RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM SISTEMAS DE MANEJO COM E SEM O USO DE COBERTURA VEGETAL

DIANDRA PINTO DELLA FLORA[1], JORGE WILSON CORTEZ[2], WENDERSON DA SILVA CAVALCANTE[3], NAYRA FERNANDES AGUERO[4] e LUCAS DE OLIVEIRA DONAIRE[5]

[1]Ms. em Agronomia, Doutoranda, UFGD, Dourados-MS, diandradellaflora@gmail.com;
[2]Dr. em Agronomia, Prof. Ass. FCA, UFGD, Dourados-MS, jorgecortez@ufgd.edu.br;
[3]Acad. Eng. Agr., UFGD, Dourados-MS, wendellsilva_@hotmail.com.br;
[4]Ms. em Engenharia Agrícola, Doutoranda, UFGD, Dourados-MS, nayra_fa@hotmail.com.br;
[5]Ms. em Engenharia Agrícola, UFGD, Dourados-MS, lucas.donaire@outlook.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar a resistência do solo à penetração submetido a sistemas de manejo, cultivado com e sem o uso de planta de cobertura. O trabalho foi desenvolvido em Fazenda Experimental no delineamento em blocos ao acaso no esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. Os tratamentos principais (parcelas) foram compostos por seis sistemas de manejo, e os tratamentos secundários (subparcelas) pela presença ou ausência de cobertura vegetal. A determinação da resistência à penetração foi realizada por meio de um penetrômetro eletrônico. A análise dos dados foi realizada pela análise de variância. A análise geoestatística foi realizada por meio de semivariogramas experimentais, e os mapas bidimensionais foram construídos por meio de interpolação por krigagem. O uso ou não de cobertura vegetal não influenciou os valores de RP. Os manejos com uso de escarificador promoveram redução da RP nas camadas até 30 cm de profundidade. A distância utilizada não foi eficiente na coleta de dados, sendo indicado uma distância máxima de 30 cm. Os dados de RP têm forte dependência espacial em todos os manejos.
PALAVRAS-CHAVE: Pressão máxima, mapas bidimensionais, mecanização agrícola, solo.

MAPPING OF THE PEDOLOGICAL POTENTIAL OF THE PARAÍBA STATE FOR THE CULTIVATION OF SUGAR CANE *(Saccharum spp)*

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the resistance of the soil to penetration submitted to management systems, cultivated with and without the use of cover crops. The work was developed at Fazenda Experimental in a randomized block design in a split plot scheme, with four replications. The main treatments (plots) were composed of six management systems, and the secondary treatments (subplots) by the presence or absence of vegetation cover. The determination of resistance to penetration was performed by means of an electronic penetrometer. Data analysis was performed by analysis of variance. The geostatistical analysis was carried out by means of experimental semivariograms, and the two-dimensional maps were constructed by means of kriging interpolation. The use or not of vegetation cover did not influence the PR values. The management with the use of a scarifier promoted a reduction of the RP in the layers up to 30 cm in depth. The distance used was not efficient in data collection, with a maximum distance of 30 cm being indicated. PR data have a strong spatial dependence in all managements.
KEYWORDS: Maximum pressure, two-dimensional maps, agricultural mechanization, soil.

INTRODUÇÃO

Entre os sistemas de manejo, o preparo convencional (PC) permite o rompimento dos agregados pelo revolvimento do solo, promovendo maior contato entre o solo e os resíduos vegetais (Dadalto et al., 2015). No PC, cada implemento agrícola age de forma particular na alteração das propriedades físicas do solo (Monteiro et al., 2017).

Entretanto, o sistema de preparo convencional pode acarretar, ao longo do tempo, em alterações indesejáveis na estrutura da camada arável, necessitando de avaliações da estrutura física, como maneira eficaz de verificar os efeitos do uso intensivo e do tráfego nas áreas agrícolas. Além disso, a utilização de plantas de cobertura do solo em planos de rotação de culturas tem se mostrado uma maneira eficaz de promover a qualidade do solo e estabilidade dos sistemas de cultivo.

Estes cenários têm levado à procura de sistemas de manejo cada vez mais eficientes, visando acompanhar a demanda produtiva, sendo, ao mesmo tempo, rentável, sustentável, e sem causar danos ao meio ambiente. Desta forma, objetivou-se avaliar a resistência do solo à penetração submetido a sistemas de manejo, cultivado com e sem o uso de planta de cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias – FAECA, da Universidade Federal da Grande Dourados. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco e com temperatura média anual de 22ºC, apresentando solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, muito argiloso.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso no esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. Os tratamentos principais (parcelas) foram compostos por seis sistemas de manejo (Tabela 1), e os tratamentos secundários (subparcelas) pela presença ou ausência de cobertura vegetal de aveia branca (*Avena sativa*).

Tabela 1. Especificação das operações realizadas nos tratamentos e suas respectivas profundidades.

Tratamento	Operações	Profundidade (m)
EC	escarificação cruzada e uma gradagem	0,35; 0,15
CM	uma escarificação	0,35
EG	uma escarificação e uma gradagem	0,35; 0,15
GR	uma gradagem	0,15
SM	sem mobilização	-
PC	uma aração e duas gradagens (plantio convencional)	0,30; 0,15

EC: escarificação cruzada e uma gradagem; CM: uma escarificação; EG: uma escarificação e uma gradagem; GR: uma gradagem; SM: sem mobilização; PC: uma aração e duas gradagens

Cada parcela experimental ocupou área de 16,6 m de comprimento e 8 m de largura (total de 132,8 m^2), com subparcelas de 16,6 x 4,0 m (66,4 m^2). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 12 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

A aveia, utilizada como cobertura vegetal, foi semeada em maio de 2019, a 5 cm de profundidade, com espaçamento de 0,20 m entre linhas, sendo dessecada no pleno florescimento.

A determinação da resistência do solo à penetração foi realizada por meio de um penetrômetro eletrônico acoplado a um quadriciclo. Os dados de RP foram coletados até 40 cm de profundidade, a cada 2,5 cm, com pontos espaçados a cada 100 cm. Foi observado, além dos valores médios, os valores de RP máxima no perfil e da profundidade de ocorrência da RP máxima no perfil do solo.

O teor de umidade do solo foi determinado para caracterização, por do método gravimétrico, proposto Embrapa (1997), estando, no momento da coleta de dados de resistência à penetração, entre 25 e 30 %.

Os dados foram submetidos a análise de variância e, quando significativo, com o método de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A análise geoestatística foi realizada por meio de semivariogramas experimentais, sendo o ajuste realizado com base no melhor coeficiente de determinação (r^2) e avaliados pela técnica de validação cruzada. Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes

parâmetros: efeito pepita (C_0), contribuição (C_1), patamar (C_0+C_1) e alcance (a). O índice de dependência espacial (IDE) foi calculado por meio da equação: IDE = [C_0/(C_0+C_1)]*100. Com base nos IDE, classificou-se o grau de dependência espacial (GDE) como: forte, para IDE ≤ 25%; moderado, para IDE entre 25 e 75%; e fraco, para IDE > 75% (Cambardella et al., 1994).

Os mapas de isolinhas (bidimensionais) foram construídos para o detalhamento espacial dos dados de RP coletados, por meio de interpolação por krigagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 2), a pressão máxima observada nas leituras de RP não foi influenciada pelos manejos nem pela presença ou ausência de cobertura vegetal. Porém, a profundidade a que esta pressão ocorre foi maior nos manejos de escarificação, se comparado aos manejos com arado, grade ou sem mobilização. Isso se deve à atuação das hastes do escarificador em ângulos de 45º para a direita, para a esquerda e para frente (Cortez et al., 2011), além de proporcionar trabalho em maior profundidade (superior a 30 cm) (Tabela 1).

Tabela 2. Resultado das análises de variância e do teste de comparação de médias para avaliar o efeito dos manejos de solo sobre a resistência à penetração

	PM (Mpa)	Profundidade da PM (cm)	Camadas (cm)			
			0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
Manejo (M)						
EC	2,04	32,67 a	0,65 a	1,12 a	1,13 a	1,57
CM	2,11	35,50 a	0,57 a	0,97 a	1,18 a	1,74
EG	2,08	31,67 a	0,60 a	1,27 a	1,52 a	1,75
GR	2,11	24,83 b	0,56 a	1,36 a	1,83 b	1,61
SM	2,40	19,83 b	1,09 b	1,99 b	1,92 b	1,78
PC	2,76	29,83 b	0,58 a	1,27 a	2,00 b	2,16
Cobertura (C)						
COM	2,27	28,94	0,70	1,38	1,64	1,82
SEM	2,23	29,17	0,64	1,28	1,55	1,72
Teste F						
M	$1,96^{ns}$	8,86*	6,47*	8,86*	6,79*	$1,16^{ns}$
C	$0,22^{ns}$	$0,02^{ns}$	$1,42^{ns}$	$1,45^{ns}$	$0,69^{ns}$	$0,98^{ns}$
M x C	$0,98^{ns}$	$0,63^{ns}$	$1,78^{ns}$	$1,46^{ns}$	$1,06^{ns}$	$0,56^{ns}$
CV Manejo (%)	21,82	16,26	29,29	21,72	22,37	27,20
CV Cobertura (%)	12,26	14,73	22,38	19,57	19,99	17,45

CV: coeficiente de variação. ^{ns}: não significativo (p > 0,05); *: significativo (p < 0,05); Letras minúsculas e iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. PM: pressão máxima. EC: escarificação cruzada e uma gradagem; CM: uma escarificação; EG: uma escarificação e uma gradagem; GR: uma gradagem; SM: sem mobilização; PC: uma aração e duas gradagens.

Para os dados de resistência do solo à penetração (Tabela 2), a utilização ou não de cobertura vegetal não influenciou os dados de RP. Com exceção do manejo SM, os valores de RP aumentaram em profundidade. Os manejos de solo apenas não influenciaram os valores de RP na camada de 30 – 40 cm. As camadas de 0 – 10 e 10 – 20 cm apresentaram maiores valores de RP no manejo SM (sem mobilização). É importante destacar que todos os valores de resistência a penetração encontram-se abaixo do limite considerado crítico para o desenvolvimento das culturas (Rosolem et al., 1999), que varia de 1,5 a 4,0 MPa.

Na camada de 30 – 40 cm os manejos realizados com o escarificador proporcionaram menores valores e RP, pois, segundo Cortez et al. (2016), preparo do solo utilizando equipamentos com haste resultam em menor resistência a penetração.

A partir da análise do semivariograma da RP (Tabela 3), todos os manejos de solo, com e sem o uso de cobertura vegetal, observou-se ajuste do modelo esférico, com forte grau de dependência

espacial. Porém, de acordo com os valores de alcance obtidos, que variam de 31,7 a 47,7 cm, a distância utilizada para coleta de dados neste trabalho (100 cm) não foi eficiente para a construção dos modelos espaciais (Figura 1), sendo indicado uma distância máxima de 30 cm.

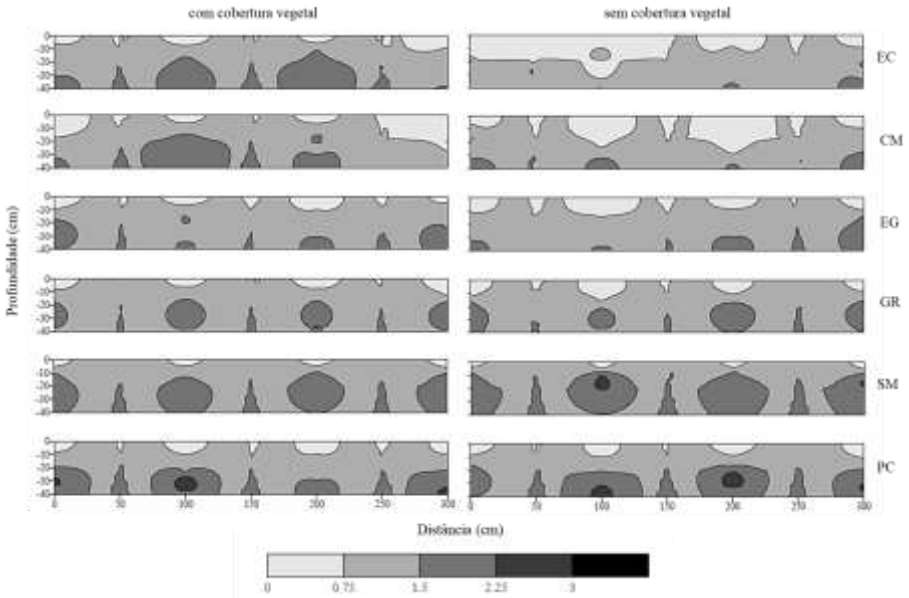
Tabela 3. Resultado dos parâmetros geoestatísticos para avaliar a resistência à penetração

Manejo	Efeito Pepita (C_0)	Patamar (C_0+C_1)	Contribuição (C_1)	Alcance (a)	Modelo	r^2	Dependência Espacial	
							IDE	GDE
	Com cobertura vegetal							
EC	0,0010	0,9430	0,9420	47,7	Esférico	0,51	0,11	Forte
CM	0,0010	0,9760	0,9750	47,4	Esférico	0,59	0,10	Forte
EG	0,0010	0,8200	0,8190	40,8	Esférico	0,59	0,12	Forte
GR	0,0010	0,6870	0,6860	35,5	Esférico	0,67	0,15	Forte
SM	0,0010	0,7360	0,7350	39,3	Esférico	0,59	0,14	Forte
PC	0,0010	1,5490	1,5480	40,6	Esférico	0,61	0,06	Forte
	Sem cobertura vegetal							
EC	0,0010	0,5290	0,5280	45,8	Esférico	0,43	0,19	Forte
CM	0,0010	0,8580	0,8570	44,2	Esférico	0,53	0,12	Forte
EG	0,0010	0,8410	0,8400	42,0	Esférico	0,55	0,12	Forte
GR	0,0010	0,7830	0,7820	31,7	Esférico	0,74	0,13	Forte
SM	0,0010	0,8120	0,8110	38,4	Esférico	0,61	0,12	Forte
PC	0,0010	1,3810	1,3800	37,8	Esférico	0,67	0,07	Forte

r^2: coeficiente de determinação; IDE: índice de dependência espacial; GDE: grau de dependência espacial. EC: escarificação cruzada e uma gradagem; CM: uma escarificação; EG: uma escarificação e uma gradagem; GR: uma gradagem; SM: sem mobilização; PC: uma aração e duas gradagens.

A espacialização da RP (Figura 1), indicam que os valores encontram-se abaixo dos valores críticos que podem variar de 1,5 a 4,0 MPa (Rosolem et al., 1999). O manejo EG apresentou valores de RP abaixo de 1,5 MPa até a camada de 30 cm, com e sem o uso de cobertura vegetal, enquanto os manejos EC e CM, quando avaliados nos tratamentos sem uso de cobertura vegetal apresentaram valores menores de RP no perfil quando comparado ao uso de cobertura.

Figura 1. Espacialização da resistência do solo à penetração em sistemas de manejo de solo, com e sem o uso de cobertura vegetal



A não mobilização do solo promoveu um aumento nos valores de RP já abaixo dos 15 cm, quando comparado os demais manejos. O preparo convencional, caracterizado pelo manejo PC, apresentou valores de RP mais elevados a partir da camada de 20 cm, o que pode ter ocorrido devido o uso do arado, indicando a presença de "pé-de-arado" abaixo da camada trabalhada.

As propriedades físicas do solo podem ser alteradas pelos manejos, dependendo da intensidade de preparo (Souza et al., 2001), sendo consideras importantes atributos para o monitoramento da qualidade do solo, essencial para a manutenção e avaliação da sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Beutler et al., 2001). Dessa forma, a resitência à penetração deve ser avaliada periodicamente para monitorar o estado de compactação das áreas cultivadas, e verificar os efeitos dos manejos no crescimento e desenvolvimento das culturas.

CONCLUSÃO

O uso ou não de cobertura vegetal não influenciou os valores de RP.

Os manejos com uso de escarificador promoveram redução da RP nas camadas até 30 cm de profundidade.

A distância utilizada não foi eficiente na coleta de dados, sendo indicado uma distância máxima de 30 cm.

Os dados de RP têm forte dependência espacial em todos os manejos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

Beutler, A. N.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Cruz, J. C.; Pereira Filho, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.167-177, 2001.

Cambardella, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, v.58, p.1501-1511, 1994.

Cortez, J.W.; Alves, A. D. S.; Moura, M. R.; Olszevski, N.; Nagahama, H. J. Atributos físicos do argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.1207-1216, 2011.

Cortez, J. W.; Chaves, R. G.; Orlando, R. C.; Souza, C. M. A.; Souza, P. H. N. Penetration resistance and agronomic characteristics of soybean affected by soil management and sowing speed systems. Engenharia Agrícola, v.36, n.4, p.664-672, 2016.

Dadalto, J. P.; Fernandes, H. C.; Teixeira, M. M.; Cecon, P. R.; Matos, A. T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. Engenharia Agrícola, v.35, n.3, p.506-513, 2015.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. 212p.

Köppen, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica. México, 1948, 479p.

Monteiro, M. A. C.; Zoz, A.; Limede, A. C.; Oliveira, C. E. S.; Zoz, T. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. Revista de Agricultura Neotropical, v.4, n.2, p.63-68, 2017.

Rosolem, C. A.; Fernandez, E. M.; Andreotti, M.; Crusciol, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, n.5, p.821-828, 1999.

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). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p. 699-707, 2001.