



IMPORTÂNCIA DO TAMANHO DA GRADE AMOSTRAL E DO NÚMERO DE REPETIÇÕES SOBRE A VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA DO SOLO EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE SOJA

PEREIRA, G.S.¹; FRANCHINI, J.C.²; DEBIASI, H.²; SANTOS, E. L.²; TAVARES FILHO, J.¹; VENDRAME, R.S.⁴; ROCHA, C.H.³

¹Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR, gislainepereira-@hotmail.com; ²Embrapa Soja, Londrina/PR; ³Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente/SP; ⁴Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR.

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) é um parâmetro indicativo do estado de compactação do solo (Tavares Filho e Ribon, 2008). Porém, em nível de lavoura, este parâmetro apresenta grande variabilidade espacial (Debiasi et al., 2012), sendo portanto interessante que seja utilizada uma abordagem geoestatística dos dados (Oliveira et al., 2014). Com base na variabilidade espacial da RP, pode-se gerar zonas de manejo específicas, favorecendo a execução de práticas de conservação do solo em áreas compactadas (Dalchiavon et al., 2011). Neste contexto, o número de pontos amostrados (Debiasi et al., 2012) e de repetições (Tavares Filho e Ribon, 2008) influenciam a variabilidade dos dados de RP, determinando que o esquema de amostragem tenha grande influência no resultado final da avaliação. Deste modo, a hipótese a ser testada no presente trabalho é de que o tamanho da grade amostral, determinado pelo número de pontos avaliados em uma área de produção de soja, é mais importante do que o número de repetições por ponto para a redução da variabilidade aleatória e aumento da dependência espacial dos valores da RP.

O presente estudo foi conduzido em gleba comercial pertencente à Fazenda Santo Antônio, localizada no município de Cambé, no Norte do Paraná (23° 03" S e 51° 20" O). O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférrico de textura argilosa (Santos et al., 2006). A gleba apresenta área de 16,8 ha, e é manejada sob sistema plantio direto (SPD), com o cultivo de soja no verão e milho consorciado com braquiária ruziziensis no outono-inverno nas últimas três safras. Os dados de RP foram obtidos em 18/10/2017, imediatamente antes da semeadura da soja, por meio de penetrômetro digital equipado com cone de 130 mm² de área da base e 30° de ângulo em relação vertical, acoplado a um quadriciclo. As leituras foram realizadas na camada de 0,0-0,3 m, com resolução de 0,05 m. Foram comparadas duas estratégias de avaliação da RP: 1) realização de leituras em 80 pontos com grade espaçada de 35 x 60 m, com 5 repetições por ponto (80P5R); e 2) avaliação de 420 pontos com grade de 20 x 20 m e uma repetição por ponto (420P1R). Na mesma ocasião, foram extraídas amostras de solo em 20 pontos regularmente distribuídos na gleba, nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m, para a determinação do conteúdo gravimétrico de água. Os valores de efeito pepita (Co), patamar (Co+C1), contribuição (C1) e do alcance (Ao) foram obtidos através dos semivariogramas de cada camada estudada, estimados pelo programa VESPER (Variogram Estimation and Spatial Prediction plus ERror). Com os dados krigados foram gerados mapas com o software Surfer 9.0 (Surface Mapping System, Golden Software Inc). O índice de dependência espacial (IDE %) foi obtido conforme Cambardella et al. (1994). O IDE permite classificar a dependência espacial em: forte (IDE <25%); moderada (25 ≤ IDE ≤ 75%) ou fraca (IDE >75%).

O conteúdo gravimétrico médio de água do solo no momento das avaliações não apresentou dependência espacial estruturada, sendo equivalente 0,27 e 0,29 kg kg⁻¹ nas camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m, respectivamente. Para todas as camadas avaliadas nas duas estratégias de amostragem, houve dependência espacial dos dados de RP (Tabela 1). A densidade amostral de 80P5R apresentou menores valores para o efeito pepita quando comparada à densidade amostral de 420P1R, o que mostra uma maior variabilidade aleatória nos dados de RP com uma repetição por ponto. O alcance representa a distância acima da qual não há dependência espacial entre as amostras



(Vieira et al., 2002), sendo os menores valores encontrados na densidade amostral de 80P5R.

O IDE foi considerado fraco para todas as camadas avaliadas na amostragem de 420P1R (Tabela 1). Já a avaliação 80PR resultou em maior dependência espacial dos dados de RP em todas as camadas. Nas camadas entre 0,06 e 0,20 m, a dependência espacial passou de “fraca” com 420P1R, para “moderada” com 80P5R. Esse resultado deve ser ressaltado, uma vez que é essa camada que geralmente apresenta o maior grau de compactação no SPD e, portanto, é a de maior interesse no monitoramento da RP (Debiasi et al., 2012).

Independentemente da estratégia de avaliação, a camada superficial apresentou menor grau de compactação que as demais ($RP < 1,5$ MPa) (Figura 1). Já os maiores valores de RP foram observados nas camadas entre 0,06 - 0,20 m, para ambas grades amostrais. Os mapas gerados a partir da grade amostral com 420P1R apresentaram maior intervalo de variação dos valores de RP em todas as camadas comparativamente à avaliação com 80P5R, o que foi resultado da redução dos valores mínimos e, principalmente, do aumento dos valores máximos de RP. Por exemplo, na camada de 0,06-0,10 m, a RP variou entre 2,8 e 3,4 MPa na avaliação com 80P5R, e entre 2,1 e 4,4 MPa na amostragem com 420P1R. Em consequência, houve pequeno aumento nos valores médios krigados de RP na grade de 420P1R em relação a de 80P5R nas camadas acima de 0,2 m. Nas camadas de 0,21-0,25 m e 0,26-0,30 m, os valores de RP foram similares entre as estratégias de amostragem

As diferenças mais importantes entre as estratégias de avaliação ocorreram na camada de 0,06-0,10 m (Figuras 1A e 1B). Considerando a avaliação com 420P1R, 38% da área apresentou $RP \geq 3,5$ MPa na camada de 0,06-0,10 m, valor considerado crítico às plantas em solos manejados sob SPD (Moraes et al., 2014). Já na amostragem com 80P5R, toda a área apresentou valores de $RP < 3,5$ MPa, evidenciando que a alteração do número de pontos e de repetições por ponto modificou a interpretação dos efeitos do estado de compactação da camada de 0,06-0,10 no crescimento das plantas. Também foram observadas diferenças importantes na variabilidade espacial da RP entre as estratégias de amostragem na camada de 0,11-0,15 m. Com 420P1R, 67% da área mapeada apresentou $RP \geq 4$ MPa e 33% RP entre 3,5 e 4,0 MPa. Por outro lado, com 80P5R, os valores de $RP \geq 4$ MPa nessa camada foram reduzidos a apenas 24% da área mapeada, com os restantes 76% apresentando RP entre 3,0 e 4,0 MPa. Este resultado evidencia que a grade mais intensa, porém sem repetições por ponto, implicou na superestimativa dos valores de RP, e consequentemente, do estado de compactação.

Concluiu-se que a estratégia de avaliação envolvendo densidade amostral de 80P5R proporcionou melhor ajuste espacial dos dados de RP em relação à opção de 420P1R, indicando que a estimativa mais precisa por ponto é mais importante que o número total de pontos. A variação da estratégia de amostragem para determinação da RP, alterando o número de pontos e de repetições, modifica a interpretação dos efeitos do estado de compactação sobre as plantas.

Referências

- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society American**, v.58, p.1501-1511, 1994.
- DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; NOGUEIRA, D.C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F.L.; ASSIS, J.T.; OLIVEIRA, M.S. produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, p.8-19, 2011.



NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H. Ed. **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2012. p.138-142.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Critical limits of soil penetration resistance in a Rhodic Eutrudox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 288-298, 2014.

OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, C.C.; AQUINO, R.E.; MARQUES JUNIOR, J.; FREITAS, L.; SOUZA, Z.M. Semivariograma escalonado no planejamento amostral da resistência à penetração e umidade de solo com cana-de-açúcar. **Revista Ciências Agrárias**, v.57, p. 287-296, 2014

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J.

B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

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**, v.32, p.487-489, 2008.

Tabela 1. Modelo e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais de resistência do solo a penetração em função do número de repetições em área cultivada com soja.

Estratégia	Camada (m)	Modelo	¹ Co	C1	(Co+C1)	Ao (m)	IDE (%)	Classe Espacial
80 c/ 5 rep.	0,00-0,05	Esf.	0,05	0,01	0,06	117,10	80,72	Fraca
80 c/ 5 rep.	0,06-0,10	Esf.	0,31	0,12	0,43	107,20	73,11	Moderada
80 c/ 5 rep.	0,11-0,15	Esf.	0,25	0,14	0,39	77,71	64,98	Moderada
80 c/ 5 rep.	0,16-0,20	Esf.	0,24	0,14	0,38	83,70	63,16	Moderada
80 c/ 5 rep.	0,21-0,25	Esf.	0,17	0,04	0,21	112,20	80,99	Fraca
80 c/ 5 rep.	0,26-0,30	Esf.	0,07	0,02	0,09	136,50	75,98	Fraca
420	0,00-0,05	Esf.	0,33	0,06	0,39	124,10	85,03	Fraca
420	0,06-0,10	Esf.	1,79	0,13	1,92	92,32	93,30	Fraca
420	0,11-0,15	Esf.	1,49	0,09	1,58	189,80	94,39	Fraca
420	0,16-0,20	Esf.	1,00	0,08	1,09	192,30	92,20	Fraca
420	0,21-0,25	Esf.	0,45	0,07	0,51	149,60	86,78	Fraca
420	0,26-0,30	Esf.	0,23	0,02	0,25	184,00	91,90	Fraca

¹Co=efeito pepita; C1=contribuição ou variância estrutural; (Co+C1)=Patamar; Ao=alcance; IDE(%)=Índice de dependência espacial.

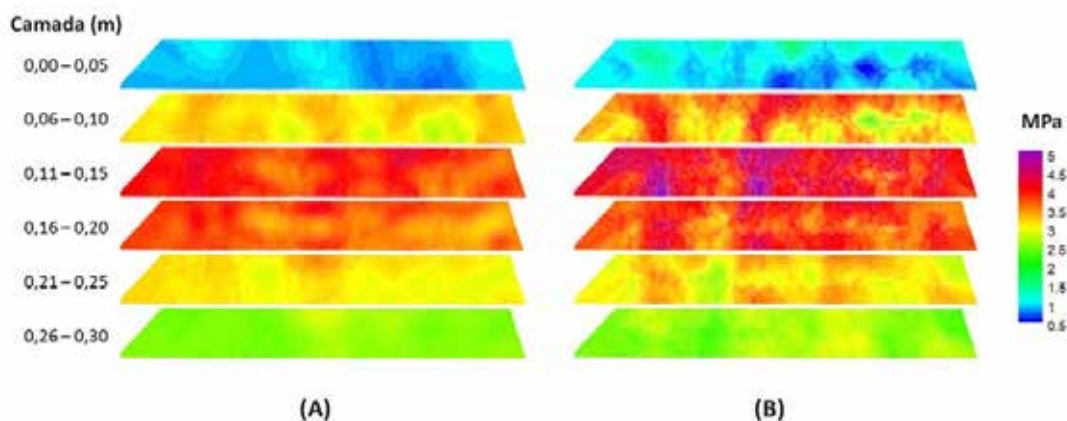


Figura 1. Mapas de krigagem da resistência mecânica a penetração de raízes (MPa) em diferentes camadas para (A) 80 pontos de amostragem com 5 repetições e (B) 420 pontos de amostragem em área sob cultivo de soja.