimo	1,36	0,01	0,13	1,89
Máximo	1,78	0,22	0,45	12,43
Assimetria	0,88	1,80	-2,14	1,13
Curtose	0,73	2,68	4,80	0,07
DP	0,11	0,05	0,08	3,36
Variância	0,011	0,003	0,016	11,281
CV (%)	7,09	88,40	20,25	68,49

*Ds= densidade do solo; MA= macroporosidade; MI= microporosidade; RP= resistência a penetração; DP= desvio padrão e CV= coeficiente de variação.

Verifica-se uma heterogeneidade da variável RP, na qual ocorre uma variação dos valores mínimos e máximos de resistência a penetração (0,79 a 5,80 MPa),

tendo media de 2,64 MPa na área de citros. Na área de pastagem, a média de RP é de 4,9 MPa, ou seja, os valores de resistência à penetração (RP) estão superiores a 2,0 MPA,

limite considerado restritivo a resistência do solo a penetração de raízes em área cultivada com pomar de citros por Blainski et al. (2008). Segundo estes autores, as amplitudes de densidade do solo impostas pelo uso e manejo resultam na necessidade de maior conteúdo de água no solo para manter os valores de resistência do solo à penetração igual ou inferior ao valor crítico de 2,0 MPa para o cultivo de citros e culturas anuais quando comparados a outros usos como mata nativa e pastagem.

Na análise espacial, os atributos apresentaram comportamentos diferentes de

acordo com o manejo (Tabela 2). A análise de dependência espacial 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_0+C_1). Se o $CEP \leq 0,25$ a amostra apresenta alta dependência espacial, isto é, a componente aleatória é pequena; se $0,25 \leq CEP \leq 0,75$ a amostra apresenta moderada dependência espacial, isto é, a componente aleatória é importante e se $CEP \geq 0,75$ a amostra tem baixa dependência espacial.

Tabela 2. Parâmetros dos variogramas e índice de dependência espacial dos atributos físicos em área de cultivo de citros e pasto no município de Capitão Poço.

Estatísticas	Atributos			
	Ds (mg m^{-3})	MA ($\text{m}^{-3} \text{m}^{-3}$)	MI ($\text{m}^{-3} \text{m}^{-3}$)	RP (Mpa)
----- Citros -----				
Modelo	Lin.	Esf.	Esf.	Esf.
C_0	0,0037	0,0009	0,0006	1,1500
C_0+C_1	-	0,0018	0,0021	2,0800
a (m)	-	180	140	125
$[C_0/(C_0+C_1)] \times 100$	-	52,54	28,57	55,29
R^2 (%)	-	98,86	99,78	88,02
----- Pasto -----				
Modelo	Lin.	Lin.	Exp.	Esf.
C_0	0,0092	0,0028	0,0023	3,5000
C_0+C_1	-	-	0,0058	11,4000
a (m)	-	-	160	155
$[C_0/(C_0+C_1)] \times 100$	-	-	39,13	30,70
R^2 (%)	-	-	99,91	98,65

*Ds= densidade do solo; MA= macroporosidade; MI= microporosidade; RP= resistência a penetração; C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 = patamar; a = alcance; $[C_0/(C_0+C_1)] \times 100$ = índice de dependência espacial.

De acordo com os resultados obtidos nesta análise, os atributos macroporosidade e microporosidade na área de citros e resistência a penetração para as duas áreas analisadas apresentaram moderada dependência espacial, sendo um indicativo que as variáveis estão sendo influenciada de acordo com o manejo, resultados semelhantes foram encontrados por Bottega et al. (2011).

Para determinação do melhor modelo estatístico levou em consideração o maior valor de R^2 . Na figura 1, são apresentados os variogramas ajustados aos modelos teóricos que melhor descrevem o comportamento espacial dos atributos.

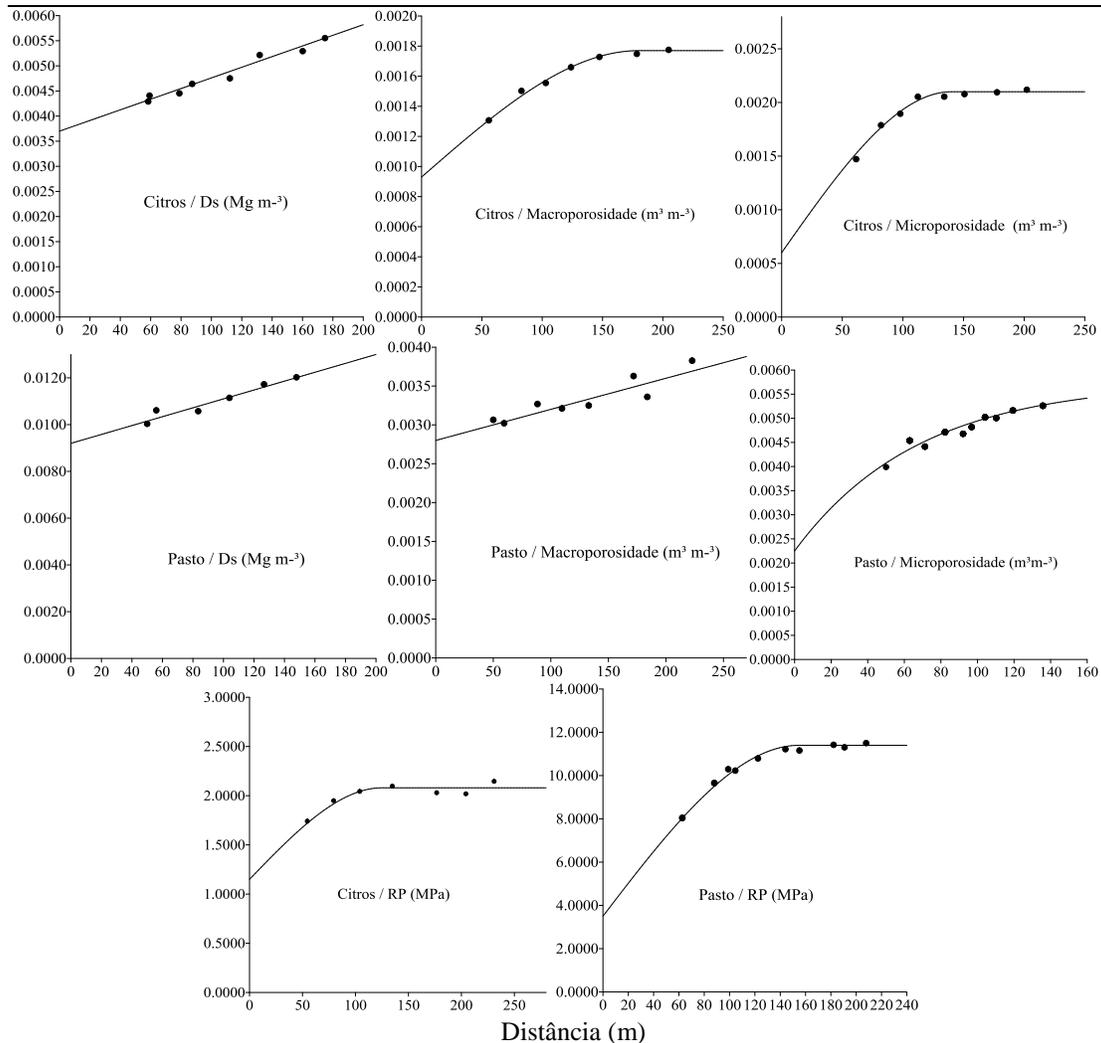


Figura 1. Semivariogramas ajustados aos modelos teóricos para as variáveis: Ds = densidade do solo; MA = Macroporosidade; MI = Microporosidade; RP = Resistência à penetração, para área com citros e pasto.

O ajuste do modelo linear na densidade do solo para ambas as áreas e macroporosidade para a área de pastagem indicam que a malha amostral não foi sensível em detectar dependência espacial. Resultados semelhantes foram

obtidos por Carvalho et al, (2011) em solos cultivados com cana-de-açúcar.

Os valores de RP se ajustaram ao modelo esférico nos dois sistemas de manejo, estes resultados concordam com outras pesquisas que indicam este

mesmo modelo para esta variável (BOTTEGA et al., 2011; CAMPOS et al., 2012).

O alcance da dependência espacial é um parâmetro fundamental na interpretação do semivariograma, indicando a distância até onde os pontos amostrais tem correlação entre si, deste modo, os pontos localizados em uma área cujo raio seja o alcance são mais semelhantes entre si, do que os separados por distâncias maiores (CARVALHO et al., 2002). Na área de citros, a macroporosidade apresentou alcance de 180 m, a microporosidade 140 m e resistência à penetração o alcance máximo foi de 150 m.

Na área de pasto o alcance para as variáveis microporosidade foi de 160 m e para a variável resistência do solo a penetração foi de 155 m, ressaltando que apesar da ampla distância entre as amostras coletadas, estas variáveis

apresentam dependência espacial em extensa área.

De acordo com os mapas de krigagem (Figura 2), verifica-se que as regiões que apresentam maiores valores de densidade do solo nos dois sistemas de manejo, correspondem também aos menores valores de macroporosidade e ainda maiores para o atributo microporosidade.

Observa-se ainda a predominância de valores de densidade do solo entre 1,52-1,55 Mg m⁻³ na área de pastagem (Figura 2B). A predominância de valores referentes à resistência à penetração estão na faixa de 2,60 a 5,80 MPa para área de citros (Figura 2G) e valores de a partir de 3,5MPa na área de pasto (Figura 2H), apesar desta área apresentar uma mancha central significativa com valores de resistência à penetração em torno de 2,0MPa, considerada não restritiva para o crescimento de raízes.

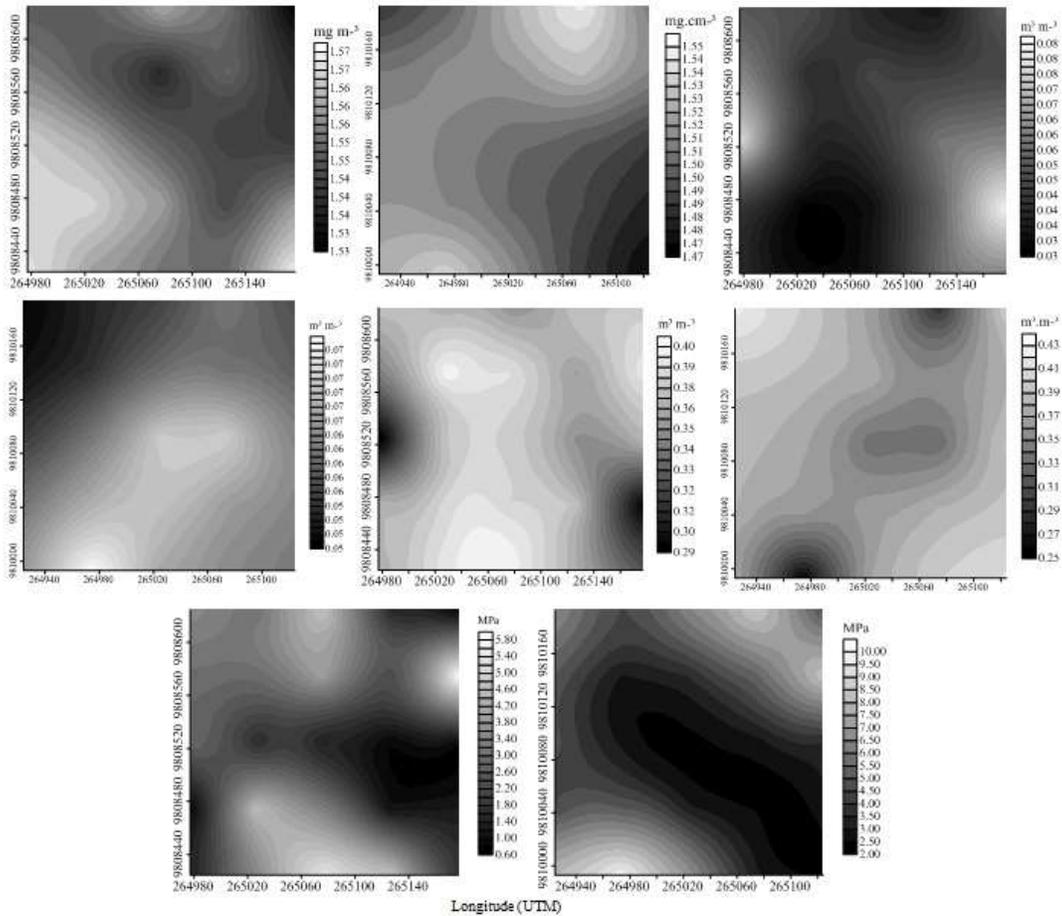


Figura 2. Mapa da distribuição espacial das variáveis estudadas: A = densidade do solo/citros; B = densidade do solo/pasto; C = macroporosidade/citros; D = macroporosidade/pasto; E = Microporosidade/citros; F = microporosidade/pasto; G = resistência à penetração/citros; H = resistência à penetração/pasto.

4. CONCLUSÕES

Os dois sistemas de manejo estudados apresentaram valores de resistência a penetração considerados restritivos.

As variáveis macroporosidade, microporosidade e resistência à penetração

apresentaram grau de dependência espacial moderado na área de citros.

Na área de pastagem, a variável resistência à penetração foi classificada com dependência espacial moderado.

O uso das técnicas de geoestatística apresentou-se como uma importante

ferramenta para avaliação da variabilidade espacial das propriedades físicas do solo.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, **American Society of Agronomy**, 1986. p.363-375.
- BLAINSKI, É.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R.M.L.; Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.975-983, 2008.
- BOTTEGA, E.L.; BOTTEGA, S.P.; SILVA, S.A.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, C.M. A.; RAFULL, L.Z.L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p. 331-336, 2011.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B; NOVACK, J.M; PARKIN, T.B; KARLEN, D.L; TURCO R.F.; KNOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.58, p.1240-1248, 1994.
- CAMARGO, L.A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Spatial variability of physical attributes of an alfisol under different hillslope curvatures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.617-630, 2010.
- CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA, I.A. SANTOS, L.A.C.; AQUINO, R.E.; SOARES, M.D.R. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e umidade em áreas cultivadas com mandioca na região de Humaitá, AM. **Revista Agroambiente On-line**, v.6, n.1, p.09-16, 2012.
- CARVALHO, M.P.; SORATTO, R.P.; FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob preparo convencional em Selvíria (MS). **Acta Sci.**, v.24, p.1353-1361, 2002.
- CARVALHO, L.A.; MEURER, I.; SILVA JUNIOR, C.A. DA; CAVALIERI, K.M.V. & SANTOS, C.F.B.. Dependência espacial dos atributos físicos de três classes de solos cultivados com cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15: 940-949, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro: Embrapa, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212p.
- FIGUEIREDO, G.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; GIAROLA, N.F.B.; MORAES, S.O.; ALMEIDA, B.G. Improvement of a testing apparatus for dynamometry: procedures for penetrometry and influence of strain rate to quantify the tensile strength of soil aggregates. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.373-387, 2011.
- GOLDEN SOFTWARE, INC. (Golden, Estados Unidos). **SURFER for windows: release 8.0, contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide**. New York: 2002. 714p.
- IQBAL, J.; THOMASSON J.A.; JENKINS, J.N.; OWENS, P.R.; WHISLER, F.D. Spatial Variability Analysis of Soil Physical Properties of Alluvial Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.69, p.1338-1350, 2005.
- MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.163-170, 2006.
- MESTAS, R.M.; ROQUE, M.W.; MATSURA, E.E.; BIZARY, D.R.; PAZ, A. Variabilidad espacial de los atributos físico-hídricos del suelo y de la productividad del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado bajo un sistema de siembra directa. **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal, v.33, n.1, p.307-313, 2010.
- REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, p.131-146, 2002.
- SANCHEZ, R.B.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. & MARTINS FILHO, M.V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, 68:1095-1103, 2009.
- SILVA, B.N.R.; SILVA, L.G.T.; ROCHA, A.M.A.; SAMPAIO, S.M.N. **Interação biofísica e do uso da terra na dinâmica da paisagem do município de Capitão Poço-PA, em sistema de informação geográfica**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 42p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 10).
- SILVA, J.M.; LIMA, J.S.S.; PIRES, F.R.; ASSIS, R.L. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um latossolo sob plantio direto e preparo convencional no cultivo da soja no cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.50, p.167-180, 2008.

SOUZA, Z.M. JÚNIOR, J.M.; PEREIRA, G.T. Spatial Variability of the Physical and Mineralogical Properties of the Soil from the Areas with Variation in Landscape Shapes, **Brazilian Archives Biology Technology**, v.52, n.2, p.305-316, 2009.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Compressibility of oxisol aggregates under no-till in response to soil water potential. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1525-1533, 2009.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistics theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, Califórnia, v.31 n.3, 1983, 75p.

WANG, Y.Q.; SHAO, M. A. Spatial variability of soil physical properties in a region of the loess plateau of pr china subject to wind and water erosion. **Land Degradation & Developpment**.p.1-9, 2011.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (ed). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. cap. 2, p.319-344.