

Variabilidade Espacial da Resistência Mecânica do Solo à Penetração com Penetrômetro de Impacto

Spatial Variability of Soil Mechanical Resistance to Impact Penetrometer

Elder Barboza de Souza¹; Jorge Wilson Cortez²; Alan da Cunha Honorato³; Antônio Pereira Patrocínio Filho³; Wisy Alves Pimenta³

Resumo

O trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração (RP) utilizando-se o penetrômetro de impacto. O experimento foi desenvolvido no *Campus* de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), em Petrolina, PE. Para tanto, utilizou-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. Os pontos de coleta foram espacializados em malha regular de 25x25 m, sendo avaliada a RP nas camadas 0-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m; 0,30-0,40 m e 0,40-0,50 m no perfil do solo. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e à análise de semivariância para confecção de mapas bidimensionais para cada camada. Houve aumento da RP média da camada 0,0-0,10 m até a camada de 0,20-0,30 m, decrescendo nas camadas subsequentes. O grau de dependência espacial para RP

¹Estudante de Engenharia Agrônômica, bolsista Facepe, Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), Petrolina, PE.

²Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia, professor da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, MS, jorgecortez@ufgd.edu.br.

³Estudante de Engenharia Agrônômica, Univasf, Petrolina, PE.

foi classificado como forte e moderado. O alcance apresentou elevada amplitude nas camadas avaliadas com mínimo de 15,3 m na camada 0,10-0,20 m e máximo de 82,1 m na camada de 0,40-0,50 m.

Palavras-chave: compactação do solo, mecanização agrícola, geoestatística.

Introdução

O aumento da área cultivada para suprir a demanda de recursos extraídos nos cultivos agrícolas exige a utilização de máquinas agrícolas de pequeno a grande porte que, por sua vez, pode comprometer as características físicas do solo. Sendo assim, o adequado manejo do solo tem a finalidade de criar condições estruturais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas (TAVARES FILHO; RIBON, 2008).

A compactação do solo tem sido apontada como um dos grandes obstáculos para o aumento da produtividade e, como qualquer outro atributo do solo, pode ter elevada variabilidade espacial (COELHO et al., 2012). No estudo da variabilidade espacial dos atributos do solo, a geoestatística é a ferramenta que leva em consideração as distribuições espaciais das amostras, permitindo definir o raio de dependência espacial. A agricultura de precisão é um termo aplicado ao manejo preciso de unidades pequenas de terra em contraste com o manejo tradicional em que um campo inteiro é compreendido como uniforme (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração com a utilização do penetrômetro de impacto como forma de orientar o preparo do solo para uso agrícola.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Vale do São Francisco (Univasf), em Petrolina, PE (9° 23' S 40° 30'' W e 376 m de altitude) em Argissolo Amarelo cultivado com capim-elefante, cujo tráfego de máquinas é periódico.

Para a análise da resistência mecânica do solo à penetração (RP), utilizou-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, desenvolvido por Stolf et al. (1983). A RP foi mensurada pela metodologia proposta por Stolf (1990) nas camadas de solo: 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m; 0,30-0,40 m e 0,40-0,50 m. Os pontos de coleta de dados foram espacializados em *grid* regular de 25x25 m, perfazendo 24 pontos de coleta.

Os dados foram submetidos à estatística descritiva, para visualização geral do comportamento dos mesmos, e ao teste de normalidade de Ryan-Joiner. Utilizando-se a geoestatística, foi feita a análise de semivariância para cada camada de solo até a profundidade de 0,50 m. O interpolador utilizado foi a krigagem para confecção dos mapas de isolinhas para cada camada.

Resultados e Discussão

Observou-se o aumento da RP média da camada de 0,0-0,10 m até a camada de 0,20-0,30 m, decrescendo nas camadas subsequentes (Tabela 1). Este resultado pode ser explicado pela formação do que é chamado "pé de arado", resultado do adensamento das partículas do solo em função da pressão exercida por implementos agrícolas. Os valores médios de RP apresentaram níveis baixos, segundo Torres e Saraiva (1999), que consideram que RP em torno de 3,5 MPa, não é restritiva ao desenvolvimento radicular. No entanto, os valores extremos de RP apresentaram amplitudes elevadas, favorecendo coeficientes de variação (CV, %) muito altos, justificando o manejo da área de forma individualizada, considerando-se a variabilidade espacial da RP.

Tabela 1. Dados da estatística descritiva para resistência mecânica do solo à penetração (RP) nas camadas avaliadas com penetrômetro de impacto.

Estatística descritiva	Camadas (cm)				RP máx. no perfil (MPa)	Prof. da RP máx. (cm)
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	
Média	1,59	4,15	4,62	4,15	3,04	29,20
Mediana	1,24	3,27	3,27	3,27	2,59	25
Desvio padrão	1,02	4,44	3,95	3,09	1,99	10,31
Variância	1,05	19,78	15,65	9,57	3,98	106,48
Mínimo	0,56	0,56	0,56	1,24	0,56	15
Máximo	8,67	42,44	29,61	22,86	16,10	45
CV (%)	64,19	107,14	85,53	74,45	65,53	35,33
Assimetria (As)	3,61	5,27	3,71	3,3	3,91	0,04
Curtose (k)	18,16	39,68	18,84	14,48	20,56	-1,15
Normalidade (Ryan-Joiner)	0,846	0,758	0,804	0,818	0,809	0,999
P	<0,01*	<0,01*	<0,01*	<0,010*	<0,01*	>0,10**

Com os coeficientes de assimetria e curtose, observou-se que a distribuição dos dados não apresenta tendência à normalidade ($|As| > 1$ e $k > 3$) com exceção da variável Profundidade da RP máxima, confirmado também pelo teste de normalidade de Ryan-Joiner. No entanto, para a aplicabilidade da geostatística, a normalidade não é uma exigência. De modo geral, é possível inferir que apenas a estatística clássica pode ser ineficiente no manejo do solo quando se trabalha com atributos de grau elevado de CV, como a RP.

O grau de dependência espacial (ADE) dos modelos ajustados foi classificado como forte para as camadas 0-0,10 m; 0,30-0,40 m; 0,40-0,50 m, assim como para as variáveis RP máxima no perfil e profundidade da RP máxima. As demais camadas foram ajustadas a modelos com ADE moderado.

Observaram-se amplitudes elevadas do alcance, sendo encontrado valor mínimo de 15,3 m na camada 0,10-0,20 m e máximo de 82,1 m na camada de 0,40-0,50 m. Carvalho et al. (2008), trabalhando em Latossolo, encontraram alcances de 23,03 m, 36,80 m e 12,10 m, para as camadas de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,30-0,40 m, respectivamente. Já Mercante et al. (2003) encontraram alcance superior a 50 m. Para Coelho et al. (2012), o alcance pode variar tanto em função do manejo aplicado ao solo quanto com a quantidade e distribuição das amostras em campo.

A análise espacial do atributo RP pode ser visualizada nos mapas de isolinhas de cada camada (Figura 1a, 1b, 1c, 1d e 1e). Com os mapas, nota-se a variabilidade espacial distribuída em zonas com diferentes níveis de RP e como as mesmas podem auxiliar nos tratamentos diferenciados para cada zona de manejo, visto que, em escala espacial, a RP variou de níveis relativamente baixos (em torno de 3,5 MPa) a muito elevados ($> 6,5$ MPa), mesmo que em locais isolados. Para melhor aplicabilidade da geoestatística, foram gerados mapas que podem orientar o preparo do solo tanto em posição como em profundidade (Figura 1f e 1g).

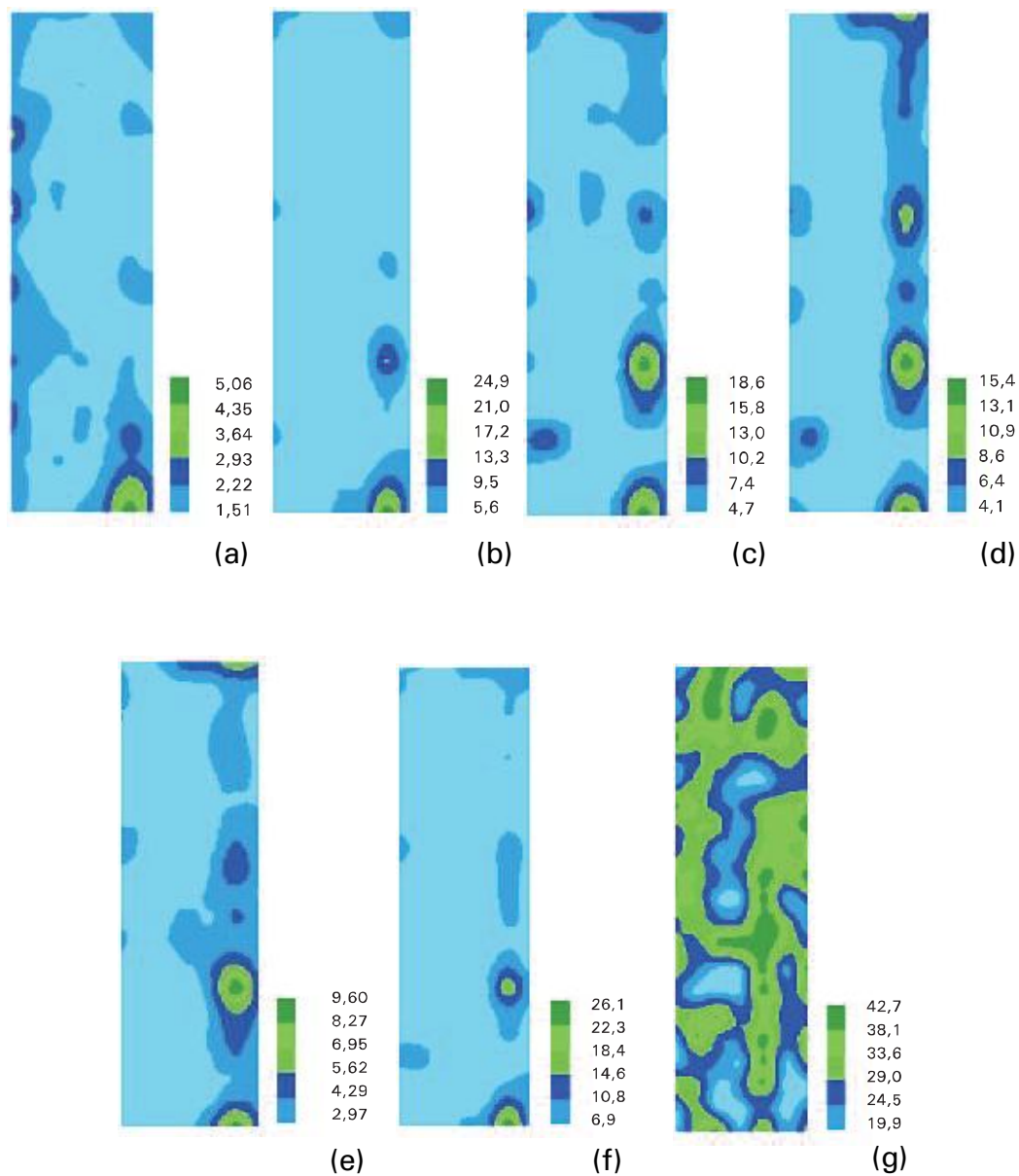


Figura 1. Mapas de isolinhas da resistência à penetração do solo (MPa) nas camadas de 0-10 cm (a), 10-20 cm (b), 20-30 cm (c), 30-40 cm (d), 40-50 cm (e), RP máxima (f) e profundidade da RP máxima (g).

Conclusões

Ocorre aumento da resistência mecânica do solo à penetração (RP) da camada 0,0-0,10 m até a camada de 0,20-0,30 m, decrescendo nas camadas subseqüentes.

O grau de dependência espacial para RP foi classificado como forte e moderado. O alcance apresentou elevada amplitude nas camadas avaliadas com mínimo de 15,3 m, na camada 0,10-0,20 m, e máximo de 82,1 m, na camada de 0,40-0,50 m.

Agradecimentos

À instituição de fomento, Facepe, por ter concedido a bolsa de iniciação científica; ao professor Jorge Wilson Cortez, orientador do projeto de pesquisa; à Univasf, por ter cedido a área experimental para realização do projeto; e à Embrapa Semiárido, pelo espaço para a apresentação do trabalho.

Referências

- CARVALHO, L. A.; NETO, V. J. M.; SILVA, L. F.; PEREIRA, J. G.; NUNES, W. A. G. de A.; CHAVES, C. H. C. Resistência mecânica do solo à penetração (RMP) sob cultivo de cana-de-açúcar, no Município de Rio Brilhante-MS. **Agrarian**, Dourados, MS, v. 1, n. 2, p 7-22, 2008.
- COELHO, D. S.; CORTEZ, J. W.; OLSZEWSKI, N. Variabilidade espacial da resistência mecânica à penetração em Vertissolo cultivado com manga no Perímetro Irrigado de Mandacaru, Juazeiro, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p. 755-763, 2012.
- MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 1.149-1.159, 2003.

STOLF, R.; FERNANDES, J. ; FURLANI NETO, V. Penetrômetro de impacto: modelo IAA/Planalsucar – STOLF. **STAB**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p.18-23, 1983.

STOLF, R. Fórmulas de transformação dos dados do penetrômetro de impacto em força/unidade de área. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBEA, 1990, v. 2, p. 823-836.

TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 487-494, 2008.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 32, n. 1, p. 159-163, 2002.