

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE SOJA EM FUNÇÃO DE
ROTAÇÃO OU SUCESSÃO DE CULTURAS EM PLANTIO
DIRETO**

EDUARDO ANDRE BRANDT

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL
2002**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE SOJA EM FUNÇÃO DE
ROTAÇÃO OU SUCESSÃO DE CULTURAS EM PLANTIO
DIRETO**

**EDUARDO ANDRE BRANDT
Engenheiro Agrônomo**

Orientador: Prof. Dr Luiz Carlos Ferreira de Souza

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, como
requisito à obtenção do título de Mestre em
Agronomia, área de concentração:
Produção Vegetal.**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL
2002**

*À minha amada esposa Jane
e aos meus filhos Gabriela e André Miguel,
pelo carinho e compreensão
durante a execução desse trabalho*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao professor Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza, pela amizade e orientação na elaboração deste trabalho.

Aos professores Dr. Teodorico Alves Sobrinho e Dra. Marlene Estevão Marchetti pela co-orientação.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, por oportunizar o curso.

A COPERPLAN, pelo apoio financeiro.

Aos professores do curso de mestrado em agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao aluno de iniciação científica Alberto Pippus Júnior, pela colaboração nas avaliações.

Aos funcionários da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS pela colaboração na instalação, condução e avaliações do experimento.

Aos colegas de curso, pela amizade.

Aos meus pais Alfredo e Mônica que desde o princípio demonstraram a importância da educação na formação pessoal.

A minha irmã Cristina que esteve sempre próxima me apoiando durante o curso.

Ao meu irmão Guilherme, pelo exemplo de dedicação ao aprendizado.

A todos que, direta ou indiretamente me ajudaram na realização do trabalho.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A cobertura do solo.....	3
2.2. Rotação e sucessão de culturas.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Local.....	8
3.2. Condução do experimento.....	9
3.3. Características avaliadas.....	10
3.4. Análise estatística.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1. Nutrientes no solo e na folha.....	13
4.2. Cobertura do solo.....	17
4.3. Umidade do solo.....	19
4.4. Massa seca da parte aérea de plantas de soja no estágio de florescimento pleno (R2).....	20
4.5. Altura de planta e inserção da primeira vagem.....	22
4.6. Número de vagens por planta.....	23
4.7. Produtividade de grãos e massa de 100 grãos.....	24
5. CONCLUSÕES	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

LISTA DE QUADROS

PÁGINA

QUADRO 1	Sistemas de rotação ou sucessão de culturas com espécies de verão, inverno e primavera com ênfase para soja, no período de 1998 a 2000.....	10
QUADRO 2	Características químicas do solo em diferentes profundidades, das parcelas que foram semeadas com soja em sucessão às culturas de outono/inverno e/ou primavera.....	13
QUADRO 3	Quadrado médio do teor foliar de macronutrientes (g kg^{-1}), nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.....	15
QUADRO 4	Quadrado médio do teor foliar de micronutrientes (mg kg^{-1}), nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.....	16
QUADRO 5	Teor foliar de nutrientes da soja, em função das parcelas que foram semeadas com soja em sucessão às culturas de outono/inverno e/ou primavera.....	17
QUADRO 6	Quadrado médio da cobertura do solo (%), em função do estágio de desenvolvimento da soja, nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.....	18
QUADRO 7	Cobertura do solo (%) nos diferentes estádios de desenvolvimento da soja, em diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas (média de três repetições).....	19
QUADRO 8	Quadrado médio para a umidade do solo a base de volume ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em função do estágio de desenvolvimento da soja, nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.....	19
QUADRO 9	Umidade do solo a base de volume ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) nos diferentes estádios de desenvolvimento da soja em diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas (média de quatro repetições).....	20
QUADRO 10	Quadrado médio para massa seca da soja (g planta^{-1}), no estágio R2, nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.....	21
QUADRO 11	Massa seca da soja (g planta^{-1} e kg ha^{-1}) no estágio R2, nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.....	21
QUADRO 12	Quadrado médio para altura de planta (cm), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagens por planta, produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e massa de 100 grãos (g) para a cultura da soja, em função dos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.....	22
QUADRO 13	Altura de planta (cm), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagens por planta, produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e massa de 100 grãos (g) para a cultura da soja, em função dos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.....	23

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1	Temperatura máxima e mínima (°C), observadas durante a condução do experimento..... 8
FIGURA 2	Figura 2. Pluviosidade média decendial observada durante a condução do experimento..... 9

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE SOJA EM FUNÇÃO DE ROTAÇÃO OU SUCESSÃO DE CULTURAS EM PLANTIO DIRETO

Autor: Eduardo André Brandt

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da rotação ou sucessão de culturas sobre o desempenho agronômico de soja em semeadura direta, foi desenvolvido um experimento em Latossolo Vermelho distroférrico, no Núcleo Experimental de Ciências Agrárias – NCA, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, em Dourados – MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. As parcelas mediram 36 m de comprimento por 11 m de largura (396 m²). A área útil de cada parcela foi constituída por duas linhas de soja com cinco metros de comprimento (4,5 m²). Os tratamentos consistiram de nove sistemas de rotação ou sucessão de culturas assim constituídos: Sistema 1: milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja; Sistema 2: algodão/aveia/algodão/sorgo/soja; Sistema 3: soja/trigo/soja/milho/milheto/soja; Sistema 4: milho/nabo/milho/sorgo/soja; Sistema 5 :milho/aveia/milho/feijão/milheto/soja; Sistema 6: arroz/nabo/arroz/aveia /soja; Sistema 7: arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja; Sistema 8: algodão/trigo/ algodão/trigo/soja) e Sistema 9: algodão/nabo/algodão/aveia/soja. Foram avaliadas a fertilidade do solo, teor foliar de nutrientes, cobertura do solo, teor de água do solo, massa seca da parte aérea da planta de soja no estágio de florescimento pleno, altura da planta e inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, produtividade e massa de 100 grãos. Concluiu-se que a aveia-preta, embora não proporcionasse maior produtividade à soja, resultou em melhor cobertura e melhor armazenamento de água no solo, a rotação ou sucessão de culturas não influenciou na massa seca de plantas, altura de planta, inserção de vagem e número de vagens por planta de soja, por outro lado, a rotação arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja e a sucessão soja/trigo/soja/milho/milheto /soja proporcionaram à soja maior produtividade de grãos e o sistema algodão/aveia-preta/algodão/sorgo/soja resultou em maior peso de 100 grãos que o sistema milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja.

Palavras-chave: sistemas de produção, cobertura do solo, produtividade da soja

SOYBEAN AGRONOMIC PERFORMANCE AS A FUNCTION OF CROP ROTATION OR SUCCESSION IN NO TILLAGE SYSTEM

Author: Eduardo André Brandt
Adviser: Luiz Carlos Ferreira de Souza

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of crop rotation or succession on soybean agronomic performance in no tillage system, an experiment was carried out in a Latossolo Vermelho Distroférrico, at agrarian science experimental center – NCA of the Federal University of Mato Grosso do Sul – UFMS, in Dourados-MS. Experimental design was randomized blocks with nine treatments and four replications. Plots had 36 length and 11 m width (396 m²). Useful area of each plot was determined by two rows of soybean with 5 m length (4,5 m²). Treatments consisted of nine systems (system 1: corn/vetch/corn/vetch/soybean; system 2: cotton/oat/cotton/sorghum, soybean; system 3: soybean/wheat/soybean/corn/millet/soybean; system 4: corn/pasture turnip/corn/sorghum/soybean; system 5: corn/wat/corn/bean/millet/soybean; system 6: rice/pasture turnip/rice/oat/soybean; system 7: rice/sorghum/rice/bean/millet/soybean; system 8: cotton/wheat/cotton/wheat/soybean and system 9: cotton/pasture turning/cotton/oat/soybean) of crop rotation or succession. Soil fertility, leaf content of nutrients, mulch, water content in soil, aerial part dried mass of soybean plant in full flowering stadium, plant height and first bean insertion, number of bean per plant, productivity and mass of 100 grains. It was conclude that black oat mulch promoter bitter mulch and better storage of water in soil, crop rotation or succession did not influence plant height, bean insertion and number of bean per plant and mass 100 grains depend on crop rotation.

Key words: productivity system, mulching, soybean yield.

1. INTRODUÇÃO

A produção de grãos no Mato Grosso do Sul e, em especial na região de Dourados, está baseada na cultura da soja, que possui a maior área cultivada no Estado. A produtividade, no início da exploração da cultura (1970), era de 1403 kg ha⁻¹ (Melo Filho e Richetti, 1998). Atualmente essa média foi incrementada em mais de 100%, tendo atingido, na safra 2000/2001, a média de 2900 kg ha⁻¹ (CONAB, 2002). Esse significativo aumento está relacionado à incorporação de tecnologias ao processo de produção, dentre as quais destaca-se o plantio direto, que consiste no processo de semeadura sem o revolvimento do solo, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato com a terra, sendo adotado por cerca de 70% dos produtores de Mato Grosso do Sul (Melo *et al.*, 2001).

O ganho imediato resultante do plantio direto foi na redução da erosão hídrica e sensível diminuição nos custos de produção, graças ao abandono do preparo do solo com implementos de discos. Alguns problemas, porém, surgiram, em especial os relacionados à monocultura, tais como o aumento na incidência de pragas e moléstias, dificuldade no controle de planta daninhas e produção de palha insuficiente para cobertura do solo.

Para que os benefícios do plantio direto sejam alcançados em sua plenitude faz-se necessário que ele seja entendido como um sistema de manejo conservacionista. Esse sistema envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente e fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, na sua cobertura permanente e na rotação de culturas. Pressupõe, também, uma mudança na forma de pensar a atividade agropecuária, a partir de um contexto sócio-econômico, com preocupações ambientais (Hernani e Salton, 1998). Visto desta maneira, o sistema de plantio direto é adotado por uma minoria de sojicultores da região sul de Mato Grosso do Sul, cuja prática usual é a sucessão soja/milho de safrinha.

Sendo a cultura da soja a mais importante no Estado de Mato Grosso do Sul e a rotação de culturas o fundamento do sistema de plantio direto responsável pelo entrave para sua adoção em seu conceito pleno, o estudo de diferentes rotações ou sucessões de culturas adaptadas a essa condição de plantio, resultará em subsídios para adoção do plantio direto como sistema de produção com sustentabilidade.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agronômico da soja em diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas em plantio direto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cobertura do solo

O sistema de plantio direto pressupõe a existência de uma quantidade de palha sobre a superfície do solo nunca inferior a $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ (Ruedell, 1998) que, segundo Cruz *et al.* (2001), desempenha as funções de reduzir o impacto das gotas de chuvas, protegendo o solo contra a desagregação de partículas e compactação; dificultar o escoamento superficial, aumentando o tempo e a capacidade de infiltração de água de chuvas; reduzir perdas de solo e de água em consequência da erosão; proteger a superfície do solo da ação direta de raios solares, reduzindo a evaporação e, conseqüentemente, mantendo maior quantidade disponível de água no solo; reduzir a amplitude hídrica e térmica, favorecendo alta atividade biológica; aumentar a matéria orgânica no perfil do solo, conseqüentemente a disponibilidade de água para as plantas, a capacidade de troca de cátions, além de melhorar suas características físicas; reduzir a incidência de plantas daninhas, por supressão ou por ação alelopática;

O impacto das gotas da chuva sobre o solo desprotegido fragmenta os agregados do solo em diminutas partículas que obstruem os macroporos de drenagem da água. O selamento superficial provocado impede a rápida infiltração e produz um escoamento superficial que transporta consigo as partículas de solo, mesmo quando as camadas inferiores do solo ainda têm capacidade de absorção (Derpsch *et al.*, 1991). A absorção e disponibilidade de água do solo são influenciadas pelo manejo do solo, pois o estado em que se encontra a sua superfície exercerá grande influência na infiltração, drenagem e escoamento superficial (Castro, 1989).

A percentagem de cobertura do solo com plantas ou resíduos vegetais é o fator mais importante na influência sobre a infiltração de água no solo, independente do tipo de preparo do solo utilizado (Derpsch *et al.*, 1991) e a efetividade da cobertura do solo obtida por plantas em desenvolvimento e cobertura morta é equivalente (Ghuman e Lal, 1983; Castro 1989). Em experimentos realizados no Paraná, Derpsch *et al.*, (1991) confirmaram que enquanto a infiltração foi praticamente total quando o solo estava 100% coberto com resíduos vegetais, houve escoamento superficial de 75 a 80% da água de uma chuva de 60 mm em solo descoberto.

O plantio direto quando comparado com outros três sistemas de manejo de solo, foi o mais eficaz na redução de perdas por erosão (Hernani, 1999), resultado obtido em

estudo realizado em Dourados entre os anos de 1987 e 1996 e o sistema de preparo do solo apresenta maior eficácia na redução das perdas de solo e água do que o sistema de cultivo (rotação e sucessão de culturas) (Schick *et al.*, 2000).

Em pesquisa realizada entre produtores para apontar o principal motivo da adoção do sistema de plantio direto, 43 % apontaram ser o controle da erosão hídrica (Melo Filho e Richetti, 1998).

A disponibilidade de adequada quantidade de palha, mantendo permanente cobertura da superfície do solo garante redução na quantidade de radiação solar direta que atinge a superfície do solo, diminuindo a quantidade de energia disponível para a água mudar do estado líquido para o de vapor. No solo coberto o vapor de água necessita difundir-se por meio da camada de restos culturais, o que reduz substancialmente a sua perda. A camada de resíduos atua como um isolante térmico, reduzindo a condução do calor para dentro do solo. Como consequência, há maior disponibilidade de água para as plantas (Salton, 1991; Cruz *et al.*, 2001; Alves Sobrinho *et al.*, 2002). Em Dourados, segundo Alves Sobrinho *et al.*, (2000a), solos com cobertura morta são os que apresentam menores oscilações de temperatura do solo, tendo obtido temperatura média máxima de 28,7°C no plantio direto e de 29,4°C no plantio convencional, em cultura não irrigada. Essa melhor conservação de água no solo interfere nos processos que dependem fundamentalmente do teor de água no solo, entre eles, a difusão e o fluxo de massa, havendo um melhor aproveitamento do K do solo pelas raízes (Rosolem, 1998).

Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo funcionam como um reservatório de nutrientes que são liberados lentamente pela ação de microorganismos, aumentam a estabilidade estrutural e protegem contra erosão hídrica (Franchini *et al.*, 2000). A semeadura direta favorece os microorganismos benéficos à agricultura, tais como as bactérias que fixam N₂ e os fungos micorrízicos, quando comparada com o plantio convencional (Hungria *et al.*, 1997).

As práticas de manejo que privilegiam a cobertura e proteção do solo com resíduos de plantas, condicionam uma acentuada recuperação da fertilidade e, conseqüentemente, um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas cultivadas (Sidiras e Pavan, 1985) e melhora, em geral as condições físicas e químicas do solo, as quais concorrem para redução da erosão hídrica (Schick *et al.*, 2000).

O acúmulo continuado de resíduos na superfície e o não revolvimento do solo, que recebe aplicações periódicas de adubos e corretivos, determinam o enriquecimento das camadas mais superficiais (Sá, 1993; Comissão...,1995; IAPAR, 1996). A utilização de água e nutrientes pelas plantas depende do desenvolvimento do sistema radicular, o qual é função de variáveis que definem a relação massa e volume e do estado de agregação do solo. Essas variáveis podem ser modificados pelas condições de cultivo e pelo teor de matéria orgânica do solo (Souza e Cogo, 1978), refletindo diretamente no teor de água disponível e armazenada do solo (Archer e Smith, 1972).

A cobertura do solo deverá resultar do cultivo de espécies que disponham de certos atributos, como produzir grande quantidade de matéria seca, possuir elevada taxa de crescimento, resistência a seca e ao frio, não infestar áreas, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo, elevada capacidade de reciclar nutrientes, fácil produção de sementes e elevada relação C e N (Embrapa, 2000).

A baixa produção de palha de soja que, segundo Ruedell (1998), raramente ultrapassa $2,5 \text{ t ha}^{-1}$, aliada a sua rápida decomposição, resulta em grandes dificuldades para manter a quantidade de palha ideal à viabilidade do sistema plantio direto. Nas condições ambientais da região Centro-Sul de Mato Grosso do Sul, a produção de massa vegetal, transformando-se, posteriormente em palha, não se constitui em problema. No entanto, a manutenção da quantidade ideal de palha sobre o solo durante todo ano é problemática devido às altas taxas de decomposição do material orgânico, sendo a atividade microbiana beneficiada por elevadas temperaturas, além de fatores como composição e relação C e N do material, população de microorganismos e umidade do solo (Salton *et al.*, 1993).

O controle de plantas daninhas, controle da erosão, nodulação de soja e oportunidade de semeadura das culturas na sua melhor época são efeitos positivos resultantes da cobertura do solo no sistema plantio direto. Essa cobertura, entretanto, pode também redundar em aspectos negativos, tais como efeitos alelopáticos sobre o desenvolvimento de plantas e maior incidência de doenças de plantas cujo patógeno sobrevive em restos de cultura. (Santos *et al.*, 1998)

Para contornar os problemas faz-se necessário um permanente cuidado visando repor a palhada e manter o máximo de cobertura verde, estabelecendo uma adequada rotação de culturas.

2.2. Rotação e sucessão de culturas

A rotação de culturas é uma seqüência ordenada de culturas no tempo ou no espaço em que uma espécie só poderá ser cultivada de novo, no mesmo local e área, após um intervalo mínimo de dois anos e, no caso do algodão, devido a necessidade de completa destruição dos restos culturais para controle de pragas, três anos. (Hernani e Salton, 1998). Sucessão de culturas é a seqüência repetitiva de culturas cultivadas na mesma área agrícola e em estação estival diferente de um mesmo ano agrícola. (Calegari *et al.*, 1998)

O planejamento da rotação de culturas deve ocorrer no sentido de atender alguns princípios básicos tais como: a) cultivos alternados de espécies de plantas com habilidade diferenciada para absorver nutrientes do solo, ou que tenham sistema radicular alcançando diferentes profundidades; b) cultivo alternado de espécies de plantas suscetíveis a certas pragas e doenças, com aquelas que são resistentes; c) seqüência planejada de espécies que levem em consideração todo efeito negativo ou positivo de um cultivo sobre o seguinte. Esses efeitos podem ter sua origem em substâncias tóxicas, no fornecimento de nutrientes, no incremento da matéria orgânica, no sistema radicular, estrutura do solo, microorganismos ou umidade do solo; d) alternar o uso de cultivos que tendem a esgotar o solo com cultivos que contribuem para melhorar a fertilidade do solo; e) cultivo alternado de espécies com diferentes necessidades de mão-de-obra, máquinas e implementos, água, em épocas diferentes (Derpsch, 1998).

A sustentabilidade de um sistema de produção baseia-se, além dos aspectos de conservação e preservação ambiental, em aspectos econômicos e comerciais. Portanto, o arranjo das espécies, no tempo e no espaço, com alternância de culturas devem, além dos objetivos técnicos preconizados, permitir a maximização das oportunidades de comercialização dos produtos. Neste sentido, a cultura da soja ocupa lugar de destaque. (Ruedell, 1998)

Conforme Derpsch (1998), a não observância da rotação de culturas compromete, ao longo dos anos, a produtividade da soja em função de aumento de enfermidades e pragas específicas; aumento de plantas daninhas específicas; diminuição da disponibilidade de nutrientes devido a mudanças da atividade biológica e degradação

física do solo, diminuição do desenvolvimento radicular e acúmulo de substâncias tóxicas ou inibidoras do crescimento.

A aveia branca, cevada e trigo são culturas alternativas de inverno para anteceder a soja, na região sul do Brasil, e o linho não se constitui numa boa opção de cultura antecessora à soja em sucessão de culturas, sob plantio direto (Santos *et al.*, 1998).

O efeito das culturas de inverno sobre a produtividade e altura de inserção das primeiras vagens de soja não foi observado por Santos e Reis (1990), porém os componentes de rendimento (número de vagens, número de grãos e peso de grãos por planta), peso de 1000 sementes, população final de plantas e altura de plantas foram influenciados. Por outro lado, os mesmos autores, observaram efeito das culturas de inverno sobre a produtividade de grãos e altura de plantas de soja e que esta em sucessão à colza foi influenciada negativamente quanto ao rendimento de grãos.

A cultura antecessora (aveia-branca; aveia-preta pastejada; trigo e aveia-preta em consórcio com ervilhaca pastejada) não produziu efeitos significativos sobre a produção de grãos de soja, sob plantio direto, havendo abundante nodulação em soja em todos os sistemas de produção (Fontaneli *et al.*, 2000)

Santos *et al.* (1997) estudando o efeito de culturas de inverno e de sistemas de rotação de culturas sobre algumas características da soja, em sistema de plantio direto, verificou que se deve evitar o plantio de soja após resteva de linho. Nos componentes, número de vagens e peso de 1000 grãos, não mencionaram restrições ao plantio de soja após aveia branca e após cevada pois não foram detectados efeitos significativos entre as médias conjuntas dos anos. Esse fato pode ser explicado, em parte, pelo fato de que a cultura de soja tende a compensar as possíveis falhas que possam ocorrer de um ano para outro, ramificando mais ou aproveitando melhor seu florescimento, que se dá em camadas.

Como sugestão de culturas antecessoras e sucessoras à cultura da soja em sistemas de rotação e sucessão de culturas para o Centro-Sul do Mato Grosso do Sul, a Embrapa (1999) propõe como antecessoras preferenciais as culturas do milho, sorgo, arroz, aveia, milheto, trigo, mucuna, guandu e girassol. Como antecessoras que apresentam alguma restrição, recomenda o nabo forrageiro, o feijão e a ervilhaca peluda. Nas sucessoras preferenciais são listadas as culturas de milheto, girassol, nabo forrageiro, sorgo, trigo, aveia, arroz, milho e ervilhaca peluda.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

Este experimento é parte de um projeto de longa duração que teve início em 1997, envolvendo produção de grãos baseado em sistemas de rotação ou sucessão de culturas. Foi conduzido no ano agrícola de 2000/01 no Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizado no município de Dourados - MS (Latitude 22°14'S e Longitude 54°49'W e 452 m de altitude), num solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico, originalmente sob vegetação de cerrado. Para controle experimental foram realizadas medidas de temperaturas máximas e mínimas no período considerado. Valores de temperaturas médias máximas e mínimas mensais e de pluviosidade média decenal, ocorridas no período de condução do experimento estão representadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

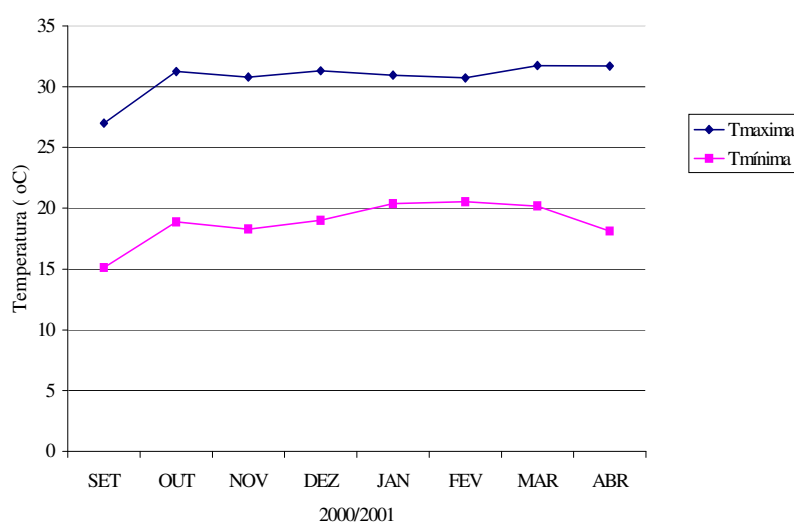


Figura 1. Temperatura máxima e mínima (°C), observadas durante a condução do experimento.

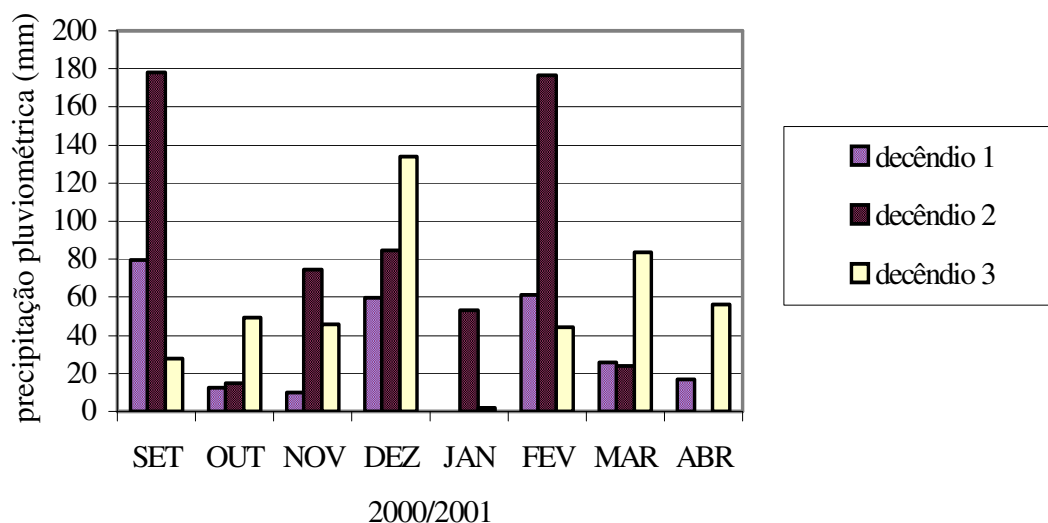


Figura 2. Pluviosidade média decencial observada durante a condução do experimento.

3.2. Condução do experimento

Os tratamentos consistiram de nove sistemas de rotação ou sucessão de culturas nos quais a soja foi semeada após diferentes espécies de outono/inverno: ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth), sorgo (*Sorghum bicolor*), milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), aveia (*Avena strigosa* Sheib) e trigo (*Triticum aestivum*) (Quadro 1). As culturas de outono/inverno foram semeadas em 28/04/2000. As geadas ocorridas entre 13 e 25/07/2000 destruíram as culturas de feijão, milho e sorgo antes de completarem o ciclo e causaram chochamento dos grãos na cultura de trigo. Essas culturas, portanto, não foram colhidas. As demais culturas (ervilhaca peluda e aveia) foram manejadas com rolo faca no dia 05/09/2000. Em sucessão às culturas de feijão e milho foi semeado milheto em 05/09/2000. A dessecação da área deu-se em 26/10/2000, sendo utilizados os herbicidas glyphosate na dose de 2,0 L ha⁻¹ e 2,4-D amina na dose de 1,1 L ha⁻¹. Para implantação da cultura da soja em rotação ou sucessão de culturas foi utilizada a cultivar de soja EMBRAPA 133. As sementes foram tratadas com fungicida, inoculadas e semeadas em 11/11/2000. Realizou-se a adubação com 350 kg ha⁻¹ da fórmula 02-20-20 mais micronutrientes. A cultura emergiu em 16/11/2002,

atingindo um estande médio de 300.000 plantas ha⁻¹. O controle de plantas daninhas foi em pós emergência utilizando-se os herbicidas Bentazon na dose de 1,0 L ha⁻¹ e Sethoxydim na dose de 1,2 L ha⁻¹. O controle de lagartas foi realizado com uma aplicação de Clorpirifós na dose de 0,250 L ha⁻¹ e de percevejos com uma aplicação de Metamidofós na dose de 0,50 L ha⁻¹. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. As parcelas mediram 36 m de comprimento por 11 m de largura (396 m²). A área útil de cada parcela foi determinada por duas linhas de soja com cinco metros de comprimento (4,5 m²).

Quadro 1. Sistemas de rotação ou sucessão de culturas com espécies de verão, inverno e primavera com ênfase para soja, no período de 1998 a 2000.

Sistemas de rotação ou sucessão de culturas	Ano					
	19981999.....	2000.....		
	verão	inverno		verão	inverno	primavera
1	milho	ervilhaca	milho	ervilhaca	*	soja
2	algodão	aveia-preta	algodão	sorgo	*	soja
3	soja	trigo	soja	milho	milheto	soja
4	milho	nabo	milho	sorgo	*	soja
5	milho	aveia-preta	milho	feijão	milheto	soja
6	arroz	nabo	arroz	aveia-preta	*	soja
7	arroz	sorgo	arroz	feijão	milheto	soja
8	algodão	trigo	algodão	trigo	*	soja
9	algodão	nabo	algodão	aveia-preta	*	soja

* Ausência de cobertura de primavera.

3.3. Características avaliadas

Fertilidade do solo: As amostras de solos foram coletadas em todas as parcelas experimentais, nas profundidades de 0 a 5; 5 a 10 e 10 a 20 cm, antes da semeadura da soja. Após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar e encaminhadas ao laboratório para as determinações, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997).

Teor foliar de nutrientes: A amostragem foliar foi realizada no início do florescimento (estádio R1 da escala fenológica proposta por Fehr e Caviness, 1977) coletando-se o terceiro e/ou quarto trifólio, a partir do ápice, de 40 plantas por repetição. Desprezou-se o pecíolo e removeu-se as partículas de poeira de solo mediante lavagem com água

destilada. Após secagem à sombra promoveu-se a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C e, posteriormente, a moagem e encaminhamento para análise.

Cobertura do solo: Determinou-se a cobertura do solo exercida pela cobertura morta das culturas antecessoras à soja e pela cultura da soja. Utilizou-se uma corda medindo 10 m de comprimento, marcada com um nó a cada 0,10 m, totalizando 100 pontos de amostragem. A corda era estendida em zigue-zague na parcela amostrada. A percentagem de cobertura do solo foi dada diretamente pelo número de nós coincidentes com os pontos cobertos com palha. As determinações foram realizadas nos estádios V2 (primeira folha trifoliolada totalmente aberta), V4 (terceira folha trifoliolada totalmente aberta), V6 (Quinta folha trifoliolada totalmente aberta), V7 (sexta folha trifoliolada totalmente aberta), V8 (sétima folha trifoliolada totalmente aberta) e R1 (presença de uma flor no terço médio da planta), conforme escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977).

Umidade do solo: A umidade do solo foi determinado pelo método gravimétrico, conforme descrito por Libardi (1995), na faixa de profundidade de 0,10 a 0,30 m. As amostras de solo para determinação da umidade foram retiradas com trado, com quatro repetições, nos estádios V4, V6, R1, R2, R3, R4 e R5 da escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977). A umidade do solo com base em volume ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) foi obtida pelo produto da umidade gravimétrica e densidade do solo. A densidade do solo foi obtida retirando-se amostras indeformadas de solo utilizando-se de trados especiais, em quatro sistemas (1,2,3 e 6), com três repetições por sistema na profundidade de 0,10 a 0,30 m. A média obtida foi de $1,26 \text{ g cm}^{-3}$, conforme trabalho desenvolvido por Alves Sobrinho *et al.* (2000).

Massa seca da parte aérea da planta no estágio de florescimento pleno (R2): Utilizou-se um retângulo com dimensões de 1,0 m x 0,5 m, lançado aleatoriamente dentro de cada parcela por duas vezes. As amostragens foram feitas no estágio de florescimento pleno da soja em uma área correspondente a $1,0 \text{ m}^2$ por parcela. Após contagem das plantas presentes no interior do retângulo, as mesmas foram cortadas

rente ao solo e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante. A massa foi expressa em g planta⁻¹ e kg ha⁻¹.

Altura de planta e inserção de primeira vagem: As alturas de planta e de inserção da primeira vagem foram determinadas no momento da colheita medindo-se, ao acaso, 10 plantas por repetição. A distância entre o nível do solo até o ápice do caule determinou a altura da planta e a altura de inserção da primeira vagem foi determinada pela distância entre o nível do solo e a inserção da primeira vagem no caule.

Número de vagens por planta: O número de vagens por planta foi determinado na colheita contando-se, ao acaso, o número de vagens em dez plantas por repetição.

Produtividade da soja: A produtividade foi medida após a trilhagem e limpeza dos grãos das plantas colhidas dentro da área útil de cada parcela, representada por duas linhas de soja com 5 m de comprimento. A massa dos grãos foi pesadas em balança de precisão com duas casas decimais e, após determinação do grau de umidade, converteu-se os valores a 13% de umidade, e expressos em kg ha⁻¹.

Massa de 100 grãos: Após a medida de produtividade de cada parcela efetuou-se a contagem de quatro amostras de 100 grãos por repetição. As amostras foram pesadas em balança de precisão com duas casas decimais. A massa de 100 grãos foi determinada pela média das quatro amostras.

3.4. Análise estatística

Os dados de todas as avaliações, exceto os referentes a fertilidade do solo, foram submetidos à análise de variância e, para comparação das médias entre os tratamentos, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Nutrientes no solo e na folha

Observando-se os resultados médios das análises químicas (Quadro 2), verifica-se que houve um acúmulo de matéria orgânica, fósforo e potássio nas camadas mais superficiais do perfil do solo em todos os sistemas.

Quadro 2. Características químicas do solo em diferentes profundidades, das parcelas que foram semeadas com soja em sucessão às culturas de outono/inverno e/ou primavera.

Sistema de rotação*	Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Al	Ca mmolc dm ⁻³	Mg	CTC	V (%)
1	0 – 5	4,4	29,2	8	2,7	1,9	30,4	11,1	109,6	40
	5-10	4,8	26,2	4	1,2	1,2	36,6	14,0	97,4	53
	10-20	4,8	21,2	1	0,7	1,2	26,0	11,0	83,3	45
2	0 – 5	4,8	31,3	17	6,1	3,0	35,7	15,8	116,4	49
	5-10	4,6	30,3	12	2,3	3,6	36,3	14,3	107,9	49
	10-20	4,7	28,6	7	1,2	2,4	38,2	14,7	103,4	52
3	0 – 5	5,1	32,6	18	8,5	0,6	38,5	22,7	122,8	57
	5-10	4,8	30,8	10	5,0	1,2	40,6	16,7	119,5	52
	10-20	4,9	27,8	4	1,4	1,2	39,6	18,0	112,2	52
4	0 – 5	4,9	32,1	12	6,5	2,4	39,1	17,0	121,4	52
	5-10	4,7	28,9	9	3,2	3,6	36,6	13,7	114,2	46
	10-20	4,9	21,5	9	3,2	1,2	31,0	11,3	94,8	47
5	0 – 5	4,7	30,9	12	6,0	2,7	34,3	17,2	122,5	47
	5-10	4,7	26,2	8	2,6	2,4	35,9	13,7	109,4	47
	10-20	4,6	20,6	4	0,9	4,2	31,3	14,7	108,0	43
6	0 – 5	4,9	32,1	10	9,7	1,5	38,7	15,7	125,7	51
	5-10	4,9	30,7	7	4,3	1,2	40,6	17,3	119,1	52
	10-20	4,8	25,0	4	1,1	1,8	35,0	14,3	105,4	47
7	0 – 5	5,2	31,2	17	5,5	0,3	46,8	22,1	126,7	59
	5-10	5,0	31,4	8	1,5	0,6	45,9	21,0	117,7	58
	10-20	5,3	26,0	4	0,5	0,0	43,0	22,3	101,3	64

8	0 – 5	5,0	33,0	12	8,2	0,3	44,0	22,0	122,5	61
	5-10	5,0	29,3	9	3,2	1,2	46,0	18,3	118,7	56
	10-20	5,0	21,2	3	0,8	1,2	31,3	14,3	86,3	53
9	0 – 5	4,8	30,2	6	3,1	2,1	40,6	18,0	122,9	50
	5-10	4,9	27,9	4	1,4	1,2	42,6	15,7	110,9	53
	10-20	5,2	25,2	3	0,9	0,0	46,3	18,6	107,6	61

*Sistema 1: milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja

Sistema 2: algodão/aveia-preta/algodão/sorgo/soja

Sistema 3: soja/trigo/soja/milho/milheto/soja

Sistema 4: milho/nabo/milho/sorgo/soja

Sistema 5: milho/aveia-preta/milho/feijão/milheto/soja

Sistema 6: arroz/nabo/arroz/aveia-preta/soja

Sistema 7: arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja

Sistema 8: algodão/trigo/algodão/trigo/soja

Sistema 9: algodão/nabo/algodão/aveia-preta/soja

Este comportamento foi semelhante aos observados por Sidiras e Pavan (1985), quando detectaram, em trabalho comparando o sistema de plantio direto com o convencional conduzido no norte do Paraná, o aumento no teor da matéria orgânica na camada superficial do solo pela adoção do sistema de plantio direto (SPD). Sá (1993) também observou aumento (27%) no teor de matéria orgânica na camada de 0-0,10 m no sistema de plantio direto (SPD) em relação ao sistema de plantio convencional (SPC), após 15 anos de cultivo. Esse aumento no teor de matéria orgânica dá-se, conforme Freire et. al (2001) em razão da mineralização mais lenta no SPD em relação ao sistema convencional de cultivo devido a um contato menor com o solo, retardando a ação dos microorganismos.

Trabalhos de Muzilli (1983), Sidiras e Pavan (1985), Sá (1993) indicam tendência de diminuição gradativa dos teores de K e P com a profundidade do solo. Vione *et al.* (1997) também observou acréscimos no teor de P nas camadas superficiais do solo, sobretudo nos primeiros 0,05-0,10 m, confirmando a limitada mobilidade desse elemento no solo. Também, pode ser decorrente da adubação em linha das culturas anuais, liberação pela decomposição dos resíduos vegetais e redução da fixação pelo menor contato do P com os constituintes inorgânicos do solo (Sidiras e Pavan, 1985).

Resultados semelhantes foram obtidos por Hernani (1999) quando, em estudo de alterações na fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico submetido a diferentes sistemas de manejo, concluiu que os sistemas de preparo do solo utilizados na sucessão soja-trigo influenciaram os atributos químicos do solo a partir do quinto ano e principalmente na camada 0,0-0,05 m, sendo o plantio direto mais eficaz quanto à melhoria da qualidade química do solo, com ênfase para a camada 0,0-0,05 m.

O comportamento do alumínio, cálcio e magnésio deu-se de maneira diversa nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas. Houve um acúmulo de alumínio nas camadas superficiais do solo nos sistemas 1, 2, 4, 7 e 9; O cálcio, nos sistemas 1, 4,

5, 6, 7 e 8 e o Mg nos sistemas 1, 3, 4, 5, 6 e 8. Esses resultados apresentaram comportamento semelhante aos observado por Muzilli (1983), Sidiras e Pavan (1985), Sá, (1993) e Hernani, (1999), que verificaram maior acúmulo desses elementos nas camadas superficiais do solo. Em todos os tratamentos há a presença de alumínio, embora os valores encontrados estejam abaixo dos teores considerados tóxicos para a cultura, que é de $5,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Osaki, 1991).

Também foi observado que as parcelas do sistema 7 (arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja) apresentam saturação de bases (V%) acima de 60%, satisfatório para solos do sul de Mato Grosso do Sul (Embrapa 2001). O sistema 5 (milho/aveia/milho/feijão/milheto/soja) apresenta o maior teor de alumínio e menor saturação de bases quando comparado aos demais.

Os menores teores de K e P foram constatados no sistema 1, porém, de acordo com Embrapa (2001), não há necessidade de correção desses elementos em nenhum tratamento.

Observa-se nos resultados da análise de variância (Quadros 3 e 4) que houve diferença significativa ($p < 0,05$) nos teores foliares de enxofre e boro na cultura da soja cultivada em diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Os teores foliares de enxofre na soja dos sistemas 3 (soja/trigo/soja/milho/milheto/soja) e 7 (arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja) foram significativamente superiores aos do sistema 9 (algodão/nabo/algodão/aveia-preta/soja) e que os teores de boro foram superiores no sistema 6 (arroz/nabo/arroz/aveia-preta/soja) em relação aos sistemas 2 (algodão/aveia-preta/algodão/sorgo/soja) e 1 (milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja) e superiores nos sistemas 3 (soja/trigo/soja/milho/milheto/soja), 7 (arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja) e 9 (algodão/nabo/algodão/aveia-preta/soja) em relação ao sistema 1 (milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja) (Tabela 5). Os teores de boro estão na faixa considerada suficiente (Embrapa 2001) para todos os sistemas de rotação ou sucessão de culturas, embora tenha havido diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%,

Quadro 3. Quadrado médio do teor foliar de macronutrientes (g kg^{-1}), nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Fontes

de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Sistema	7,2431	0,1092	8,4399	0,6642	0,0567	0,0675*
Bloco	3,3562	0,0844	0,7037	0,2100	0,0544	0,1548
Resíduo	3,5242	0,1740	11,5474	0,4433	0,0390	0,0171
C.V.(%)	5,01	14,84	16,38	7,61	6,07	6,07

* significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

Quadro 4. Quadrado médio do teor foliar de micronutrientes (mg kg^{-1}), nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Fontes de Variação	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Sistema	1,9116	790,8516	54,6392	47,6625	34,4527*
Bloco	2,8693	6342,5760	238,1878	95,9444	47,7524
Resíduo	1,3917	1036,4240	65,5236	87,5699	6,1448
C.V.(%)	19,61	21,12	16,48	18,56	6,27

* significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

Os resultados médios dos teores foliares indicam que somente o N está abaixo da concentração considerada suficiente (Quadro 5), de acordo com as faixas de concentração de nutrientes proposta pela Embrapa (2001), embora as plantas não apresentaram sintomas visuais de deficiência desse elemento, caracterizado pela perda uniforme da coloração verde das folhas, mudando para verde pálido a amarelado

(Meurer *et al.*, 1981). A soja é uma cultura que apresenta alta demanda de N, sendo satisfeita pelo processo de fixação biológica do nitrogênio, realizada por bactérias pertencentes às espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*. Na ausência desse processo biológico seriam necessários, para atingir os níveis atuais de produtividade brasileira, cerca de 400 kg ha⁻¹ de N como fertilizantes nitrogenados (Hungria, 1999).

Pode-se também inferir que mesmo com a inoculação das sementes com o *Bradyrhizobium*, existe uma competição por nitrogênio no sistema de plantio direto pelos microorganismos do solo para a decomposição da palha.

Os teores foliares de K, Ca, Mg, Fe, Mn e B estão em níveis médios ou suficientes em todos os sistemas de rotação ou sucessão de culturas. Os teores de P, S, Cu e Zn se comportaram de maneira diversa nos diferentes sistemas. As concentrações de P na folha do sistema 3, de S no sistema 9 e de Cu nos sistemas 2, 4, 6 e 7 apresentaram-se no intervalo do nível considerado baixo, porém no limite superior da faixa, muito próximas dos teores que esses elementos apresentaram nos demais sistemas, no limite inferior da faixa considerada média ou suficiente (Quadro 5).

No caso do Zn, seu teor foliar nos sistemas 2, 4, 5 e 9 está no limite superior da faixa média ou suficiente, muito próximo dos teores apresentados nos demais sistemas, que estão no limite inferior da faixa considerada alta (Quadro 5).

Segundo Malavolta *et al.* (1997), a causa mais comum da deficiência de nutrientes na planta é causada por fatores como baixo teor de matéria orgânica, acidez (menor mineralização), lixiviação e/ou seca prolongada. Descartamos as condições climáticas pois observa-se que as temperaturas máximas e mínimas ocorridas durante a condução do experimento estiveram entre 20°C e 30°C (Figura 1) e a pluviosidade média (Figura 2) foi superior a 800 mm, embora com ocorrência de veranicos no primeiro e terceiro decêndios de janeiro, os períodos que se seguiram apresentaram valores satisfatórios para um bom desenvolvimento da cultura da soja (Embrapa, 2000).

Quadro 5. Teor foliar de nutrientes da soja, em função das parcelas que foram

semeadas com soja em sucessão às culturas de outono/inverno e/ou primavera.

Sistema											
de											
rotação											
ou	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
sucessão											
*											
g kg ⁻¹mg kg ⁻¹					
1	38,5	3,0	18,7	8,8	3,4	2,0 ab	7,4	158,2	45,9	57,1	33,4 c
2	37,6	2,8	19,3	8,0	3,1	2,1 ab	5,5	151,1	53,0	46,4	35,7 bc
3	36,0	2,4	19,8	8,2	3,3	2,3 a	6,1	135,3	44,2	51,2	41,1 ab
4	40,1	2,8	21,7	8,4	3,1	2,1ab	5,5	151,1	50,5	44,8	40,0 abc
5	35,5	3,0	22,8	9,3	3,4	2,3 ab	6,5	128,1	51,8	49,6	39,6 abc
6	36,2	2,9	18,7	9,2	3,1	2,1ab	5,5	181,7	57,2	53,4	44,8 a
7	37,4	3,0	23,0	9,3	3,3	2,4 a	4,8	157,0	46,8	53,4	40,8 ab
8	39,0	2,8	21,5	8,7	3,4	2,2 ab	6,7	142,2	46,7	51,2	40,3 abc
9	36,4	2,8	21,2	8,7	3,1	1,9 b	6,1	166,9	45,5	46,7	41,0 ab

*Sistema 1: milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja

Sistema 2: algodão/aveia-preta/algodão/sorgo/soja

Sistema 3: soja/trigo/soja/milho/milheto/soja

Sistema 4: milho/nabo/milho/sorgo/soja

Sistema 5: milho/aveia-preta/milho/feijão/milheto/soja

Sistema 6: arroz/nabo/arroz/aveia-preta/soja

Sistema 7: arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja

Sistema 8: algodão/trigo/algodão/trigo/soja

Sistema 9: algodão/nabo/algodão/aveia-preta/soja

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

4.2. Cobertura do solo

Observa-se nos resultados da análise de variância (Quadro 6) que houve diferença significativa ($p < 0,05$) na cobertura do solo entre os sistemas de rotação ou sucessão de culturas nas avaliações realizadas nos estádios V2, V4 e V6 da escala fenológica da cultura da soja proposta por Fehr e Caviness (1977)

Quadro 6. Quadrado médio da cobertura do solo (%), em função do estágio de desenvolvimento da soja, nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Fontes						
De	V2	V4	V6	V7	V8	R1
Variação						
Sistema	338,6761*	175,7501*	104,0001*	37,3704	11,9259	1,3425
Bloco	341,3704	186,3333	76,4444	13,4815	3,5926	4,5926*
Resíduo	97,16200	56,1250	38,6111	30,8565	5,8426	0,9259
C.V.(%)	12,24	9,38	7,78	6,15	2,51	0,97

* significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

A cobertura do solo é dada pelo somatório da cobertura morta das culturas antecessoras e pela cultura da soja, considerando que a efetividade da cobertura do solo obtida por plantas em desenvolvimento e cobertura morta são equivalentes (Ghuman e Lal, 1983, citados por Salton, 1991). A cobertura exercida pela palha das culturas antecessoras tende a diminuir pela sua decomposição e a parcela de contribuição à cobertura devido à cultura da soja tende a aumentar pelo crescimento das plantas.

No estágio V2 a soja semeada em sucessão a aveia-preta (sistema 9) apresentou melhor cobertura do solo diferindo significativamente da cobertura das plantas de sorgo semeadas nos sistemas de rotação 2 e 4 (Quadro 7). Tal situação pode ser atribuída às geadas ocorridas entre 13 e 25/07/2000 que causaram perdas de produção de massa pela morte das plantas de sorgo. De acordo com Alvarenga *et al.* (2001), o mínimo exigido de cobertura de solo para o estabelecimento do plantio direto é de 50%. Baseado nesta afirmação, podemos inferir que todos os sistemas de rotação ou sucessão de cultura atenderam esta necessidade, sendo as maiores porcentagem de cobertura do solo observadas nas parcelas com aveia preta. Este comportamento se manteve até a cultura da soja cobrir totalmente a superfície do solo (estádio R1).

A cobertura do solo pela palha da cultura anterior, especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da soja, exerce um papel muito importante. Nessa fase, além das temperaturas serem altas, as precipitações pluviométricas são concentradas. Até que a entrelinha do plantio seja fechada pela cultura da soja, a palha exerce o papel

de absorver os impactos das gotas da chuva, proteger a superfície do solo da ação direta dos raios solares, reduzir a amplitude térmica, evitar a desagregação do solo e formação de crosta superficial, aumentando a infiltração de água (Cruz *et al.*, 2001, Hungria *et al.*, 1997).

Quadro 7. Cobertura do solo (%) nos diferentes estádios de desenvolvimento da soja, em diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas (média de três repetições).

Sistemas*	V2	V4	V6	V7	V8	R1
1	74 ab	74 ab	74 a	89	96	100
2	66 b	71 b	77 a	87	95	98
3	82 ab	78 ab	75 a	89	96	99
4	65 b	72 ab	79 a	88	95	99
5	80 ab	79 ab	77 a	89	95	100
6	91 ab	88 ab	85 a	94	100	100
7	89 ab	86 ab	84 a	93	98	100
8	82 ab	78 ab	75 a	84	93	99
9	95 a	93 a	92 a	95	99	100

*Sistema 1: milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja

Sistema 2: algodão/aveia-preta/algodão/sorgo/soja

Sistema 3: soja/trigo/soja/milho/milheto/soja

Sistema 4: milho/nabo/milho/sorgo/soja

Sistema 5: milho/aveia-preta/milho/feijão/milheto/soja

Sistema 6: arroz/nabo/arroz/aveia-preta/soja

Sistema 7: arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja

Sistema 8: algodão/trigo/algodão/trigo/soja

Sistema 9: algodão/nabo/algodão/aveia-preta/soja

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

4.3. Umidade do solo

Observa-se nos resultados da análise de variância que houve diferença significativa ($p < 0,05$) na umidade do solo (base em volume) entre os sistemas de

rotação ou sucessão de culturas apenas na avaliação realizada no estágio V4 da escala fenológica da cultura da soja, conforme Quadro 8.

Quadro 8. Quadrado médio para a umidade do solo com base em volume ($m^3 m^{-3}$) em função do estágio de desenvolvimento da soja, nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Fontes							
de	V4	V6	R1	R2	R3	R4	R5
Varição							
Sistema	0,002901*	0,002376	0,000855	0,000466	0,00702	0,000534	0,000688
Bloco	0,001744	0,000359	0,000887	0,002817	0,000368	0,000486	0,001347
Resíduo	0,001057	0,001150	0,000552	0,000701	0,000597	0,000573	0,000971
C.V.(%)	9,62	8,97	7,17	7,91	7,49	7,96	8,54

* significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

As parcelas do sistema 9, no estágio V4, apresentaram maior teor de água no solo em relação às do sistema 2 (Quadro 9), confirmando que a maior cobertura do solo proporciona maior armazenamento de água no solo em função de diminuir as perdas por evaporação (Salton, 1991).

Quadro 9. Umidade do solo com base em volume ($m^3 m^{-3}$) nos diferentes estágios de desenvolvimento da soja em diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas (média de quatro repetições).

Sistemas*	V4	V6	R1	R2	R3	R4	R5
1	0,37 ab	0,43	0,36	0,33	0,36	0,32	0,39
2	0,30 b	0,37	0,32	0,35	0,32	0,30	0,37
3	0,35 ab	0,34	0,31	0,33	0,32	0,30	0,36
4	0,33 ab	0,36	0,31	0,31	0,31	0,28	0,34
5	0,34 ab	0,37	0,33	0,35	0,33	0,29	0,37
6	0,35 ab	0,38	0,34	0,34	0,33	0,30	0,37
7	0,34 ab	0,38	0,33	0,33	0,32	0,29	0,37
8	0,30 ab	0,37	0,32	0,34	0,33	0,30	0,36
9	0,38 a	0,39	0,33	0,33	0,32	0,31	0,36

*Sistema 1: milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja

Sistema 2: algodão/aveia-preta/algodão/sorgo/soja

Sistema 3: soja/trigo/soja/milho/milheto/soja

Sistema 4: milho/nabo/milho/sorgo/soja

Sistema 5: milho/aveia-preta/milho/feijão/milheto/soja

Sistema 6: arroz/nabo/arroz/aveia-preta/soja

Sistema 7: arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja

Sistema 8: algodão/trigo/algodão/trigo/soja

Sistema 9: algodão/nabo/algodão/aveia-preta/soja

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

4.4. Massa seca da parte aérea de plantas de soja no estágio de florescimento pleno (R2)

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas de rotação ou sucessão de culturas na produção de massa seca de planta no estágio R2 (Quadro 10).

Em magnitude a, soja semeada após o milho no sistema 5, apresentou maior produção da massa seca avaliada no estágio do florescimento pleno, seguido dos sistemas 3 e 1 (Quadro 11). Blank (1993) em pesquisa com o objetivo de avaliar o acúmulo da massa seca de plantas de soja em função de doses de nitrogênio, nos estádios V8 a R1, nas cultivares Cristalina, IAC 8 e Doko, verificaram que a massa seca variou entre 3.947 e 5.076 kg de massa seca por hectare. Deve-se ressaltar que o

acúmulo da massa seca na parte aérea da planta de soja é dependente da altura da planta, que, por sua vez, varia em função do genótipo e do ambiente. No sistema plantio direto é importante a cultivar apresentar, além de boas produtividades de grãos, uma boa quantidade de palha no momento da colheita. Nesse sentido, com base na produção de massa seca das plantas no florescimento, desconsiderando a contribuição da palha após a colheita, a produção de massa seca obtida em todos os sistemas de rotação de cultura foi superior a 3 toneladas por hectare (Quadro 11), embora grande parte das folhas caem próximo da maturação fisiológica, com rápida decomposição.

Silva e Rosolem (2002) obtiveram maior produção de massa seca da parte aérea das plantas soja, determinada aos 28 dias após a emergência, quando essa sucedeu ao tremoço-azul em relação ao milho, soja e sorgo.

Quadro 10. Quadrado médio para massa seca da soja (g planta^{-1}), no estágio R2, nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Fontes de Variação	Quadrado Médio
Sistema	6,3488
Bloco	7,5348
Resíduo	6,2641
%C.V.	18,76

Quadro 11. Massa seca da soja (g planta^{-1} e kg ha^{-1}) no estágio R2, nos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Sistemas*	Massa média da matéria seca (g planta^{-1})**	Massa média da matéria seca (kg ha^{-1})**
-----------	---	--

1	15,29	4.587
2	11,57	3.471
3	15,58	4.674
4	13,47	4.041
5	16,32	4.896
6	11,59	3.477
7	12,95	3.885
8	12,42	3.726
9	14,19	4.257

* *não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

4.5. Altura de planta e inserção da primeira vagem

A altura de planta e a altura da inserção das primeiras vagens não diferiram estatisticamente entre os sistemas de rotação ou sucessão de culturas (Quadro 12).

No entanto, pesquisa desenvolvida em Passo Fundo, RS, com seis tipos de sucessão, nas safras de 1983/84 à 1987/88, a cultura da soja em sucessão ao trigo e ao linho apresentou maior estatura de plantas, superior às antecédidas por tremoço e colza. Para a altura de inserção de vagens não observaram diferenças significativas em função das culturas antecessoras a soja (Santos e Reis, 1990).

De acordo com Santos *et al.* (1991), a estatura de planta foi a única característica que, na média dos anos estudados (1984/85 à 1986/87, em Passo Fundo, RS), apresentou diferença entre nove sistemas de rotação de culturas

Essas características variam com a época de plantio, suprimento de água, latitude, temperatura, fertilidade do solo e genótipo, sendo de considerável importância sobre a produtividade de grãos, acamamento de plantas e perdas durante a colheita

mecanizada. A planta de soja com altura média entre 60 e 80 cm e altura de inserção de vagem em torno de 12 a 15 cm permite uma eficiente colheita mecanizada e diminuição no risco de acamamento (Cartter e Hartwing, 1962). Os valores obtidos para altura de plantas (Quadro 12) independente dos sistemas de rotação de cultura são considerados adequados para colheita mecânica, que segundo Yokomizo (1999) é de 60 cm.

Quadro 12. Quadrado médio para altura de planta (cm), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagens por planta, produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e massa de 100 grãos (g) para a cultura da soja, em função dos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas

Fontes de Variação	Altura de Planta	Altura de inserção da 1ª vagem	Nº de vagens por planta	Produtividade	Massa de 100 grãos
Sistema	50,3750	3,5000	14,9457	249685,9*	1,8232*
Bloco	19,9630	0,2500	54,5467	119423,7	1,3007
Resíduo	19,8380	1,9167	57,2446	61956,03	0,5829
C.V.(%)	5,75	7,80	20,24	9,75	5,19

* significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

Quadro 13. Altura de planta (cm), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagens por planta, produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e massa de 100 grãos (g) para a cultura da soja, em função dos diferentes sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Sistemas*	Altura de Planta **	Altura de		Produtividade	Massa de 100 grãos
		inserção da 1 ^a vagem **	Nº de vagens por planta**		
1	75,00	17,25	36,82	2389,22 ab	13,38 b
2	83,50	19,5	38,35	2711,22 ab	15,65 a
3	75,75	17,75	38,85	2791,67 a	14,78 ab
4	73,5	16,25	34,52	2771,56 ab	14,72 ab
5	81,75	18,25	33,87	2174,67 b	14,07 ab
6	78,25	18,00	34,40	2352,78 ab	15,18 ab
7	80,00	18,00	38,57	2799,83 a	15,15 ab
8	74,25	16,75	36,75	2703,39 ab	14,99 ab
9	75,50	18,00	33,35	2277,28 ab	14,40 ab

*Sistema 1: milho/ervilhaca/milho/ervilhaca/soja

Sistema 2: algodão/aveia-preta/algodão/sorgo/soja

Sistema 3: soja/trigo/soja/milho/milheto/soja

Sistema 4: milho/nabo/milho/sorgo/soja

Sistema 5: milho/aveia-preta/milho/feijão/milheto/soja

Sistema 6: arroz/nabo/arroz/aveia-preta/soja

Sistema 7: arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja

Sistema 8: algodão/trigo/algodão/trigo/soja

Sistema 9: algodão/nabo/algodão/aveia-preta/soja

* **não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.6. Número de vagens por planta

O número de vagens por planta não diferiu estatisticamente pelo teste F (Quadro 12). Independente do sistema de rotação adotado o número de vagens por planta pode ser considerado baixo, em torno de 35 vagens, indicando a necessidade de maior estande para compensar na produtividade de grãos. Outros estudos também encontraram números de vagens por planta semelhante os obtidos nesta pesquisa, dos quais, Santos e Reis (1990) obtiveram: 28,2 vagens por planta com a variedade BR 4; Santos *et al.*

(1991a) 33,34 vagens por planta estudando as variedades BR6, Bragg e BR 13 e entre 40 a 62 vagens por planta (Navarro Júnior e Costa, 2002), com as variedades FT 2003, OCEPAR 14, BR 16, RS 7- Jacuí, RS 9-Itaúba e CEP 20.

4.7. Produtividade de grãos e massa de 100 grãos

Observou-se diferenças significativas ($p < 0,05$) para produtividade de grãos e massa de 100 grãos (Quadro 12). A maior produtividade foi observada nos sistemas 7 (arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja) e 3 (soja/trigo/soja/milho/milheto/soja), significativamente superiores aos valores encontrados para o sistema 5 (milho/aveia/milho/feijão/milheto/soja), conforme Quadro 12.

A melhor produtividade observada no sistema 7 (arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja) pode ser atribuída aos melhores índices de fertilidade observados na análise de solo (Quadro 2), principalmente em relação à saturação por bases e concentração de alumínio, embora tenha sido efetuada a calagem em junho de 2000 e as adubações de semeadura realizadas de acordo com as recomendações das culturas. Deve-se considerar que mesmo a maior produtividade obtida neste trabalho foi inferior a produtividade média obtida no Estado do MS no ano agrícola 2000/2001, que foi de 2900 kg ha^{-1} (Conab, 2002)

Santos *et al.* (1994), na média de seis anos em Passo Fundo, RS, obtiveram menor rendimento de soja em sucessão ao linho, quando comparada à soja sobre a resteva de trigo ou cevada.

O maior valor para massa de 100 grãos foi verificado na soja semeada sobre a cultura do sorgo no sistema 2, significativamente superior ao encontrado na soja sucedendo a ervilhaca do sistema 1 (Quadro 12). De acordo com Santos *et al.* (1991a) a massa de 100 grãos, juntamente com o número de vagens por planta não foram influenciados pelas restevas de inverno. Os valores encontrados para massa de 100 grãos estão próximos dos obtidos por Navarro Júnior e Costa (2002), que variaram entre 11,96g e 15,42g, em estudos envolvendo seis cultivares de soja no município de Eldorado do Sul, RS, na safra 1996/97.

5. CONCLUSÕES

a) A aveia-preta proporcionou melhor cobertura e melhor armazenamento de água no solo, entretanto não resultou em maior produtividade da soja.

b) A rotação ou sucessão de cultura não influenciou na produção de massa seca da parte aérea, altura de planta, inserção de vagem e número de vagens por planta de soja.

c) A rotação arroz/sorgo/arroz/feijão/milheto/soja e a sucessão soja/trigo/soja/milho/milheto/soja proporcionaram à cultura da soja maior produtividade de grãos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA D.P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, v. 22, n.208, p 25-36, 2001.

ALVES SOBRINHO, T.; PEIXOTO, P.P.P.; SOUZA, L.C.F.S.; FEDATTO, E.; GONELA, S.R.B. Temperatura do solo em sistemas de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza, Ce. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: CONBEA, 2000.

ALVES SOBRINHO, T.; OSMARI, Z.R.; SILVA, C.G.; PEIXOTO; P.P.P.; FEDATTO, E. Temperatura do solo em sistema de plantio direto irrigado e não irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador, Ba. **Anais eletrônicos...** Salvador: CONBEA 2002.

ALVES SOBRINHO, T.; PEIXOTO, P.P.P.; SOUZA, L.C.F.S.; FEDATTO, E; N.C. MAPELLI. Avaliação de alguns atributos do sistema solo-água-planta em plantio direto e convencional: Parte I. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza, Ce. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: CONBEA, 2000.

ARCHER, J. R.; SMITH, P. D. The relation between buch density, available water capacity of soils. **Journal of Science**, v. 23, n. 4, p.475-479, 1972.

BLANK, A.F. Maximização da exploração da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill): Efeito da adubação nitrogenada no plantio e em cobertura na produção de feno e grãos oriundos da rebrota. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1993. 61 p. (Dissertação Mestrado)

CARTER, J.L.; HARTWING, E.E., 1962. **The management of soybeans**. In: Norman, A. G., ed. *The soybean*. New York: Academic Press. USDA. 1962.

CASTRO, O.M. de. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41 p. (Séries Técnicas, 3)

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – CFSRS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: SBCS – Núcleo Regional Sul, EMBRAPA, CNPT, Passo Fundo, 1995. 224p.

CONAB. Comparativo de área, produção e produtividade safras 2000/01 e 2001/02. Disponível em :<<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 05 ago. 2002.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; SANTANA, D.P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, v. 22, n.208, p 13-24, 2001.

DERPSCH, R.; ROTH,C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: IAPAR, 1991. 268 p.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1992. 88p. (Circular, 73)

DERPSCH, R. Importancia de los abonos verdes y la rotación de cultivos en el sistema de siembra directa. In: ENCUENTRO NACIONAL DE PRODUCTORES EN SIEMBRA DIRECTA, 3, 1998. **Anais...** Itapúa: APASCU, 1998. p 71-102.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Tecnologias de produção de soja: Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, 2001/2002**. Dourados, 2001. 179p.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1999. 158p. (Circular Técnica, 2)

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p. (Documentos, 1)

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil. Londrina: EMBRAPA-CNPS, 2000. 164p. (Documentos)

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; VOSS, M.; AMBROSI, I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 349-355, 2000.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.2, p. 459-467, 2000.

GHUMAN, B.S.; LAL, R. Effect of crop cover on temperature regime of on Alfisol in the tropics. *Agron. J.*, Madison, n.75, p931-936, 1985.

HERNANI, L.C. Sistemas de manejo do solo, perdas por erosão hídrica e rendimento de grãos de soja e de trigo: resultados do período 1987-1997. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 52 p, 1999. (Circular Técnica, 4)

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C. Algodão – Informação Tecnológica. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 267p. (Circular Técnica, 7)

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. London: Academic Press, 1982. 364p.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A. Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo. Londrina: EMBRAPA– CNPSo, 1997. 9 p. (Comunicado Técnico, 56)

HUNGRIA, M. Associações microbianas na nutrição nitrogenada da soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSo. p 105-109, 1999. (Documentos, 125)

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Amostragem de solo para análise química. Londrina: IAPAR, 1996. 28 p. (Circular, 90)

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. 497p.

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**, Campinas, v.7, p.95-102, 1983.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MELO FILHO, G.A. de; RICHETTI, A. Perfil socioeconômico e tecnológico dos produtores de soja e milho de Mato Grosso do Sul. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 57 p. (Documentos, 15)

MELO FILHO, G.A. de; VIEIRA, C.P.; RICHETTI, A; NOVACHINSKI, J.R. Recomendação e Nível de Adoção de Tecnologias Agrícolas em Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 76 p.

MEURER, E.J.; WANG, G.M.; WANG, S.R. Função dos nutrientes e sintomas de deficiência. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C., ed. A soja no Brasil. Campinas: Instituto Tecnológico de Alimentos, 1981. p 156-167.

NAVARRO JÚNIOR, H.M.; COSTA, A.C. Contribuição relativa dos componentes do crescimento para produção de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. , 2002.

OSAKI, F. Calagem e adubação. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

ROSOLEM, C.A. Adubação potássica em semeadura direta. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p 59-75.

RUEDELL, J. **A soja numa agricultura sustentável**. In: SILVA, M.T.B. (ed). A soja em rotação de culturas no plantio direto. Cruz Alta. FUNDACEP FECOTRIGO, 1998. p 1-34.

SÁ, J.C. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Aldeia Norte Editora, 1993. 96p.

SALTON , J.C. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade do solo. Porto Alegre: UFRGS, 1991, 92p. (Dissertação Mestrado)

SALTON, J. C.; PITOL, C.; ERBES, E. Cultivo de primavera: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul. Maracaju: Fundação MS,1993. 6p. (Informativo Técnico, 1/93)

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SANDINI, I. Efeito de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1141-1146, 1997.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 289-295, 1998.

SANTOS, H.P. dos; VIEIRA, S.A.; PEREIRA, L.; REIS E.M. Rotação de culturas em Guarapuava. XIII. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas sobre o rendimento de grãos e sobre outras características agronômicas da soja, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.6, p. 907-916, jun.1994.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Efeito de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n.11, p. 1637-1645, 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. X. Efeitos de culturas de inverno e de soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 3, p. 295-302, 1989.

SANTOS, H.P. dos; VIEIRA, S.A.; PEREIRA, L.R.; ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XVI. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos e outras características agronômicas das plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n.9, p. 1539-1549, set. 1991.

SANTOS, H.P. dos; VIEIRA, S.A.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas em Guarapuava. X. Efeitos das culturas de inverno em plantio direto sobre características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n.9, p. 1551-1561, set. 1991.

SILVA, R.H. da; ROSOLEM, A. C. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n 6, p., 2002.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.2, p. 427-436, 2000.

SIDIRAS, N.; PAVAN N.A. Influência do manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n.3, p. 249-254, 1985.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P. Caracterização física em solo da unidade de mapeamento São Gerônimo, RS. (PALEUDULT) em três sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p 170-175, 1978.

YOKOMIZO, G K. Interação genótipos x ambientes em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz” USP, 1999, 170 p. (Dissertação Doutorado)