

Ajuste de grades amostrais para o mapeamento da resistência à penetração de um Latossolo Bruno

Henrique Debiasi^{1*}, Julio Cezar Franchini¹, Fabio Álvares de Oliveira¹,
Thiago Martins Machado^{2*}

¹ Pesquisador, Embrapa Soja, CP 231, CEP 86001-970, Londrina, PR, Brasil

² Pesquisador, FAPA, Rua Praça Nova Pátria, s/n, CEP 85139-400, Guarapuava, PR, Brasil

*e-mail: debiasi@cnpso.embrapa.br; tmachado@agraria.com.br

Resumo: O efeito da intensidade de amostragem na variabilidade espacial da resistência à penetração (RP) de um Latossolo Bruno sob sistema plantio direto foi avaliado em uma área de 18,9 ha localizada em Guarapuava/PR. A RP foi determinada em maio de 2011, por meio de um penetrômetro eletrônico, nas profundidades de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 cm. Utilizou-se uma grade amostral de 30 × 30 m, totalizando 210 leituras de RP. Os dados foram submetidos à análise geoestatística, realizada para diferentes intensidades de amostragem, simuladas pela exclusão de pontos amostrais distribuídos uniformemente pela área. Considerando todos os 210 pontos amostrados, a RP apresentou dependência espacial em todas as profundidades avaliadas. Os modelos ajustados para os semivariogramas variaram de acordo com a profundidade, sendo os piores ajustes obtidos para a camada de maior interesse para avaliação da compactação do solo (10 a 20 cm). Com a diminuição do número de observações, a RP não apresentou dependência espacial simultaneamente em todas as profundidades entre 10 e 20 cm. A variabilidade espacial da RP é influenciada pela profundidade e pela intensidade de amostragem, de modo que a redução do número de pontos amostrais promove maior erro na estimativa desta variável por krigagem, principalmente na camada de maior interesse para o monitoramento do estado de compactação (10 a 20 cm).

Palavras-chave: agricultura de precisão, geoestatística, compactação do solo.

Adjustment of sampling grids for soil resistance to penetration mapping in a Haplohumox

Abstract: The effects of sampling rate on spatial variability of soil resistance to penetration (SRP) in a Haplohumox managed under long-term no-tillage were assessed in an agricultural area with 18.9 ha located at Guarapuava County, Paraná State, Southern Brazil. SRP was evaluated in May 2011 at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 cm depth. A sampling grid of 30 × 30 m was used, so that 210 SRP measurements were taken at each depth. The data were analyzed using geostatistical techniques, considering different sampling rates by excluding sampling points evenly distributed in the area. Considering all 210 points sampled, SRP values showed spatial dependence for all depths evaluated. The models adjusted to semivariograms varied according to depth. Worse adjustments were obtained for the most important layer regarding soil compaction evaluation (10-20 cm). By lowering the number of sampling points, the RP showed no spatial dependence simultaneously at all depths between 10 and 20 cm. Spatial variability of SRP is influenced by sampling depth and rate. Reductions in the number of sampling points promote a greater error in the SRP estimate by kriging, especially at the layer of interest to soil compaction measurement.

Keywords: precision farming, geostatistics, soil compaction.

1. Introdução

Em áreas manejadas sob sistema plantio direto (SPD), tem sido observada a formação de uma camada de solo mais compactada a 8-20 cm de profundidade (GENRO JUNIOR et al., 2009). Em algumas situações, o grau de compactação dessa camada atinge valores limitantes à produtividade das culturas (FRANCHINI et al., 2009). O estado de compactação do solo pode ser avaliado pelos valores de resistência do solo à penetração (RP), determinada por meio de penetrometria. A principal vantagem desse método relaciona-se à facilidade e rapidez na obtenção de dados, o que favorece a sua utilização em escala de lavoura.

A definição de um esquema de amostragem adequado, principalmente no que se refere à intensidade de amostragem, é um dos aspectos mais importantes para a avaliação da variabilidade espacial de atributos do solo, como a RP. Ao mesmo tempo em que o número de amostras deve ser o suficiente para refletir adequadamente a variabilidade espacial da RP, ele é limitado pelo custo e pelo tempo disponível para a avaliação. É importante salientar que a quantificação da RP deve ser realizada no menor espaço de tempo possível, para minimizar as variações no conteúdo de água do solo, que interferem nos valores de RP. O objetivo deste trabalho foi quantificar o efeito do número de pontos amostrais na variabilidade espacial da RP em um Latossolo Bruno manejado sob SPD.

2. Material e métodos

O trabalho foi realizado em uma área de 18,9 ha (450 × 420 m) pertencente à Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), localizada no município Guarapuava/PR (25° 32' S, 51° 30' O e altitude média = 1120 m). O solo da área é classificado como Latossolo Bruno Alumínico típico, de textura muito argilosa (737 g kg de argila, 174 g kg de silte e 89 g kg de areia). A área vem sendo manejada sob SPD há mais de 15 anos, e cultivada com trigo, aveia ou cevada no inverno e soja ou milho no verão, em esquema de rotação de culturas.

A RP foi determinada após a colheita da soja (maio/2011), nas profundidades de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 cm, por meio de um penetrômetro eletrônico equipado com cone de 12,83 mm de diâmetro e 30° de ângulo. As avaliações de RP foram feitas em uma grade amostral de 30 × 30 m, com uma repetição por ponto, totalizando 210 leituras em cada profundidade. Em 75 pontos distribuídos na área, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para determinação do conteúdo gravimétrico de água no solo, conforme Embrapa (1997).

Os dados de RP foram submetidos à análise geoestatística, conforme Vieira (2000). Os semivariogramas foram ajustados para diferentes números de pontos amostrais: 210, 161, 140, 112, 105, 84, 70 e 56. A distribuição dos pontos amostrais na área, em função do seu número, é mostrada na Figura 1. O modelo escolhido para ajuste do semivariograma foi aquele que resultou no maior coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada. A partir dos parâmetros do ajuste do modelo ao semivariograma, os valores de RP para os pontos não medidos foram estimados por meio de krigagem, sendo os mapas de variabilidade espacial construídos por meio do programa Surfer 9.0. Nas situações em que todos os modelos ajustados apresentaram coeficiente de determinação (R^2) inferior a 0,20, os valores de RP não foram krigados e mapeados. Para verificar o efeito do número de pontos amostrais na qualidade do mapeamento, os valores de RP krigados a partir de diferentes intensidades de amostragem foram correlacionados (correlação de Pearson) aos valores krigados quando se utilizou todos os 210 pontos originalmente avaliados (grade de 30 × 30 m).

3. Resultados e discussão

O conteúdo de água do solo no momento da avaliação da RP foi de 0,41 e 0,40 kg.kg⁻¹ nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. Esses valores correspondem, aproximadamente, ao conteúdo de água na capacidade de campo para esse solo, situação considerada adequada para a determinação da RP (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 1999).

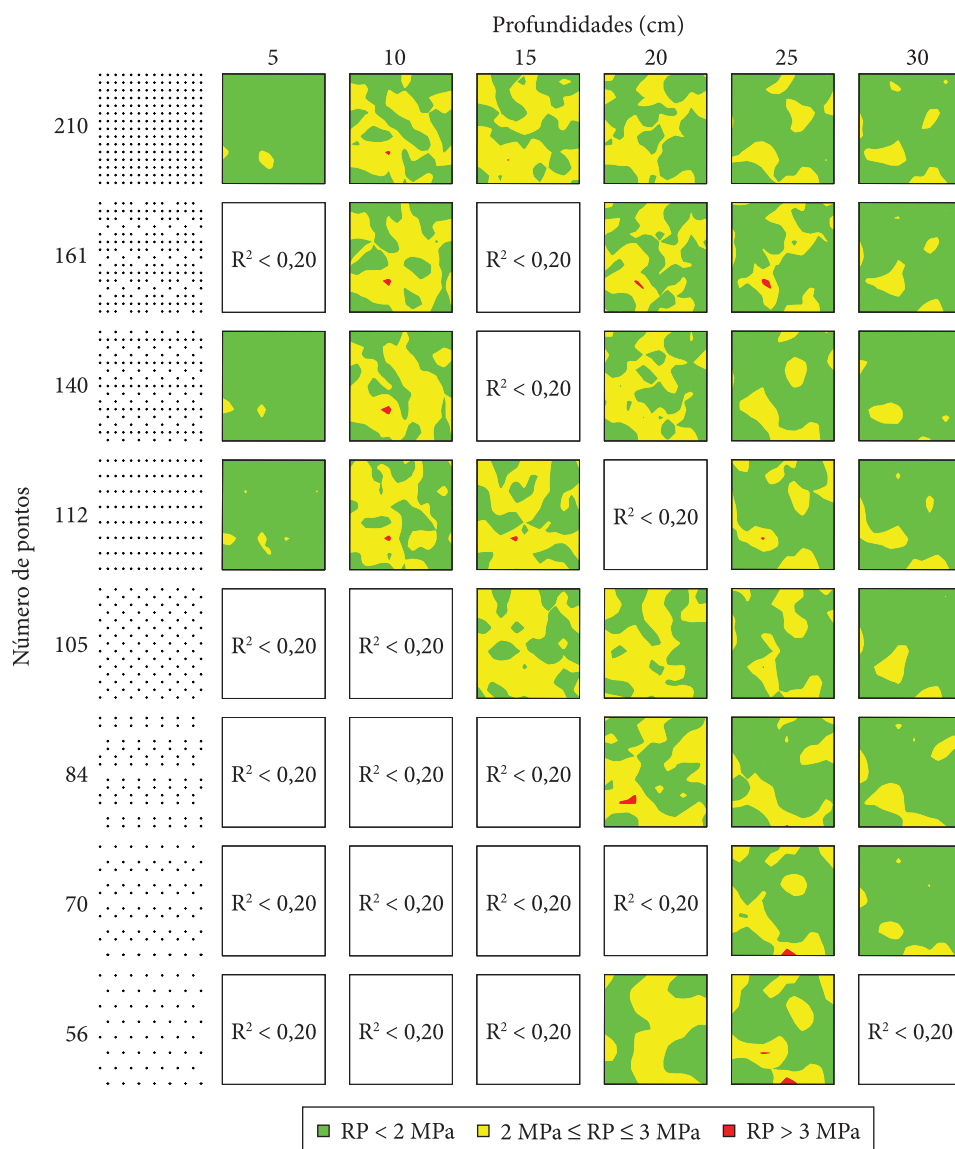


Figura 1. Mapas krigados da resistência à penetração de um Latossolo Bruno, determinada em área agrícola localizada em Guarapuava/PR.

Quando a análise geoestatística foi realizada com os 210 pontos amostrados, a RP apresentou dependência espacial em todas as profundidades (Tabela 1). Já os modelos ajustados para os semivariogramas variaram conforme a profundidade avaliada. Os valores de R^2 mostram que os piores ajustes ocorreram para as profundidades entre 10 e 20 cm, que apresentam as maiores limitações em termos de compactação do solo no SPD (FRANCHINI et al., 2009). Esse fato pode ser atribuído ao aumento da compactação do solo causado pelo efeito acumulativo das pressões aplicadas pelo tráfego de máquinas agrícolas, o que aumentou a variabilidade aleatória. Na condição de 210 pontos amostrais, o alcance

variou entre 43,0 e 53,2 m para as profundidades entre 5 e 20 cm. Para as camadas abaixo de 20 cm, o alcance foi maior, variando de 73,4 a 77,1 m. Medições localizadas a distâncias maiores que o alcance tem distribuição espacial aleatória e por isto são independentes entre si (VIEIRA, 2000). Portanto, a distância entre as observações deve ser inferior ao alcance.

Com a diminuição do número de pontos, não foi possível obter modelos com ajuste satisfatório ($R^2 \geq 0,20$) para os semivariogramas em todas as profundidades referentes à camada de maior interesse para estudos de compactação do solo (10-20 cm) (Tabela 1). Quando os semivariogramas não se ajustam a nenhum modelo, a variação da

RP é totalmente aleatória (efeito pepita puro), não havendo, portanto, dependência espacial, o que impediu o seu mapeamento (Figura 1). Por outro lado, a utilização de 56 amostras na profundidade de 25 cm, e de 70 amostras na profundidade de 30 cm, proporcionou ajuste satisfatório dos modelos gaussiano e esférico, respectivamente. No entanto, para essas profundidades, a diminuição do número de pontos amostrais reduziu a qualidade do ajuste, expressa pelo valor do R².

Na Tabela 2, são apresentados os coeficientes de correlação (r) entre os valores krigados para diferentes intensidades de amostragem e os valores krigados quando se utilizou todos os 210 pontos avaliados. A redução do número de observações diminuiu os valores de r em todas as profundidades, indicando aumento do erro na estimativa por krigagem. Por outro lado, considerando um valor de r de 0,80 como satisfatório, seria possível reduzir o número de pontos amostrais de 210 para 105 nas profundidades de 25 e 30 cm, e de 210 para 140 nas profundidades de 5, 10 e 20 cm. No entanto, para a profundidade de 15 cm, a redução do número de pontos não seria possível, pois os valores de r,

para as situações em que o ajuste dos modelos ao semivariograma foi satisfatório (112 e 105 pontos), foram inferiores a 0,80.

Nas profundidades de 5, 25 e 30 cm, a RP, na maior parte da área, foi inferior a 2 MPa (Figura 1), valor considerado crítico ao desenvolvimento da maioria das culturas (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007). Já para as profundidades entre 10 e 20 cm, a maior parte da área apresentou valores de RP entre 2 e 3 MPa, indicando que a compactação do solo pode limitar a produtividade das culturas. Esses resultados confirmam que, no SPD, os problemas de compactação do solo se concentram na camada de 10-20 cm. Verifica-se ainda que a redução do número de pontos de 210 para 105 (profundidades de 25 e 30 cm) e 140 (profundidades de 5, 10 e 20 cm) não alterou substancialmente os mapas de RP, respaldando os resultados obtidos por meio da análise dos valores de r (Tabela 2). Porém, a utilização de um número de pontos menor implicou em modificações importantes nos mapas, o que pode conduzir a erros na interpretação e no manejo localizado a ser aplicado na área.

Tabela 1. Parâmetros de ajuste do semivariograma para a resistência à penetração de um Latossolo Bruno nas diferentes intensidades e profundidades de amostragem.

Pt	Pf (cm)	Mod	Co	C1	a (m)	R ²	Pt	Pf (cm)	Mod	Co	C1	A (m)	R ²
210	5	EXP	0,008	0,24	53,2	0,55	112	5	GAU	0,000	0,22	41,6	0,56
210	10	EXP	0,000	0,27	43,6	0,22	112	10	GAU	0,077	0,21	42,9	0,29
210	15	EXP	0,000	0,26	47,6	0,51	112	15	GAU	0,000	0,24	41,2	0,55
210	20	GAU	0,118	0,18	43,0	0,36	112	25	EXP	0,006	0,37	74,5	0,81
210	25	GAU	0,173	0,16	77,1	0,84	112	30	GAU	0,171	0,18	93,1	0,82
210	30	EXP	0,000	0,32	73,4	0,77	105	15	GAU	0,000	0,23	44,9	0,22
161	10	GAU	0,082	0,19	47,7	0,22	105	20	ESF	0,117	0,16	69,3	0,36
161	20	GAU	0,000	0,30	43,1	0,39	105	25	ESF	0,003	0,32	75,5	0,79
161	25	GAU	0,000	0,31	54,2	0,79	105	30	GAU	0,202	0,12	92,8	0,78
161	30	GAU	0,143	0,19	65,9	0,65	84	20	GAU	0,003	0,37	44,4	0,28
140	5	EXP	0,000	0,24	64,3	0,58	84	25	EXP	0,000	0,35	82,5	0,59
140	10	EXP	0,000	0,25	57,9	0,29	84	30	GAU	0,154	0,16	101,1	0,47
140	20	GAU	0,000	0,29	43,8	0,51	70	25	GAU	0,000	0,33	66,3	0,36
140	25	GAU	0,184	0,16	83,7	0,80	70	30	ESF	0,099	0,19	81,6	0,36
140	30	EXP	0,000	0,31	62,7	0,65	56	20	ESF	0,019	0,26	108,2	0,30
							56	25	GAU	0,003	0,45	75,5	0,22

Pt: número de pontos; Pf: profundidade, em cm; Mod: modelo ajustado; Co: efeito pepita; C1: variância estrutural; a: alcance, em m; R²: coeficiente de determinação. Modelos ajustados com R² < 0,20 não foram utilizados para krigagem.

Tabela 2. Coeficientes de correlação (r) entre os valores de resistência à penetração de um Latossolo Bruno estimados por krigagem para diferentes intensidades de amostragem e os valores krigados quando se utilizou todos os 210 pontos avaliados.

Número de pontos	Profundidade (cm)					
	5	10	15	20	25	30
161		0,89		0,91	0,87	0,95
140	0,85	0,83		0,83	0,90	0,90
112	0,74	0,74	0,78		0,85	0,83
105			0,74	0,74	0,84	0,80
84				0,76	0,76	0,76
70					0,68	0,64
56				0,50	0,74	

4. Conclusões

A variabilidade espacial da RP é influenciada pela profundidade e pela intensidade de amostragem. A redução do número de pontos amostrais promove maior erro na estimativa da RP por krigagem, o que é mais evidente na camada de maior interesse para avaliação da compactação (10 a 20 cm).

Para a RP, a intensidade ótima de amostragem deve ser definida em função da variabilidade espacial na camada de 10 a 20 cm. Assim, para uma área de 18,9 ha, é necessário avaliar um número mínimo de 210 pontos.

Referências

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE. **Procedures for using and reporting data obtained with the soil cone penetrometer** - ASAE EP542. Saint Joseph: ASAE, 1999.

EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Embrapa Soja, Documentos, n. 314).

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1 p. 65-73, 2009.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 1, p. 1-53, 2000.