

SUCESSÃO DE CULTURAS E SUA INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO DE INVERNO IRRIGADO, EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO ⁽¹⁾

MATHEUS GUSTAVO DA SILVA ^(2*); ORIVALDO ARF ⁽³⁾; MARLENE CRISTINA ALVES ⁽⁴⁾;
SALATIÉR BUZETTI ⁽⁴⁾

RESUMO

As propriedades físicas do solo podem ser alteradas mediante diferentes sistemas de manejo do solo e cultivo adotados. Assim, o presente trabalho foi desenvolvido em 2003/04, na região de Cerrado do Mato Grosso Sul, em Selvíria (MS), objetivando-se avaliar a produção de massa seca, porcentagem de recobrimento do solo e a influência de sucessões de culturas e sistemas de manejo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro blocos. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo do solo - grade pesada, escarificador e plantio direto, e as subparcelas por seis sucessões implantadas no verão - milho, milho + mucuna-preta, milho + braquiária, soja, arroz e *Crotalaria juncea*. A cultura do feijão foi semeada após a colheita/manejo das plantas cultivadas no verão. *C. juncea*, milho + mucuna-preta, milho + braquiária e milho, independentemente do manejo do solo utilizado, constituem adequadas opções de sucessão de culturas, mediante alta produção de massa seca e recobrimento do solo. No plantio direto, comparado aos demais sistemas de manejo estudados, é causada compactação na camada superficial, mediante redução da macroporosidade. Com exceção da macroporosidade na camada mais superficial (0-0,1 m), as propriedades umidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo não são influenciadas pelos sistemas de manejo do solo. Apesar de efeitos diferentes em alguns componentes de produção do feijoeiro devido a determinado manejo do solo ou sucessão de culturas, isso não repercute na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., Latossolo Vermelho, adubação verde, consorciação, plantio direto, resistência à penetração, densidade do solo.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 18 de agosto de 2006 e aceito em 12 de novembro de 2007.

⁽²⁾ Aluno de Pós-graduação em Sistema de Produção (Doutorado), Faculdade de Engenharia, UNESP – Campus de Ilha Solteira, Caixa Postal 31, 15385-000 Ilha Solteira (SP). Bolsista de doutorado da FAPESP. E-mail: matheus@agr.feis.unesp.br
(*) Autor correspondente.

⁽³⁾ Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia, UNESP – Campus de Ilha Solteira. E-mail: arf@agr.feis.unesp.br.

⁽⁴⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, UNESP – Campus de Ilha Solteira. E-mail: mcalves@agr.feis.unesp.br.

ABSTRACT

CROP SUCCESSION AND ITS INFLUENCE ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND IRRIGATED WINTER COMMON BEAN YIELD, UNDER DIFFERENT SOIL TILLAGE SYSTEMS

The soil physical properties are influenced by different soil tillage as well as by crop rotation. Thus, this study was carried out in Selvíria, Mato Grosso do Sul State, in 2003/2004, aiming to evaluate the shoot dry matter production, soil covering percentage, and the influence of crop rotation and tillage system on soil physical properties of a Rhodic Hapludox and to evaluate irrigated winter common bean yield. The experimental design was a randomized block, arranged in a split plot scheme, with four replications. The plots consisted of soil tillage system (heavy harrow, chisel plow and no-tillage) and the subplots of six crop rotations sown in the summer (corn, corn + black velvet bean, corn + brachiaria grass, soybean, rice and sunhemp). The crop rotations that presented larger soil coverage and shoot dry matter production were sunhemp, corn + black velvet bean, corn + braquiaria grass and corn. No-tillage resulted in larger values of penetration resistance at 0.00 – 0.10 m layer. Except macro porosity at 0-0,1 m layer, the properties humidity, macroporosity, microporosity and total porosity of soil are not influenced by soil tillage systems. Despite differences in some yield components of common bean due to certain soil tillage or crop succession, the irrigated winter common bean crop yield was not affected.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., Rhodic Hapludox, green manure, crop rotation, no-tillage, resistance to penetration, bulk density.

1. INTRODUÇÃO

Quando adotados de forma contínua, com os sistemas de manejo do solo convencionais proporcionam, ao longo do tempo, alterações nas propriedades físicas mais pronunciadas do que em sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o plantio direto. Essas alterações são manifestadas principalmente na densidade do solo, no volume e na distribuição dos poros e na resistência à penetração, ocasionando redução na produtividade das culturas. De fato, com os sistemas de manejo do solo convencionais são promovidas modificações nas propriedades físicas como a agregação (CASTRO FILHO et al., 1998), densidade do solo e porosidade (DE MARIA et al., 1999); a macroporosidade é drasticamente reduzida com a compactação do solo (DIAS JÚNIOR e PIERCE, 1996). O estudo de tais propriedades é de fundamental importância para a definição de possíveis restrições ao desenvolvimento das plantas, pois são indicativos da qualidade do solo.

Em contrapartida aos sistemas de manejo convencionais, existem os conservacionistas, como o plantio direto, em que há o recobrimento eficiente da superfície do solo, redução da energia de impacto das gotas de chuva e da evaporação de água, e também, controlam-se plantas daninhas com relativa eficiência. Ademais, não se tem prejudicada a infiltração de água (PETRERE e ANGHINONI, 2001), preservando-se a qualidade estrutural do solo, obtida ao longo do tempo, devido ao aumento do tamanho e da estabilidade de agregados (SILVA et al., 2000), em função do maior incremento de matéria orgânica em relação aos sistemas de manejo convencionais (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002; OLIVEIRA et al., 2003).

Entretanto, há trabalhos em que se destacam o aumento da densidade do solo, a redução do volume de macroporos e da rugosidade superficial (BERTOL et al., 2000) e o aumento da resistência à penetração (TORMENA et al., 2002), com uso contínuo do plantio direto.

Uma das premissas básicas do plantio direto é a adoção da rotação de culturas, preferencialmente mesclando-se culturas comerciais, como soja, milho, arroz, feijão e sorgo, com adubos verdes como crotalárias, mucunas, guandu e milheto, proporcionando recobrimento eficiente do solo, além de elevada reciclagem de nutrientes e possibilidade de aumentos na produtividade das culturas em sucessão. Entretanto, a utilização de adubos verdes é limitada às áreas não irrigadas, em épocas do ano não coincidentes com as do cultivo das culturas comerciais supracitadas e, ainda, dependentes do custo e da disponibilidade de sementes. Corroborando essas observações, com os adubos verdes, incorporados ou não, também são promovidos incrementos na produtividade de culturas subseqüentes em até 65% em relação aos cultivos contínuos (ARF et al., 1999).

Para a cultura do feijão, em condições de casa de vegetação, com a incorporação de mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) ao solo proporcionou-se nodulação mais eficiente e mais acúmulo de nitrogênio e de massa seca (ABBOUD e DUQUE, 1986). Da mesma forma, ARF et al. (1999) constataram os benefícios da mucuna-preta no feijoeiro, praticamente dobrando a produtividade de grãos em relação ao cultivo anterior de milho. De forma semelhante, essa produtividade ocorre quando o feijão é cultivado em sucessão ao milheto (*Pennisetum glaucum*) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) (SILVEIRA et al., 2005).

Com a utilização de diferentes coberturas vegetais podem não ser proporcionados incrementos na produtividade do feijoeiro, cultivado no período de inverno (SILVA et al., 2002), como constatado com o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e o sorgo-guiné (*Sorghum bicolor* tipo *guinea*) (BORDIN et al., 2003). Estudando quatro rotações: coquetel de adubos verdes, milho safrinha, trigo (*Triticum aestivum* L.) e aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), LAURANI et al. (2004) verificaram que, independentemente da rotação, os maiores valores de densidade são observados na camada de 0,0-0,2 m. Os autores inferem que, com as rotações, não se alteram a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo.

Com a manutenção dos resíduos vegetais no solo, com ou sem incorporação, e as práticas de conservação do solo, favorecem-se a atividade microbiana e reduzem-se os impactos negativos na qualidade dos solos agrícolas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), proporcionando efeitos benéficos às culturas.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a produção de massa seca, porcentagem de recobrimento do solo e influência de diferentes sucessões de cultura: milho, milho + mucuna-preta, milho + braquiária, soja, arroz e *C. juncea*, e sistemas de manejo do solo: grade pesada, escarificador e plantio direto, nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada em Selvíria, MS, durante a safra 2003/2004, em Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso. A altitude local é de 335 m com médias anuais de precipitação pluviométrica, temperatura e de umidade relativa do ar de, respectivamente, 1.370 mm, 23 °C e 75%. As características químicas do solo foram determinadas segundo método proposto por RAIJ e QUAGGIO (1983), obtendo-se os seguintes resultados para a camada 0 – 0,2 m: 5,3 de pH (CaCl₂); 33 g dm⁻³ de matéria orgânica; 15; 1,8; 29,0; 17,0; 36,0 e 1,0 mmol_c dm⁻³ de P, K, Ca, Mg, H+Al e Al respectivamente, e 57% de saturação por bases (V). Na determinação da granulometria do solo foram obtidos os valores de 420, 530 e 50 g kg⁻¹ para areia, argila e silte respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com quatro blocos. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo do solo com grade pesada, escarificador e plantio direto, e as subparcelas, por seis sucessões, implantadas no

verão: milho (*Zea mays* L.), milho + mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), milho + braquiária (*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf), soja (*Glycine max* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) e *C. juncea* L.), totalizando-se 18 tratamentos. Os cultivos realizados anteriormente à instalação deste experimento foram feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (inverno-2001), braquiária (verão-2001), trigo (inverno-2002), braquiária (verão-2002) e feijão (inverno de 2003). As dimensões das parcelas foram 4 m x 7 m, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha, desconsiderando-se as linhas mais externas nas avaliações.

Antes da instalação das sucessões, bem como da semeadura do feijoeiro de inverno, o manejo do solo foi feito com escarificador, grade pesada e plantio direto, os quais já vinham sendo realizados nestes sistemas de manejo há sete anos. No tratamento escarificador foi utilizado escarificador de arrasto com rodas limitadoras de profundidade, sete hastes com pontas retangulares de 0,08 m de largura e profundidade de 30 cm. Para o tratamento grade pesada foi utilizada uma grade pesada de 14 discos de 36" e profundidade de 15 cm. Em seguida, em ambos os tratamentos, efetuaram-se destorroamento e nivelamento do terreno mediante uso de grade niveladora leve de 28 discos. A manutenção do tratamento plantio direto foi realizada mediante o manejo das sucessões, utilizando-se desintegrador mecânico.

A água de irrigação foi fornecida para atendimento das necessidades mínimas das culturas incluídas nas sucessões, bem como do feijoeiro.

Todas as culturas nas sucessões foram semeadas em 12/11/2003, com exceção dos consórcios de milho com mucuna-preta e braquiária, nos quais essas culturas foram semeadas aos 60 e 45 dias após a emergência do milho, respectivamente, uma linha para a mucuna-preta e duas linhas para a braquiária, nas entrelinhas do milho.

As recomendações de adubação para milho, soja e arroz foram realizadas com base na análise química de rotina e de acordo com Raij et al. (1997); para a braquiária, seguiram-se as recomendações de KLUTHCOUSKI et al. (2000).

Durante o desenvolvimento sucessões foram realizadas avaliações de: produção de massa seca pelas sucessões, determinada imediatamente após a colheita/manejo das culturas presentes nas sucessões, sendo coletadas duas amostras de 0,50 m² cada uma em cada subparcela; porcentagem de recobrimento do solo pelas plantas das sucessões, a qual foi determinada com base na colheita/manejo das culturas presentes nas sucessões, por período de 35 dias, em intervalos de sete dias, utilizando-se método proposto por LAFLEN et al. (1981).

Consiste na colocação de uma barra de 3 m, com marcações a cada 0,05 m, na superfície do solo, sendo posicionada transversalmente na subparcela e depois contado o número de vezes em que a palha foi coincidente com o ponto marcado na régua. Pela relação do número de pontos coincidentes com a cobertura vegetal e do número total de pontos marcados na régua, multiplicado por 100, determinou-se a porcentagem de cobertura vegetal do solo.

Após a colheita das culturas nas sucessões, foram coletadas amostras de solo nas camadas de solo de 0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m. Determinaram-se as seguintes propriedades físicas: densidade do solo, utilizando-se anel volumétrico e porosidade total, calculada como conteúdo de água do solo saturado. A quantificação dos valores de macroporosidade (Poros > 50 μm) e microporosidade (Poros < 50 μm) foi obtida submetendo-se as amostras saturadas ao potencial de -0,006 MPa (EMBRAPA, 1997), em mesa de tensão adaptada de TOPP e ZEBTCHUCK (1979). Macroporos foram estimados como a diferença entre o conteúdo de água do solo saturado e o conteúdo de água do solo após a aplicação do potencial de -0,006 MPa. O volume de microporos foi estimado como sendo o conteúdo de água retido no potencial de -0,006 MPa. Avaliaram-se também a resistência à penetração, utilizando-se o penetrógrafo Penetrographer^{pat} SC - 60, e a umidade à base de massa, realizada no mesmo dia da resistência à penetração, adotando-se o método gravimétrico (Embrapa, 1997).

A semeadura do feijão foi realizada mecanicamente, em 3/5/2004, utilizando-se a cultivar Pérola, no espaçamento de 0,5 m entrelinhas e sementes necessárias para se obterem 12 a 13 plantas por metro. Antes dessa semeadura foi aplicado herbicida glyphosate (1560 g do i.a. ha^{-1}) na área. A adubação de base foi efetuada simultaneamente à semeadura, utilizando-se 250 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16, seguindo-se as recomendações de AMBROSANO et al. (1996). A adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias após a emergência, utilizando-se 70 kg ha^{-1} de N, na forma de uréia. A colheita do feijão foi realizada manualmente. Durante o manejo da cultura do feijão, foram avaliados o florescimento pleno e a duração do ciclo, produção de massa seca, população de plantas, componentes da produção - número de vagens por planta, número de grãos por planta, número médio de grãos/vagem e massa de cem grãos, e produtividade de grãos.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, à análise comparativa de médias pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colheita das culturas nas sucessões foi realizada manualmente, em 12/4/2004. Nos casos da cultura do milho e dos consórcios milho + braquiária e milho + mucuna-preta, as espigas foram retiradas das plantas de milho, devolvendo-se os resíduos vegetais sabugo + palha, às suas respectivas parcelas, de forma homogênea.

Na cultura da soja, as plantas foram arrancadas e trilhadas, e seus resíduos devolvidos à área de forma semelhante aos daqueles da cultura do milho e dos consórcios. Na cultura do arroz, as plantas tiveram suas panículas cortadas de forma que o restante da planta permanecesse na área. Para *C. juncea* não houve colheita, visto que estava em fase de florescimento, sendo apenas manejada com desintegrador mecânico.

Os valores de F para as características físicas do solo (densidade, resistência à penetração, macroporosidade e microporosidade), para as sucessões (porcentagem de recobrimento e produção de massa seca) e para a cultura do feijão (produção de massa seca, vagens planta⁻¹, grãos vagem⁻¹, grãos planta⁻¹, massa de cem grãos e produtividade de grãos do feijoeiro), estão apresentados na tabela 1. Mediante esses valores, pode-se inferir que não houve interação significativa entre os sistemas de manejo do solo e as sucessões de culturas, para todas as variáveis estudadas.

Os valores médios para essas duas características estão apresentados na tabela 2. Os maiores valores para produção de massa seca foram obtidos nos tratamentos com *C. juncea* e consórcio milho + mucuna-preta, respectivamente, com médias de 8116 e 7079 kg ha^{-1} , corroborando os dados apresentados por Amabile et al. (2000) que, estudando o comportamento de alguns adubos verdes, quanto à época de semeadura e espaçamentos, verificaram maiores produções de massa verde e seca de *C. juncea*, quando comparadas àquelas obtidas em guandu, mucuna-preta e *Crotalaria ochroleuca*.

Os tratamentos com soja e arroz foram aqueles com menores médias para essa avaliação, com valores aproximados de 4.000 e 1.500 kg ha^{-1} respectivamente. Vale ressaltar que em milho + mucuna-preta obteve-se incremento na produção de massa seca, proporcionando incremento superior a 2.300 kg ha^{-1} de massa seca, quando comparado ao monocultivo do milho. Neste consórcio, além de proporcionar ao produtor a colheita do milho, pode haver benefícios com as melhorias causadas pelo cultivo da mucuna-preta (ARF et al., 1999).

Tabela 1. Valores de F para densidade do solo, resistência à penetração, macroporosidade, microporosidade, porcentagem de recobrimento e massa seca das sucessões, massa seca do feijoeiro, vagens planta⁻¹, grãos vagem⁻¹, grãos planta⁻¹, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro. Selvíria (MS), 2003/2004

Fontes de variação	Variáveis						
	Densidade do solo			Resistência à penetração			
	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0,2-0,3 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0,2-0,3 m	
Manejo (M)	17,67 **	11,57 **	0,34 n.s.	10,42 **	2,42 n.s.	3,97 n.s.	
Sucessão (S)	3,65 **	0,55 n.s.	0,38 n.s.	0,96 n.s.	4,11 **	20,91 **	
M vs S	0,70 n.s.	0,95 n.s.	0,52 n.s.	1,21 n.s.	0,70 n.s.	0,27 n.s.	
	Macroporosidade			Microporosidade			
	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0,2-0,3 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0,2-0,3 m	
	Manejo (M)	14,64 **	4,72 n.s.	0,26 n.s.	1,78 n.s.	0,62 n.s.	0,36 n.s.
Sucessão (S)	6,39 **	0,46 n.s.	1,28 n.s.	3,10 **	0,85 n.s.	1,26 n.s.	
M vs S	0,60 n.s.	0,53 n.s.	1,27 n.s.	0,87 n.s.	0,98 n.s.	0,64 n.s.	
	Porcentagem de recobrimento						
	0 DAM	7 DAM	14 DAM	21 DAM	28 DAM	35 DAM	
	Manejo (M)	0,73 n.s.	2,43 n.s.	15,42 **	4684,09 **	902,59 **	412,37 **
Sucessão (S)	64,90 **	24,48 **	51,65 **	2,62 n.s.	2,20 n.s.	1,85 n.s.	
M vs S	1,26 n.s.	1,97 n.s.	3,29 n.s.	2,62 n.s.	2,20 n.s.	1,85 n.s.	
	Massa seca		Vagens planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹	Grãos planta ⁻¹	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos
	Sucessões	Feijoeiro					
Manejo (M)	0,62 n.s.	1,27 n.s.	6,02 **	5,47 **	7,08 **	0,57 n.s.	1,49 n.s.
Sucessão (S)	18,16 **	1,37 n.s.	4,98 **	0,72 n.s.	2,59 n.s.	1,10 n.s.	1,76 n.s.
M vs S	1,56 n.s.	0,52 n.s.	0,89 n.s.	1,29 n.s.	1,21 n.s.	2,12 n.s.	0,50 n.s.

Tabela 2. Valores médios de produção de massa seca e de porcentagem de recobrimento do solo pelas sucessões de culturas com diferentes sistemas de manejo do solo. Selvíria (MS), 2003/2004

Tratamentos	Massa seca kg ha ⁻¹	Manejo do Solo					
		0 DAM	7 DAM	14 DAM	21 DAM	28 DAM	35 DAM
Escarificador	5233 a	94 a	84 a	80 b	0 b	0 b	0 b
Grade Pesada	4887 a	92 a	85 a	83 ab	0 b	0 b	0 b
Plantio Direto	4690 a	94 a	87 a	85 a	75 a	66 a	58 a
D.M.S.	1518,0	4,1	4,2	2,4	2,7	5,5	7,1
C.V. (%)	14,2	2,1	2,2	1,3	5,1	11,5	17,1
		Sucessões de Culturas					
		Arroz	C. juncea	Milho	Milho + Mucuna-Preta	Milho + Braquiária	Soja
Arroz	1486 d	81 b	71 b	66 b	55 c	47 d	37 c
C. juncea	8116 a	100 a	96 a	94 a	91 a	84 a	81 a
Milho	4749 bc	100 a	95 a	87 a	79 b	72 c	64 b
Milho + Mucuna-Preta	7079 ab	100 a	94 a	92 a	88 a	82 ab	64 b
Milho + Braquiária	4265 c	99 a	92 a	93 a	85 ab	73 bc	66 b
Soja	3926 d	79 b	66 b	62 b	51 c	41 d	35 c
D.M.S.	2559,0	5,8	11,7	9,3	8,2	9,5	10,3
C.V. (%)	34,6	5,1	8,6	7,6	15,6	20,4	25,5

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não são diferentes entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. DAM = Dias após o manejo das culturas presentes nas sucessões.

Com relação à porcentagem de recobrimento do solo, praticamente durante todo o período de avaliação, constatou-se superioridade do consórcio milho + mucuna-preta em relação ao monocultivo do milho, fato visível aos 21 DAM (dias após manejo), explicado pela maior produção de massa seca no consórcio milho + mucuna-preta, em função da presença da mucuna-preta, com excelente produção de massa seca, praticamente dobrando-se os valores neste consórcio. Entretanto, aos 35 DAM, as porcentagens de ambos os tratamentos foram equivalentes, provavelmente devido à estreita relação C/N na massa de mucuna-preta. A taxa de decomposição dos resíduos vegetais é totalmente dependente da relação C/N (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Assim, quanto menor é a relação C/N, mais rápida é a decomposição dos resíduos vegetais (TISDALL e OADES, 1982); portanto, os benefícios quanto à proteção da superfície do solo são menores, acarretando-se maior evaporação da água do solo. Salientem-se que essas relações C/N são de 16:1 na soja (SPAGNOLLO et al., 2002), 23:1 na mucuna-preta; 25:1 na braquiária; 28:1 na *C. juncea*; 56:1 no arroz e 76:1 no milho (BERTOL et al., 2004).

O desempenho no consórcio milho + braquiária foi inferior ao esperado, devido ao retardamento no desenvolvimento da forrageira, com valores de produção de massa seca iguais aos obtidos no monocultivo do milho. O que causou esse retardamento foi a presença do milho, com influência negativa no desenvolvimento inicial da braquiária, principalmente na quantidade de luz recebida pela forrageira, corroborando as informações apresentadas por PORTES et al. (2000). Esses autores verificaram prejuízos severos ao crescimento da braquiária na presença de cereais; no entanto, citam que, após sua colheita, tem-se recuperação da forrageira de forma rápida, o que não se constatou neste experimento. O desempenho das culturas da *C. juncea*, milho e dos consórcios milho + mucuna-preta e milho + braquiária foi o mesmo até praticamente 21 DAM, ou seja, praticamente um mês após o manejo das culturas, obtendo-se valores próximos ou superiores a 80% de recobrimento do solo.

Nas culturas do arroz e da soja verificaram-se as menores porcentagens de recobrimento do solo, diferentes daqueles das demais durante todo o período de avaliação, devido à menor produção de massa seca nessas duas culturas. Na *C. juncea* apesar de ser planta de estreita relação C/N, após o primeiro mês de avaliação, houve superioridade em relação às demais, com cerca de 80% de recobrimento do solo. Provavelmente esse recobrimento ocorreu devido ao seu elevado teor de fibras (ASSIS e DE-POLLI, 1992). Em decorrência dessa característica, houve permanência

do recobrimento do solo após as avaliações realizadas, em quantidade satisfatória até o fechamento das entrelinhas na cultura do feijoeiro. Aos 14 DAM, não houve influência dos sistemas de manejo do solo na porcentagem de recobrimento do solo pelas sucessões, porém, aos 21 DAM, foi realizado novo manejo do solo com grade pesada e escarificador, nos respectivos tratamentos. Assim, as medições da porcentagem de recobrimento pelos resíduos continuaram apenas nos tratamentos desenvolvidos em plantio direto, pois se observou total incorporação dos resíduos das sucessões nos demais sistemas de manejo do solo.

Os valores médios nas avaliações de umidade, resistência à penetração, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo estão apresentados nas tabelas 3, 4 e 5, respectivamente, para as camadas de 0,0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m.

Quanto à resistência à penetração, no plantio direto, devido à compactação superficial, os valores foram duas vezes maiores que nos outros dois tratamentos com grade pesada e escarificador, na camada superficial, até os 0,1 m, estando em consonância com os dados apresentados por Souza (2000) que, em condições semelhantes, obteve desempenho similar para o plantio direto. Nas camadas de 0,1-0,2 m e de 0,2-0,3 m, os tratamentos não foram diferentes entre si, corroborando os resultados de TORMENA et al. (2002). Esses autores, trabalhando com preparo mínimo, preparo convencional e plantio direto, não relataram diferenças entre os valores, quanto à resistência à penetração, independentemente de sua umidade.

A resistência à penetração na camada 0,0-0,1 m, não foi influenciada pelas sucessões, apesar da produção de massa seca ter sido diferenciada em cada uma das sucessões. Na camada 0,1-0,2 m, o comportamento foi semelhante, porém com menores valores de resistência à penetração, na área com soja, diferente apenas daqueles da *C. juncea*, em função do maior e menor valor de umidade do solo, nas parcelas cultivadas com soja e *C. juncea* respectivamente. Verificaram-se, na camada 0,2-0,3 m, com a *C. juncea* e o consórcio milho + mucuna-preta, os maiores valores para resistência à penetração, devido ao fato dos adubos verdes, *C. juncea* e mucuna-preta, estarem em fase de florescimento, na qual há extrema dependência de água pelas culturas. Nas sucessões, tais quais soja, milho e milho + braquiária foram proporcionados os menores valores para resistência à penetração, o que era esperado, uma vez que esta se correlaciona negativamente à umidade do solo (BENGOUGH e MULLINS, 1990).

Tabela 3. Valores médios de teor de água do solo, resistência à penetração (R.P.), densidade do solo (D.S.), macroporosidade, microporosidade e porosidade total (Por. Total) de um Latossolo Vermelho distrófico, após o cultivo de diferentes sucessões de culturas e sistemas de manejo do solo, na camada 0,0-0,1 m. Selvíria (MS), 2003/2004

Tratamentos	Umidade	R.P.	D.S.	Macro	Micro	Por. Total
	kg kg ⁻¹	MPa	kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³		
Manejo do Solo						
Escarificador	0,19 a	0,74 b	1,30 b	0,19 a	0,32 a	0,51 a
Grade Pesada	0,19 a	0,65 b	1,30 b	0,21 a	0,30 a	0,51 a
Plantio Direto	0,19 a	1,49 a	1,47 a	0,13 b	0,32 a	0,45 b
D.M.S.	0,01	0,62	0,10	0,05	0,04	0,04
C.V. (%)	3,20	29,80	3,30	12,80	5,80	3,40
Sucessões de Culturas						
Arroz	0,18 a	1,02 a	1,37 ab	0,18 abc	0,31 a	0,49 abc
C. juncea	0,18 a	0,92 a	1,35 ab	0,19 a	0,31 a	0,50 a
Milho	0,19 a	0,78 a	1,39 ab	0,14 bc	0,33 a	0,47 bc
Milho + Mucuna Preta	0,19 a	1,39 a	1,32 ab	0,19 ab	0,31 a	0,50 ab
Milho + Braquiária	0,18 a	0,75 a	1,42 a	0,14 c	0,33 a	0,46 c
Soja	0,20 a	0,92 a	1,30 b	0,20 a	0,30 a	0,50 a
D.M.S.	0,03	1,09	0,11	0,05	0,04	0,03
C.V. (%)	8,80	92,40	4,80	22,70	6,50	5,50

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não são diferentes entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 4. Valores médios de teor de água do solo, resistência à penetração (R.P.), densidade do solo (D.S.), macroporosidade, microporosidade e porosidade total (Por. Total) de um Latossolo Vermelho distrófico, após o cultivo de diferentes sucessões de culturas e sistemas de manejo do solo, na camada 0,1-0,2 m. Selvíria (MS), 2003/2004

Tratamentos	Umidade	R.P.	D.S.	Macro	Micro	Por. Total
	kg kg ⁻¹	MPa	kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³		
Manejo do Solo						
Escarificador	0,18 a	2,92 a	1,33 b	0,18 a	0,31 a	0,49 a
Grade Pesada	0,17 a	2,21 a	1,36 b	0,17 a	0,31 a	0,48 ab
Plantio Direto	0,17 a	3,35 a	1,51 a	0,10 a	0,32 a	0,43 b
D.M.S.	0,02	1,60	0,12	0,08	0,04	0,06
C.V. (%)	5,40	26,10	3,90	24,60	6,30	5,50
Sucessões de Culturas						
Arroz	0,16 cd	3,20 ab	1,41 a	0,15 a	0,32 a	0,47 a
C. juncea	0,15 d	4,28 a	1,41 a	0,16 a	0,31 a	0,47 a
Milho	0,19 ab	2,47 ab	1,37 a	0,16 a	0,31 a	0,47 a
Milho + Mucuna Preta	0,18 bc	2,87 ab	1,39 a	0,15 a	0,33 a	0,47 a
Milho + Braquiária	0,18 abc	2,52 ab	1,41 a	0,15 a	0,31 a	0,46 a
Soja	0,20 a	1,62 b	1,40 a	0,14 a	0,32 a	0,46 a
D.M.S.	0,02	2,01	0,10	0,05	0,02	0,04
C.V. (%)	11,90	48,50	6,00	26,80	5,00	6,70

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não são diferentes entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 5. Valores médios de teor de água do solo, resistência à penetração (R.P.), densidade do solo (D.S.), macroporosidade, microporosidade e porosidade total (Por. Total) de um Latossolo Vermelho distrófico, após o cultivo de diferentes sucessões de culturas e sistemas de manejo do solo, na camada 0,2-0,3 m. Selvíria (MS), 2003/2004

Tratamentos	Umidade kg kg ⁻¹	R.P. MPa	D.S. kg dm ⁻³	Macro	Micro m ³ m ⁻³	Por. Total
Manejo do Solo						
Escarificador	0,18 a	3,65 a	1,39 a	0,12 a	0,34 a	0,46 a
Grade Pesada	0,18 a	4,22 a	1,41 a	0,12 a	0,34 a	0,46 a
Plantio Direto	0,17 a	5,10 a	1,42 a	0,11 a	0,34 a	0,45 a
D.M.S.	0,03	1,59	0,12	0,03	0,02	0,02
C.V. (%)	6,70	17,00	3,90	13,30	2,70	2,20
Sucessões de Culturas						
Arroz	0,16 cd	4,62 bc	1,40 a	0,11 a	0,34 a	0,45 a
C. juncea	0,16 d	6,44 a	1,40 a	0,13 a	0,33 a	0,47 a
Milho	0,18 abc	3,66 cd	1,39 a	0,13 a	0,33 a	0,45 a
Milho + Mucuna Preta	0,17 bcd	5,32 ab	1,42 a	0,10 a	0,35 a	0,45 a
Milho + Braquiária	0,19 ab	3,69 cd	1,43 a	0,11 a	0,34 a	0,45 a
Soja	0,19 a	2,21 d	1,40 a	0,11 a	0,35 a	0,46 a
D.M.S.	0,02	1,50	0,11	0,05	0,03	0,04
C.V. (%)	13,60	32,70	5,80	25,30	5,40	5,40

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não são diferentes entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Há que destacar que SOUZA e ALVES (2003) avaliaram a resistência à penetração na mesma área, só que em local sem interferência antrópica, verificando valores da ordem de 1,27 MPa, a 0,0-0,1 m, 1,71 MPa a 0,1-0,2 m e 1,61 MPa a 0,2-0,4m, os quais são inferiores aos determinados neste trabalho, com exceção daquele na camada 0,0-0,1 m, na qual se obtiveram os menores valores quando o manejo adotado foi grade pesada ou escarificador. Segundo a USDA (1975) a resistência à penetração pode ser classificada em sete faixas: extremamente baixa: <0,01 MPa; muito baixa: 0,01 - 0,1 MPa; baixa: 0,1 - 1 MPa; moderada: 1 - 2 MPa; alta: 2 - 4 MPa; muito alta: 4 - 8 MPa; extremamente alta: > 8 MPa. Portanto, na camada 0 - 0,1 m, independentemente do sistema de manejo do solo adotado ou da sucessão de culturas utilizada, a resistência à penetração foi classificada como baixa a moderada. Já na camada 0,1-0,2 m, nas mesmas condições anteriormente descritas, o solo estava com moderada a alta resistência à penetração. Na camada 0,2-0,3 m, constatou-se tendência para enquadramento na classe alta a muito alta, de 4 a 8 MPa. De acordo com ARSHAD et al. (1996), a resistência à penetração é aumentada com a compactação do solo, restringindo-se o crescimento radicular acima de valores variáveis entre 2,0 a 4,0 MPa, sendo admitidos valores superiores em plantio direto, da ordem de 5,0 MPa (EHLERS et al., 1983).

Com os manejos do solo utilizados, a densidade do solo foi influenciada, obtendo-se os maiores valores no plantio direto nas camadas 0,0-0,1 m - 1,47 kg m⁻³ e 0,1-0,2 m - 1,51 kg dm⁻³, o qual foi diferente dos demais manejos do solo com grade pesada e escarificador; esses por sua vez não foram diferentes entre si. Já na camada 0,2-0,3 m, a diferença não foi significativa em relação aos demais manejos do solo. Esses valores elevados de densidade do solo em plantio direto estão diretamente relacionados à acomodação natural e à não- mobilização do solo nesse sistema e já evidenciadas nos valores de resistência à penetração, além, provavelmente, do tráfego de maquinário. Resultados semelhantes foram demonstrados por TORMENA et al. (2002) e SILVA et al. (2001), que obtiveram maiores valores para densidade do solo em plantio direto, em comparação aos manejos convencionais. Ainda não existe consenso sobre o nível crítico da densidade do solo, ou seja, acima do qual o solo é considerado compactado. CAMARGO e ALLEONI (1997) consideram crítico o valor de 1,55 kg dm⁻³, em solos franco-argilosos a argilosos. DE MARIA et al. (1999) constataram que acima de 1,2 kg dm⁻³, em Latossolo Vermelho argiloso, ocorre restrição ao desenvolvimento radicular da soja quando o solo estiver na capacidade de campo, caracterizando-se um estado de compactação do solo.

A densidade do solo foi influenciada pelas sucessões somente na camada superficial de 0,0 - 0,1 m, em que apenas com o consórcio milho + braquiária houve diferença significativa em relação à soja, com o menor valor de densidade do solo. É possível que essa influência das sucessões na camada superficial seja devido à disposição da maioria dos sistemas radiculares das culturas utilizadas. Nas demais camadas, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m, não foram proporcionadas alterações na densidade do solo, em função das sucessões. Há que ressaltar os valores sempre inferiores a 1,44 kg dm⁻³ da densidade do solo.

Quanto aos sistemas de manejo do solo, a microporosidade não foi influenciada por nenhum nem ocorreu modificação nos seus valores, independentemente da camada estudada. Pode-se inferir que o solo ideal é aquele com valores de 0,10 a 0,16 m³m⁻³ para macroporosidade, de até 0,33 m³m⁻³ para microporosidade e de aproximadamente 0,50 m³m⁻³ para porosidade total do solo (Kiehl, 1979). Assim, os valores de microporosidade neste trabalho, praticamente em todas as camadas estudadas, estão dentro das condições ideais com valores de até 0,33 m³m⁻³. Com as sucessões não foram proporcionadas alterações significativas na porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo nas camadas 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m. Já na camada superficial, de 0,0-0,1 m, notou-se que, onde foram cultivadas culturas leguminosas, como a *C. juncea* e soja, e o consórcio milho + mucuna-preta, os valores de macroporosidade e porosidade total foram mais elevados, talvez devido à distribuição radicular mais superficial das leguminosas. Assim, pode ter sido favorecida a formação de canalículos no solo, decorrentes da decomposição das raízes dessas culturas, favorecendo a formação dos macroagregados, importantes na distribuição de poros do solo, principalmente os relacionados à macroporosidade, além de favorecer a infiltração de água, drenagem, aeração do solo e reduzir a resistência à penetração (SUZUKI e ALVES, 2006).

A macroporosidade foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo apenas na camada superficial, de 0,0-0,1 m, onde, com a utilização de escarificador e grade pesada foram proporcionados os maiores valores, diferentes daqueles em plantio direto, visto que a macroporosidade é drasticamente reduzida com a compactação do solo (DIAS JÚNIOR e PIERCE, 1996). A situação de compactação superficial do solo em plantio direto é uma situação comum, que pode ser decorrente de falhas quando da adoção do plantio direto, bem como de aporte deficitário de palha, ou ainda, quando adotada, rotação de culturas utilizando-se culturas inadequadas à região. Estes resultados são contrastantes com os obtidos por

TORMENA et al. (2002), que verificaram redução da macroporosidade nos sistemas de manejo convencional e mínimo, na mesma camada estudada. Para essa mesma característica, houve decréscimos nos valores da camada superficial, a 0,0 - 0,1 m, para a camada 0,1-0,2 m e desta para a de 0,2-0,3 m. A porosidade total foi influenciada significativamente nas camadas 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m. Na camada mais superficial com o plantio direto obteve-se o menor valor para porosidade total, diferenciando-se dos demais manejos do solo em decorrência da menor macroporosidade na área. Na camada 0,1-0,2 m, novamente com o plantio direto, constatou-se o menor valor, porém, só diferente do obtido com o escarificador (Tabela 4). Com as alterações proporcionadas na macroporosidade pelas sucessões, na camada 0,0-0,1 m, foi influenciada a porosidade total do solo, com maiores valores onde houve cultivo anterior com leguminosas, incluso o consórcio com leguminosas, no caso com a mucuna-preta.

Os valores médios nas avaliações de produção de massa seca, componentes de produção e produtividade de grãos do feijoeiro de inverno estão apresentados na tabela 6.

O florescimento pleno e a colheita do feijoeiro ocorreram aos 41 e 92 dias após a semeadura. A produção de massa seca não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo (Tabela 6), embora haja informações de que, com o plantio direto, seja proporcionada mais produção de massa seca (URCHEI et al., 2000). Comportamento semelhante foi observado para as sucessões, com as quais não se proporcionaram incremento na produção de massa seca do feijoeiro. Resultados semelhantes foram observados por ARF et al. (1999) e Carvalho (2000). Nas culturas das leguminosas utilizadas neste experimento, por meio de sua interação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, poderia ser acumulado mais nitrogênio, disponibilizado rapidamente para o feijoeiro, devido à sua rápida decomposição, em função das estreitas relações C/N observadas (BERTOL et al., 2004). No entanto, a utilização de adubação nitrogenada em cobertura pode ter contribuído para que os tratamentos se equivalessem quanto ao fornecimento do nutriente, conforme observado por AITA et al. (1994). Mediante fixação de elevadas quantidades de nutrientes, em especial do nitrogênio, com a simples incorporação da mucuna-preta ao solo, pode-se beneficiar a produção de massa seca do feijoeiro (ABBOUD e DUQUE, 1986). Os maiores valores do número médio de vagens por planta foram obtidos quando da utilização de escarificador e de grade pesada, respectivamente, diferentes do plantio direto.

Tabela 6. Valores médios de produção de massa seca, componentes de produção e produtividade de grãos do feijoeiro de inverno, cultivar Pérola, após o cultivo de diferentes sucessões de culturas e sistemas de manejo do solo. Selvíria (MS), 2003/2004

Tratamentos	Massa seca g planta ⁻¹	Vagens planta ⁻¹	Grãos		Massa de 100 grãos g	Produtividade de grãos kg ha ⁻¹
			vagem ⁻¹	planta ⁻¹		
n.º						
Manejo do Solo						
Escarificador	7,67 a	10,23 a	3,92 b	44,13 a	23,07 a	1171 a
Grade Pesada	7,00 a	9,40 a	3,96 ab	41,46 ab	23,25 a	1103 a
Plantio Direto	7,75 a	7,44 b	4,17 a	33,67 b	22,95 a	1062 a
D.M.S.	1,59	1,90	0,25	8,87	0,88	195,00
C.V. (%)	9,80	9,70	2,90	10,30	1,80	8,10
Sucessões de Culturas						
Arroz	6,58 a	8,73 ab	3,83 a	36,67 a	23,35 a	1089 a
C. juncea	7,92 a	10,46 a	4,00 a	47,08 a	22,06 a	1135 a
Milho	8,00 a	7,99 b	4,17 a	35,50 a	23,38 a	1039 a
Milho + Mucuna Preta	7,25 a	8,98 ab	4,17 a	39,92 a	22,54 a	1077 a
Milho + Braquiária	7,75 a	8,58 ab	3,92 a	37,25 a	23,06 a	1171 a
Soja	7,33 a	9,41 ab	4,00 a	42,08 a	23,17 a	1160 a
D.M.S.	2,08	1,91	0,72	12,34	1,35	179,00
C.V. (%)	29,00	21,50	11,60	25,70	3,70	15,10

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não são diferentes entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Em experimentos desenvolvidos por SANTOS et al. (1997) confirmou-se essa tendência no manejo com grade pesada. No entanto, a ocorrência deste fato não é comum (ARF et al., 1999; CARVALHO, 2000). À exceção da sucessão com *C. juncea*, em que se obtiveram os maiores valores, diferentes apenas daqueles com a cultura do milho, a característica não foi influenciada pelas sucessões.

Com o plantio direto incrementou-se o número médio de grãos por vagem, não sendo diferente do manejo com grade pesada, mas apenas daquele com escarificador. Na característica estudada, não foi observado efeito das sucessões. Os maiores valores para a característica número médio de grãos por planta foram obtidos com a utilização de escarificador ou de grade pesada; com o primeiro, obteve-se diferença significativa em relação aos valores no plantio direto; a característica supracitada não foi influenciada pelas sucessões.

Não se promoveu alteração na massa de cem grãos do feijoeiro de inverno, em função dos diferentes sistemas de manejo do solo, fato confirmado em diversos trabalhos (Santos et al., 1997; Stone e Moreira, 2000). Com as sucessões utilizadas não houve aumento, possivelmente devido ao fato de a massa de

cem grãos e do número de grãos por vagem serem características agrônomicas mais relacionadas com a cultivar utilizada do que com as práticas culturais adotadas. Resultados semelhantes foram observados por ARF et al. (1999) e CARVALHO (2000).

Não houve influência dos sistemas de manejo do solo na produtividade de grãos, confirmando-se os resultados apresentados por SANTOS et al. (1997). Para SANTOS et al. (1995), os efeitos positivos do plantio direto são evidentes em anos com precipitação pluvial irregular; no entanto, este experimento foi implantado em área irrigada, dificultando-se sua visualização. Dentre os vários sistemas de manejo convencionais, deduz-se que, quando comparados ao plantio direto, podem ser proporcionadas maiores produtividades (SILVA et al., 2004), em decorrência do revolvimento do solo, promovendo, a princípio, exploração mais eficiente ao longo do perfil do solo. Além disso, ocorre a maior atividade biológica até a profundidade de 20 cm (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), onde há presença de bactérias, actinomicetos, fungos e organismos solubilizadores, o que acarretaria em decomposição mais rápida dos resíduos vegetais e, conseqüentemente, liberação de nutrientes para as plantas.

A produtividade de grãos do feijoeiro de inverno, também, não foi influenciada pelas sucessões e, da mesma forma, resultados semelhantes foram apresentados por CARVALHO (2000). No entanto, usualmente têm-se observado resultados positivos, utilizando-se diferentes plantas de cobertura, tais como a mucuna-preta (WUTKE et al., 1998; ARF et al., 1999). Independentemente do manejo do solo e das sucessões utilizadas, as reduzidas produtividades obtidas foram decorrentes da incidência, em toda a área experimental, de mosca branca (*Bemisia tabaci*) e mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e, também da suspensão da irrigação, ainda no final da fase R₈, visando impedir a evolução desta doença. Possivelmente, com a interrupção da irrigação nessa fase, tenha havido interferência no enchimento completo dos grãos, pois a massa de cem grãos, que foi em média, 23 gramas, é inferior ao valor normalmente obtido nesse cultivar em condições normais de cultivo; esse fator deve ter contribuído, conseqüentemente, para a obtenção de reduzida produtividade média nessa época de cultivo que, em geral, para o local do experimento, é variável entre 1.600 a 2.000 kg ha⁻¹ (ARF et al., 1999; ALMEIDA et al., 2000; ARF et al., 2004; SILVA et al., 2004).

4. CONCLUSÕES

Após um primeiro ano de experimentação:

1. A *C. juncea*, milho + mucuna-preta, milho + braquiária e milho, independentemente do manejo do solo utilizado, constituem adequadas opções de sucessão de culturas, mediante satisfatória produção de massa seca e recobrimento do solo.

2. No plantio direto, é causada compactação na camada superficial, mediante redução da macroporosidade.

3. As propriedades umidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo, praticamente, não são influenciadas pelos sistemas de manejo do solo.

4. A produtividade do feijoeiro irrigado no inverno não é influenciada pelo manejo do solo ou pelas sucessões de culturas.

AGRADECIMENTOS

Ao técnico Valdevino dos Santos e a todos os funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ilha Solteira, UNESP, que colaboraram nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

ABBOUD, A.C.S.; DUQUE, F.F. Efeitos de matéria orgânica e vermiculita sobre a seqüência feijão-milho-feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.3, p.227-236, 1986.

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, L. A.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.

ALMEIDA, C.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.2, p.293-298, 2000.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, 2000.

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; CANTARELLA, H. **Feijão**. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. p.194-195. (Boletim Técnico 100)

ARF, O.; SILVA, L.S.; BUZZETTI, S.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.; HERNANDEZ, F.B.T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.131-138, 2004.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA Special Publication, 49)

ASSIS, R.L.; DE-POLLI, H. **Leguminosas para adubação verde**. In: ASSIS, R.L.; SOUTO, S.M.; DUQUE, F.F.; ALMEIDA, D.L.; MUELLER, K.E.K. **II Curso sobre a Biologia do Solo na Agricultura**. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS, 1992. 41p. (EMBRAPA/CNPBS. Documentos, 8).

BENGOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.41, n.3, p.341-358, 1990.

BERTOL, I.; LEITE, D.; ZOLDAN JR., W.A. Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.369-375, 2004.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J.M.; REIS, E.F.; DILLY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.91-95, 2000.

- BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.417-428, 2003.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 32 p.
- CARVALHO, M.A.C. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria-MS**. 2000. 189f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.527-538, 1998.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.703-709, 1999.
- DIAS JÚNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.1, p.175-182, 1996.
- EHLERS, W.; KOPKE, U.; HESSE, F.; BOHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.3, n.2, p.261-275, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1997. 212p.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, J.L.S.; SILVA, J.G.; VILELA, L. BARCELLOS, A.O.; MAGNABOSCO, C.U. **Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p.
- LAFLEN, J.M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E.A. Measuring crop residues cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.36, n.6, p.341-343, 1981.
- LAURANI, R.A.; RALISCH, R.; TAVARES FILHO, J.; SOARES, D.S.; RIBON, A.A. Distribuição de poros de um Latossolo Vermelho eutroférrico na fase de implantação de um sistema de plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.347-354, 2004.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2002. 625p.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURTI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho do Cerrado sob diferentes Sistemas de Manejo por 20 anos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.291-299, 2003.
- PETRETERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.4, p.885-895, 2001.
- PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1349-1358, 2000.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81).
- RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim Técnico 100)
- SANTOS, A.B.; SILVA, O.F.; FERREIRA, E. Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.32, n.3, p.317-327, 1997.
- SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; LHAMBY, J.C.B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.449-454, 1995.
- SILVA, T.R.B. **Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de plantio direto**. 2002. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.
- SILVA, V.A.; ANDRADE, M.J.B.; RAMALHO, M.A.P.; SALVADOR, N.; KIKUTI, H. Efeitos de métodos de preparo do solo e doses de adubação NPK sobre o feijão da “seca” em seqüência à cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.454-461, 2001.
- SILVA, M.G.; ARF, O.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S. Nitrogen fertilization and soil management of winter common bean crop. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.61, n.3, p.307-312, 2004.
- SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; BLANCANEAUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2485-2492, 2000.
- SILVEIRA, P. M. ; BRAZ, A. J. B. P. ; KLIEMANN, H. J. ; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.377-381, 2005.

- SOUZA, Z.M. **Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho – Escuro de Selvíria (MS) sob diferentes usos e manejos**. 2000. 127p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.
- SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.18-23, 2003.
- SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L.P.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; PROENÇA, M. M. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.417-423, 2002.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeito de sistemas de preparo do solo no uso da água e produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.835-841, 2000.
- SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M.C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.121-127, 2006.
- TISDALL, J. A.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Cambridge, v.33, n.1, p.141-163, 1982.
- TOPP, G.C.; ZEBTCHUK, W. The determination of soil water desorption curves for soil cores. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa, v.59, n.1, p.19-26, 1979.
- TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.4, p.795-801, 2002.
- URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.
- USDA – United States Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Washington, 1975. 754p. (USDA. Agriculture Handbook, 436).
- WUTKE, E. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p 325-338, 1998.