

Resistência à penetração de um solo compactado sob efeito da escarificação mecânica, coberturas vegetais e após cultivo do arroz⁽¹⁾

Vagner do Nascimento⁽²⁾; Marlene Cristina Alves⁽³⁾; Orivaldo Arf⁽⁴⁾; Paulo Ricardo Teodoro da Silva⁽⁵⁾; Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues⁽⁶⁾; Eder de Souza⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos financeiros da FAPESP.

⁽²⁾ Doutorando em Agronomia, ^(5 e 7) Graduandos em Agronomia e Física - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE), SP; Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Ilha Solteira - Av. Brasil, 56, Ilha Solteira - SP, CEP: 15385-000; E-mail: vagnern@gmail.com; ^(3 e 6) Professor Titular Dr. e Professor Dr. - Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; ⁽⁴⁾ Professor Titular Dr. - Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia; UNESP, FE.

RESUMO: A compactação na camada superficial do solo em sistema plantio direto (SPD) é um grave problema que vem aumentando em extensão e intensidade, causando danos para a qualidade do solo. Dentre as alternativas estão o uso de plantas de cobertura com sistema radicular agressivo e pivotante e descompactação mecânica. Diante disso, objetivou-se avaliar a resistência à penetração do solo (RP) sob efeito da descompactação mecânica, uso de plantas de cobertura e após o cultivo do arroz de terras altas em SPD implantado há 20 anos. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho de textura argilosa. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados dispostos em um esquema fatorial 5x2, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de diferentes plantas de cobertura (pousio, guandu anão, *Crotalaria juncea*, *Urochloa ruziziensis* e milheto) e descompactação mecânica (com e sem escarificação do solo). As avaliações de RP foram realizadas em 4 profundidades: 0-0,05 m; 0,05-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. O milheto se destacou positivamente em relação as outras plantas de cobertura com menor valor médio de RP nas profundidades 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m. As plantas de cobertura guandú e crotalária apresentaram resultados promissores na profundidade de 0,10-0,20 m em ação conjunta do escarificador. Os resultados obtidos permitem concluir que as coberturas vegetais e a escarificação mecânica estão interagindo positivamente na descompactação do solo em SPD, melhorando o sistema de produção, porém de forma lenta.

Termos de indexação: *Oryza sativa* L., plantas de cobertura, irrigação por aspersão.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores obstáculos para expansão da semeadura direta está relacionado ao tráfego de máquinas (colhedoras, tratores, pulverizadores) e devido também a não mobilização do solo, aliado a maior retenção de água no solo e ao curto período

de tempo com a umidade do solo propícia as operações mecanizadas, o que ocasionam, com frequência problemas de compactação nas camadas superficiais (Araújo et al., 2001).

A escarificação esporádica do solo sob sistema plantio direto (SPD) tem se apresentado como uma alternativa viável para minimizar as limitações físicas ao crescimento das plantas. Alguns trabalhos têm demonstrado aumentos significativos no rendimento das culturas em solos sob SPD escarificado (Vieira, 2006).

Atualmente existem experimentos mostrando que para evitar a compactação, deve-se utilizar espécies anuais e semiperenes, forrageiras ou não. Porém, não se deve esperar que essas plantas resolvam todos os problemas. É preciso complementar sua ação com outras práticas. As espécies que apresentam potencial de uso para descompactação do solo são as crotalárias em geral, o guandu, o tremoço, o nabo-forrageiro e especialmente as gramíneas como aveia-preta, milheto e todas as forrageiras perenes, que atuam de forma especial na formação de agregados (Salton et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à penetração do solo (RP) sob efeito da descompactação mecânica, uso de plantas de cobertura e após o cultivo do arroz de terras altas em SPD implantado há 20 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi conduzido no ano agrícola de 2012/13, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, da Universidade Estadual Paulista (FE/UNESP), no Município de Selvíria - MS, situada aproximadamente a 51° 22' de longitude O e 20° 22' de latitude S, com altitude de 335 m.

O solo onde foi conduzido o experimento foi um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (Demattê, 1980; EMBRAPA, 2006). A precipitação média anual é de 1.370mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar entre 70 e 80% (média anual).

O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado com sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central.

Antes da escarificação mecânica e da semeadura das plantas de cobertura foram retiradas amostras indeformadas de solo em 10 pontos aleatórios em toda área experimental, nas profundidades de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, por meio de anéis volumétricos com volume de 10^{-4} m^3 , no mês de julho de 2012, e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

O preparo com escarificador em parte da área experimental foi realizado em agosto de 2012 antes da semeadura das plantas de cobertura, com escarificador de sete hastes à profundidade de trabalho em torno de 0,35 m e largura da faixa de corte de aproximadamente 3,0m.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados dispostos em um esquema fatorial 5x2, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de diferentes plantas de cobertura (pousio, guandu anão, *Crotalaria juncea*, *Urochloa ruziziensis* e milho) e descompactação mecânica (com e sem escarificação do solo). As culturas utilizadas como plantas de cobertura, foram semeadas em agosto de 2012. As dimensões das parcelas foram de 12 m de comprimento com 7 m de largura.

Cerca de 10 dias antes da época de semeadura do arroz de terras altas, em novembro de 2012, foi realizada a dessecação das plantas de cobertura utilizando glyphosate + 2,4-D (1.440 g ha^{-1} e 670 g ha^{-1} do i.a.). Posteriormente, foi realizada uma operação com desintegrador mecânico.

Na seqüência foi realizada a implantação da cultura do arroz, seguindo o mesmo delineamento experimental e os tratamentos adotados. Foi utilizado na semeadura do arroz, sementes suficientes para obtenção de 180 plantas m^{-2} após a emergência. Foi utilizado o cultivar IAC 203 com grãos do tipo longo fino. A semeadura foi realizada no dia 13 de novembro de 2012.

A adubação básica nos sulcos de semeadura foi realizada com 250 kg ha^{-1} da formulação 06-30-10 e a adubação nitrogenada em cobertura, utilizando como fonte o sulfato de amônio, foi realizada aos 30 dias após a emergência das plantas na dose de 60 kg ha^{-1} de N, em superfície sem incorporação ao solo, para todos os tratamentos. Tanto para a adubação nos sulcos de semeadura como para a adubação em cobertura foram levadas em consideração as recomendações de Cantarella & Furlani (1996).

A RP foi realizada em 3 pontos aleatórios dentro de cada parcela, utilizando-se um penetrômetro modelo Falker (PenetroLOG), nas profundidades de

0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. A umidade do solo se procedeu da mesma forma.

Os dados foram submetidos a análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para escarificador e plantas de cobertura. Quando constatada interação significativa entre as fontes de variação (escarificador vs plantas de cobertura), procedeu-se o desdobramento, comparando as médias pelo teste de Tukey, adotando-se um nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), de acordo com Pimentel Gomes & Garcia (2002). As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os dados da caracterização inicial (Tabela 1), observa-se que o solo está com sua estrutura degradada, confirmado por meio dos valores de macroporos ($0,06$ a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), ou seja, abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de macroporos e densidade do solo ($1,42$ a $1,56 \text{ kg dm}^{-3}$) nas 4 profundidades estudadas. Para este tipo de solo (argiloso), levando em consideração a análise granulométrica (teor de argila $> 350 \text{ g kg}^{-1}$), a densidade do solo sob vegetação de cerrado varia de $1,17$ a $1,28 \text{ kg dm}^{-3}$, segundo Souza & Alves (2003), podendo causar prejuízos ao desenvolvimento do sistema radicular do arroz.

No que se refere à resistência a penetração do solo (RP) (Tabela 2), observou-se que houve efeito significativo para as profundidades de 0,00-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,20m, onde a menor profundidade (0,00-0,05 m) apresentou diferença significativa somente para plantas de cobertura e nas profundidades de 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m para o escarificador e plantas de cobertura. A planta de cobertura milho se destacou positivamente em relação as outras plantas de cobertura com menores valores médios de RP nas duas menores profundidades estudadas, embora ainda maior que o limite crítico ($2,0 \text{ MPa}$), apresentando valor de RP de $2,67 \text{ MPa}$ na profundidade de 0,05-0,10 m, ou seja, valor que certamente pode prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o mesmo ocorrendo com mais intensidade nos outros tratamentos estudados.

Houve interação significativa para RP entre escarificador x plantas de cobertura (Tabela 3), somente nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. A RP foi maior sem o preparo do solo com escarificador em relação aonde foi realizado o preparo com escarificador nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m em todas as plantas de



cobertura, exceto na planta de cobertura *Urochloa* para as duas profundidades citadas acima, nas demais profundidades não houve diferenças significativas.

Com os resultados obtidos pode-se dizer que o solo está compactado, pois se enquadra na classe de média a alta RP (2,6-5,0 e 5,1-10,0 MPa, respectivamente), apresentando valores entre 3,18 a 6,17 MPa), portanto podendo apresentar algumas a até sérias limitações ao crescimento de raízes. Nota-se isso principalmente nas profundidades de 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, segundo LETEY (1985).

Para o desdobrando de escarificador dentro de planta de cobertura na profundidade 0,05-0,10 m (Tabela 3), verifica-se que as plantas de cobertura milheto e guandú, apresentaram menores valores de RP em ação conjunta com escarificador em relação as outras plantas de cobertura, sendo o resultado semelhante quando analisado as plantas de cobertura dentro de escarificador.

Já para o desdobrando de escarificador dentro de planta de cobertura na profundidade de 0,10-0,20 m (Tabela 3), verifica-se que as plantas de cobertura pousio, guandú e crotalaria apresentaram menores valores de RP com ação conjunta com o escarificador em relação as outras duas plantas de cobertura analisadas, embora esteja com valores médios de RP (3,44 a 4,56 MPa).

Para a umidade do solo (US) no momento da avaliação da RP verificou-se que houve diferença significativa para o escarificador na profundidade de 0,05-0,10 m e para as plantas de cobertura nas profundidades de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m.

As plantas de cobertura interferiram US em quase todas as profundidades analisadas, exceto na profundidade de 0,20-0,40 m. Houve diferenças significativas para as plantas de cobertura, quanto à umidade do solo, porém, verificou-se diferença para a RP, o que reforça a interpretação efetuada, pois as diferenças encontradas podem estar sendo influenciadas pela umidade do solo.

CONCLUSÕES

O milheto se destacou positivamente em relação as outras plantas de cobertura com menor valor de resistência à penetração do solo nas profundidades 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m.

As coberturas vegetais e a escarificação mecânica estão interagindo positivamente na descompactação do solo em SPD, melhorando o sistema de produção, porém de forma lenta.

AGRADECIMENTOS

A FAPESP pela concessão da bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. Mecanização do plantio direto: Problemas e soluções. Londrina, IAPAR, 2001. 18p. (IAPAR, Circular Técnica, 137).

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.) Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1996. p.45-71, (Boletim técnico, 100).

DEMATTE, J.L.I.; Levantamento detalhado dos solos do "Câmpus experimental de Ilha Solteira". Piracicaba: Departamento de Solos, Geologia e Fertilidade ESALQ/USP, 1980. p.11-31.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2a ed. Rio de Janeiro: Embrapa. 2006. 306p.

FERREIRA D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, 6:36-41, 2008.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. Advances in Soil Science, New York, 1985. p.277-294.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C. PD. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa – SPI, Dourados: Embrapa–CPAQ, 1998, 248p.

SOUZA, Z. M. & ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. Acta Scientiarum, 25: 27-34, 2003.

VIEIRA, M.L. Propriedades físico-hídrico-mecânicas do solo e rendimento de milho submetido a diferentes sistemas de manejo. 2006. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo.

Tabela 1. Caracterização inicial da área experimental referente a granulometria e alguns atributos físicos do solo, nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS (2012).

Profundidades de solo (m)	Granulometria			Atributos físicos do solo			Densidade do solo (kg dm ⁻³)
	Areia	Silte	Argila	Macroporos	Microporos	P. Total	
	(g kg ⁻¹)			----- (m ³ m ⁻³) -----			
0,0-0,05	403	170	440	0,08	0,36	0,44	1,49
0,05-0,10	484	127	389	0,06	0,35	0,41	1,56
0,10-0,20	495	120	385	0,07	0,35	0,42	1,54
0,20-0,40	527	121	352	0,10	0,36	0,46	1,42

P. total: porosidade total

Tabela 2. Valores médios de resistência à penetração do solo (MPa), sob sistema de plantio direto com escarificação mecânica, coberturas vegetais e após cultivo do arroz de terras altas. Selvíria, MS (2013).

Escarificador (E)	Profundidade do solo (m)				Profundidade do solo (m)			
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	Resistência à penetração do solo (MPa)				Umidade a base de massa (kg kg ⁻¹)			
Sem	0,43	3,38	5,40	3,72	0,16	0,18 a	0,19	0,22
Com	0,38	4,11	4,16	3,52	0,16	0,17 b	0,19	0,22
Plantas de cobertura (PC)								
Pousio	0,37 ab	4,29	4,57	3,42	0,17 b	0,19 bc	0,20 ab	0,22
Guandú	0,52 b	3,95	5,28	3,91	0,17 ab	0,19 c	0,20 b	0,22
Crotalária	0,41 ab	4,14	5,27	3,76	0,15 ab	0,16 a	0,19 a	0,22
Braquiária	0,47 ab	3,67	4,37	3,49	0,15 a	0,17 ab	0,19 a	0,22
Milheto	0,26 a	2,67	4,33	3,51	0,17 ab	0,18 abc	0,19 ab	0,22
	Valores de F				Valores de F			
E	1,01 ^{ns}	7,67*	20,77*	1,41 ^{ns}	1,58 ^{ns}	5,43*	3,67 ^{ns}	0,15 ^{ns}
PC	2,46*	4,83*	2,74*	1,30 ^{ns}	3,60*	6,42*	3,43*	0,83 ^{ns}
E X PC	0,54 ^{ns}	3,60*	2,09*	0,74 ^{ns}	3,04*	1,41 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,29 ^{ns}
	DMS (5%)				DMS (5%)			
E	--	--	--	--	--	0,0084	--	--
PC	0,1117	--	--	--	0,0053	0,0188	0,0205	--
CV(%)	76,12	38,50	31,02	24,88	9,43	7,19	7,24	5,42

^{n. s.} - não significativo e * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente à resistência à penetração do solo (escarificador x plantas de cobertura) nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Selvíria, MS, 2013.

Profundidade de solo (0,05-0,10 m)					
Plantas de cobertura					
Escarificador	Pousio	Guandú	Crotalária	Braquiaria	Milheto
	Resistência à penetração do solo (MPa)				
Sem	4,53 AB	4,95 b B	4,51 AB	3,18 A	3,35 b AB
com	4,04 B	2,94 a AB	3,78 B	4,14 B	1,98 a A
DMS(5%)	Escarificador dentro de Planta de cobertura (1,1663); Plantas de cobertura dentro de Escarificador (1,6331);				
Profundidade de solo (0,10-0,20 m)					
Plantas de cobertura					
Escarificador	Pousio	Guandú	Crotalária	Braquiaria	Milheto
	Resistência à penetração do solo (MPa)				
Sem	5,70 b AB	6,04 b B	6,17 b B	4,35 A	4,73 AB
com	3,44 a	4,51 a	4,56 a	4,39	3,92
DMS(5%)	Escarificador dentro de Planta de cobertura (1,2009); Plantas de cobertura dentro de Escarificador (1,6816);				

Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.