



Atributos Físicos do Solo Após Cinco Anos de Implantação de Sistema de Semeadura Direta em Condições de Inverno Seco e Quente.

José Eduardo Corá⁽¹⁾; Ricardo Falqueto Jorge⁽²⁾; Márcio dos Reis Martins⁽³⁾; Adolfo Valente Marcelo⁽⁴⁾ & Carolina Fernandes⁽⁵⁾

(1) Professor Adjunto, Depto Solos, Universidade Estadual Paulista – Campus de Jaboticabal, SP. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CEP 14884-900, cora@fcav.unesp.br; (2, 4) Doutorando, (3) mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal – Unesp – Campus de Jaboticabal, Bolsistas CAPES, Pós-doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo – Unesp – Campus de Jaboticabal.

Apoio: FAPESP

RESUMO: O sistema de semeadura direta pode causar alterações nos atributos físicos do solo, que por consequência, pode afetar o funcionamento do solo em relação à planta. Esse estudo objetivou avaliar atributos físicos do solo em seqüências de culturas de verão e inverno sob sistema de semeadura direta. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema em faixas e três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro seqüências de culturas de verão (semeadura em outubro/novembro) e sete culturas de inverno (semeadura fevereiro/março). As seqüências das culturas de verão foram: **RT** (rotação milho/soja no verão): soja/2002, milho/2003, soja/2004, milho/2005, soja/2006. **AF** (rotação arroz/feijão/algodão no verão): arroz/2002, feijão/2003, algodão/2004, feijão/2005, arroz/2006. **MV** (milho no verão): milho/2002, milho/2003, milho/2004, milho/2005, milho/2006. **SV** (soja no verão): soja/2002, soja/2003, soja/2004, soja/2005, soja/2006. As culturas de inverno foram milho, girassol, nabo forrageiro, milheto, guandu, sorgo granífero e crotalária juncea, repetindo-se em cada parcela a mesma cultura nos diferentes anos agrícolas. Não foi observada camada compactada na superfície do solo. Houve influências das seqüências de culturas de verão e inverno nos atributos físicos do solo e em diferentes camadas. De maneira geral, RT apresentou os menores conteúdos de água.

Palavras-chave: plantio direto, manejo do solo, rotação de culturas

INTRODUÇÃO

Uma agricultura auto-sustentada tem como objetivos permanentes a proteção dos recursos naturais, a manutenção e o aumento da produtividade, a redução dos riscos e a promoção econômica e social, garantindo boa qualidade de vida para o presente e o futuro.

A degradação dos solos, com suas implicações e nefastas consequências, tem proporcionado desafios a sociedade em viabilizar sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação ambiental, criando novos paradigmas tecnológicos na agricultura, baseados na sustentabilidade.

A sociedade civil, diante desse quadro e das preocupações com a competitividade e sustentabilidade da agricultura, vem buscando alternativas para enfrentar esses desafios. Entre essas alternativas, desponta o sistema de semeadura direta (SSD), popularmente, conhecido como plantio direto.

Pesquisas no mundo e no Brasil mostram que o sistema de semeadura direta, em comparação com o sistema de preparo do solo convencional, com emprego de arado e/ou grade, pode proporcionar efeitos positivos sobre vários atributos do solo. Entretanto, tais efeitos e a intensidade com que eles ocorrem dependem das condições específicas de cada ambiente. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar os atributos físicos como indicadores de qualidade do solo e do SSD com diferentes seqüências de culturas de verão e inverno em região de inverno seco e quente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa, representativo da região. A área experimental foi usada para produção de milho e soja em sistema convencional de preparo do solo por mais de 20 anos. Antes da instalação do experimento, foram realizadas correções dos atributos químicos e físicos com base em análises químicas e físicas do solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema em faixas com 28 tratamentos e três repetições, perfazendo 84 parcelas. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro seqüências de culturas de verão (plantio em outubro/novembro) e sete culturas de inverno (semeadura em fevereiro/março). As seqüências das culturas de verão foram: **RT** (rotação milho/soja no verão): soja/2002, milho/2003, soja/2004, milho/2005, milho/2006. **AF** (rotação arroz/feijão/algodão no verão): arroz/2002, feijão/2003, algodão/2004, feijão/2005, arroz/2006. **MV** (milho no verão): milho/2002, milho/2003, milho/2004, milho/2005, milho/2006. **SV** (soja no verão): soja/2002, soja/2003, soja/2004, soja/2005, soja/2006.

As culturas de inverno foram milho; girassol, nabo forrageiro, milheto, guandu, sorgo granífero e crotalária juncea, repetindo-se em cada parcela a mesma cultura nos diferentes anos agrícolas. A área de cada parcela foi de 600 m² (40 m de comprimento por 15 m de largura). Descontaram-se 10 m iniciais e finais do comprimento de cada parcela e 2,5 m das laterais como bordaduras, constituindo a parcela útil com uma área de 200 m² (20 x 10 m). O tamanho das parcelas e bordaduras foi planejado para utilização de máquinas em todas as operações necessárias para a condução do experimento.

A análise de variância para os atributos seguiu o esquema em faixas. As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade.

A amostragem do solo para fins de análises físicas foi realizada em outubro de 2006 (ano agrícola 2005/2006). As amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos (5,4 x 6,0 cm), nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, em número de 5 replicações em cada parcela.

Nas amostras foram determinadas: densidades do solo (Blake & Hartge, 1986), porosidade total, macroporosidade e microporosidade e curva de retenção de água no solo (Embrapa, 1979). Em amostras de agregados com diâmetro em 2 e 1 mm foi avaliada a estabilidade em água sobre peneira de 0,25 mm (Kemper & Rosenau, 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, observaram-se valores elevados (72 a 90%) de estabilidade dos agregados em água em todas as profundidades avaliadas (Tabela 1).

Tabela 1. Estabilidade de agregados (%) nas seqüências de culturas de verão e nas camadas de solo amostradas.

Camada (cm)	Seqüências de culturas de verão ⁽¹⁾				F ⁽²⁾
	RT	AF	MV	SV	
0-2,5	85 Ab	84 Ab	90 Aa	86 Ab	5,97**
2,5-5	82 Ba	83 Aa	87 Ba	84 Aa	2,35 ^{ns}
5-10	81 Ba	79 Ba	81 Ca	82 Ba	1,20 ^{ns}
10-20	75 Cb	73 Cb	77 Da	79 Ca	5,12*
20-30	76 Ca	72 Ca	76 Da	77 Ca	3,18 ^{ns}
F ⁽²⁾	28,80**	45,81**	55,95**	20,47**	-

⁽¹⁾ RT = Rotação soja/milho; AF = Rotação arroz/feijão/algodão; MV = Milho; SV = Soja. ⁽²⁾ ** e * = Significativos (p<0,01) e (p<0,05), respectivamente; ^{ns} = Não significativo (p<0,05). Coeficiente de variação = 6%. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

No entanto, verificaram-se diminuição dos valores com o aumento da profundidade do solo. Não foram observadas diferenças nos valores de estabilidade dos agregados em água entre as culturas de inverno. Entretanto, as médias para as culturas de inverno foram diferentes entre as seqüências de culturas de verão. Maiores valores foram observados em MV na profundidade de 0-2,5 cm e em MV e SV para 10-20 cm.

Pelos resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3, observaram-se valores de densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade dentro das faixas esperadas para um sistema de semeadura direta.

Verificou-se ainda que, considerando os valores médios de porosidade total, macro e microporosidade para as seqüências de verão, assim como para as culturas inverno, a macroporosidade ficou em torno de 30% e a microporosidade em torno de 70% da porosidade total.

Considerando os valores médios dos atributos para as seqüências de culturas de verão (Tabela 2), verifica-se que houve diferença nos valores de densidade do solo entre as seqüências de culturas de verão somente na camada de 20-30 cm.

Sendo o maior valor observado na seqüência RT. Levando-se em consideração as camadas analisadas para cada seqüência de cultura de verão, notam-se menores valores de densidade do solo na camada de 0-10 e 20-30 cm em MV e na camada de 20-30 cm em SV. Não foram observadas diferenças nos valores de densidade do solo entre as camadas em RT e em AF.

Interessante salientar que, na maioria das vezes, as diferenças observadas ocorreram na segunda casa decimal dos números, indicando certa homogeneidade dos valores (Tabela 2). Maiores valores de porosidade total foram observadas na camada de 0-10 cm em MV, RT e AF e de microporosidade em MV, SV e AF.

Comparando-se as seqüências de verão para cada camada analisada, verificam-se maiores valores de porosidade total na camada de 0-10 cm em MV e AF e menores em RT nas camadas 10-20 e 20-30 cm. Não foram observadas diferenças entre os valores de microporosidade para as seqüências de verão em cada camada do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Densidade do solo, porosidade total e microporosidade em diferentes camadas do solo nas seqüências de culturas de verão.

Seqüências de culturas de verão ⁽¹⁾					
Camada (cm)	MV	SV	RT	AF	F ⁽²⁾
Densidade do solo (g cm ⁻³)					
0-10	1,29B	1,32A	1,34	1,30	2,02 ^{ns}
10-20	1,33A	1,33A	1,36	1,31	2,16 ^{ns}
20-30	1,30Bb	1,29Bb	1,35a	1,28b	3,95*
F ⁽²⁾	3,90*	4,22*	1,22 ^{ns}	1,25 ^{ns}	-
CV-1 = 8,13%		CV-2 = 3,60%			
Porosidade total (cm ³ cm ⁻³)					
0-10	0,51 Aa	0,49b	0,48Ab	0,50Aa	8,38**
10-20	0,48Ba	0,48a	0,46Bb	0,48Ba	5,90**
20-30	0,48Ba	0,49a	0,46Bb	0,49Ba	9,57**
F ⁽²⁾	20,86**	2,11 ^{ns}	8,23**	8,04**	-
CV-1 = 6,13%		CV-2 = 3,38%			
Microporosidade (cm ³ cm ⁻³)					
0-10	0,36A	0,36A	0,35	0,36A	0,46 ^{ns}
10-20	0,34B	0,35B	0,35	0,35A	0,51 ^{ns}
20-30	0,34B	0,34B	0,34	0,33B	0,76 ^{ns}
F ⁽²⁾	10,83**	7,77**	2,44 ^{ns}	18,38**	-
CV-1 = 10,76%		CV-2 = 3,62%			

⁽¹⁾ MV = Milho; SV = Soja; RT = Rotação soja/milho; AF = Rotação arroz/feijão/algodão. ⁽²⁾ * e ** = Significativos (p<0,05) e (p<0,01), respectivamente. CV-1 e CV-2 =

Coefficiente de variação das seqüências de culturas de verão e camadas de solo, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de SCOTT-KNOTT (p<0,05).

Não foi observada interação entre as seqüências de culturas de verão e as camadas analisadas para os valores de macroporosidade observados. Portanto, levando-se em consideração as médias para as seqüências de culturas de verão, observaram-se valores de macroporosidade de 0,14 cm³ cm⁻³ em MV, SV e em AF e de 0,12 em RT, os quais não diferiram entre si. No entanto, considerando as camadas analisadas para cada seqüência de culturas de verão, observaram menores valores de macroporosidade na camada de 10-20 cm (0,13 cm³ cm⁻³) em relação às demais que apresentaram valores de 0,14 cm³ cm⁻³.

Não foram observadas interações entre as culturas de inverno e camadas do solo. Portanto, considerando os valores médios (camada 0-30 cm) de densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, observaram-se menores valores de densidade do solo e maiores de porosidade total e microporosidade onde foram cultivados guandu, sorgo e crotalária. Além dessas, a macroporosidade também se apresentou maior onde foi cultivado milho (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade em diferentes camadas do solo nas culturas de inverno.

Camada	Culturas de inverno						
(cm)	Milho	Girassol	Nabo	Milheto	Guandu	Sorgo	Crotalária
Densidade do solo (g cm ⁻³)							
0-10	1,40	1,36	1,32	1,30	1,30	1,26	1,25
10-20	1,42	1,38	1,35	1,35	1,30	1,28	1,27
20-30	1,38	1,35	1,33	1,32	1,28	1,25	1,24
0-30	1,40 a	1,36 a	1,33 a	1,32 a	1,29 b	1,26 b	1,25 b
Porosidade total (cm ³ cm ⁻³)							
0-10	0,46	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51	0,52
10-20	0,44	0,45	0,47	0,47	0,49	0,50	0,51
20-30	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48	0,50	0,50
0-30	0,45 b	0,46 b	0,48 b	0,48 b	0,49 a	0,50 a	0,51 a
Micro porosidade (cm ³ cm ⁻³)							
0-10	0,35	0,35	0,35	0,34	0,36	0,36	0,36
10-20	0,34	0,34	0,34	0,34	0,35	0,36	0,36
20-30	0,34	0,33	0,34	0,34	0,34	0,34	0,35
0-30	0,34 b	0,34 b	0,34 b	0,34 b	0,35 a	0,35 a	0,36 a
Macro porosidade (cm ³ cm ⁻³)							
0-10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,14	0,15	0,15
10-20	0,10	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14
20-30	0,11	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16
0-30	0,10 c	0,12 b	0,13 b	0,14 a	0,14 a	0,15 a	0,15 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de SCOTT-KNOTT ($p < 0,05$).

Levando em consideração as curvas de retenção de água no solo para as seqüências de culturas de verão (Figura 1), independente das culturas de inverno e camadas do solo analisadas, verifica-se menor retenção de água no solo em qualquer potencial em RT. Considerando as culturas de inverno, independente das seqüências de culturas de verão e camadas de solo analisadas (Figura 2), é possível notar que crotalária, sorgo e guandu se destacaram, concordando com os resultados apresentados na Tabela 3, onde essas culturas apresentaram os maiores valores de porosidade total, macro e microporosidade e menores valores de densidade do solo. Independentemente das seqüências de culturas de verão e inverno, a camada de 0-10 cm de profundidade apresentou os maiores valores de conteúdo de água para valores de potenciais mais altos (Figura 3).

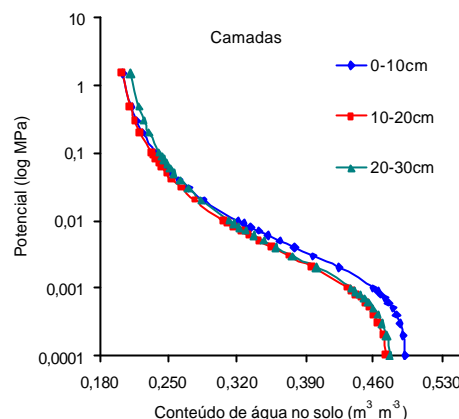


Figura 3. Curvas de retenção de água no solo em diferentes camadas.

CONCLUSÕES

De maneira geral, sorgo, guandu e crotalária se destacaram como culturas de inverno proporcionando efeito positivo nos atributos físicos do solo. Os valores observados dos atributos físicos demonstram que não há indicativos de compactação do solo, mesmo após 5 cinco anos de semeadura direta.

REFERÊNCIAS

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: A. KLUTE (Ed.) **Methods of soil analysis**. Part 1. 2nd ed. ASA, Madison: ASA, 1986. p. 363-375. (Agronomy monograph, 9).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de solo**. Rio de Janeiro, 1979.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. (Ed.), **Methods of soil analysis**, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA-SSSA, Madison, WI, pp. 425-440. (Agronomy monograph, 9).

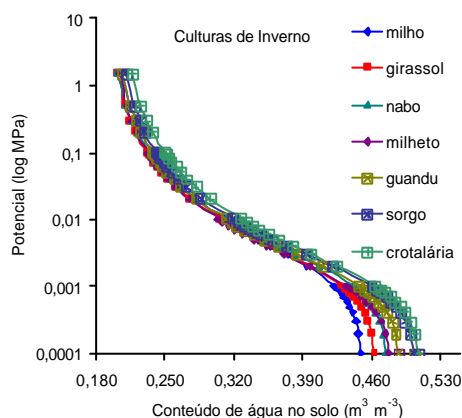


Figura 1. Curvas de retenção de água no solo para as culturas de inverno

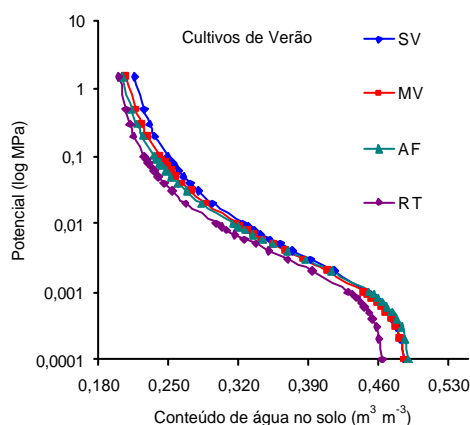


Figura 2. Curvas de retenção de água no solo para as seqüências de culturas de verão. SV: soja, MV: milho, AF: arroz/feijão/algodão, RT: soja/milho.