

## VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO APÓS PREPARO CONVENCIONAL

JORGE W. CORTEZ<sup>1</sup>, CRISTIANO MÁRCIO A. DE SOUZA<sup>1</sup>, PAULO HENRIQUE N. DE SOUZA<sup>2</sup>, EDUARDO F. RODRIGUES<sup>2</sup>, RENAN M. VIERO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr., UFGD/FCA, Dourados - MS, (67) 3410-2442, [jorgecortez@ufgd.ueg.br](mailto:jorgecortez@ufgd.ueg.br) Bolsista PQ-CNPq

<sup>2</sup> Aluno de Graduação em Agronomia, FCA, UFGD/Dourados - MS. Bolsista IC-CNPq.

Apresentado no  
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014  
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO:** O uso intenso do sistema de preparo convencional do solo, aração e gradagem, podem resultar na modificação de alguns atributos físicos do solo, como a resistência mecânica do solo à penetração (RP). O objetivo do trabalho foi analisar a variabilidade espacial da RP após as operações de aração e gradagem, no preparo convencional do solo. O trabalho foi conduzido na UFGD, Dourados, MS. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico, argiloso. Para a coleta dos dados de RP foi montada malha regular de coleta de 20 x 20 m com 40 pontos, até a profundidade de 0,60 m, sendo os dados coletados a cada 0,01 m com penetrômetro eletrônico de forma manual. Os dados foram analisados por meio da geoestatística para confecção dos mapas de krigagem. Ocorre dependência espacial forte e moderada nos valores de resistência mecânica do solo à penetração (RP). Os mapas de isolinhas demonstram os baixos valores de RP na camada de 0,00-0,20 m, efeito da gradagem, e médios a partir de 0,20 m, efeito da aração.

**PALAVRAS-CHAVE:** compactação, geoestatística, mecanização agrícola

### SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PENETRATION RESISTANCE AFTER TILLAGE

**ABSTRACT:** The intense use of conventional tillage, plowing and harrowing system may result in the modification of some physical soil properties such as soil resistance to penetration (RP). The objective of this study was to analyze the spatial variability of RP operations after plowing and harrowing, in conventional tillage. The work was conducted in UFGD, Dourados, MS-Brazil. The soil in the area is an Oxisol clay. To collect the data from RP regular grid was mounted collection of 20 x 20 m with 40 points, to a depth of 0.60 m, with data collected every 0.01 m with an electronic penetrometer manually. Data were analyzed using geostatistics for making the kriging maps. Is strong and moderate spatial dependence in the values of soil resistance to penetration (RP). The contour maps show the low values of RP in the 0.00-0.20 m layer effect of harrowing, and average of from 0.20 m effect of plowing.

**KEYWORDS:** compaction, geostatistics, agricultural mechanization

**INTRODUÇÃO:** O uso intenso dos sistemas de preparo convencional do solo com aração e gradagem, fora das condições ideais de umidade, pode provocar a degradação do solo (CAVALCANTE et al., 2011). A análise da variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração (RP) em sistemas de manejo do solo apresenta-se com comportamento distinto e dependente do distanciamento da fileira de semeadura (SANTOS JUNIOR et al., 2008). Os modelos de representação do semivariograma de dados do solo normalmente são expressos pelo modelo esférico, mas o modelo exponencial foi encontrado para valores de RP em Latossolo Vermelho sob

preparo convencional do solo, com dependência espacial moderada e alcance de 20,2 a 63,0 m, e que valores de até 2,0 MPa não restringiram a produtividade do milho (FREDDI et al., 2006). O objetivo do trabalho foi analisar a variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração após as operações de aração e gradagem, no preparo convencional do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em à latitude de 22°14'S, longitude de 54 °59'W e altitude de 434 m. O clima da região segundo a classificação de Köppen é Cwa. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), com média no perfil de 62,22% de argila, 20,43% de argila e 17,34% de areia. A média de umidade no perfil do solo no momento de coleta dos dados de resistência mecânica do solo à penetração foi de 23,53%; 24,81%; 25,70%; 26,83%; 26,75% e 29,27% nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m, respectivamente. Na operação de preparo do solo utilizou-se um arado de três discos na profundidade de 0,30 m, seguido de gradagem destorroadora-niveladora na profundidade de 0,15 m. Para a avaliação da resistência mecânica do solo a penetração, utilizou-se penetrômetro eletrônico denominado de PenetroLOG® PLG1020 - Medidor Eletrônico de Compactação do Solo (FALKER, 2010). O medidor segue as recomendações da norma internacional ASAE S.313.3 (ASAE, 1999). Para a determinação da posição geográfica dos pontos na área foi utilizado um GPS de navegação, trena de 50 m para determinação dos pontos de amostragens na malha. Para a determinação do teor de água no solo coletou-se amostras em todas as camadas. Utilizou-se o método gravimétrico, conforme KIEHL (1979) e EMBRAPA (1997), em amostras deformadas de solo seco em estufa. A metodologia para espacialização da resistência mecânica do solo à penetração constou da montagem de malha regular de coleta de 20 m x 20 m com 40 pontos (área de aproximadamente 1,0 ha). Os dados foram coletados pelo penetrômetro eletrônico nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m. Para verificação da dependência espacial, interpolação dos dados de resistência à penetração e construção de mapas foi empregada à análise geoestatística. A análise da dependência espacial (ADE) foi realizada segundo LANDIM (1998) em fraco <25%, moderado entre 25 e 75%, e forte >75%, respectivamente. Em seguida à modelagem dos semivariogramas, foi realizada a interpolação por krigagem ordinária, para confecção dos mapas de isolinhas (bidimensionais).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os modelos dos semivariogramas ajustados para os dados de RP foram o esférico e exponencial apenas na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 1). Os baixos valores do efeito pepita (Co) favoreceram para verificar uma forte dependência espacial (ADE), exceto na camada de 0,20-0,30 m, que foi moderada. O alcance das camadas foi maior de 30 m, o que indica uma distribuição dos valores de RP mais uniforme na área. A verificação do modelo realizada pela validação cruzada indica retas abertas apenas na camada de 0,00-0,10 m, o que pode ser explicado pela dificuldade de ajuste do modelo, e pela maior variação dos dados na camada superficial, mais sujeita a ação da mecanização agrícola. O mapa de isolinha da camada de 0,00-0,10 m apresentou valores de RP muito baixos, em virtude do efeito da aração seguida da gradagem (Figura 1a). A partir da camada de 0,10-0,20 m os mapas foram subdivididos em classes de um megapascal. No mapa da camada de 0,10-0,20 m há predominância de valores menores que um megapascal (Figura 1b). Na camada 0,20-0,30 m há distribuição dos valores de RP entre 1 e 3 MPa (Figura 1c). Nas camadas de 0,30-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m há predominância nos valores entre 2 e 3 MPa (Figura 1d,e,f). Utilizando a classificação dos valores médios da RP, proposto por RIBEIRO (2009), para Latossolo Vermelho eutroférico típico, pode ser, baixa (0 a 2 MPa); média (2 a 4 MPa); alta (4 a 6 MPa) e muito alta (acima de 6 MPa). Desse modo, as camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m podem ser classificadas como baixa RP; e as demais camadas como média. Esse resultado enfatiza o efeito da aração na desestruturação do solo até a profundidade de trabalho do arado.

TABELA 1. Dados do semivariograma, da análise de dependência espacial e validação cruzada para resistência mecânica do solo à penetração nas camadas avaliadas.

Parâmetros	Camadas (m)					
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50	0,50-0,60
Semivariograma						
Modelo	Esf.	Exp.	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.
Co	0,002	0,09	0,26	0,06	0,0001	0,03
Co+C	0,01	0,68	0,97	0,26	0,16	0,26
Alcance	36,80	33,60	35,60	34,40	33,80	38,60
R <sup>2</sup>	0,90	0,74	0,66	0,94	0,93	0,57
SQR	3x10 <sup>-7</sup>	0,04	0,05	3x10 <sup>-4</sup>	6x10 <sup>-4</sup>	0,007
Avaliador de dependência espacial (ADE)						
ADE	0,81	0,99	0,73	0,75	0,99	0,85
Classe	Forte	Forte	Mod	Forte	Forte	Forte
Validação cruzada						
B	0,36	0,70	0,49	0,65	1,18	0,93
Reta	A	M	M	M	F	F

Co = efeito pepita; Co+C = patamar; Esf.: Modelo esférico; Exp: Modelo exponencial; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; SQR = soma dos quadrados dos desvios; ADE = avaliador da dependência espacial; Mod: Moderada. B: coeficiente angular da validação cruzada, A: reta aberta; M: reta medianamente aberta; F: reta fechada.

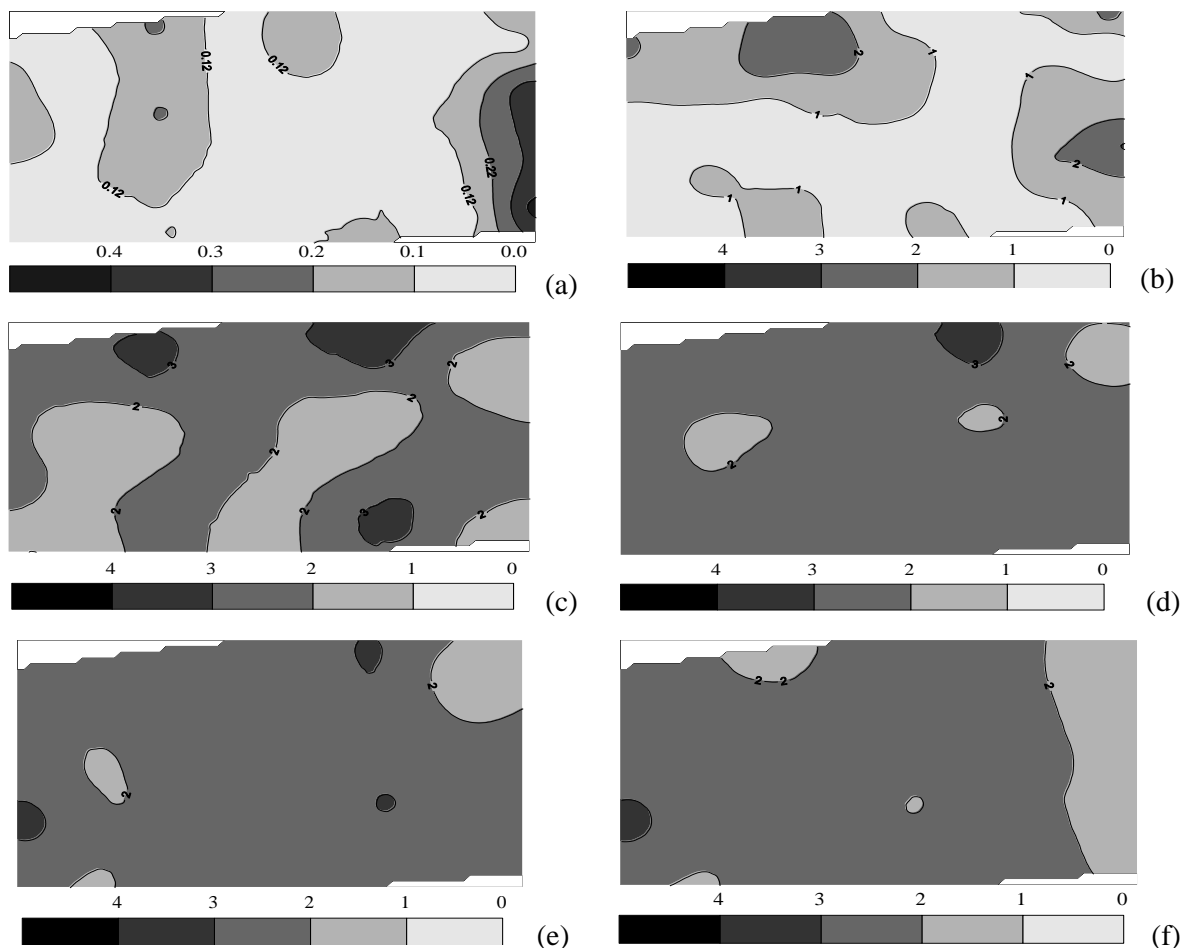


FIGURA 1. Mapas de Krigagem para resistência mecânica do solo a penetração (MPa) nas camadas avaliadas: (a) 0,00 - 0,10 m; (b) 0,10 - 0,20 m; (c) 0,20 - 0,30 m; (d) 0,30 - 0,40 m; (e) 0,40 - 0,50 m e (f) 0,50 - 0,60 m.

**CONCLUSÕES:** Ocorre dependência espacial forte e moderada (camada 0,20-0,30 m) nos valores de resistência mecânica do solo à penetração (RP). Os mapas de isolinhas demonstram os baixos valores de RP na camada de 0,00-0,20 m, efeito da gradagem, e médios de partir de 0,20 m, efeito da aração.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. A UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados.

#### **REFERÊNCIAS**

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE S313.3: soil cone penetrometer**. St. Joseph, 1999. 834 p.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. de e PEREIRA, G. T.. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v.15, n.3, p. 237-243, 2011.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos.1997. 212 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370p.
- FALKER. PenetroLOG PLG1020 - **Medidor Eletrônico de Compactação do Solo**. Disponível em: < <http://www.falker.com.br/download.php>> . Acesso em 23 set 2010.
- FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JUNIOR, V.; CARVALHO, G. J.. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 113-121, 2006.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relação solo-água-plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. 226p. (Ciência e Tecnologia).
- RIBEIRO, C.A. **Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas em função do número de cortes da cana-de-açúcar (Saccharum officinarum)**. 2009. 69p. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP.
- SANTOS JUNIOR, J.D.G.; SÁ, M.A.C.; HURTADO, S.M.C.; REIN, T.A.; SHIRATSUCHI, L.S. **Variabilidade espacial da resistência à penetração no perfil do solo sob semeadura direta e preparo convencional**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 14p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – 208)