

## RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO SOB EFEITO DAS ROTAÇÕES DE CULTURAS

VICTOR H. CAVASSINI<sup>1</sup>, JORGE WILSON CORTEZ<sup>2</sup>, LUIZ CARLOS F. DE SOUZA<sup>3</sup>, ANAMARI VIEGAS DE ARAUJO MONTOMIYA<sup>4</sup>, EVANDRO FORTUNA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Mestrando em Eng. Agrícola, FCA/UFGD.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Faculdade de Ciências Agrárias – FCA na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Faculdade de Ciências Agrárias – FCA na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD.

<sup>4</sup> Eng. Agrônoma, Profa. Dra., Faculdade de Ciências Agrárias – FCA na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD.

<sup>5</sup> Estudante de Agronomia, FCA/UFGD.

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** O uso de técnicas da agricultura de precisão permite o melhor detalhamento da área, favorecendo o manejo localizado. Em sistema de semeadura direta (SSD), o rompimento da camada compactada do solo pode ser promovido por processos mecânicos e/ou biológicos. Assim, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial dos efeitos da descompactação do solo no sistema de rotação de culturas em área de Latossolo vermelho. A coleta de dados de RP constou do uso de um penetrômetro de impacto até 0,60 m de profundidade com uma malha amostral de 0,25 x 0,10 m totalizando 54 pontos distribuídos regularmente. Nos tratamentos desenvolvidos observou-se grande amplitude entre valores máximos e mínimos, indicativo de que há pontos críticos na área, os quais devem receber manejo diferenciado. A análise geoestatística revelou que os atributos estudados apresentaram ajuste a um modelo matemático teórico dentro da grade amostral adotada. Portanto, ocorreu variabilidade em relação ao nível de compactação dos tratamentos envolvendo as rotações de inverno cártamo/nabo forrageiro/trigo e trigo/cártamo/nabo forrageiro, as quais apresentaram níveis mais críticos referentes à adoção da rotação de cultura, porém nos tratamentos envolvendo canola/girassol/brachiaria, trigo/canola/girassol e nabo forrageiro/trigo/cártamo no inverno houve uma crescente evolução na descompactação do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura de precisão, compactação, física do solo

### RESISTANCE TO GROUND PENETRATION IN EFFECT OF CROP REVOLUTION

**ABSTRACT:** The use of technical precision farming allows better detail of the area, favoring a local management. In tillage (SSD), the breaking of the compacted soil layer can be promoted by mechanical and / or biological processes. The objective of this research was to evaluate the spatial variability of effects of soil unpacking the crop rotation system in the oxsoil area. The collection of data consisted of RP (Penetration resistance) use of an impact penetrometer depth of 0.60 m with a sampling grid of 0.25 x 0.10 m totaling 54 points regularly distributed. The treatments developed had great amplitude between maximum and minimum values; it indicates that there are critical points in the area, which should receive different management. The geostatistical analysis revealed that the attributes were set to a theoretical mathematical model adopted within the sampling grid. Therefore, there was variability in the level of compression of the treatments involving rotations safflower winter / turnip / wheat and / Safflower / oilseed radish, which were more critical levels relating to the adoption of crop rotation, but in the treatments involving canola / sunflower / brachiaria, wheat / canola / sunflower and oilseed radish / wheat / safflower in winter showed an increasing trend in soil unpacking.

**KEY-WORDS:** geostatistics, kriging, mapping

**INTRODUÇÃO:** A dependência espacial, horizontal e vertical, de diversos atributos químicos e físicos do solo, são dependentes de fatores relacionados com o manejo do solo (SOUZA et al., 2001). A geoestatística é uma ferramenta utilizada para estudar a variabilidade espacial, possibilitando a

interpretação dos resultados com base na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, considerando a dependência espacial dentro do intervalo de amostragem (SILVA et al, 2004). Sistemas de manejo com menor revolvimento do solo e que proporcionam acúmulo de resíduos na superfície, em áreas anteriormente degradadas pelo preparo inadequado, possibilitando assim, a recuperação das características físicas do solo (SOUZA et al, 2001). Uma alternativa para melhorar a qualidade estrutural do solo refere-se ao uso de rotação de culturas com espécies que tenham sistema radicular vigoroso, com capacidade de desenvolvimento em solos com elevada resistência à penetração, contribuindo assim na formação de poros por onde as raízes da cultura subsequente possam desenvolver de maneira eficiente, evitando a ocorrência de camadas compactadas do solo (Silva & Rosolem, 2001).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, localizada no município de Dourados/MS. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006). A sequência de rotação das parcelas avaliadas está descrita na (Tabela 1).

TABELA 1. Sequência de rotação de cultura dos últimos 3 anos

Tratamen to	Ano agrícola 2011/2012		Ano agrícola 2012/2013		Ano agrícola 2013/2014	
	Verão	Outono/inverno	Verão	Outono/inverno	Verão	Outono/inverno
1	Milho	Canola	Soja	Girassol	Milho	Braquiaria
2	Milho	Trigo	Soja	Canola	Milho	Girassol
3	Milho	Nabo forrageiro	Soja	Trigo	Milho	Cártamo
4	Milho	Cártamo	Soja	Nabo forrageiro	Milho	Trigo
5	Milho	Trigo	Soja	Cártamo	Milho	Nabo forrageiro

Para analisar a resistência à penetração (RP), utilizou-se um penetrômetro de impacto sendo coletados os dados 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 e o teor de água no solo no momento da coleta foi de 22,42%, 28,58%, 24,78%, 27,03%, 29,07%, 23,30%, respectivamente. Em cada parcela coletou-se dados com o penetrômetro com intuito de verificar no perfil do solo o efeito da RP, sendo a coleta no sentido transversal ao deslocamento das máquinas, e desse modo, montou-se uma malha regular com pontos equidistantes de 0,25 m e cada 0,10 m de profundidade, de modo que obteve-se uma malha amostral com 54 pontos. Inicialmente, os dados foram submetidos a uma análise estatística descritiva. O ajuste do semivariograma foi observado pelo maior valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e menor valor da soma de quadrados dos desvios (RSS). A análise da dependência espacial (ADE) foi realizada segundo LANDIM (1998) em fraco <25%, moderado entre 25 e 75%, e forte >75%, respectivamente. Posteriormente foram construídos os mapas de isolinhas utilizando a Krigagem.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** RIBEIRO (2010), analisando a variabilidade espacial da RP em Latossolo Vermelho Eutroférico típico, estabeleceu a seguinte classificação para os valores de RP, sendo considerado baixo (0 a 2 MPa); médio (2 a 4 MPa); alto (4 a 6 MPa) e muito alto (acima de 6 MPa). Observa-se que a média da RP foi alta para as parcelas 4 e 5, sendo 4,36 a 4,00 MPa, a parcela 1,2 e 3 apresentaram valores médios de RP. No entanto, houve grande amplitude entre os valores máximos e mínimos, o que indica que a área em estudo precisa de um manejo diferenciado, pois há indícios de que haja pontos críticos na área. Segundo NOGUEIRA (2007), um coeficiente de variação maior que 35% revela que a série é heterogênea e a média tem pouco significado; se for maior que 65%, a série é muito heterogênea e a média não tem significado algum, porém se for menor que 35% a série é homogênea e a média tem significado, podendo ser utilizada como representativa da série de onde foi obtida. Seguindo essa classificação as parcelas 1, 2, 3 e 5 apresentaram série homogênea, e a parcela 4 apresentou uma série heterogênea e a média tem pouco significado, o que é confirmado pelos valores mais altos de desvio padrão e os valores de máximos bem acima da média. Os semivariogramas experimentais foram ajustados aos modelos teóricos esféricos parcelas 1, 2, 4, e 5 e exponencial parcela 3 buscando o maior valor do coeficiente de determinação e o menor valor da soma de quadrados dos desvios (Tabela 2). Os dados das parcelas 2 e 5 apresentaram um grau de dependência espacial forte, para a parcela 1 e 3 uma classe moderada e para a parcela 4 uma classe

fraca. Para as parcelas 3 e 4 recomenda-se uma malha amostral mais adensada que a utilizada neste estudo para avaliar a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração nesta área. O alcance indica a distância limite entre pontos correlacionados entre si. Pontos coletados com distância maiores que o alcance são independentes e, para sua análise, pode-se utilizar a estatística clássica (VIEIRA, 2000). O alcance nas parcelas estudadas variou de 32,9 até 442,3 m. A partir dos valores estimados, foram gerados mapas de distribuição espacial da resistência à penetração do solo (Figura 1). Avaliando os mapas podemos perceber que as rotações de inverno cártamo/nabo forrageiro/trigo e trigo/cártamo/nabo forrageiro apresentaram níveis mais críticos de resistência à penetração do solo.

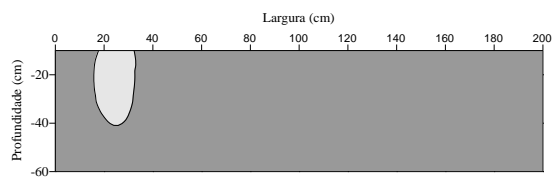
TABELA 2. Resultados da análise estatística descritiva para a resistência à penetração RP (MPa).

	Parcelas				
	1	2	3	4	5
Média	2,91	2,97	3,08	4,36	4,00
DP	0,97	0,83	0,85	1,98	1,11
Variância	0,94	0,68	0,73	3,93	1,23
CV	33,33	27,95	26,95	45,41	27,75
Mínimo	0,55	1,22	1,22	1,22	2,58
Máximo	5,28	5,95	5,28	8,65	7,98
Assimetria	-0,08	0,79	0,38	0,78	1,01
Curtose	0,37	1,74	-0,08	-0,32	1,82

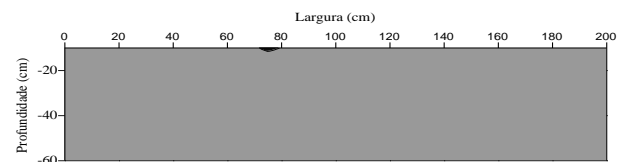
DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

TABELA 3. Análise geoestatística da resistência à penetração (MPa)

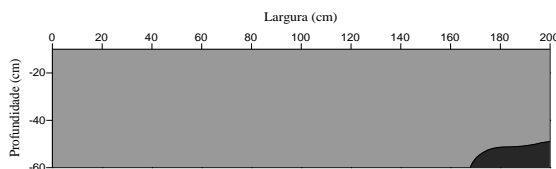
	Parcelas				
	1	2	3	4	5
Modelo	Esférico	Esférico	Exponencial	Esférico	Esférico
Co	0,3530	0,3280	0,3050	0,0600	0,1690
Co+C	2,6510	0,7850	0,8270	5,6980	1,2060
A (m)	442,30	56,20	32,90	89,60	33,10
R <sup>2</sup> *	0,82	0,77	0,85	0,95	0,82
RSS	0,38	0,03	0,02	10,5	0,06
ADE	0,77	0,86	0,58	0,55	0,99
Classe	Forte	Forte	Moderado	Moderado	Forte



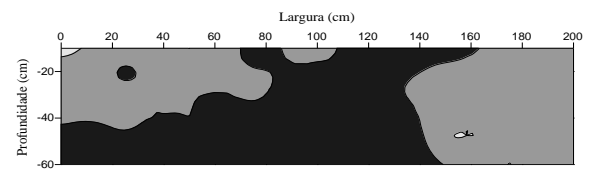
1



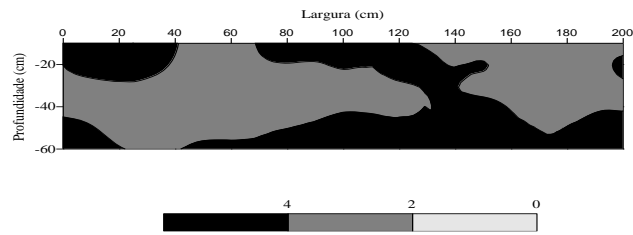
2



3



4



5

FIGURA 1. Distribuição espacial dos dados de resistência à penetração.

**CONCLUSÕES:** Ocorreu variabilidade em relação ao nível de compactação dos tratamentos envolvendo as rotações de inverno cártamo/nabo forrageiro/trigo e trigo/cártamo/nabo forrageiro, as quais apresentaram níveis mais críticos referentes à adoção da rotação de cultura, porém nos tratamentos envolvendo canola/girassol/brachiaria, trigo/canola/girassol e nabo forrageiro/trigo/cártamo no inverno houve uma crescente evolução na descompactação do solo.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade ao segundo e terceiro autor.

### REFERÊNCIAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 412 p.

LANDIM, P.M.B. Análise estatística de dados geológicos. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. 226p. (Ciência e Tecnologia).

NOGUEIRA, M. C. S. Experimentação agrônômica I. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2007. 463p.

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*). 69p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. R. Bras. Ci. Solo, v.25, p.253-260, 2001.

SILVA, V. R., REICHERT, J. M., RENERT, D. J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.2, p.399-406, 2004.

SOUZA, Z. M., SILVA, M. L. S., GUIMARÃES, G. L., CAMPOS, D. T. S., CARVALHO, M. P., PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um latossolo vermelho distrófico sob semeadura direta em selvíria (MS). R. Bras. Ci. Solo, v.25, p.699-707, 2001.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-53.