



UNESP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



1210001183

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

**Sucessão de Culturas em Preparo
Convencional e Plantio Direto em Latossolo
Vermelho sob Vegetação de Cerrado
Aluno: Vicente Pereira de Almeida
Orientadora: Marlene Cristina Alves**

35

Te. 1183

**“SUCESSÃO DE CULTURAS EM PREPARO CONVENCIONAL
E PLANTIO DIRETO EM LATOSSOLO VERMELHO SOB
VEGETAÇÃO DE CERRADO”**



1210001183

VICENTE PEREIRA DE ALMEIDA

Proc. 040/2001 - NRD 058/01

UNESP "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"	
SERVIÇO TÉCN. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO	
DATA DE CHEGADA	DATA DE TOMBO
02.07.01	30.07.01
REGISTRADO POR	TOMBO
<i>almeida</i>	72.1183
AQUISIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
<i>Wacziarg autor R\$ 10.00</i>	A 447.8

50.10100 Ciência do Solo

ILHA SOLTEIRA
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro - 2001

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**“SUCESSÃO DE CULTURAS EM PREPARO CONVENCIONAL E
PLANTIO DIRETO EM LATOSSOLO VERMELHO SOB
VEGETAÇÃO DE CERRADO”**

VICENTE PEREIRA DE ALMEIDA
Licenciado em Ciências Agrícolas, Matemática e Pedagogia

Prof. Dra. MARLENE CRISTINA ALVES
Orientadora

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, para obtenção de título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro – 2001



DEDICO

A DEUS

Aos meus pais, José Domingos e Maria José

A toda a minha FAMÍLIA pelo carinho

OFEREÇO

A minha esposa, CINARA DINIZ NOGUEIRA ALMEIDA,

Aos meus filhos, GABRIELA E JOÃO VÍTOR, pelo carinho,

incentivo e compreensão, nessa fase importante de nossas
vidas



AGRADECIMENTOS

- À Professora Dra. Marlene Cristina Alves, pela orientação, pelos ensinamentos, pelos exemplos, pelos incentivos e, acima de tudo, pelo brilhante profissionalismo e pela amizade demonstrados ao longo do curso.
- Aos Professores Dr. Salatiér Buzetti, Dr. Marco Eustáquio de Sá, Dr. Edson Lazarini, Dr. Morel de Passos Carvalho e Dr. Max José de Araújo Faria Júnior pelos ensinamentos e amizade.
- À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, pela concessão de vaga e pelas condições de trabalho oferecidas ao longo do curso.
- Ao Professor Gilberto José de Faria Queiroz, Diretor Geral da Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde – GO, pelo incentivo e apoio.
- Aos servidores da Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde – GO, que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.
- Aos amigos da Pós graduação: José Wéselli, Ananda, Edson, Horácio, Cassiano, Maria Luiza, Maria Marta, Fernando, Ary Gertes, Fabiano Andrei, Daniela Campos, Daniela Cintra, Flávia, Simone, Simão e Wilson, pelo companheirismo e pelos bons momentos que me proporcionaram, fundamentais ao êxito do curso.
- Ao Professor Dr. Evaristo Bianchini Sobrinho e Dr. Marco Antonio Camilo de Carvalho, pela amizade e pelas sugestões e orientações referente à análise estatística.
- Aos técnicos de laboratório do Departamento de Ciência do Solo e



Engenharia Rural, da FEIS/UNESP: Valdivino, Carlinhos e João, pela ajuda constante ao longo do curso.

- Ao Professor Dr. Shizuo Seno e ao Administrador Rural José Cambuim, responsáveis pela Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira e também à todos os funcionários, pelo auxílio na condução do experimento.
- Aos funcionários da Biblioteca Central, pelo excelente atendimento.
- Ao Arlindo Avanzo Ursulin, Donizeth Paulo da Silva e à Maria de Fátima Sabino, da Seção de Pós-graduação da FEIS/UNESP, pelo bom atendimento e amizade.



ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
FIGURA.....	xi
RESUMO.....	xii
SUMMARY.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas do solo.....	3
2.2. Efeitos da adubação verde nas propriedades físicas e químicas do solo e na produtividade das culturas.....	8
2.3. Sistemas de preparos, rotação ou sucessão de culturas e os efeitos na produtividade e sustentabilidade dos solos.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Localização e características gerais da área experimental.....	22
3.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	23
3.3. Condução da experimentação.....	24
3.4. Avaliações.....	27
3.4.1. Avaliações físicas e químicas do solo.....	27
3.4.1.1. Densidade do solo, porosidade e resistência à penetração.....	27
3.4.1.2. Matéria orgânica, pH e acidez potencial do solo..	28
3.4.2. Adubos verdes.....	28
3.4.3. Análise da matéria seca e produção de grãos.....	28
3.4.3.1. Cultura da soja, milho e feijão.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30



4.1.Densidade do solo, porosidade e resistência à penetração.....	30
4.2. Matéria orgânica, pH e acidez potencial do solo.....	43
4.3. Adubos verdes.....	47
4.4. Produção de grãos.....	50
4.5. Produção de palhas.....	54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
6. CONCLUSÕES.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60



LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
01. Valores médios de densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, em função do adubo verde, tipo de semeadura, da cultura de verão e da profundidade do solo, avaliados no município de Selvíria - MS.....	31
02. Desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura, referente a densidade do solo, no município de Selvíria - MS.....	33
03. Desdobramento da interação significativa profundidade com sistema de semeadura, referente a densidade do solo, no município de Selvíria - MS.....	34
04. Desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com profundidade, referente a macroporosidade do solo, no município de Selvíria - MS.....	34
05. Desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com profundidade, referente a microporosidade do solo, no município de Selvíria - MS.....	37
06. Desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com profundidade, referente a porosidade total, no município de Selvíria - MS.....	38
07. Valores médios da resistência à penetração, em função do adubo verde, tipo de semeadura, da cultura de verão e da profundidade do solo avaliados, no município de Selvíria - MS.....	40
08. Desdobramento da interação significativa profundidade com sistema de semeadura, referente a resistência à penetração, no município de Selvíria - MS.....	41
09. Valores médios da umidade do solo, em função do adubo verde, tipo de semeadura, da cultura de verão e da profundidade do solo avaliados no município de Selvíria - MS.....	42
10. Valores médios da matéria orgânica, pH e H + Al, em função do adubo verde, tipo de semeadura, cultura de verão e da profundidade do solo avaliados no município de Selvíria - MS.....	44
11. Desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com culturas de verão, referente ao H + Al, no município de	



Selvíria – MS.....	46
12. Valores médios de matéria verde e matéria seca, dos adubos verdes, estudados em 1999, no município de Selvíria – MS.....	48
13. Desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura referente a produção de matéria seca, no município de Selvíria – MS.....	50
14. Valores médios de produção de grãos, em função do adubo verde e tipo de semeadura, no município de Selvíria – MS.....	51
15. Desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura, referente a produção de soja, no município de Selvíria – MS.....	52
16. Desdobramento da interação significativa cultura de verão com sistema de semeadura, referente a produção de feijão, no município de Selvíria – MS.....	53
17. Valores médios da produção de palha, em função do adubo verde e tipo de semeadura, no município de Selvíria – MS.....	54
18. Valores médios da produção de palha de feijão, em função da cultura de verão, no município de Selvíria – MS.....	55
19. Desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura, referente a produção de palha de soja, no município de Selvíria – MS.....	56



FIGURA

Página

01. Esquema de campo de um bloco experimental.....

24



“SUCESSÃO DE CULTURAS EM PREPARO CONVENCIONAL E PLANTIO DIRETO EM LATOSSOLO VERMELHO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO”

AUTOR: Vicente Pereira de Almeida

ORIENTADORA: Marlene Cristina Alves

RESUMO

Pela importância do manejo adequado do solo e da água na sustentabilidade da agricultura, sob as condições agroecológicas do cerrado, foi desenvolvido o presente trabalho. O objetivo foi avaliar as modificações físicas do solo cultivado com soja (*Glycine max* L. Merrill), milho (*Zea mays* L.) e feijão “de inverno” (*Phaseolus vulgaris* L.), em sucessão com espécies de adubos verdes: mucuna - preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy), milheto (*Pennisetum americanum* L. Leeke), crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e guandu (*Cajanus cajan* L. Mill sp.), em preparo convencional e plantio direto. Também verificou-se a influência na produção de grãos das culturas utilizadas. A pesquisa foi instalada em 1997, na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP. O presente estudo foi realizado no ano agrícola de 1999/00, para verificar o efeito do manejo acima citado na recuperação das propriedades físicas do solo e sua produtividade. O delineamento experimental usado foi em blocos casualizados, no esquema em faixas com parcelas subdivididas, utilizando-se quatro repetições. Foram avaliadas as características físicas do solo: macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e resistência à penetração.

Também foi avaliada a matéria orgânica do solo, pH e hidrogênio + alumínio. As amostras foram coletadas nas profundidades de: 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Das culturas de cobertura foi avaliada a produção de matéria seca e, das culturas de verão, e de inverno, a produção de grãos. Os resultados foram analisados através de análise de variância e, teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias. Conclui-se que: houve modificações físicas e químicas no solo estudado, porém, os adubos verdes após três anos de pesquisa apresentaram comportamento semelhante com relação a essas modificações. Este comportamento também ocorreu quando se investigou a produtividade das culturas de soja, milho e feijão, com exceção à crotalária na cultura da soja em preparo convencional. As produções das culturas foram semelhantes entre os sistemas de preparo, porém com tendência a serem mais promissoras no plantio direto, principalmente a soja e o milho. O plantio direto também apresentou melhores condições físicas e químicas do solo.

Termos de Indexação: preparo do solo, sucessão de culturas, propriedades físicas e químicas, restos culturais.



SUMMARY

“Succession of cultures on conventional tillage and no-tillage on LATOSSOLO VERMELHO unde vegetation of cerrado”

Author: Vicente Pereira de Almeida

Advisor: Marlene Cristina Alves

For the importance of the appropriate handling of soil and water in sustainability agriculture, under savannah agroecological conditions the present work was developed with the objective of evaluating the physical modifications of the soil cultivated with soybean (*Glycine max* L. Merrill), corn (*Zea mays* L.) and winter bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in succession with species of green manure: *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy; *Pennisetum americanum* L. Leeke; *Crotalaria juncea* L. and *Cajanus cajan* L. Mill sp., in conventional tillage and no-tillage, as well as the influence in the productivity of grains of the summer crops. The research was installed in 1997, at Experiment Station of UNESP-Ilha Solteira Campus, São Paulo, Brazil, and it was accomplished in the agricultural year of 1999/00, to verify the effect of the handling above mentioned in the recovery of the physical properties of the soil and your productivity. A completely randomized blocks design with four replicates in a split-split plot was set up. They were appraised the characteristics physical of the soil: macroporosity, microporosity, total porosity, bulk density and penetration resistance. The organic matter, pH, hydrogen + aluminum, of the soil were also evaluated. The samples were collected in the depths of: 0-0.10 m, 0.10-0.20 m and 0.20-0.40 m. About covering cultures the production of dry matter was evaluated and to the summer cultures the production of grains. The results were analyzed



through variance analysis and Tukey test to 5% of probability for average comparison. There were physical and chemical modifications in the studied soil, even so, the green manure after three years of research presented behavior similar related to those modifications. This behavior also happened when was investigated the productivity of the soybean , corn and bean, crops with exception to the *Crotalaria juncea* in the culture of soybean in conventional tillage. The crops obtained similar productions between the tillage systems, even so with tendency to be more promising in no-tillage, mainly the soybean and the corn. The no-tillage condition also presented better physical and chemical conditions of soil.

Index Terms: Tillage systems, succession of crops, physical and chemical properties, crop residues.



1 - INTRODUÇÃO

O plantio direto, devido a maior proteção do solo e restrita mobilização da camada arável, tem-se mostrado como alternativa para o manejo correto e sustentável de sistemas agrícolas intensivos. Tem sido constatado razoável eficiência desse sistema de preparo do solo no aumento da água disponível, controle da erosão, melhoria da estrutura do solo e na menor infestação de plantas daninhas, assegurando aumentos significativos na produção de grãos.

O manejo inadequado do solo sob preparo convencional tem comprometido a sustentabilidade da agricultura. Daí o plantio direto aparece como uma perspectiva viável para um manejo correto. Com o solo protegido por resíduos (palha) e não revolvido mecanicamente, delineia-se a perspectiva de uma agricultura sustentável em condições de persistir por muitos e muitos anos, garantindo a produção de alimentos, fibras, combustível e matérias primas.

O plantio direto tende a favorecer o decréscimo de sementes de plantas daninhas no solo ao longo do tempo. O preparo convencional pode favorecer fluxos imediatos de germinação por expor as sementes enterradas aos fatores ambientais da superfície do solo. Ainda, a médio e a longo prazo tende a favorecer a formação de grandes bancos de sementes no solo.

O grande interesse pela prática do plantio direto, que é um sistema de produção agropecuária em que se evita a perturbação do solo e mantém sua superfície sempre recoberta de resíduos (palha) e ou de vegetação, tem motivado a pesquisa visando sua implantação e resolução de alguns problemas de manejo de pragas do solo.

A agricultura está estreitamente condicionada por fatores de ordem



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas do solo

Vários autores observaram que a produtividade de milho em sistema de plantio direto é superior ao sistema convencional, provavelmente devido à conservação de água no perfil por período maior no sistema de plantio direto (Hill et al., 1985; Eltz et al., 1989), maior fertilidade da camada explorada pelas raízes (Muzilli, 1983) e menores perdas de solo (Mokona & Sietz, 1992).

Os restos vegetais que permanecem no solo após a colheita têm menor taxa de mineralização no sistema plantio direto, a qual, associada a maiores adições de carbono e nitrogênio, eleva seus teores no solo (Bayer et al., 1995), comparativamente ao sistema convencional. Com isso, aumenta a atividade biológica, resultando no incremento de substâncias húmicas, especialmente ácidos húmicos e fúlvicos (Cereta, 1995), e pode-se refletir sobre algumas propriedades físico-químicas, como a capacidade de troca de cátions e as formas de fósforo.

Determinações realizadas por Vieira (1981) em cultura de soja mostraram que o solo sob plantio direto pode conter até 15% a mais de umidade que o convencional, na profundidade de 0 - 5 cm, em períodos de estiagem. Sidiras et al. (1982) determinaram no plantio convencional um déficit hídrico de 23% durante veranico na cultura de soja, enquanto que o plantio direto apresentou 20% a mais de água disponível para as plantas na camada de 0 - 10 cm de profundidade. Essa é uma das razões porque o plantio direto apresenta menor variação de produção, ao longo dos anos e maior produção que o preparo convencional.

Solos manejados sob sistema de plantio direto adquirem condições



físicas diferentes de outros sistemas, como o manejo convencional (Reinert et al., 1984), proporcionando redução na perda de água e solo devido à maior infiltração de água no perfil. Bruce et al. (1990) trabalhando com soja, sorgo e trigo, em três sistemas de manejo do solo, encontraram que no sistema de manejo convencional a densidade do solo foi significativamente menor, comparada ao cultivo mínimo e ao plantio direto. O espaço de poros ocupado por ar foi maior no sistema de manejo convencional, comparado ao plantio direto. Hammel, (1989) trabalhando com rotação de culturas e diferentes manejos, em dois solos classificados como Palouse e Naff (siltosos), até os 50 cm de profundidade analisados, encontrou menor valor de densidade do solo no sistema de manejo convencional quando comparado ao de plantio direto.

Vieira & Muzilli (1984) conduziram um ensaio em Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, comparando o sistema de preparo convencional e o plantio direto, sob três rotações de culturas, durante quatro anos, na região Centro-sul do Paraná. Os autores verificaram ao final do quarto ano de cultivo das culturas de verão, nas profundidades de 10 e 30 cm, um aumento significativo no plantio direto, quanto a densidade do solo e microporosidade, com conseqüente redução da porosidade total e macroporosidade, na camada de 10 cm. Não houve diferenças a 30 cm. Já Albuquerque et al. (1995) ao avaliarem os sistemas de manejo plantio direto e convencional, com rotações de culturas após anos contínuos, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, não encontraram diferenças significativas na densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade.

Os diferentes mecanismos de mobilização do solo alteram sua estrutura e seus atributos físicos, em virtude do grau e intensidade de mobilização (Shaffer & Johnson, 1982). No sistema de plantio direto, a movimentação do solo é



restrita à linha de semeadura, mas a ocorrência sistemática do tráfego causa compactação na superfície do solo. Resultados demonstraram que cerca de 80 a 90% da compactação potencial ocorre logo após as primeiras entradas de máquinas na área (Meek et al., 1988; Blackwell et al., 1989). Com isso, as modificações na estrutura do solo podem levar à redução do conteúdo de água disponível e/ou má aeração, com consequência direta sobre a produtividade das culturas (Voorhees, 1983).

Estudos indicam que a adequada cobertura do solo por resíduos culturais pode prevenir sua erosão, manter o conteúdo de matéria orgânica e permitir a sustentabilidade das culturas. Para manter o solo coberto com palha, recomenda-se o uso de sistema de manejo conservacionista como o plantio direto, com economia de tempo, combustível e trabalho. A manutenção dos resíduos de culturas na superfície diminui a evaporação de água do solo e o escoamento superficial, elevando a taxa de infiltração (Derpsch et al., 1986). O sistema de manejo convencional tem sido criticado por contribuir para o processo erosivo do solo, resultando em problemas de poluição ambiental.

Secco et al. (1997) realizaram um trabalho em Cruz Alta – RS, com o objetivo de avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, e o rendimento de grãos da cultura da soja. Os autores concluíram que a densidade do solo foi maior nas profundidades de 0 - 7 e 7 - 14 cm para o plantio direto contínuo, o qual diferiu dos demais tratamentos à exceção do plantio direto e escarificação de acordo com a necessidade (sistema dinâmico). A porosidade total e a macroporosidade foram menores nos tratamentos com o plantio direto contínuo e, no plantio direto e escarificação de acordo com a necessidade (sistema dinâmico), nas profundidades



de 0 - 7, 7 - 14 e 14 - 21 cm, quando comparados aos tratamentos plantio direto contínuo e plantio convencional (escarificador mais grade niveladora ou arado de discos mais grade niveladora). Para a microporosidade, apenas na profundidade de 7 - 14 cm encontraram diferença significativa entre os valores, onde o plantio direto contínuo diferiu com valor superior apenas do tratamento plantio convencional (arado de discos mais grade niveladora). No primeiro ano de avaliação não ocorreu influência dos sistemas de manejo no solo sobre o rendimento de grãos de soja.

Sidiras et al. (1982) relataram que o não revolvimento periódico do solo provoca certo adensamento da camada superficial que se traduz por aumento da densidade do solo e redução da porosidade, devido a diminuição do volume de macroporos.

Para solos que apresentam maiores teores de argila, Silva et al. (1996) propõem o uso de uma medida de densidade do solo relativa com base na densidade do solo e na densidade do solo máxima conseguida na célula de consolidação de Rowe & Barden (1966). Entretanto, para solos arenosos, que se compactam mais fácil com vibração do que com compressão, propuseram posicionar a densidade do solo entre os valores de densidade do solo mínima e densidade do solo máxima, seguindo as normas brasileiras para a determinação da compacidade relativa em solos não-coesivos (ABNT, 1991).

A compactação altera as propriedades físicas do solo, geralmente, com aumento na densidade do solo, redução na porosidade total e na porosidade de aeração (Kayombo & Lal, 1986). O efeito da compactação sobre a porosidade e densidade do solo é maior na superfície do solo (Allmaras et al., 1982) e pode levar à redução na capacidade de retenção e no conteúdo de água disponível. Também sob condições compactadas há menor número de sítios com adequada aeração,



sendo comum a ocorrência de baixa difusão de oxigênio no solo sob condições de umidade elevada (Currie, 1984).

Tormena & Roloff (1996) estudaram a dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto e verificaram que esta mostrou-se sensível às modificações impostas ao solo pelos processos de compactação e adensamento natural e recuperação da estrutura nos primeiros 5 cm. Na entrelinha não trafegada, a resistência à penetração estabilizou-se no tempo. Considerando-se o índice de cone de 2,0 MPa como impeditivo ao crescimento de raízes no solo, os resultados indicaram que, na umidade padrão de $0,34 \text{ kg kg}^{-1}$, não ocorreram condições impeditivas ao crescimento de raízes.

Amado (2000) relata que a maior parte dos agricultores que utilizam o sistema de plantio direto tem observado aumento do teor de matéria orgânica dos seus solos. Esse fato contrasta com as observações obtidas sob o preparo convencional, em que normalmente verifica-se decréscimo nesse teor. A dinâmica da matéria orgânica em sistemas agrícolas pode ser simplificada por um balanço entre o aporte de carbono, via resíduos culturais, e a taxa de mineralização da matéria orgânica acrescida das perdas por erosão. O sistema plantio direto atua principalmente na redução da taxa de mineralização da matéria orgânica do solo e no controle da erosão. O autor estimou que a taxa de mineralização sob o plantio direto era de apenas 54% daquela verificada no preparo convencional e que as perdas de matéria orgânica por erosão no plantio direto são 7,5% daquelas verificadas no preparo convencional. Assim, o carbono adicionado, via palhada, no sistema plantio direto, irá permanecer mais tempo no solo na forma de matéria orgânica do que no preparo convencional. O referido autor concluiu que a adição de carbono via resíduos culturais pode ser aumentada várias vezes pela utilização de



culturas de cobertura e rotação de culturas, práticas indispensáveis no sistema plantio direto. A combinação de ambos os processos, redução nas perdas e aumento na adição de resíduos culturais, explica, na maior parte das situações, os aumentos no teor de matéria orgânica dos solos sob plantio direto.

Recentes resultados de pesquisa também têm destacado a importância do aumento da disponibilidade de nitrogênio (via adubação mineral ou uso de leguminosas) na produção de palha e no conseqüente incremento do teor de matéria orgânica (Mitchell et al. 1991).

2.2. Efeitos da adubação verde nas propriedades físicas e químicas do solo e na produtividade das culturas

A adubação verde na conservação do solo é realizada de diversas maneiras. Os sistemas de rotação de culturas, que incluem leguminosas, aumentam o teor de nitrogênio total do solo e, conseqüentemente, aumentam a produtividade das culturas subsequentes. Este fato foi constatado por Medeiros (1985) e Teixeira (1987) trabalhando em um solo Podzólico Vermelho-Escuro, onde o feijão guandu, em três anos, aumentou o nitrogênio total em aproximadamente 900 kg/ha, em relação ao pousio/milho e, sistemas com outras leguminosas (trevo, lab-lab, etc.) aumentaram em torno de 700 kg ha⁻¹. Por outro lado, o rendimento de milho no sistema aveia + trevo/milho foi 3.300 kg ha⁻¹ a mais do que o sistema pousio/milho.

Calegari (1993) relatou que a adubação verde se destaca entre as técnicas sustentáveis que procuram otimizar o aproveitamento e os benefícios da matéria orgânica. Essa técnica visa a proteção superficial do solo bem como a melhoria e manutenção de suas características físicas, químicas e biológicas. Dessa forma, a adubação verde constitui um conjunto de ações integradas que trazem



grandes benefícios aos solos e sistemas agrícolas em geral, como, por exemplo: proteção do solo contra erosão, elevação da taxa de infiltração e aumento da capacidade de retenção de água, recuperação da estrutura, adição de matéria orgânica, aumento da CTC, promoção do aumento do teor de nitrogênio, controle de nematóides, aumento e diversificação da população de microorganismos do solo, incremento da capacidade de reciclagem e mobilizações de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis em camadas mais profundas do solo.

Ros & Aita (1996), em estudos realizados no município de Santa Maria - RS verificaram que espécies de inverno proporcionaram uma cobertura do solo superior à das plantas invasoras do pousio invernal, destacando-se a aveia-preta nos períodos iniciais de desenvolvimento. A quantidade de nitrogênio acumulada pela parte aérea das espécies de inverno foi maior nas leguminosas do que no pousio invernal e na aveia-preta, destacando-se o tremoço-azul entre as leguminosas. O rendimento de grãos e a quantidade de N acumulado pelo milho, na dose zero de N, foram maiores com as leguminosas em relação à aveia-preta e ao pousio invernal. A resposta à adubação mineral no rendimento de grãos de milho foi maior nos tratamentos pousio invernal e aveia-preta.

Arf et al. (1996) verificaram em estudos desenvolvidos no município de Selvíria - MS, que a incorporação de matéria seca de milho + mucuna-preta ou só de mucuna-preta, avaliadas aos 80 dias após a incorporação, não afetaram as características químicas do solo, os componentes de produção, e nem a produtividade do feijoeiro cultivado em sucessão. Entretanto, Abboud et al. (1986) verificaram que a incorporação de mucuna ao solo proporcionou nodulação mais eficiente e maior acúmulo de N e matéria seca nas plantas de feijão.



A taxa de decomposição dos resíduos orgânicos nas regiões tropicais é alta, enquanto que nas regiões frias se processa lentamente. Richards (1985) citado por Igue (1984) determinou a constante de decomposição da matéria orgânica em diferentes climas, sendo que em climas tropicais ela supera em até dezesseis vezes os valores obtidos em climas subtropicais.

A decomposição de resíduos é um processo essencialmente biológico, do qual participam organismos. Fatores bióticos e abióticos determinam a velocidade do processo de decomposição. A maior parte dos nutrientes contidos nos resíduos culturais, com exceção ao K, é liberada na mesma proporção do decréscimo da massa seca da palhada. Resíduos de leguminosas apresentam baixa relação C/N e decompõem-se rapidamente em condições tropicais e subtropicais, mesmo quando deixados na superfície. Transcorridos 30 dias do manejo, as leguminosas já haviam perdido 40% de sua massa seca enquanto que a aveia no mesmo período havia perdido apenas 8%. A velocidade de decomposição foi associada com a relação C/N que era de 12,5 nas leguminosas e 34 na aveia. A elevada concentração de N na palhada de leguminosas, atribuída principalmente à fixação biológica do N_2 atmosférico, tem permitido a redução da adubação mineral de N no milho cultivado em sucessão na ordem de 50 a 70%, dependendo da produção de massa seca da leguminosa (Amado, 2000).

Historicamente, as leguminosas têm sido utilizadas como fonte de N para culturas em sucessão. Reeves (1994), avaliando leguminosas de inverno estimou que a quantidade de N na parte aérea estaria na faixa de 36 a 226 kg ha⁻¹, com média de 120 kg ha⁻¹. Burle (1995) trabalhou com leguminosas de verão, como guandu e siratro, e encontrou altos valores como 500 kg ha⁻¹ de N. A relação C/N das leguminosas, segundo Reeves (1994) estaria na faixa de 9:1 a 25:1. Porém, na



maioria das situações, estaria abaixo de 20:1, proporcionando condições para rápida mineralização. Além do N, que é adicionado (via fixação biológica) e reciclado pelas leguminosas, muitos outros nutrientes são reciclados pelas culturas de cobertura. Assim, o nabo forrageiro é destacado pela ciclagem de N, P, K, Ca e Mg (Fiorin, 1999) e a ervilhaca, milho, *Crotalaria juncea*, feijão-de-porco na ciclagem de Mg, sendo esta última leguminosa também eficiente na ciclagem de Ca (Bianchi et al., 1997).

Experiências realizadas na região de Ribeirão Preto (SP) mostraram que os sojicultores e cotonicultores da região, utilizando a rotação de cultura com milho, amendoim e adubação verde com mucuna-preta, obtiveram mais que o dobro dos retornos obtidos pelos produtores que, pertencentes ao mesmo nível tecnológico, não adotaram tal inovação. De acordo com os resultados, mesmo em condições adversas os produtores ainda obtiveram melhores resultados. Isso ocorreu em função de maiores ganhos na produtividade, redução do número de operações e menor gasto com fertilizantes, inseticidas e fungicidas, levando a significativos ganhos totais. Os produtores que obtiveram benefícios em relação aos que não adotaram a inovação, destacaram-se em função dos ganhos de rendimento, que variaram de 5% (algodão) a 45% (milho), e de reduções nos custos de insumos, que foram de 3% (milho) e 25% (soja). Experimentos de rotação de arroz e leguminosas em Goiás mostraram que as produções de tal gramínea, subsequente às leguminosas, foram 40% a 50 % superiores, ainda que sem adubação nitrogenada, tecnicamente viável e economicamente rentável (Calegari, 2000).

Donegá (1994), estudando a mucuna-preta, lab-lab e Crotalária na proteção do solo, na região de Selvíria – MS em um Latossolo Vermelho-Escuro concluiu que as leguminosas apresentaram níveis diferentes de proteção ao solo,



sendo, no geral, mais efetivas a partir dos 60 dias. Contudo, a mucuna-preta ofereceu melhor proteção do solo contra erosão.

A adubação verde é um componente essencial ao desenvolvimento agrossilvipastoril sustentável na região dos cerrados. Um dos conceitos de adubação verde refere-se à utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, buscando a proteção, bem como a manutenção e melhoria das suas características físicas, químicas e biológicas em todo o perfil do solo (Calegari et al., 1993).

A cobertura do solo, viva ou em forma de “mulching”, é outra aplicação da adubação verde que pode resultar em uma série de benefícios como o aumento da retenção de água por evaporação e a proteção do solo contra o impacto direto das chuvas. Na região dos cerrados, onde os solos ficam expostos a intensa radiação solar e à erosão eólica durante a entressafra, e à erosão hídrica causada pelas chuvas intensas comuns no início da estação chuvosa, essa forma de utilização de adubo verde assume importância significativa (Igue, 1984).

Alvarenga et al. (1994), em um experimento realizado em vasos simulando camadas compactadas e pesquisando o sistema radicular do guandu, feijão-de-porco, crotalária, feijão-bravo do Ceará e mata-pasto constataram que o mata-pasto sobressaiu-se como a espécie com maior potencial para crescer em camadas compactadas. O feijão-de-porco foi a leguminosa mais afetada pela compactação.

Negro (1999), estudando o sistema radicular de leguminosas quanto aos efeitos na recuperação do solo e produtividade do milho para silagem, na região do cerrado de Selvíria (MS), concluiu que não houve diferença significativa para médias de densidade de raízes para os tratamentos empregados. Para as



leguminosas solteiras, os tratamentos crotalária e guandu produziram maior quantidade de matéria seca de raízes. Para o consórcio leguminosas + milho, o feijão-de-porco foi o que apresentou menor produção de matéria seca. A resistência mecânica à penetração foi maior no tratamento milho + feijão-de-porco, não diferindo do tratamento milho e labe-labe. Entre as profundidades, a camada de 0-30 cm apresentou maior resistência mecânica à penetração. A macroporosidade foi menor na camada de 10-20 cm, e, na mesma profundidade a densidade do solo foi maior, porém, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Segundo Carvalho (2000) o LATOSSOLO VERMELHO de cerrado da região de Selvíria – MS apresentou as seguintes propriedades físicas e químicas, nas profundidades de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, respectivamente: densidade do solo de 1,51; 1,57 e 1,34 kg dm⁻³; macroporosidade do solo de 0,08; 0,07 e 0,12 m³ m⁻³; microporosidade do solo de 0,33; 0,33 e 0,34 m³ m⁻³; porosidade total do solo de 0,41; 0,40 e 0,47 m³ m⁻³; matéria orgânica do solo de 28; 24 e 17 g dm⁻³; pH do solo de 5,2; 5,2 e 5,2 e H + Al do solo de 43,4; 34,9 e 21,5 mmol_c dm⁻³.

2.3. Sistemas de preparos, rotação ou sucessão de culturas e os efeitos na produtividade e sustentabilidade dos solos

A rotação de culturas, aliada ao manejo correto do solo, faz com que este seja biologicamente mais ativo e com maior potencial produtivo. Esse efeito se deve à conjunção de fatores como a proteção do solo mediante cobertura viva ou morta, maior retenção de água, efeito rizosférico das culturas, maior disponibilidade de matéria orgânica e melhores condições físicas do solo (Cattelan et al., 1997).

A escolha do melhor sistema de manejo para compor um programa de



rotação de culturas deve levar em consideração vários fatores, dentre os quais, o principal é o objetivo do sistema. Para cobertura de solo e/ou suprimento inicial de palha, deve-se optar por espécies cultivares que produzam quantidades elevadas de matéria seca e que permitam um manejo que retarde a decomposição (EMBRAPA, 1996).

Na manutenção e melhoria das condições físicas internas e externas do solo, a adição e o balanço da matéria orgânica é fundamental, pois esta manutenção e melhoria só poderão ser alcançadas e mantidas via biológica, isto é, através da ação de raízes, da atividade biológica e da decomposição da matéria orgânica (Alves, 1992).

A degradação da estrutura do solo causa perda das condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e predispõe o solo à erosão hídrica acelerada. A rotação de culturas e sistemas de manejo do solo amenizam esses problemas e agem no sentido de restaurar a sua estrutura. A condição estrutural do solo pode ser analisada segundo dois aspectos: avaliações de propriedades relacionadas à forma da estrutura, como densidade e porosidade, e, avaliações de propriedades relacionadas à estabilidade da estrutura. Para que os sistemas agrícolas sejam estáveis e continuamente produtivos, é necessário manter as condições físicas do solo, adicionar os nutrientes conforme a necessidade da cultura e controlar a erosão por métodos efetivos que não tornem oneroso o processo de produção (Alves, 1992).

Albuquerque et al. (1995) trabalharam com rotação de culturas e sistemas de manejo do solo, os autores investigaram o efeito sobre a forma de estrutura do solo ao final de sete anos. Verificaram que a rotação de culturas induziu a diminuição dos valores de densidade do solo e aumento da porosidade total



quando comparada à sucessão trigo/soja, indicando efeito benéfico dessa prática agrícola sobre a estrutura do solo.

A eficácia dos resíduos culturais na redução das perdas de solo depende de vários fatores, tais como: tipo, quantidade e percentagem de cobertura do solo, forma de manejo e estágio de desenvolvimento das plantas no momento do manejo (Lopes et al., 1987; Amado et al., 1989; Carvalho et al., 1990). O manejo dos resíduos culturais define o nível de proteção fornecido ao solo através da cobertura, sobretudo nas fases iniciais de desenvolvimento das culturas (Carvalho et al., 1990). Trabalhos de pesquisa têm evidenciado que sistemas de manejo que mantêm os resíduos culturais protegendo a superfície são mais eficazes no controle das perdas de solo do que sistemas em que esses resíduos são total ou parcialmente incorporados (Lopes et al., 1987; Amado et al., 1989; Carvalho et al., 1990).

A rotação de culturas, além de contribuir para a quebra do ciclo dos patógenos, é muito importante para a manutenção e aumento da biodiversidade do solo. Sobre este aspecto, Johnson et al. (1992), em um trabalho feito com ensaios de longa duração com milho e soja, em monocultura ou rotação, em Minnesota (EUA) observaram que a monocultura selecionou os fungos micorrízicos vesículoarbusculares (VAM) de mais rápido crescimento e esporulação. Esses fungos podem ser ineficientes ou até prejudiciais à espécie cultivada. Já a interrupção da monocultura (rotação) reduziu a ocorrência desses fungos prejudiciais e aumentou a dos VAM benéficos.

Cattelan et al. (1997), trabalhando com sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os microorganismos do solo na cultura da soja verificaram que sistemas de rotação de culturas com milho e soja no verão e, com tremoço, aveia-preta e/ou trigo no inverno, apresentaram maior rendimento de grãos



de soja do que a tradicional sucessão trigo/soja, porém, esse efeito não foi constante para os anos estudados. O desenvolvimento microbiano foi estimulado pela diminuição da acidez do solo e pelo aumento no teor de carbono orgânico e disponibilidade de água no solo.

Segundo Alves (1992) torna-se importante determinar quais as culturas mais adequadas para entrar em rotação, no plantio direto, em condições de outono - inverno mais seco e quente, procurando-se obter uma minimização dos custos com herbicidas e até mesmo da adubação química utilizada.

Mascarenhas et al. (1978) observaram que o milho cultivado em sucessão à soja, por um a quatro anos consecutivos, apresentou pequeno aumento de produção pela aplicação de nitrogênio mineral em cobertura, inferindo que os restos de culturas, raízes e nódulos incorporados ao solo, após a colheita da soja, constituem fontes suficientes de nitrogênio para essa gramínea. Observaram ainda aumento de produção de grãos diretamente proporcional ao tempo de cultivo anterior com soja. Esses dados foram confirmados por Gallo et al. (1981).

O manejo da matéria orgânica mediante rotação de culturas, adubação verde e consorciação de culturas pode proporcionar melhor aproveitamento de adubos químicos e possibilitar redução nos custos com adubação nitrogenada mineral, uma vez que propicia aumento da atividade biológica do solo (Hernani et al., 1995).

Campos et al. (1995), estudando a estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo observaram que no sistema de plantio direto o diâmetro

Foram testados, por Calegari et al. (1995) alguns adubos verdes buscando avaliar entre outros parâmetros a cobertura do solo. Concluíram que vários deles apresentaram bom potencial de produtividade entre os quais a crotalária (9.851 a 24.014 kg ha⁻¹), o guandu (12.000 kg ha⁻¹), e outros, de menor produção de matéria seca como o feijão-de-porco (5.300 kg ha⁻¹).

Heinzmann (1985) avaliando diversas espécies de coberturas verdes de inverno, afirmou que para a soja a cobertura utilizada deve ter relação C/N alta (>25), de modo a fornecer uma cobertura morta estável para a formação de nódulos radiculares e fixação simbiótica do N₂. Estes resultados foram confirmados por Derpsch (1985) que observou que a aveia preta com relação C/N de 28:1, entre as demais, foi a que produziu a maior quantidade de matéria seca por hectare, e, que a maior produtividade da soja (3.086 kg ha⁻¹) se deu quando da sua utilização como cobertura verde na rotação.

No sistema plantio direto a semeadura é feita sem o revolvimento prévio do solo com arado e grade. Consequentemente, resulta na permanência dos restos culturais sobre o solo. No entanto, o sistema proporciona aumento do rendimento das culturas, redução do custo de produção e menor impacto negativo da agricultura no ambiente (Reis, 1999).

Pereira Filho et al. (1996), estudando a influência do manejo do solo (plantio direto e plantio convencional), níveis de palha de milho e doses de nitrogênio no plantio direto e em cobertura, sobre a produtividade do feijoeiro por três anos verificaram que não houve efeito significativo no manejo do solo embora houvesse uma tendência do aumento de produtividade no plantio direto em todos os anos.

Seganfredo et al. (1997), avaliando perdas de solo, água e nutrientes



por erosão em sistema de culturas em plantio direto em um solo Podzólico Vermelho - Amarelo verificaram que os sistemas aveia+ervilhaca/milho, tremoço/milho, milho + mucuna e milho + feijão-de-porco, são eficazes no controle da erosão hídrica. As reduções superiores a 99% e 94%, nas perdas de solo e água, respectivamente, foram obtidas em relação às perdas em solo descoberto. O pousio invernal, associado ao plantio direto, mostrou-se eficiente no controle das perdas de solo, reduzindo-as em 97%, em relação ao solo descoberto. Entretanto, foi menos eficiente no controle das perdas de água, reduzindo-as, na média de dois anos, em 31% em relação ao solo descoberto. No solo descoberto observaram-se elevadas perdas de solo, água e matéria orgânica.

Sob o aspecto agrônômico, para se manter o mesmo teor de húmus no solo é necessário incorporar muito mais resíduos orgânicos, com mais frequência, nas regiões quentes do que nas temperadas ou frias. Como os resíduos de leguminosas apresentam uma relação C/N mais estreita que os resíduos de cereais (gramíneas), sua decomposição será mais rápida, necessitando de maior quantidade de palha para prolongar o período de cobertura do solo no plantio direto, de modo a permitir um eficiente controle de plantas invasoras (Almeida, 1984).

Segundo Bulisani et al. (1987) um exemplo típico da deficiência de incorporação de restos vegetais para a cultura do feijoeiro é observado em extensas áreas sob cerrado no Brasil Central e no Oeste Paulista, onde a produtividade das plantas é razoável quando cultivadas em solos que tenham recebido matéria seca, especialmente, leguminosas.

Arf et al. (1999), analisando os resultados obtidos na avaliação da matéria seca de plantas e teores de macronutrientes nas folhas observaram que houve efeito significativo de restos culturais e, os tratamentos com adubos verdes



(labe-labe e mucuna-preta) propiciaram a obtenção de maior quantidade de matéria seca. Concluíram que o tratamento com incorporação de mucuna-preta produziu, praticamente, o dobro de grãos de feijão em relação ao tratamento com incorporação apenas de palhada de milho e que as maiores produtividades foram obtidas nos tratamentos com incorporação de mucuna-preta, lab-lab e milho mais mucuna-preta, semeada 100 dias após a semeadura do milho.

Atualmente, entre as diversas leguminosas promissoras para adubação verde na região dos cerrados, destacam-se: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), guandu (*Cajanus cajan*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria achrolenca*, *Crotalaria paulina* e *Crotalaria spectabilis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) (Amabile et al. 2000).

Amabile et al. (2000), estudando o comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamento, na região dos cerrados verificaram que a *Crotalaria juncea* e o *Cajanus cajan* apresentaram as maiores produções de matéria seca e, que o atraso da semeadura reduz as fitomassas verde e seca produzidas pelas leguminosas, exceto pela mucuna-preta, podendo ser explicado pela sensibilidade dessa leguminosas à ação fotoperiódica e déficit hídrico.

Em áreas de inverno seco, o trigo pode apresentar efeitos positivos já no primeiro ano de cultivo em sistema de plantio direto. Também em condições de estiagem prolongada, tanto a soja como o milho podem apresentar melhores rendimentos já nos primeiros anos de plantio direto. Em áreas onde o plantio convencional vem sendo executado há vários anos, os rendimentos em sistema de plantio direto de milho e soja podem ser menores no 1º e 2º anos para, a partir do 3º



ano, igualarem-se aos rendimentos do plantio convencional, ou suplantá-los. Essa tendência de aumento de produtividade ao longo dos anos, bem como de estabilidade dos rendimentos, deve-se à melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, que indubitavelmente interferem nas relações solo-água-plantas, assim como na dinâmica dos nutrientes do solo, que repercutirão em condições ambientais mais favoráveis para que as plantas explorem todo seu potencial genético (Calegari, 2000).



3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e características gerais da área experimental

O presente ensaio foi instalado em 1997 na Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS/UNESP e teve acompanhamento no ano agrícola 1999/00. A área experimental está situada a margem direita do rio Paraná, no município de Selvíria-MS, localizada de acordo com as coordenadas geográficas $51^{\circ} 22'$ de longitude Oeste de Greenwich e $20^{\circ} 22'$ de latitude Sul e aproximadamente 335 m de altitude. O relevo é caracterizado por ser moderadamente plano a levemente ondulado. A temperatura média anual é de $23,7^{\circ}\text{C}$, sendo a média dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) de $25,7^{\circ}\text{C}$ e a dos mais frios (junho e julho) de $20,5^{\circ}\text{C}$. A precipitação média anual é de 1300 mm. O tipo climático segundo Köppen é Aw, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, estando a umidade relativa dos meses mais chuvosos entre 60 e 80%. A vegetação original encontrada na área foi descrita como sendo do tipo cerrado e o solo da área em estudo foi previamente classificado como Latossolo Vermelho - Escuro álico, textura argilosa (Demattê, 1980). Utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos EMBRAPA (1999), o solo utilizado no presente trabalho foi um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd), com os atributos que constam nas tabelas 1 e 2.



3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado, para cada cultura de verão foi o de blocos ao acaso, no esquema em faixas com parcelas subdivididas, com 10 tratamentos e 4 repetições (Figura 1). Os 10 tratamentos foram constituídos pela combinação de 4 adubos verdes + área de pousio e 2 sistemas de semeadura. As parcelas foram constituídas por quatro adubos verdes: mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy); milheto (*Pennisetum americanum* L.); crotalária (*Crotalaria juncea* L.); guandu (*Cajanus cajan* L.) e área de vegetação espontânea (pousio). As subparcelas foram constituídas pelos sistemas de semeadura direta e convencional (preparo do solo com grade aradora + grade niveladora). Cada subsubparcela teve a dimensão de sete metros de largura por seis metros de comprimento, espaçadas umas das outras por uma distância de sete metros, sendo a área útil constituída pela área central, desprezando-se duas linhas laterais em ambos os lados e 0,5 m em ambas as extremidades de cada linha da área útil. Para a cultura do feijão de inverno (*Phaseolus vulgaris* L.) as culturas anteriores soja (*Glycine Max* L.) e milho (*Zea mays* L.) foram consideradas como subsubparcelas.

Em junho de 1997 o solo da área experimental foi preparado através de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira após a aração e, a segunda antes da semeadura do feijão “de inverno” (*Phaseolus vulgaris* L.), visando a uniformização da área. Em setembro de 1997 foram semeados os quatro adubos verdes: milheto com espaçamento 0,17m entre linhas e densidade 0,37 g m⁻¹ de linha; guandu com espaçamento 0,50m entrelinhas e densidade 15 sementes por metro de sulco; crotalária com espaçamento de 0,50m entre linhas e densidade 30 sementes por metro linear e mucuna-preta com espaçamento 0,50 entre linhas e



densidade 7 sementes por metro de sulco, as quais sempre foram semeadas no início da estação das águas. Logo em seguida foi realizada a semeadura das culturas de verão: soja (*Glycine Max L.*) e milho (*Zea mays L.*). Após a colheita dessas culturas foi semeado novamente o feijão dando início a um novo ciclo. Em continuidade a proposta do trabalho iniciado em 1997, foi dado prosseguimento com acompanhamento durante o ano agrícola 1999/00.

A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi realizada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração as recomendações de Raij et al .(1996).

As irrigações foram realizadas, quando necessárias, através de um sistema de irrigação por aspersão convencional e os demais tratos culturais foram os normalmente recomendados às culturas e adubos verdes utilizados.

	Mucuna ↓	Crotalária ↓	Milheto ↓	Guandu ↓	Pousio ↓
Semeadura	Milho	Milho	Milho	Milho	Milho
Direta ⇒	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja
Semeadura	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja
Convencional ⇒	Milho	Milho	Milho	Milho	Milho

Figura 1. Esquema de campo de um bloco experimental

3.3- Condução da experimentação

A área experimental, anteriormente com vegetação de cerrado, foi desmatada no ano de 1978, sendo realizadas a calagem e a fosfatagem, onde foi utilizado o fosfato natural, e posteriormente cultivada com milho, arroz e feijão, sendo realizado no máximo dois cultivos ao ano, com isso, em sistema menos

intensivo do que o utilizado após a instalação do experimento. Por ocasião da semeadura dos adubos verdes em 1997 foi realizada coleta de solo para a determinação das características químicas da área, na camada de 0-0,20 m, as quais são apresentadas a seguir: $27,0 \text{ g dm}^{-3}$ de matéria orgânica; pH em CaCl_2 de 5,3; $13,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P; 1,1; 28,0 e $10,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente de K, Ca e Mg e 57 % de saturação por bases (Carvalho, 2000).

O solo inicialmente foi preparado através de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira após a aração e a segunda antes da semeadura dos adubos verdes, visando a uniformização da área. Nas áreas destinadas à semeadura direta foi aplicado o herbicida glifosato (3 l/ha).

A semeadura dos quatro adubos verdes ocorreu em 28/10/1999, os quais permaneceram vegetando até a data de 20/12/1999, quando foram coletadas amostras dos mesmos para a determinação da produção de matéria seca. Duas amostras dos adubos verdes foram coletadas com o auxílio de uma armação de ferro (1 m^2 da área útil por subparcela). Em 21/12/1999, nas áreas destinadas à semeadura direta, foi aplicado o herbicida glifosato (3 l/ha), visando a dessecação dos adubos verdes. Nas áreas destinadas à semeadura convencional, realizou-se a roçada dos adubos verdes e em seguida realizou-se o preparo do solo com uma gradagem pesada e duas gradagens leves. A semeadura direta e a convencional das culturas da soja e do milho ocorreram em 03/01/2000.

Para a cultura do milho utilizou-se o híbrido AG-509, empregando-se 5 sementes por metro de sulco de semeadura, com espaçamento entrelinhas de 0,90 m. A adubação básica de semeadura foi de 300 kg/ha da fórmula 08-28-16 e aos 36 dias após a emergência das plântulas efetuou-se a adubação de cobertura com a aplicação de 50 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio. A colheita da cultura do



milho ocorreu em 25/05/2000.

Para a cultura da soja utilizou-se o cultivar Uirapuru, empregando-se 22 sementes por metro de sulco, com espaçamento entrelinhas de 0,45 m. A adubação básica no sulco de semeadura foi de 20 kg/ha de P_2O_5 (superfosfato simples), 4,5 kg/ha de uréia e 60 kg/ha de K_2O (cloreto de potássio). A cultura da soja foi colhida em 25/05/2000.

Para as culturas da soja e milho foram realizadas capinas manuais visando manter as culturas no limpo. Na cultura da soja os tratamentos fitossanitários visaram o controle de percevejos (*Nezara viridula* L.) e de lagartas (*Anticarsia gematalis* Hueb.), conforme Athayde (1986). Os tratamentos fitossanitários da cultura do milho foram realizados visando o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith).

Após a colheita de todas as culturas realizou-se a roçada dos restos culturais. Em 28/05/2000 nas áreas de semeadura direta aplicou-se o herbicida pramato (2.000 g/ha + sueeper 40 g/ha + espalhante iHg 0,2%) e nas áreas de semeadura convencional foi realizado o preparo do solo com uma gradagem pesada e duas gradagens leves.

Em 21/06/2000 realizou-se a semeadura da cultura do feijão de inverno. Utilizou-se o cultivar Pérola empregando-se 16 sementes por metro de sulco, com espaçamento entrelinhas de 0,50 m. A adubação básica no sulco de semeadura foi de 240 kg/ha da fórmula 04-30-10 e aos 25 dias após a emergência das plântulas realizou-se a adubação de cobertura aplicando-se 50 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio. Em 27/09/2000 foi realizada a colheita da cultura do feijão de inverno. Os tratamentos fitossanitários foram realizados visando o controle preventivo das principais pragas e doenças da cultura na região, como: mosca



branca (*Bemisia tabaci*), vaquinhas (*Diabrotica speciosa*), ferrugem (*Uromyces phaseoli*), mancha angular (*Isariopsis griseola*) e antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). As culturas de verão e a cultura do feijão de inverno foram irrigadas por um sistema de aspersão convencional, sendo que as irrigações foram realizadas de acordo com a fase e necessidade hídrica das culturas.

3.4. Avaliações

No decorrer do período experimental foram realizadas as seguintes avaliações:

3.4.1. - Avaliações físicas e químicas do solo

3.4.1.1 Densidade do solo, porosidade e resistência à penetração.

As amostras, para fins de determinação das propriedades físicas e químicas do solo foram retiradas depois da colheita das culturas de verão (02 e 03/06/2000). As análises foram realizadas nos laboratórios de Fertilidade e de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Rural da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP.

Amostras com estrutura natural foram coletadas nas bordaduras das parcelas, entressulcos, com o auxílio de anéis volumétricos, para a determinação de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo. Coletou-se uma amostra por subparcela para cada um dos três intervalos de profundidade analisados (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m). Na seqüência as amostras foram embaladas em tecido e encaminhadas ao laboratório.

A densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, foram determinadas pelo método descrito em EMBRAPA (1979).

Foi avaliada também a resistência à penetração usando o penetrógrafo



– Modelo Penetrographer pat SC-60, nas profundidades de 0-0,15; 0,15-0,30; 0,30-0,45 e 0,45-0,60 m.

A umidade do solo a base de massa foi avaliada nas mesmas profundidades e no mesmo dia da avaliação da resistência à penetração. O método empregado foi o de pesagem (EMBRAPA, 1979).

3.4.1.2 Matéria orgânica, pH e acidez potencial do solo.

A acidez potencial (H+Al) foi determinada segundo metodologia descrita por Raij e Zullo (1977). A matéria orgânica foi determinada conforme o procedimento descrito por Raij & Quaggio (1983). Todas as determinações foram feitas a três profundidades: 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, levando-se em consideração que os efeitos dos sistemas culturais, sistema de manejo, bem como das coberturas vegetais, ocorrem principalmente nos primeiros 0,40 m do perfil do solo. O pH foi determinado potenciometricamente em solução de CaCl_2 0,01 M.

3.4.2 - Adubos verdes

Através da coleta de matéria verde das plantas contidas em $1,0 \text{ m}^2$, de dois pontos da área útil de cada subparcela, foi determinado o peso de matéria seca (estufa a $60-70^\circ\text{C}$, até atingir peso em equilíbrio), na época do manejo dos mesmos. O manejo constou de: semeadura direta a dessecação e, na convencional a incorporação com a grade aradora (52 dias após a semeadura, no ano de 1999), e os dados transformados em kg/ha.

3.4.3 - Análise da matéria seca e produção de grãos

3.4.3.1 – Cultura da soja, milho e feijão



Peso da matéria seca de plantas: no final do ciclo das culturas foram coletadas ao caso 10 plantas da área útil de cada subparcela, que foram levadas ao laboratório, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocados para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C, até atingir peso constante.

Produção de grãos: as plantas da área útil de cada subparcela foram contadas, colhidas e submetidas à trilhagem mecânica, os grãos foram pesados e os dados expressos em kg/ha (13% base úmida).



4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Densidade do solo, Porosidade , Resistência à penetração e umidade do solo

Os valores médios da densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo, em função dos adubos verdes, tipo de semeadura, cultura de verão e profundidade, encontram-se na Tabela 01. Pode-se verificar que para todas as características avaliadas, os adubos verdes foram semelhantes estatisticamente. Carvalho (2000), trabalhando nesta mesma área, em anos anteriores obteve resultados semelhantes.

Para a semeadura verificou-se (Tabela 01) que a direta apresentou valor médio de densidade do solo estatisticamente superior a convencional. Com relação à macroporosidade e porosidade total, a semeadura convencional apresentou valores superiores estatisticamente em relação a semeadura direta e, a microporosidade apresentou valores semelhantes nos dois sistemas de semeadura. As áreas de cultura de verão não diferiram estatisticamente. O valor médio de macroporosidade e porosidade total da área com a cultura do milho foi semelhante ao da área de soja. Carvalho (2000), nesta mesma área, obteve resultados semelhantes. Para microporosidade ocorreu comportamento diferente estatisticamente em relação às culturas.

A profundidade com maior densidade do solo (Tabela 01) foi a de 0,10-0,20 m, significativamente superior às demais. A profundidade de 0-0,10 m apresentou valor intermediário e diferiu da profundidade de 0,20-0,40 m, a qual teve o menor valor. A macroporosidade foi semelhante nas profundidades de 0-0,10 m e



Tabela 01. Valores médios de densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, em função do adubo verde e tipo de semeadura da cultura de verão e da profundidade do solo, avaliados no município de Selvíria- MS.

Tratamentos	Densidade do Solo	Porosidade		
		Macro	Micro	Total
	Kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³	
Adubo verde				
Guandu	1,49 a	0,12 a	0,31 a	0,43 a
Crotalária	1,47 a	0,12 a	0,30 a	0,42 a
Mucuna	1,48 a	0,12 a	0,30 a	0,42 a
Milheto	1,46 a	0,12 a	0,30 a	0,42 a
Pousio	1,48 a	0,12 a	0,30 a	0,42 a
DMS – Tukey a 5%	0,055	0,0016	0,0019	0,0019
Semeadura				
Direta	1,52 a	0,11 b	0,30 a	0,41 b
Convencional	1,44 b	0,13 a	0,30 a	0,43 a
DMS – Tukey a 5%	0,017	0,0079	0,0057	0,0063
Cultura				
Soja	1,47 a	0,12 a	0,31 a	0,42 a
Milho	1,48 a	0,12 a	0,30 b	0,42 a
DMS – Tukey a 5%	0,018	0,0079	0,0057	0,0063
Profundidade (m)				
0-0,10	1,47 b	0,14 a	0,29 c	0,43 b
0,10-0,20	1,60 a	0,08 b	0,30 b	0,38 c
0,20-0,40	1,37 c	0,14 a	0,31 a	0,45 a
DMS – Tukey a 5%	0,026	0,0016	0,0083	0,0092
C.V. (%)	5,66	25,04	8,77	8,95

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

profundidade 0,10-0,20 m. Na microporosidade, verificou-se diferenças significativas estatisticamente entre as profundidades. Os maiores valores foram observados na profundidade 0,20-0,40 m, seguido da profundidade 0,10-0,20 m e os menores valores na profundidade 0-0,10 m. Com relação à porosidade total também verificou-se diferenças significativas estatisticamente entre as profundidades. O maior valor para a porosidade total foi observado na profundidade 0,20-0,40 m e o menor na profundidade de 0,10-0,20 m.

Os valores das propriedades físicas analisadas no ano 1997 foram: densidade do solo $1,47 \text{ kg dm}^{-3}$; macroporosidade $0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; microporosidade $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e porosidade total $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e, no ano 2000 foram: densidade do solo $1,48 \text{ kg dm}^{-3}$; macroporosidade $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; microporosidade $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e porosidade total $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Como pode ser observado os valores são bem próximos, ocorrendo um aumento na macroporosidade no ano 2000.

Na Tabela 02 estão apresentados os dados referentes ao desdobramento da interação entre sistema de semeadura e adubo verde, para análise de variância referente a densidade do solo. Nota-se, na semeadura direta e convencional, valores semelhantes entre quase todos os dados de densidade do solo nos adubos verdes, não apresentando diferença significativa estatisticamente. A exceção da mucuna-preta que apresentou diferença significativa estatística, sendo superior na semeadura direta, na semeadura convencional a densidade do solo foi inferior estatisticamente, na área com mucuna preta comparada com os outros adubos verdes.



Tabela 02. Desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura, referente a densidade do solo, no município de Selvíria – MS.

Adubo Verde	Semeadura	
	Direta	Convencional
Densidade do solo (kg dm ⁻³)		
Guandu	1,51 a A	1,44 a A
Crotalária	1,52 a A	1,43 a A
Mucuna	1,53 a A	1,41 b B
Milheto	1,53 a A	1,44 a A
Pousio	1,51 a A	1,46 a A
DMS – Tukey a 5%	0,45	0,011
C.V. (%)	9,57 (na linha)	9,47 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Na Tabela 03 estão apresentados os dados referentes ao desdobramento da interação entre a profundidade e sistema de semeadura, para a análise de variância referente á densidade do solo. Nota-se, diferença significativa entre as profundidades nos sistemas de semeadura estudados. Na semeadura direta a diferença é significativa estatisticamente para a densidade do solo, na profundidade 0,20-0,40 m, apresentando menor valor comparada as demais. Já na semeadura convencional a densidade do solo na profundidade 0-0,10 m e 0,20-0,40 m é significativa estatisticamente comparada com a profundidade de 0,10-0,20 m. Nota-se maior valor da densidade do solo na profundidade de 0,10-0,20 m e, valores menores e próximos nas outras duas. O maior valor de densidade do solo nos sistemas de semeadura ocorreu na profundidade de 0,10-0,20 m e os

Tabela 03. Desdobramento da interação significativa profundidade com sistema de
semeadura, referente a densidade do solo, no município de Selvíria –
MS.

Profundidade (m)	Semeadura	
	Direta	Convencional
	Densidade (kg dm ⁻³)	
0-0,10	1,59 a A	1,43 b B
0,10-0,20	1,60 a A	1,62 a A
0,20-0,40	1,37 a B	1,35 a C
DMS – Tukey a 5%	0,028	0,029
C.V. (%)	5,87 (na linha)	4,82 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

menores valores na profundidade de 0,20-0,40 m. Esse aumento da densidade do solo na profundidade de 0,10-0,20 m, pode ser explicado pelo uso intensivo de implementos agrícolas e o tráfego excessivo de máquinas pesadas, em condições inadequadas de umidade, o que propiciou a degradação da estrutura do solo e a sua conseqüente compactação subsuperficial. Esse mesmo tipo de comportamento foi observado por Centurion & Demattê (1985), Centurion (1987), Hakoyama et al. (1995), Albuquerque et al. (1995) e Cavenage et al. (1999). Carvalho (2000) nesta mesma área, em dois anos de trabalho, obteve valores semelhantes, concordando com os resultados do presente trabalho.

Na Tabela 04 está apresentado o desdobramento da interação profundidade e semeadura referente a macroporosidade. Ocorreram diferenças significativas entre as semeaduras utilizadas, nas profundidades estudadas, sendo

Tabela 04. Desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com profundidade, referente a macroporosidade do solo, no município de Selvíria – MS.

Profundidade (m)	Semeadura	
	Direta	Convencional
	Macroporosidade (m^3m^{-3})	
0-0,10	0,09 b B	0,19 a A
0,10-0,20	0,09 a B	0,07 b C
0,20-0,40	0,15 a A	0,13 b B
DMS – Tukey a 5%	0,012	0,013
C.V. (%)	23,73 (na linha)	25,48 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

que a semeadura convencional proporcionou maior volume de macroporos na profundidade 0-0,10 m. Comportamento semelhante foi observado por Hakoyama et al. (1995), Daros et al. (1997) e Cavenage et al. (1999), que relataram ter a mobilização do solo provocado aumento de volume de poros, principalmente macroporos, e conseqüentemente diminuição da densidade do solo. Na semeadura direta observou-se o mesmo volume de macroporos nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, as quais apresentaram volume de macroporos significativamente inferior à profundidade de 0,20-0,40 m. O volume de macroporos observado nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m ($0,09 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$) na semeadura direta e, ainda, 0,10-0,20 m na semeadura convencional ($0,07 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$) encontram-se abaixo da faixa considerada ideal, a qual segundo Baver et al. (1972) e Kiehl (1979), é de 0,10 a $0,16 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para que haja um bom desenvolvimento de plantas.

No desdobramento da interação significativa semeadura com

profundidade, referente à macroporosidade do solo na semeadura direta realizado por Carvalho (2000), nesta mesma área, os valores encontrados foram: $0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade de 0 -0,10 m; $0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0,10-0,20 m e, $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0,20-0,40 m. Na semeadura convencional de $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0- 0,10 m; $0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0,10-0,20 m e, $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0,20-0,40 m. Comparando estes valores com os dados deste trabalho observa-se um aumento da macroporosidade em todas as profundidades no caso do plantio direto. Já para semeadura convencional manteve-se o mesmo valor na profundidade de 0,10-0,20m e 0,20-0,40m. Isto significa que está havendo uma melhoria das propriedades físicas na área com plantio direto e, no preparo convencional as condições, que não são ideais para o desenvolvimento das plantas, continuam sem alterações.

Na Tabela 05 consta o desdobramento da interação profundidade e semeadura, referente a microporosidade. Pode-se verificar que dentro das profundidades ocorreram diferenças significativas entre as semeaduras, com relação ao volume de microporos, com exceção da profundidade de 0,10-0,20 m. Nas outras profundidades os volumes de microporos diferiram entre si. Os resultados obtidos, a exceção da profundidade de 0,10-0,20 m, discordam de Daros et al. (1997), pois os autores não verificaram, após cinco anos de estudo, diferenças significativas no volume de microporos, entre as semeaduras direta e convencional, nas profundidades de 0-0,07; 0,07-0,14 e 0,14-0,21 m. Para a semeadura convencional o maior volume de microporos foi observado na profundidade de 0,20-0,40 m, sendo esta estatisticamente superior as demais. Já Carvalho (2000), trabalhando nesta mesma área, observou diferença significativa estatisticamente só para a profundidade de 0-0,10 m. Nesta mesma área em anos anteriores, Carvalho (2000)



Tabela 05. Desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com profundidade, referente a microporosidade do solo, no município de Selvíria – MS.

Profundidade (m)	Semeadura	
	Direta	Convencional
	Microporosidade (m³ m⁻³)	
0-0,10	0,30 a A	0,28 b C
0,10-0,20	0,30 a A	0,31 a B
0,20-0,40	0,30 b A	0,33 a A
DMS – Tukey a 5%	0,012	0,013
C.V. (%)	7,72 (na linha)	7,54 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

observou os seguintes valores: 0,32 m³ m⁻³ nas profundidades 0-0,10 m e 0,10-0,20 m e 0,34 m³ m⁻³ na profundidade 0,20-0,40 m. Na semeadura convencional 0,30 m³ m⁻³ na profundidade 0-0,10 m; 0,32 m³ m⁻³ na profundidade 0,10-0,20 m e, 0,34 m³ m⁻³ na profundidade 0,20-0,40 m. Comparando estes valores com os dados deste trabalho observa-se uma diminuição em todos os resultados.

Na Tabela 06 está apresentado o desdobramento da interação entre semeadura e profundidade, referente a porosidade total do solo. Pode- se verificar que somente na profundidade de 0-0,10 m ocorreu diferença significativa entre as semeaduras, sendo que a semeadura convencional foi a que apresentou maior porosidade total. Esse comportamento pode ser explicado pelo revolvimento do solo que ocorreu na semeadura convencional, como já comentado anteriormente por ocasião da apresentação dos resultados da densidade do solo. Dentro da semeadura direta nota-se que não ocorreu diferença significativa para porosidade

total entre as profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m. Entretanto, o volume total de poros existente nestas profundidades foi significativamente inferior ao observado na profundidade de 0,20-0,40 m. Na semeadura convencional verificou-se que a profundidade de 0,10-0,20 m foi significativamente inferior às profundidades de 0-0,10 e 0,20-0,40 m, as quais diferiram estatisticamente entre si. Pode-se notar a íntima relação entre a densidade do solo e a porosidade total do solo. Quando ocorre o aumento da densidade do solo, tem-se uma diminuição do volume total de poros, o que também foi observado por Albuquerque et al. (1995).

Tabela 06. Desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com profundidade, referente a porosidade total, no município de Selvíria – MS.

Profundidade (m)	Semeadura	
	Direta	Convencional
	Porosidade (m^3m^{-3})	
0-0,10	0,39 b B	0,47 a A
0,10-0,20	0,39 a B	0,38 a B
0,20-0,40	0,45 a A	0,46 a A
DMS – Tukey a 5%	0,013	0,011
C.V. (%)	5,83 (na linha)	6,07 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

No desdobramento da interação significativa entre semeadura e profundidade, referente a porosidade total do solo na semeadura direta realizada por Carvalho (2000), nesta mesma área, foi $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0-0,10 m; $0,39$

$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0,10-0,20 m e $0,49 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0,20-0,40 m. Na semeadura convencional $0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade de 0-0,10 m; $0,39 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0,10-0,20 m e $0,46 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade 0,20-0,40 m. Observando os dados do presente trabalho nota-se valores muito próximos.

Na Tabela 07 estão os valores médios da resistência à penetração, em função do adubo verde, tipo de semeadura da cultura de verão e da profundidade do solo avaliada. Para os adubos verdes verificou-se diferença estatisticamente significativa, sendo a menor resistência à penetração na área que foi usado o adubo verde milheto e uma maior resistência à penetração na área de pousio. Isto mostra a importância do adubo verde para diminuir a compactação do solo. Na semeadura verificou-se significância à resistência à penetração, sendo maior na direta. Avaliando a influência da cultura, observou-se estatisticamente uma menor resistência à penetração na área cultivada com milho. Já nas profundidades avaliadas, a menor resistência à penetração foi na de 0,45-0,60 m e a maior na camada superficial 0-0,15 m, isto confirma a compactação do solo por tráfego de máquinas.

Na Tabela 08 está apresentado o desdobramento da interação profundidade com sistema de semeadura, referente a resistência à penetração. Verificou-se que dentro das profundidades, ocorreu diferença significativa entre as semeaduras com relação a resistência à penetração. Na semeadura direta a resistência à penetração foi diminuindo à medida que foi aumentando a profundidade, isto acontece por causa da compactação da camada superficial do solo. Já na semeadura convencional a resistência foi estatisticamente maior na profundidade 0,15-0,30 m e menor nas profundidades 0-0,15 e 0,45-0,60 m. A menor resistência à penetração na camada superficial (0-0,15 m) foi causada devido ao revolvimento da camada arável do solo.



Tabela 07. Valores médios da resistência à penetração, em função do adubo verde, tipo de semeadura, da cultura de verão e da profundidade do solo avaliada, no município de Selvíria – MS.

Tratamentos	Resistência à penetração (MPa)
Adubo verde	
Guandu	3,6 b
Crotalária	3,9 ab
Mucuna	3,7 ab
Milheto	3,5 b
Pousio	4,3 a
DMS - Tukey a 5%	1,4
Semeadura	
Direta	4,0 b
Convencional	3,6 a
DMS - Tukey a 5%	0,3
Cultura	
Soja	4,1 a
Milho	3,5 b
DMS Tukey a 5%	0,3
Profundidade	
0-0,15	4,5 a
0,15-0,30	4,4 a
0,30-0,45	3,4 b
0,45-0,60	3,0 b
DMS Tukey a 5%	0,4
C.V. (%)	30,22

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.



Tabela 08. Desdobramento da interação significativa profundidade com sistema de semeadura, referente a resistência à penetração, no município de Selvíria – MS.

Profundidade (m)	Semeadura	
	Direta	Convencional
	Resistência à penetração (MPa)	
0-0,15	5,3 a A	3,7 b A B
0,15-0,30	4,7 a A	4,0 b A
0,30-0,45	3,2 a B	3,4 a A B
0,45-0,60	2,7 a B	3,2 a B
DMS – Tukey a 5%	0,6	0,7
C.V. (%)	31,31 (na linha)	30,42 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Na Tabela 09 está apresentada os valores médios da umidade do solo em função do adubo verde, tipo de semeadura, da cultura de verão e da profundidade do solo avaliada. Não verificou-se diferenças significativas entre os adubos verdes. As semeaduras utilizadas também não influenciaram significativamente os valores da umidade do solo. Com relação às culturas foi observados valores próximos não sendo significativo estatisticamente. Ocorreu aumento da umidade nas profundidades de 0,30-0,45 m e 0,45-0,60 m sendo uma diferença significativa estatisticamente. O menor valor da umidade foi observado na profundidade 0,15-0,30 m.

Tabela 09. Valores médios da umidade do solo, em função do adubo verde, tipo de semeadura, da cultura de verão e da profundidade do solo avaliada, no município de Selvíria – MS.

Tratamentos	Umidade do solo (%)
Adubo verde	
Guandu	18,09 a
Crotalária	18,97 a
Mucuna	18,73 a
Milheto	18,34 a
Pousio	18,71 a
DMS - Tukey a 5%	1,1
Semeadura	
Direta	18,78 a
Convencional	18,37 a
DMS - Tukey a 5%	0,56
Cultura	
Soja	18,46 a
Milho	18,68 a
DMS Tukey a 5%	0,85
Profundidade	
0-0,15	17,45 b
0,15-0,30	16,19 b
0,30-0,45	19,69 a
0,45-0,60	20,59 a
DMS Tukey a 5%	2,0
C.V. (%)	10,46

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

4.2. Matéria Orgânica, pH e acidez potencial do solo

Os valores médios de matéria orgânica, pH e hidrogênio+alumínio, em função do adubo verde, tipo de semeadura, cultura de verão e profundidade do solo avaliada, podem ser observados na Tabela 10. Não houve diferença significativa entre os adubos verdes para o teor de matéria orgânica. Os sistemas de cultivo diferiram significativamente quanto ao teor de matéria orgânica do solo, sendo que o convencional apresentou um valor inferior ao plantio direto. A área com a cultura de soja e milho não diferiu significativamente quanto ao teor de matéria orgânica no solo. Em relação à profundidade, verificou-se diminuição do teor de matéria orgânica do solo com aumento da profundidade e acúmulo de matéria orgânica em superfície, ou seja, na profundidade de 0-0,10 m, isto é explicado pela ausência de revolvimento do solo e conseqüente deposição superficial dos restos de culturas, corroborando com resultados verificados por Alves (1992), Muzilli (1993) e Eltz et al. (1989). Resultados similares foram encontrados por Bayer & Scheneider (1999) no RS, os quais demonstraram que a utilização do plantio direto durante três a sete anos, resultou num incremento nos conteúdos de matéria orgânica entre 25 e 108% na camada de 0-0,025 m e de 18-52% na camada de 0-0,10 m, comparativamente ao solo sob preparo convencional. Estes resultados, reforçam a premissa de que a recuperação dos teores de matéria orgânica, além de ser dependente da palhada utilizada e das condições edafoclimáticas, ocorre em função do tempo de adoção do sistema.

Para o pH não se verificou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os adubos (Tabela 10). As semeaduras utilizadas influenciaram significativamente os valores do pH do solo. Com relação às culturas, o menor valor de pH foi observado



Tabela 10. Valores médios de matéria orgânica, pH e H+Al, em função do adubo verde, tipo de semeadura, cultura de verão e da profundidade do solo avaliados no município de Selvíria- MS.

Tratamentos	Matéria Orgânica (g dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	H+Al (mmol _c dm ⁻³)
Adubo verde			
Guandu	24,2 a	5,66 a	33,0 a
Crotalária	24,8 a	4,69 a	36,0 a
Mucuna	24,0 a	4,75 a	33,0 a
Milheto	25,5 a	4,80 a	33,0 a
Pousio	24,8 a	4,77 a	33,0 a
DMS – Tukey a 5%	3,62	1,92	3,85
Semeadura			
Direta	26,7 a	5,13 a	33,0 b
Convencional	22,7 b	4,73 b	34,0 a
DMS- Tukey a 5%	0,13	0,73	1,0
Cultura			
Soja	24,6 a	4,66 a	34,0 a
Milho	24,7 a	5,20 a	33,0 b
DMS- Tukey a 5%	0,13	0,73	1,0
Profundidade (m)			
0-0,10	30,0 a	4,63 b	40,0 a
0,10-0,20	25,1 b	4,70 b	34,0 b
0,20-0,40	18,9 c	5,47 a	28,0 c
DMS- Tukey a 5%	0,19	1,07	1,6
C.V. (%)	20,09	5,47	2,52

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

na área da cultura da soja, não sendo este valor significativo estatisticamente. Verificou-se também que ocorreu aumento do pH com o aumento da profundidade do solo analisado, devido a perda do efeito da calagem na superfície. Carvalho (2000), em trabalhos realizados nesta mesma área, observou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os adubos, onde a mucuna mostrou menor valor de pH. As sementeiras utilizadas também influenciaram significativamente os valores do pH do solo. Com relação às culturas, o menor valor do pH foi observado na área que foi plantada a cultura do milho. Já em profundidade, os resultados foram semelhantes.

A acidez total foi semelhante para todas as áreas de adubos verdes. Foi observada diferença significativa entre as sementeiras para acidez total. A área com a cultura da soja foi a que apresentou maior acidez total, sendo significativamente superior a área com a cultura do milho. Também para acidez total observou-se menor valor com o aumento da profundidade do solo analisado. Carvalho (2000), nesta mesma área, também observou diminuição da acidez total com o aumento da profundidade. O mesmo autor, no ano de 1997, encontrou as seguintes médias: matéria orgânica 23 g dm^{-3} ; pH 5,22; $\text{H} + \text{Al}$ $24,24 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Na Tabela 11 está apresentado o desdobramento da interação entre cultura e sementeira referente ao teor $\text{H} + \text{Al}$ do solo. Observa-se que dentro das culturas apenas para a área da soja ocorreu diferença significativa entre as sementeiras, onde a sementeira direta apresentou teor de $\text{H} + \text{Al}$ significativamente inferior ao da sementeira convencional. Dentro da sementeira direta a área de milho apresentou teor de acidez potencial superior a área de soja. Na área de sementeira convencional a maior acidez foi observada na área da soja, sendo esta acidez significativamente maior do que a observada na área de milho. Na sementeira direta,



Tabela 11: Desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com culturas de verão, referente ao H+Al, no município de Selvíria – MS.

Culturas	Semeadura	
	Direta	Convencional
H + Al (mmol _c dm ⁻³)		
Soja	31,0 b A	38,0 a A
Milho	34,0 a A	31,0 a B
DMS- Tukey a 5%	1,0	1,1
C.V. (%)	3,77 (na linha)	3,66 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

para a cultura da soja, foi estatisticamente inferior à acidez potencial comparada com a convencional. Pode-se atribuir a mais rápida incorporação de matéria orgânica na semeadura convencional, aumentando com isso a CTC do solo. Já na semeadura convencional a área com soja apresentou estatisticamente maior teor de H+Al do que a área cultivada com milho, isto pode ser por causa da rápida decomposição da matéria seca da soja.

No desdobramento da interação significativa sistema de semeadura com culturas de verão, referente ao H+Al realizado por Carvalho (2000), nesta mesma área no ano de 1997, na semeadura direta com milho foi 32,3 mmol_c dm⁻³ e com soja 29,4 mmol_c dm⁻³. Na semeadura convencional com milho 27,8 mmol_c dm⁻³ e com soja 29,2 mmol_c dm⁻³.



4.3- Adubos verdes

Na Tabela 12 estão apresentados os valores médios da produção de matéria verde e matéria seca dos adubos verdes no ano de 1999. Foram observados efeitos significativos entre adubos verdes no ano de experimentação. O milho apresentou uma produção de matéria verde e matéria seca superior e com diferença estatisticamente significativa, comparada aos demais tratamentos. França & Madureira (1989), trabalhando com milho, produziram em área de cerrado, sem adubação, 4510 kg/ha de matéria seca, produção essa inferior à observada no presente experimento, a qual foi de 10709 kg/ha. Porém, esta produção foi semelhante às observadas nesta mesma área no ano de 1997 (10024 kg/ha) e no ano de 1998 (10316 kg/ha), obtidas por Carvalho (2000). A produção de matéria seca do guandu foi de 950 kg/ha. Se comparadas a produção obtida com as produções de outros autores, verifica-se que esta foi baixa, pois Carvalho et al. (1996) obtiveram produção de matéria seca variando de 4500 a 8950 kg/ha, trabalhando em região de cerrado e com o mesmo tipo de solo. Carvalho (2000) trabalhando nesta mesma área nos anos de 1997 e 1998, encontrou valores também baixos (2900 kg/ha).

Com relação à produção média de matéria seca da crotalária, esta foi em média 2476 kg/ha. Comparando com Carvalho (2000), nesta mesma área, obteve o autor produções variando de 6047 kg/ha no ano de 1997 e, 4225 kg/ha no ano de 1998 e, Carvalho et al. (1996) obtiveram produções variando de 5975 a 6925 kg/ha, com manejo no florescimento pleno. Essas produções, dos autores citados, foram superiores a observada no presente experimento.



Tabela 12. Valores médios de matéria verde e matéria seca dos adubos verdes, estudados em 1999, no município de Selvíria – MS.

Adubo Verde	Matéria Verde	Matéria seca
	(kg/ha)	
Guandu	3652 b	950 b
Crotalária	11182 b	2476 b
Mucuna	6233 b	1294 b
Milheto	54154 a	10709 a
Pousio	7352 b	1430 b
C.V. (%)	38,97	41,98

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

A produção de matéria seca da mucuna-preta também foi menor se comparada às produções obtidas por outros autores (Wutke, 1993; Arf et al., 1999; Carvalho, 2000).

Essa produção inferior do guandu, crotalária e mucuna-preta provavelmente ocorreu por causa da época do plantio e menor tempo utilizado no presente experimento (52 dias), tendo assim menor período para o acúmulo de massa. A menor produção de matéria seca pode também estar relacionada a densidade de semeadura, pois de acordo com Carvalho (2000), para se obter melhor rendimento de matéria seca, da mucuna-preta e do guandu, o autor sugere que estes sejam semeados com 0,25 m de espaçamento entrelinhas.

A produção de matéria seca na época de pousio é dependente do tipo de vegetação presente. Em 1997 e 1998 na área de pousio do presente experimento, predominaram o colônio (*Panicum maximum* Jacq.) e a brachiaria

(*Brachiaria decumbens* Stapf. Prain), com uma produção média de matéria seca de 4660 a 4787 kg/ha, respectivamente. Carvalho et al. (1996) verificaram, nas áreas de vegetação espontânea, uma produção variando de 2153 a 5937 kg/ha em dois anos de avaliação. A produção de matéria seca na área com o pousio do presente trabalho foi de 1532 kg/ha. Essa diferença está relacionada ao tipo de vegetação espontânea encontrada na época.

O desdobramento da interação entre adubo verde e semeadura encontra-se apresentado na Tabela 13. Com relação a semeadura, verifica-se apenas que para a área de milho houve diferenças significativas entre as semeaduras, sendo a semeadura convencional superior em relação à semeadura direta. Essa diferença, provavelmente, ocorreu devido a maior densidade de plantas de milho, apresentando assim uma grande produção de matéria seca na área. Com relação à produção de matéria seca dos adubos verdes dentro de cada semeadura, observa-se (Tabela 13) que no ano estudado a produção de matéria seca do milho foi superior aos demais tratamentos, sendo que a menor produção de matéria seca foi a do guandu. As produções de matéria seca da mucuna-preta, guandu, crotalária e pousio foram semelhantes estatisticamente, porém, os menores valores absolutos foram verificados para o guandu. Essa menor produtividade de matéria seca pelo guandu pode ser justificada pelo período de tempo entre a semeadura e o manejo (52 dias), visto que para o guandu seria necessário um período maior (florescimento pleno 140-180 dias) (Calegari et al., 1993) para que o mesmo expressasse todo o seu potencial produtivo de matéria seca.



Tabela 13. Desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura referente a produção de matéria seca, no município de Selvíria – MS.

Adubo Verde	Semedura	
	Direta	Convencional
	Matéria Seca (ha)	
Guandu	851 a B	1049 a B
Crotalária	2248 a B	2703 a B
Mucuna	1116 a B	1472 a B
Milheto	8427 b A	12992 a A
Pousio	1223 a B	1532 a B
C.V. (%)	38,97 (na linha)	41,98 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

4.4. Produção de grãos

Os valores médios de produção de grãos das culturas de soja, milho, e feijão, encontram-se apresentados na Tabela 14. Observa-se que não houve diferença significativa estatística na produção de grãos com relação aos tratamentos. Apesar de não ter havido diferença significativa entre as produtividades, nota-se uma tendência a maior produtividade da cultura da soja e do milho no sistema de semeadura direta e maior produtividade na cultura do feijão no sistema de semeadura convencional. Carvalho (2000), nesta mesma área, obteve produtividade superior no sistema de semeadura convencional para a cultura de soja e milho,

Tabela 14. Valores médios de produção de grãos, em função do adubo verde e tipo de semeadura, no município de Selvíria- MS.

Tratamentos	Soja	Milho	Feijão
		grãos (kg/ha)	
Adubo verde			
Guandu	2199	4512	1790
Crotalária	2385	4618	1956
Mucuna	2216	4805	1923
Milheto	2082	4527	1707
Pousio	2187	4110	1865
DMS- Tukey a 5%	711	1316	450
Semeadura			
Direta	2378	4821	1791
Convencional	2050	4208	1906
DMS- Tukey a 5%	341	791	254
C.V. (%)	14,87	16,18	21,96

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey

embora no trabalho do referido autor, neste sistema de semeadura havia uma maior população de plantas, que provavelmente se traduziu em maior produtividade de grãos.

Na Tabela 15 está apresentado o desdobramento da interação adubo verde e semeadura referente a produção de grãos de soja. Observa-se que houve influência significativa dos adubos verdes mucuna e milheto na produção de soja,

comparando o sistema de semeadura direta e convencional, sendo que na semeadura convencional a produção foi menor. Nota-se que na semeadura direta não houve diferença significativa estatisticamente entre os adubos verdes. Já na semeadura convencional, verifica-se diferença significativa entre os adubos verdes. A maior produção de grãos de soja foi na área que tinha o adubo verde crotalária e a menor para o adubo verde milheto. Porém, ambos não diferiram do guandu, mucuna e pousio.

Tabela 15. Desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura, referente a produção de soja, no município de Selvíria- MS.

Adubo verde	Semeadura	
	Direta	Convencional
	Produção de grãos de soja (kg/ha)	
Guandu	2143 a A	2254 a AB
Crotalária	2296 a A	2473 a A
Mucuna	2564 a A	1868 b AB
Milheto	2547 a A	1615 b B
Pousio	2339 a A	2036 a AB
DMS- Tukey a 5%	586	715
C.V. (%)	14,96 (na linha)	17,71 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Na Tabela 16 está apresentado o desdobramento da interação entre cultura e semeadura, referente a produção de grãos de feijão. Verificou-se que, dentro da área da cultura da soja, não ocorreu diferenças significativas entre as semeaduras com relação a produção de feijão. Na área da cultura do milho,

Tabela 16. Desdobramento da interação significativa cultura de verão com sistema de semeadura, referente a produção de feijão, no município de Selvíria-MS.

Culturas	Semeadura	
	Direta	Convencional
	___Produção de grãos de feijão (kg/ha)___	
Soja	2057 a A	1743 a B
Milho	1525 b B	2087 a A
DMS- Tukey a 5%	374	206
C.V. (%)	22,50 (na linha)	22,36 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

observou-se que a semeadura convencional apresentou maior produção de feijão, significativa estatisticamente, comparada a direta. Dentro da semeadura direta a produção de feijão foi estatisticamente maior na área que foi cultivada a cultura da soja. Dentro da semeadura convencional a produção de feijão foi estatisticamente maior na área que foi cultivada a cultura do milho. Carvalho (2000), trabalhando nesta mesma área, na interação entre semeadura e cultura, não verificou efeito significativo na produtividade de grãos, mas houve efeito significativo sobre a matéria seca de plantas, altura de plantas, número de grãos/vagem e massa de 100 grãos.

4.5. Produção de palhas

Na Tabela 17 encontram-se as médias da produção de palha produzida pelas diferentes culturas, nas duas épocas de cultivo (inverno/primavera e verão). As quantidades de palha produzida pela cultura da soja e do milho não diferiram estatisticamente nos tratamentos com adubos verdes, embora a soja apresentou uma menor produção de palha na área que foi semeada sobre resíduo de pousio e uma maior produção na área que foi semeada sobre resíduo de milheto. Já no milho verificou uma maior produção de palha na área que foi semeado sobre resíduo de mucuna e menor produção na área que foi semeado sobre resíduo de milheto. Na cultura do feijão a produção de palha mostrou-se estatisticamente superior a semeada sobre resíduo de pousio e inferior a semeada sobre resíduo de guandu.

A produção de palha de feijão, em função da cultura de verão está na Tabela 18. Houve diferença significativa na produção de palha de feijão, indicando aumento da mesma em função da cultura da soja quando comparada com a cultura do milho, neste caso a produção de grãos de feijão também foi maior na área cultivada com soja anteriormente.



Tabela 17. Valores médios da produção de palha, em função do adubo verde e tipo de semeadura, no município de Selvíria- MS.

Tratamentos	Soja	Milho	Feijão
		Palha (kg/ha)	
Adubo verde			
Guandu	3009	7359	1480 b
Crotalária	3571	6596	1902 ab
Mucuna	3467	7577	1956 ab
Milheto	3619	5859	1920 ab
Pousio	2858	6695	2064 a
DMS- Tukey a 5%	1412	2595	490
Semeadura			
Direta	3197	7473 a	1745 b
Convencional	3412	6161 b	1984 a
DMS- Tukey a 5%	1379	1247	166
C.V. (%)	16,98	22,57	21,95

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey

Tabela 18. Valores médios da produção de palha de feijão, em função da cultura de verão, no município de Selvíria – MS.

	Produção de palha de feijão (kg/ha)
Culturas	
Soja	2103 a
Milho	1627 b
DMS- Tukey a 5%	185
C.V. (%)	22,50

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Na Tabela 19 tem-se a avaliação do desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura, referente a produção de palha de soja. Os adubos verdes não apresentaram diferença estatisticamente significativa de produção de palha de soja nos sistemas de semeadura. As semeaduras apresentaram diferenças significativas com relação a produção de palha de soja, sendo que na semeadura direta onde foi cultivado o adubo verde milheto apresentou uma diferença estatisticamente significativa comparada com o adubo verde guandu. Na semeadura convencional onde foi cultivado os adubos verdes crotalária e milheto a produção de palha de soja foi maior estatisticamente comparada com a área de pousio.

Tabela 19. Desdobramento da interação significativa adubo verde com sistema de semeadura, referente a produção de palha de soja, no município de Selvíria – MS.

Adubo verde	Semeadura	
	Direta	Convencional
	Matéria Seca (kg/ha)	
Guandu	2737 a B	3280 a B
Crotalária	3417 a B	3725 a A
Mucuna	3429 a B	3505 a B
Milheto	3567 a A	3672 a A
Pousio	2836 a B	2880 a B
DMS- Tukey a 5%	790,6	740,2
C.V. (%)	23,98 (na linha)	22,45 (na coluna)

Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos nas condições experimentais, pode considerar que:

- 1 - O milho proporcionou a maior produção de matéria seca, porém foi semelhante às outras coberturas com relação às variações nas propriedades físicas do solo analisado.
- 2 - Houve aumento da macroporosidade do solo em quase todas as profundidades estudadas, exceção na profundidade 0,10-0,20 m na semeadura convencional.
- 3 - Houve diminuição da microporosidade do solo em todas as profundidades estudadas.
- 4 - A semeadura direta na profundidade de 0,30-0,45 e 0,45-0,60 m apresentou menor resistência à penetração.
- 5 - Aumento da matéria orgânica e de H + Al e diminuição do pH, na camada 0,10m quando comparado com anos anteriores.
- 6 - A produtividade de feijão foi maior na sucessão à cultura do milho na semeadura convencional e, à sucessão com soja, na semeadura direta.
- 7 - A produtividade da soja e milho nos sistemas estudados foram semelhantes.

6. CONCLUSÕES

- Houve modificações físicas e químicas no solo estudado, porém, os adubos verdes após três anos de pesquisa apresentaram comportamento semelhante com relação a essas modificações.
- O sistema de plantio direto apresentou resultados que levaram as melhores condições físicas e químicas do solo.
- Os adubos verdes estudados apresentaram comportamento semelhante com relação aos seus efeitos na produção de soja, milho e feijão, com exceção à crotalária que obteve melhor resultado na produção de soja em preparo convencional.
- A soja, milho e feijão nos sistemas de semeadura estudados obtiveram produções semelhantes, havendo porém, um comportamento mais promissor para o plantio direto, quanto a produtividade, para as culturas de soja e milho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOUD, A. C. S., DUQUE, F. F. Efeitos de materiais orgânicos e vermiculita sobre a seqüência feijão-milho-feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, p. 227-36, 1986.
- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p. 115-9, 1995.
- ALLMARAS, R. R. et al. Long term cultivation effect on hydraulic properties of walla - walla silt loam. **Soil & Tillage Reserv**, v.2, p. 265-79, 1982.
- ALMEIDA, F. S. Desempenho da cobertura morta no plantio direto. In: CURSO INTENSIVO SOBRE PLANTIO DIRETO, 2, Ponta Grossa, 1984. **Anais...** Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos do Paraná/Núcleo Regional de Ponta Grossa, 1984.
- ALVARENGA, R. C. et al. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas compactadas artificialmente. In: REVISTA BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI, 1994. p.200-1.
- ALVES, M. C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeitos nas propriedades físicas e químicas**. Piracicaba, 1992. 173 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MABILE, R. F., FANCELLI, A. L., CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamento na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.1, p.47-54, 2000.



AMADO, T. J. C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, [Foz do Iguaçu]. **Resumos ...** [Foz do Iguaçu]: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 105-11.

AMADO, T. J. C., COGO, N. P., LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja redução das perdas de solo por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p. 251-7, 1989.

ARF, O. et al. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p.2029-36, 1999.

ARF, O., SÁ, M. E., BUZETTI, S. Incorporação de mucuna - preta e de restos culturais de milho antes da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31,n.8, p.563-8, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo - determinação do índice de vazios mínimo de solos não-coesivos**: - MB 3388. Rio de Janeiro, 1991. 14p.

ATHAYDE, M.L.F. **Influência da adubação nas características agronômicas, nas sementes e na produção de matéria seca de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em área de renovação de canavial**. Jaboticabal, 1986. 127p. (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias , Universidade Estadual Paulista.

BAVER, L.D., GARDNER, W.H. , GARDNER, W.R.. **Soil physics**. 4.ed. New York: J. Wiley, 1972. 529p.

BAYER, C. et al. Teores de carbono e nitrogênio total em um solo Podzólico Vermelho-Escuro submetido 9 anos a diferentes sistemas de manejo. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995.

Resumos expandidos. Viçosa: SBCS, 1995. p.2036-8.

BAYER, C., SCHENEIDER, N.G. Plantio direto e o aumento no conteúdo de matéria orgânica do solo em pequenas propriedades rurais no município de Teutônia (RS). **Ciência Rural**, v.29, n.1, p.165-6,1999.

BIANCHI, et al. Resposta do trigo à culturas semeadas após o milho no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Rio de Janeiro, 1997. **Resumos...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. (CD-ROM).

BLACKWELL, P. S. et al. Evaluation of soil compactation by transverse wheeling of tillage slots. **Soil Science America Journal**, v.53, p.11-5, 1989.

BRUCE, R. R., LANGDALE, G. W., DILLARD, A. L. Tillage and crop rotation effect on characteristics of a sandy surface soil. **Soil Science Society America Journal**, v. 54, p. 1744-7, 1990.

BULISANI, E. A., ALMEIDA, L. DA., ROSTON, A. J. A cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. In: BULISANI, E. A. (Coord.) **Feijão: fatores de produção e qualidade.** Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 24 – 8.

BURLE, M.L. **Efeito de sistemas de culturas em características químicas do solo.** Porto Alegre, 1995. 105p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CALEGARI, A. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.) **Adubação verde no Sul do Brasil.** Rio de Janeiro: Pta/Fase, 1993. p.1-55.

CALEGARI, A. Rotação de Culturas e uso de plantas de cobertura: dificuldades para sua adubação. In: ENCONTRO NACIONAL DO PLANTIO DIRETO DA PALHA, 7,

2000, [Foz do Iguaçu]. **Resumos...** [Foz do Iguaçu]: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 145-52.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 113 p. (Circular 80).

CAMPOS, B. C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.121-6, 1995.

CARVALHO, F. L. C., COGO, N. P., LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 251-7, 1990.

CARVALHO, A.M. et al. Caracterização de espécies de adubos verdes para o cultivo de milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1, 1996, Brasília, **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.384-8.

CARVALHO, M.A.C. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria – MS**. Jaboticabal, 2000. 189p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

CATTELAN, A. J., GAUDÊNCIO, C. A., SILVA, T. A. Sistema de rotação de culturas em plantio direto e os microorganismos do solo, na cultura da soja em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.293-301, 1997.

CAVENAGE, A. et al. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.997-1003, 1999.



- CENTURION, J.F., DEMATTÊ, J.L.I. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.263-6, 1985.
- CENTURION, J.F. Efeitos de diferentes sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob vegetação de cerrado e na cultura do milho. **Científica**, v.15, p.1-8, 1987.
- CERETA, C. A. **Fracionamento de N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistemas de culturas sob plantio direto**. Porto Alegre, 1995. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CURRIE, J. A. Gas diffusion through soil crumbs: the effects of compaction an wetting. **Journal Soil Science**, v. 35, p. 1-10, 1984.
- DA ROS, C.O. et al. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.241-7, 1997.
- DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do "Campus experimental de Ilha Solteira"**. Piracicaba:ESALQ/USP - Departamento de solos, Geologia e Fertilidade, 1980. p.11-31.
- DE-POLLI, H., CHADA, S. S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.287-93, 1989.
- DERPSCH, R., SIDIRAS, N., NORTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to catrol erosion by cover crops and no tillage techniques in Paraná, Brasil. **Soil & Tillage Research**, v.8, p. 253-63, 1986.



- DERPSCH, R., NIKOLAS, S., HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.7, p.761-73, 1985.
- DONEGÁ, I. M. **Comportamento de leguminosas adubos verdes cultivadas no outono – inverno, em três populações de plantas, na região do cerrado de Selvíria (MS)**. Ilha Solteira, 1994, 75p. (Trabalho de graduação apresentado a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo).
- ELTZ, F. L. F., PEIXOTO, R. T. G., JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p. 259-67, 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço nacional de levantamento e conservação dos solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. "não pag."
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1996/97**. Londrina: EMBRAPA/CNPAS, 1996. 164p. (Documento, 96).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1999. 412p.
- FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. P.39-55. In: _____. **Fertilidade do solo em plantio direto**. Aldeia Norte, 1999. 92p.
- FRANÇA, A.F.S., MADUREIRA, L.J. Avaliação de matéria seca, da composição mineral e da silagem do milheto forrageiro (*Pennisetum americanum* (L.) K. SCHUM). **Anais Escola Agronomia e Veterinária**, v19, p.1-8, 1989.



- GALLO, et al. Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, n.1, p.64-7, 1981.
- HAKOYAMA, S. et al. Efeitos da semeadura direta e do preparo convencional em algumas propriedades físicas do solo. **Científica**, v.23, p.17-30, 1995.
- HAMMEL, J. E. Long: term conventional and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in Nouthern Idaho. **Soil Science Society America Journal**, v. 53, p. 1515 -9, 1989.
- HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.9, p. 1021-30, 1985.
- HERNANI, L. C. et al. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1995. 93p.
- HILL, R. L., HORTON, R., CRUSE, R. M. Tillage effects on soil water retention and pore size distribution of two Mollisols. **Soil Science Society America Journal**, v.49, p. 1264-70, 1985.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: **ADUBAÇÃO verde no brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 1984. p. 232-67.
- IGUE, K. et al. **Adubação orgânica**. Londrina: IAPAR, 1984. 33p. (IAPAR. Informe da pesquisa, 59).
- JOHNSON. Sistema de rotação de culturas em plantio direto e os microorganismos do solo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 21, p.294, 1992.
- KAYOMBO, B., LAL, R. Effects of soil compactation by rolling on soil structure and development of maize in no - till and disc ploughing systems on a tropical alfisol. **Soil & Tillage Research**, v.71. p.117-34, 1986.



- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**: relação solo-agua-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 262p. 1979.
- LOPES, P. R. C., COGO, N. P., LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 11, p. 71-5, 1987.
- MASCARENHAS, H. A. A. et al. **Efeito do nitrogênio residual de soja na produção de milho**. Campinas: Instituto Agronômico, 1978. 16p. (Boletim técnico, 58).
- MEDEIROS, J. C. **Sistemas de culturas adaptadas à produtividade, recuperação e conservação do solo**. Porto Alegre, 1985. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do rio Grande do Sul.
- MEEK, B. D. et al. Soil compactation and its on alfalfa in zone productions sestinas. **Soil Science Society America Journal**, v.52, p. 233-6, 1988.
- MITCHELL, C.C. et al. Overview of long-term agronomic research. **Agronomy Journal**, v.83, p.24-9, 1991.
- MOKONA, D. L., SIETZ, M. A. Effects of soil erosion on corn yield on marlet soils in south - central Michigan. **Journal Soil Water Conservation**, v. 47, p. 325-7, 1992.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p. 95-102, 1983.
- NEGRO, S. R. L. **Sistema radicular de leguminosas: efeitos na recuperação do solo e produtividade do milho para silagem, na região do cerrado de Selviria (MS)**. Ilha Solteira, 1999. 42p. (Trabalho de graduação apresentado a Faculdade



de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo).

PEREIRA FILHO, J. A., COELHO, A. M., CRUZ, J. C. Influência do manejo do solo, níveis de palha de milho e doses de nitrogênio no plantio e em cobertura sobre a produtividade do feijoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1996, Ponta Grossa. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1996. p. 34-5.

PITOL, C. O milheto na integração agricultura – pecuária. **Informações agronômicas**, n.76, p.8-9, 1996.

RAIJ, B. van, ZULLO, M.A.T. **Métodos de análise do solo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1977. 16p. (IAC. Circular, 63).

RAIJ, B. van, QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. (Boletim técnico, 81).

RAIJ, B. van et al. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

REEVES, D.W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J.L., STEWART, B.A. **Crops residue management**. Florida: Lewis, 1994. p.125-72 (Advances in soil science).

REINERT, D. J. et al. Efeito de diferentes métodos de preparo do solo sobre a estabilidade de agregados em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Central Circular Rural**, v.14, p. 19-25, 1984.



REIS, E. M. Manejo de doenças da soja em plantio direto. ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO DE RIO VERDE, 4, 1999, Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: IAM, 1999. p. 42.

ROS, C. O., AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p. 135-40, 1996.

ROWE, W. E., BARDEN, L. ANEW consolidation cell. **Geotechnique**, v.16, p.162 - 70, 1966.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT User's Guide**. Version G. 4. ed. Cary: NC; SAS Institute Inc., 1990.

SECCO, D. et al. Efeito de sistemas de manejo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Ciência Rural**, v. 27, p. 57-60, 1997.

SEGANFREDO, M. L., ELTZ, F. L. F., BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.287-91, 1997.

SHAFFER, R. L., JOHNSON, C. E. **Changing soil condition: the dynamic of tillage**. In: PREDICTING EFFECTS ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND PROCESSES. **Proceedings...** Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.151-78.

SIDIRAS, N., HENKLAIN, J. C., DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an oxisol. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9, Osijek, 1982. **Conference...** Osijek:s.n. 1982. p. 537-44.



SILVA, A. P., KAY, B. D., PERFECT, E. Fatores influencing bulk density, reference bulk density and relative bulk density of soils. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, Águas de Lindóia, 1996. **Resumos Expandidos**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. (CD-ROM - Trab.039 Comissão 01)

TEIXEIRA, L. A. J. **Fornecimento de nitrogênio à cultura do milho por sistemas de culturas adaptadas à recuperação e conservação do solo**. Porto Alegre, 1987. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TORMENA, C. A., ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.2, p.333-9, 1996.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. cap. 2, p. 19-32. (IAPAR. Circular, 23).

VIEIRA, M. J., MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.19, n. 7. p. 873-2, 1984.

VOORHEES, W. B. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviation wheel induced soil compaction. **Soil Science Society American Journal**, v.42, p. 129-33, 1983.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B., BULISANI, E.A., MASCARENHAS, H.A.A.(Coords.) **CURSO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO INSTITUTO AGRONÔMICO**, 1, 1993, Campinas. **Curso...** Campinas: Instituto Agronômico,



1993. p.17-29. (Documentos IAC, 35)



CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO
AV. BRASIL, 56 - CAIXA POSTAL 31
15385-000 - ILHA SOLTEIRA - SP

