unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Pós-Graduação em Agronomia

Culturas de Cobertura do Solo e Calagem na Implantação de Plantio Direto para as Culturas de Milho e Soja

FERNANDO GALORO DELAVALE

ENGENHEIRO AGRONOMO

1210001313

Ilha Solteira - SP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CULTURAS DE COBERTURA DO SOLO E CALAGEM NA IMPLANTAÇÃO DE PLANTIO DIRETO PARA AS CULTURAS DE MILHO E SOJA

FERNANDO GALORO DELAVALE
Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. EDSON LAZARINI
Orientador

Prof. Dr. SALATIÉR BUZETTI
Co-orientador

1210001313

Proc. 071/2002 - NAD 074/02

UNESP - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"
SERVIÇO TÉC. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO

DATA DE CHEGADA	DATA DE TOMBO
19.9.02	30.09.02
REGISTRADO POR	TOMBO
Aiza	Te. 1313
AQUISIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Doação Autor R$ 10,00	0343c

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

ILHA SOLTEIRA
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro – 2002

50103016
MANEJO E TRATOS CULTURAIS
0343c

Syp 169008
Syp 54178

Delavale, Fernando Galoro
D343c Culturas de cobertura do solo e calagem na implantação de plantio direto para as culturas de milho e soja / Fernando Galoro Delavale. -- Ilha Solteira, 2002
x, 107 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de concentração: Sistemas de Produção.

Orientador: Edson Lazarini
Inclui bibliografia

1. Milho 2.Soja 3.Calagem 4.Plantio Direto 5.Milheto 6.Aveia

Culturas de Cobertura do Solo e Calagem na Implantação de Plantio Direto para as Culturas de Milho e Soja

FERNANDO GALORO DELAVALE

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DO CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Edson Lazarini (Orientador)

Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Prof. Dr. Luiz Malcolm Mano de Mello

Ilha Solteira/SP
Fevereiro de 2002

BCpIS - FEIS - UNESP

"Precisamos, sim, da cultura que aprimora a inteligência, da justiça que salienta a ordem, do progresso material que enriquece o trabalho e de assembléias que favorecem o estudo; no entanto, toda a movimentação humana, sem a luz do amor, pode-se perder nas sombras..."

Emmanuel

BCpIS - FEIS - UNESP

Aos meus pais *Valdemar Delavale* e *Nilce Galoro Delavale*, que me educaram com carinho e retidão, cujo exemplo de vida foi e sempre será de fundamental importância para minha formação pessoal e profissional e;

Aos meus irmãos, *Valdemar Delavale Junior* e *Roulien Galoro Delavale* pelo incentivo, confiança, companheirismo e amor a mim dedicados, aos quais sou eternamente grato

DEDICO

Aos meus avós *Luiz* e *Amélia*, à querida tia *Neide*, cunhada *Andria* e a amiga especial *Herika*, pelo incentivo e carinho nos momentos difíceis

OFEREÇO

Ao Prof. Dr. *Edson Lazarini*, pelos vastos ensinamentos,orientação, paciência, dedicação e companheirismo, fundamentais para a realização deste trabalho, e sua esposa *Cláudia*, pela compreensão e apoio, meu

OFERECIMENTO ESPECIAL

BCpIS - FEIS - UNESP

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **DEUS**, pela presença constante em minha vida. Peço serenidade necessária para aceitar as coisas que não posso mudar, coragem para mudar aquelas que posso e sabedoria para distinguí-las;

À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Ilha Solteira, pela concessão e pelas condições de trabalho oferecidas ao longo do curso;

Ao Prof. Dr. Salatiér Buzetti, co-orientador, pela orientação, amizade e satisfação em trabalhar com uma pessoa de alto nível profissional;

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FE/UNESP, em especial aos Professores Antonio César Bolonhezi, Luiz Malcolm Mano de Mello, Marco Eustáquio de Sá, Marlene Cristina Alves e Orivaldo Arf, pelos ensinamentos e amizade;

Aos amigos do curso de Pós-Graduação: Adriana, Ana Cristina, Ananda, André, Ary, Cassiano, Daniela, Dolorice, Edson, Geovane, Gilberto, Horácio, José Weselli, Simão, Simone, Sueli, Vicente, Wilson e Zigomar, pelo companheirismo e pelos bons momentos em que passamos juntos, fundamentais ao êxito do curso, em especial à Marta, pela compreensão, carinho e apoio na condução do experimento;

Aos técnicos de laboratórios da FE/UNESP: Alexandre, André, Carlos, João e José Antônio, pelo auxílio ao longo do curso e amizade;

Ao secretário José Carlos de Oliveira, do Departamento de Fitotecnia, Tecnolgia de Alimentos e Sócio-Economia, pelo auxílio nos trabalhos burocráticos e confecção das figuras, amizade e incentivo durante o curso;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa (Cerrado) da FE/UNESP, companheiros nos trabalhos de campo, por tudo que contribuíram na realização desta pesquisa;

Aos funcionários da Biblioteca, pelo excelente atendimento, em especial à João Josué Barbosa, pelo auxílio nas referências bibliográficas;

À Arlindo Urzulin e Maria de Fátima Sabino, da Seção de Pós-Graduação da FE/UNESP, pelo bom atendimento e amizade;

Aos colegas do curso de Graduação em Agronomia desta unidade de ensino, em especial o Alface, Beiço, Fusca, Geovane, Grampolla, Sabugo e Tibério, pela amizade e apoio;

Aos amigos de Votuporanga, Wellington Roberto da Silva (Vulto) e Julio César dos Reis Pereira, pelo companheirismo, incentivo e auxílio nas avaliações;

À cidade de Ilha Solteira, pelos bons momentos aqui vividos durante o curso;

À todos, que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento de minha carreira, em especial da realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

Página

RESUMO vii
SUMMARY ix
1. INTRODUÇÃO 1
2. REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1. Sistema plantio direto 3
2.1.1. Cobertura vegetal do solo 5
2.1.2. Tipos de cultura de cobertura ou adubo verde 7
2.1.3. Decomposição da palhada 9
2.1.4. Rotação de culturas 10
2.2. Calagem 13
2.3. Calagem no sistema plantio direto 15
3. MATERIAL E MÉTODOS 21
3.1. Localização e caracterização da área experimental 21
3.2. Tratamentos 21
3.2.1. Calcário 22
3.3. Tamanho das parcelas e delineamento experimental 23
3.4. Instalação do experimento 23
3.5. Variedades e híbrido utilizados 24
3.6. Semeadura e tratos culturais 25
3.7. Amostragens e avaliações 27
3.7.1. Avaliações químicas do solo 27
3.7.2. Cultura do milheto e da aveia preta 28
3.7.3. Cultura da soja 28
3.7.4. Cultura do milho 30
3.7.5. Análise estatística 31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 32

4.1. Características químicas do solo 32
4.1.1. pH 32
4.1.2. Matéria orgânica 38
4.1.3. Fósforo 41
4.1.4. Potássio 46
4.1.5. Cálcio 49
4.1.6. Magnésio 53
4.1.7. Acidez potencial (H+Al) 57
4.1.8. Saturação por bases (V%) 60
4.2. Avaliação do estado nutricional na diagnose foliar de soja e milho 64
4.3. Massa seca das culturas de cobertura do solo 67
4.4. Características agronômicas e massa seca restituída ao solo e exportada pelos grãos das culturas de soja e milho 69
4.4.1. Cultura da soja 69
4.4.2. Cultura do milho 75
4.4.3. Massa seca restituída ao solo e exportada pelos grãos de soja 80
4.4.4. Massa seca restituída ao solo e exportada pelos grãos de milho 83
5. CONCLUSÕES 87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 88
7. APÊNDICES 106

CULTURAS DE COBERTURA DO SOLO E CALAGEM NA IMPLANTAÇÃO DE PLANTIO DIRETO PARA AS CULTURAS DE MILHO E SOJA

AUTOR: FERNANDO GALORO DELAVALE
ORIENTADOR: EDSON LAZARINI
CO-ORIENTADOR: SALATIÉR BUZETTI

RESUMO

As áreas cultivadas sob sistema plantio direto têm apresentado grande crescimento no cerrado brasileiro em função dos benefícios relacionados com a sustentabilidade do sistema agrícola, porém ainda necessita de informações esclarecedoras, principalmente com relação à prática da calagem. Neste contexto, foi conduzido na Fazenda Experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, em um solo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, e cultivado há vários anos no sistema convencional, um experimento com o objetivo de avaliar, na implantação do sistema de plantio direto (SPD) em solo de cerrado, o efeito de modos de aplicação de calcário e de culturas de cobertura, nas características químicas do solo e das culturas de milho e soja, em dois anos agrícolas (1999/00 e 2000/01). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, ou seja, modos de aplicação de calcário (calcário incorporado ou aplicado em superfície na implantação das culturas de cobertura (08/1999); em superfície no manejo destas (10/1999) ou sem calcário) e culturas de cobertura do solo (milheto e aveia preta). As avaliações constaram de: análise química do solo (rotina) em amostras tomadas nas profundidades 0 - 10, 10 - 20 e 20 - 40 cm, na época de implantação e no florescimento, no ano agrícola 1999/00 e após a colheita nos anos agrícolas 1999/00 e 2000/01 das culturas de milho e soja; teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, nas folhas na época do florescimento das

culturas de soja e milho; produção de massa seca do milheto, aveia, milho e soja e características agronômicas das culturas de milho e soja. Através dos resultados obtidos, pode-se concluir que em solo apresentando V=50%, na camada de 0 - 20 cm, o calcário aplicado na implantação do SPD, visando-se elevar o V à 70%, mostrou-se benéfico às características químicas do solo e químicas e agronômicas das plantas de soja e milho; a dose utilizada (1235 kg ha^{-1}) pode ser aplicada em superfície na implantação do SPD sem detrimento dos efeitos no solo e na planta, em relação ao calcário incorporado na camada de 0 - 20 cm; é importante que a aplicação de calcário em superfície seja realizada na mesma época onde geralmente ocorreria a aplicação e incorporação, ou seja, com antecedência de 60 dias da semeadura; como cultura de cobertura, o milheto apresentou melhor comportamento que a aveia nas condições edafoclimáticas da região, em cultivo realizado no final do inverno e início da primavera; o cultivo de culturas de cobertura do solo para produção de massa seca é necessário para que adicionado à quantidade restituída ao solo com os resíduos das culturas de milho e, principalmente de soja, possa suprir o aporte de palha anual preconizado para o SPD na região (10 t ha^{-1}).

Palavras-chave: calcário, fertilidade do solo, milheto, aveia preta, cerrado

SOIL COVER CROP AND LIMING TO BEGIN NO TILLAGE SYSTEN ON CORN AND SOYBEANS CROPS

AUTHOR: FERNANDO GALORO DELAVALE
ADVISER: EDSON LAZARINI

SUMMARY

The areas cultivated under no tillage system have showed a great expansion on savannah soil in Brazil due to its better performance related to sustantable agricultural as compared to conventional system. However, it needs more information about the liming practice. In this way, this study was conducted at Experimental Station of UNESP - Ilha Solteira Campus, located in Selvíria country - MS. The soil is a dystrophic red latosol cultivated for several years in the conventional system. The trial aimed to evaluate lime application system: a) incorporated, b) applied on surface before de soil cover crop sow - millet or black oat (08/1999), c) on surface at management of cover crops (10/1999) and, d) without lime application. A randomized entirely design in a factorial scheme 4x2 (4 lime application system and 2 cover crops) was used. The no tillage system begun in 1999 and the corn and soybean were cultivated in two years (1999/00 and 2000/01). The evaluations consisted of: chemical analysis of the soil in samples takings in the depths 0-10, 10-20 and 20-40 cm, before the sow and at flowering time , in the agricultural year 1999/00 and after the crop in the years agricultural 1999/00 and 2000/01 of the corn and soybean crops; N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn content in the leaves at flowering time to corn and soybean; dry mass production of millet, black oat, corn and soybean and agronomic characteristics of the corn and soybean crops. The obtained results were: V=50% in the layer of 0-20 cm, the lime applied in the begin of no tillage system showed improved chemical characteristics of the soil and the plant and to agronomic characteristics of the corn and soybean crops; the used dose of lime at 1235 kg ha^{-1} can be applied in the soil surface when the no tillage system begins. It can be compared to effect related to lime incorporated in the layer at 0-20 cm

concerning to soil and plant; the application of lime on surface must be done when it would be done the lime incorporation; the millet showed better performance than black oat to crop in the final of winter and begin of spring; the soil cover crop to provide dry mass plus straw of corn and soybean are necessary to supply the amount of annual stray preconized by no tillage system (10 t ha^{-1}).

Key words: lime, fertility of the soil, millet, black oat, savannah soil

1. INTRODUÇÃO

Projeções indicam que a população mundial alcançará 8,3 bilhões de habitantes até o ano de 2025 (BORLAUG, 2000), aumentando-se assim a necessidade em se elevar a produção de alimentos, sendo primordial a condução de uma grande gama de pesquisas visando proporcionar respostas satisfatórias na exploração do solo. Nas últimas décadas, este crescimento demográfico tem causado a exploração intensiva dos solos agrícolas, com o uso de tecnologias cada vez mais baseadas no uso indiscriminado de máquinas e agroquímicos, propiciando aumento na poluição, aparecimento de erosão e áreas degradadas, vindo a provocar a queda na produtividade agrícola, o êxodo rural e a redução nas áreas de preservação ambiental.

A recuperação do equilíbrio natural do solo e a minimização dos efeitos nocivos ao meio-ambiente nos tem levado à obtenção de um sistema agrícola mais sustentável e lucrativo, o que tem impulsionado a implantação do plantio direto, onde um dos aspectos primordiais consiste na conservação do solo e da água.

O sistema de produção, conhecido como plantio direto, consiste na utilização de rotação de culturas e se caracteriza pela ausência de preparo do solo e pelo cultivo em terreno coberto por palha, durante tempo indeterminado, proporcionando efeitos significativos na conservação e melhoria do solo, da água, no aproveitamento dos recursos naturais e insumos, na fertilidade do solo, no controle de plantas invasoras, na redução dos custos e na estabilidade de produção, assim como nas condições de vida do produtor rural e da sociedade.

No Brasil, a área cultivada sob sistema de plantio direto (SPD) no ano agrícola 2000/01, foi estimada pelo Conselho Nacional de Abastecimento (CONAB) (2001) em 15 milhões de hectares, atingindo quase 40% da área com a produção de grãos do país.

A cultura da soja constitui-se na oleaginosa de maior importância cultivada no mundo, com grande área plantada e crescente produção, proporcionando ao Brasil em 1998 rendimentos em torno de US$ 5,0 bilhões com a exportação do complexo-soja (grãos, farelo e óleo), (SILVA, 1998). A cultura do milho, pode ser considerada, em âmbito nacional, como uma das culturas mais importantes, tanto sob o aspecto social quanto econômico, apresentando-se com a maior área cultivada e, seu produto, de relevante participação comercial em virtude de sua contribuição na indústria de alimentos e de rações. Levantamentos do CONAB (2001) estimaram para o ano agrícola 2000/01 uma área de 13,69 milhões de hectares cultivados com a cultura da soja e 13,08 milhões de hectares com a cultura do milho.

O emprego da calagem é fundamental para o sucesso do cultivo da soja e do milho, atuando na neutralização de elementos tóxicos, como o alumínio e o manganês, no aumento da disponibilidade de nutrientes e na promoção de melhorias no solo, favorecendo o sistema simbiótico de fixação de nitrogênio (EMBRAPA, 1996b). Com a adoção do SPD, ocorrem alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e surgem inúmeros questionamentos do ponto de vista científico com relação à calagem, desde a quantidade, freqüência e época de aplicação, até o melhor modo em se realizá-la, nos mais variados tipos de solos.

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido objetivando avaliar na implantação do sistema plantio direto, em um solo de cerrado, os efeitos de modos de aplicação de calcário e culturas de cobertura, nas características químicas do solo e das culturas de milho e soja, em dois anos agrícolas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sistema Plantio Direto

A região de cerrado no Brasil, maior fronteira agrícola disponível no mundo, composta por 207 milhões de hectares e caracterizada por solos geralmente pouco férteis e com possibilidade de ocorrência de veranicos, têm encontrado no plantio direto um sistema de manejo que pode superar as restrições impostas pelo ecossistema e manter ou incrementar a produtividade das culturas, embora necessite ainda de vários estudos para a obtenção de sucesso total, com a adoção desta nova tecnologia de produção (RESCK, 1998).

Conforme ARANTES (1998), desta imensa área do cerrado brasileiro, ainda existe em torno de 110 milhões de hectares agricultáveis, e 90 milhões aptos a produzir grãos, demonstrando a dimensão do potencial agrícola desta região. Entretanto, a baixa quantidade de matéria orgânica, comum em solos de cerrado, principalmente nas camadas inferiores, assim como a baixa CTC, baixa reserva de nutrientes, altos teores de Al, alta capacidade de adsorção aniônica (especialmente fosfato) e a tendência em se acidificar em curto espaço de tempo, constituem-se em alguns problemas para a execução do SPD. Contudo, esses problemas são contornáveis com a realização de um manejo ideal do solo no sistema de preparo, possibilitando às plantas explorarem um maior volume de solo, possuírem uma certa tolerância à seca e recuperar os nutrientes lixiviados (SPEHAR & LANDERS, 1997).

A compactação e desestruturação do solo e a redução nos teores de matéria orgânica são considerados os principais indutores da degradação dos solos agrícolas. Tal degradação, com todas as suas implicações e nefastas conseqüências, tem resultado no desafio de viabilizar sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação

ambiental, criando-se novos paradigmas tecnológicos baseados na sustentabilidade (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

No novo conceito de sistema agrícola produtivo, a fertilidade do solo assume uma abrangência maior que a habitual, expressada apenas nos parâmetros de acidez, disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica, levando-se em consideração também outros importantes aspectos, como alguns parâmetros físicos, tais quais: armazenamento e conservação de água, armazenamento e difusão do calor, além da permeabilidade ao ar e à água (DENARDIN & KOCHHANN, 1993). Conforme KURIHARA et al. (1998), no SPD verifica-se uma maior eficiência no aproveitamento de fertilizantes em comparação ao sistema convencional, devido a melhor utilização dos nutrientes aplicados, sendo decorrente, principalmente, do acúmulo de carbono orgânico e nutrientes na superfície do solo, em função da sobreposição das linhas de semeadura e adubação das diversas culturas ao longo dos anos, associado à ausência de incorporação dos resíduos vegetais.

Dados da Confederação das Associações Americanas para Produção Agrícola Sustentável (Caapas) estimam que o índice das perdas de solo no Brasil gira em torno de mais de 800 milhões de toneladas/ano da camada mais fértil. Com a adoção de um sistema de preparo mais equilibrado, como o SPD e, conseqüentemente, uma maior estabilidade da parte química, tende a ocorrer com o tempo, um aumento de produtividade em nossos solos, uma vez que haverá bem menos lavagem química pela água (lixiviação) e pelo ar (eólica). Sendo assim, os nutrientes, existentes ou aplicados pelo homem, ficarão nas áreas de produção ao invés de serem transportados para os rios, lagos e açudes VILELLA (2000).

Segundo MUZILLI (1991), plantio direto é o processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com o solo. Atualmente, este conceito assume a visão integrada de um sistema, envolvendo a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como: o uso de produtos químicos ou práticas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de coberturas do solo; a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo; a adoção de métodos integrados no controle de plantas daninhas, através de cobertura do solo e herbicidas; e o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura.

Em síntese, OLIVEIRA & FREITAS (1999) definem o plantio direto como um sistema imbuído em produzir alimentos com alta qualidade, em quantidades adequadas, com o menor uso de insumos, maximizando assim a rentabilidade econômica da empresa agrícola, necessitando-se, para tanto, a presença de alguns fatores como a manutenção da palhada na

superfície do solo, utilização de uma maior diversidade de espécies (rotação de culturas) e se evitar o revolvimento do solo.

A utilização de sistemas de preparo com mínimo ou nenhum revolvimento do solo promove melhoria da estrutura, porosidade, retenção e infiltração de água (BAYER, 1996); atividade biológica (CATTELAN & VIDOR, 1990); conteúdo de carbono orgânico e N total do solo, capacidade de troca de cátions e conteúdo de nutrientes (BAYER & MIELNICZUK, 1997).

Segundo KLUTHCOUSKI et al. (2000), a grande evolução na adoção do sistema plantio direto observada nos últimos anos no cerrado brasileiro, deu-se graças à solução parcial ou total dos problemas de primeira geração, tais como a formação e manutenção de cobertura morta, correção das propriedades físicas e químicas do perfil do solo, mecanização do plantio e da semeadura, manejo das plantas daninhas, dentre outros. Entretanto, sob as condições climáticas reinantes neste ecossistema, tem sido difícil a formação e principalmente a manutenção de volume de palhada, em quantidade suficiente para proteger plenamente a superfície do solo.

Para as condições de nossos solos tropicais, como os de cerrado, um manejo mais adequado é fundamental, visto que o clima favorece a rápida decomposição dos restos culturais existentes sobre o solo, devendo-se, portanto, atentar para a quantidade e à durabilidade dos resíduos vegetais produzidos pelas espécies antecessoras à cultura principal (ALVES et al., 1995).

2.1.1. Cobertura vegetal do solo

A adequada cobertura do solo por resíduos vegetais é um dos fatores determinantes para o sucesso do plantio direto. LEVIEN et al. (1990) constataram que a cobertura do solo com plantas (cobertura viva) ou com resíduos (cobertura morta) atuam como principal fator de proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva, representando menores perdas de solo em relação às áreas descobertas. A utilização de cobertura vegetal para proteção dos solos, tem sido estudo de vários pesquisadores em regiões de clima temperado (DERPSCH & CALEGARI, 1992); entretanto, para as regiões de clima tropical, ainda existem poucos trabalhos de pesquisa a respeito desse assunto (LANDERS, 1995), onde se deve ficar atento à quantidade e durabilidade dos resíduos vegetais produzidos pelas espécies antecessoras à cultura principal, uma vez que o clima favorece a rápida decomposição dos restos culturais (ALVES et al., 1995).

Esta cobertura morta, existente sobre o solo no SPD, que é caracterizada por PÖTTKER & BEN (1998) como a produção e manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo não revolvido, é responsável pela proteção dos agregados do solo contra os efeitos erosivos da chuva, redução da evaporação e do escorrimento superficial, aumento da infiltração e do armazenamento de água no perfil, aumento da agregação e da estabilidade de agregados do solo, manutenção de temperaturas mais amenas das camadas mais superficiais do solo e impedimento de germinação de plantas daninhas, uma vez que o não revolvimento do solo e a presença de palhada não incorporada na superfície promovem uma decomposição mais lenta e gradual desse material, proporcionando diversas conseqüências físicas, químicas e biológicas do mesmo, que irão refletir em sua fertilidade e na produtividade das culturas (MUZILLI, 1986). Tais efeitos, aliados aos promovidos pela rotação de culturas, tornam o SPD a forma de manejo de solo mais adequada às condições tropicais (EMBRAPA, 1997).

CARVALHO et al. (1999) mencionam que a utilização de plantas de cobertura, também vulgarmente denominada de adubação verde, contribui bastante para o manejo racional dos solos de cerrado, principalmente pelo enriquecimento de sua fração orgânica, aumento da atividade biológica, melhoria da fertilidade e proteção contra a erosão e a radiação solar intensa, comum na entressafra e no início do período chuvoso dessa região, além de auxiliar na redução da oxidação da matéria orgânica disponível nesses solos.

PAULA et al. (1998) definem adubo verde como a planta cultivada, ou não, com a finalidade precípua de enriquecer o solo com sua massa vegetal, quer produzida no local, quer importada. Salientam que tanto podem ser empregadas gramíneas, que possuem um sistema radicular mais denso, provocando normalmente uma melhoria nas propriedades físicas do solo, tais como aumento da macroporosidade, da agregação e estabilidade dos agregados, da friabilidade do solo e da retenção de água; assim como leguminosas, onde as raízes dessas plantas em simbiose com bactérias do solo do gênero *Rhizobium* fixam o nitrogênio do ar, além de sua riqueza em compostos orgânicos nitrogenados e a presença de um sistema radicular geralmente mais bem ramificado e profundo, que promove a reciclagem de nutrientes das camadas inferiores e, com a morte e decomposição das raízes, formam canalículos que aumentam a infiltração de água.

É importante salientar que as coberturas vegetais podem exercer efeitos positivos e negativos sobre o desenvolvimento das plantas (SANTOS et al., 1998), além da importância em se escolher as espécies adequadas para a composição de um programa ideal de rotação e sucessão, analisando, entre outros fatores, os objetivos a que se destinariam essas coberturas (HERNANI & SALTON, 1996). Objetivando-se a cobertura vegetal do solo e o suprimento

inicial de "palhada", a escolha deve recair sobre espécies de gramíneas com elevada capacidade de produção de matéria seca e que sejam capazes de formar uma proteção mais estável da superfície do solo.

Do ponto de vista da fertilidade do solo, verifica-se efeitos dos resíduos desta cobertura morta sobre a liberação de nutrientes, com reflexos no comportamento e rendimento das culturas. Segundo HAAS (1997), essa cobertura do solo agregada ao SPD, é a grande responsável pela otimização do aproveitamento dos nutrientes, tanto dos fertilizantes, como do próprio solo, num processo lento e gradual de melhorias físico-químicas. No SPD, devido a grande deposição de resíduos vegetais (palhada) na superfície do solo, os ácidos orgânicos são produzidos continuamente, participando na ciclagem dos elementos químicos inorgânicos do solo e, possuindo participação ativa na química dos íons do solo com o processo de perenização destes ácidos derivados dos resíduos depositados na superfície (PAVAN, 1997).

2.1.2. Tipos de cultura de cobertura ou adubo verde

A adubação verde ou utilização de culturas como cobertura do solo e para produção de palha é uma prática versátil e de ampla aplicabilidade no manejo racional do solo, contribuindo com a cobertura do mesmo, preservando-o e/ou restaurando a produtividade das áreas em cultivo, além de proporcionar outras vantagens anteriormente mencionadas; embora a quantidade de fitomassa a ser produzida e o seu manejo é de fundamental importância para a obtenção de tais benefícios (WUTKE, 1993).

Segundo CALEGARI (1997), adubação verde é a utilização de plantas em rotação, sucessão ou em consorciação com as culturas, deixando-as em superfície ou incorporando-as ao solo, contribuindo com a proteção superficial do mesmo, assim como a manutenção e/ou melhoria das suas características físicas, químicas e biológicas, inclusive a profundidades significativas.

Existem vários sistemas de cultivo com adubos verdes, podendo ser tanto leguminosas quanto gramíneas. Estes têm proporcionado uma boa cobertura do solo no outono-inverno, apresentando resultados satisfatórios tanto na obtenção de renda extra na entressafra das culturas de verão (soja, milho, etc.) quanto em termos de produção e melhoria do solo com efeitos benéficos sobre a cultura subseqüente (BULISANI & ROSTON, 1993).

As opções de culturas de cobertura para serem incluídas em sistemas de rotação com culturas comerciais são bastante amplas, devendo-se, portanto, conhecer com profundidade todos os detalhes referentes à espécie a ser utilizada, assim como ao local de cultivo, antes de

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

sua implantação. De acordo com EMBRAPA (1996b), para cobertura do solo no período outono/inverno, destaca-se o cultivo da aveia preta, visto que pode ser manejada no período de florescimento, podendo ser rolada, roçada ou incorporada, e que tem proporcionado boa produção de palha e eficiente redução da acidez no perfil do solo (SÁ, 1998), destacando-se, ainda, principalmente para as condições de cerrado, o cultivo do milheto, mais apropriado no período inverno-primavera, por proporcionar excelente proteção ao solo e grande produção de matéria seca.

Ao se escolher qual espécie ou adubo verde a ser utilizado como cultura de cobertura, é importante que conhecer suas características químicas, que irão determinar o tipo de função a ser exercida por essa cobertura. Os resíduos vegetais foram classificados por TIAN et al. (1993) em três tipos:

- os de alta qualidade ⇒ aqueles com baixa relação C/N e baixos teores em lignina, como as leguminosas, que apresentam um efeito mais direto na produtividade da cultura no campo, ao aumentar a mineralização do nitrogênio;
- os de baixa qualidade ⇒ aqueles com alta relação C/N e teores de lignina, como as espécies lenhosas, que atuariam indiretamente protegendo o solo por mais tempo e;
- os de qualidade intermediária ⇒ como o milho e o arroz.

O uso de coberturas mortas como o milho pode promover proteção do solo por mais tempo (GUIMARÃES, 2000), devido a sua mais lenta decomposição, embora um material de mais rápida decomposição acelere a reciclagem de nutrientes no solo.

Analisando o comportamento de algumas espécies utilizadas como cultura de cobertura do solo, HOLTZ & SÁ (1995) salientam que a aveia preta á altamente eficiente na reciclagem de nutrientes devido à grande capacidade de produção de matéria seca e ao seu alto teor de N total, característica esta atribuída a maior capacidade de absorção do seu sistema radicular, apresentando ainda, entre os adubos verdes, a melhor relação C:N, beneficiando, assim, o cultivo da soja em sucessão a aveia preta, devido ao fornecimento de uma cobertura morta estável para formação de nódulos radiculares e fixação simbiótica do N_2. Também apresenta-se como uma planta melhoradora da sanidade do solo, diminuindo a população de patógenos e, em face a isso, promover aumento no rendimento da cultura de soja em sucessão (ROLF, 1992).

A cultura do milheto, outra importante espécie utilizada como opção de cobertura vegetal, tem merecido grande destaque nos solos de cerrado, apresentando-se como uma

ótima alternativa de cobertura morta no SPD e caracterizando-se como uma gramínea rústica, de clima tropical, tolerante à seca e a solos ácidos, com respostas satisfatórias em solos corrigidos e adubados e elevada capacidade de produção de biomassa (PITOL, 1996), com altura variando entre 1,50 a 1,80m e média tolerância ao alumínio tóxico (SALTON & KICHEL, 1997).

O milheto é recomendado para produção de palha na cobertura do solo apresentando características favoráveis à reciclagem de nutrientes, devido suas raízes vigorosas e abundantes permitirem a utilização de nutrientes que se encontram abaixo da camada arável (MELO & CARDOSO, 1998), principalmente N e K, constituindo-se em uma ótima alternativa para a formação de palhada para o SPD, contribuindo com a redução das perdas de solo por erosão (SALTON & KICHEL, 1997).

2.1.3. Decomposição da palhada

A formação de "palhada" representa a essência do sistema plantio direto, que segundo PÖTTKER & BEN (1998), caracteriza-se pela produção e manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo não revolvido. DERPSCH et al. (1985), demonstraram que neste sistema de cultivo os restos de plantas podem ser deixados superficialmente, sem a mobilização do solo, uma vez que a incorporação se daria por via biológica.

Os resíduos vegetais incorporados ou sobre a superfície do solo sob condições aeróbias sofrem rápido ataque de microrganismos heterotróficos em busca de carbono e nutrientes, sendo os fungos e as bactérias os seres mais ativos na decomposição da matéria orgânica (GUIMARÃES, 2000), sendo a palhada o principal substrato disponível na camada superficial, com contribuição cada vez menor em profundidade, onde as raízes representam papel importante (LYNCH, 1986).

Durante a decomposição da palhada são liberados ao solo diversos subprodutos, como carboidratos, ligninas, hormônios, pigmentos, aminoácidos, proteínas, assim como ácidos orgânicos (TAN, 1986), apresentando este processo influência dos fatores ambientais, em sua maioria, relacionados à atividade dos microrganismos decompositores. GUIMARÃES (2000) relata que a palhada no plantio direto promove efeito benéfico na regulação da temperatura, conservação da umidade e aumento no conteúdo de carbono e nitrogênio orgânicos, próximos à superfície do solo, criando condição altamente favorável à proliferação dos microrganismos.

Analisando o processo de decomposição da palhada, MIYASAKA et al. (1983) dividiram em três fases distintas esse processo:

- ocorrência das transformações químicas logo após a morte dos tecidos vegetais (amarelecimento e secamento) - há um ataque microbiano aos compostos mais facilmente decomponíveis;
- ocorrência das transformações mecânicas com a fragmentação e incorporação dos resíduos ao solo, onde há a participação da fauna do solo nesse processo supramencionado; e,
- as transformações biológicas, onde as excreções da microflora são atacadas novamente pelos microrganismos.

Segundo LIMA et al. (2000), as condições ambientais criadas pelo acúmulo de resíduos vegetais levam a crer que a dinâmica dos nutrientes é diferente no sistema plantio direto, mas de acordo com BARTZ (1998), os princípios básicos praticamente não diferem do convencional, havendo modificações apenas quanto à velocidade e à intensidade das reações que controlam a disponibilidade da maioria dos nutrientes no solo. Na verdade, de acordo com FRANCHINI et al. (2000), os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo funcionam como um reservatório de nutrientes, sendo liberados lentamente pela ação de microrganismos.

A racionalização do uso da fitomassa em conjunto com as técnicas de plantio direto e associado à rotação adequada de culturas, é um dos caminhos mais promissores para a obtenção de eficiência produtiva e conservacionista (BULISANI & ROSTON, 1993); sendo a rotação de culturas uma das condições básicas para o sucesso e continuidade do plantio direto no Brasil (ANGHINONI & SALET, 1995).

2.1.4. Rotação de culturas

Dentre os pré-requisitos necessários para adoção do sistema plantio direto, um sistema de sucessão ou rotação de culturas previamente planejadas, desempenha papel fundamental nesse processo.

A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais ao longo dos anos, em uma mesma gleba ou talhão, apresentando inúmeras vantagens, dentre elas: necessidades diferenciadas de nutrientes entre as plantas, tipo e profundidade do sistema radicular com características distintas, melhor aproveitamento das máquinas, diversificação da renda, controle de plantas daninhas, controle de pragas e doenças, redução da amplitude térmica da camada superficial do solo e perdas de água por evaporação, redução das perdas de solo por erosão, fixação de nitrogênio pelas leguminosas e aumento na produtividade (DERPSCH,

unesp

1991).

PRIMAVESI (1982) menciona que a rotação de culturas contribui para a manutenção da bioestrutura do solo e da sanidade vegetal e se beneficia das condições mais saudáveis do solo, como arejamento adequado e melhor conservação da água disponível, além de se constituir em uma medida poderosa no combate à erosão e ao deflúvio de água pluvial.

Os principais objetivos da rotação de culturas foram listados por MYASAKA et al. (1983), como sendo: redução das perdas por erosão, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, melhor distribuição das culturas na propriedade, economia de trabalho, incorporação e ciclagem do nitrogênio e aumento da produção das culturas. PAULA et al. (1998) salientam ainda que as principais metas da rotação de culturas são, entre outras, proporcionar as melhores condições possíveis de crescimento de uma cultura agrícola através do plantio após culturas prévias adequadas, alcançar utilização e ativação ótimas da fertilidade do solo e garantir a execução de todas as operações de cultivo desde o preparo, plantio e manejo até a colheita em tempo hábil, evitando ocorrência de picos de trabalho. Além destes fatos, Steinhauser et al. citados por DERPSCH et al. (1991) mencionam que a rotação de culturas deve proporcionar um controle eficiente de plantas daninhas, pragas e doenças com envolvimento mínimo de despesas.

Além de outras vantagens já mencionadas anteriormente, a rotação de culturas acarreta benefícios ao condicionamento físico do solo, onde DERPSCH et al. (1991) relataram que a influência da rotação de culturas sobre a infiltração de água é muito maior com o preparo convencional do solo do que com o plantio direto. CINTRA & MIELNICZUK (1983) salientam que espécies vegetais capazes não só de se desenvolver sob condições físicas adversas (alta resistência à penetração e deficiência de O_2), mas também de melhorar essas condições, ao promover agregação e rompimento de camadas compactadas. Já há décadas, HARRIS et al. (1966) mencionavam que o método mais eficiente de estruturação do solo é obtido com a consorciação de gramíneas (espécies com sistema radicular abundante e com constante renovação) com leguminosas (espécies que fixam nitrogênio, intensificando a atividade microbiológica do solo).

Dentre as culturas utilizadas no SPD, de acordo com KLUTHCOUSKI et al. (2000), a soja é uma das que melhor se adaptam ao sistema plantio direto e, de um modo geral, os resultados de literatura indicam que os rendimentos desta cultura, considerando-se o efeito médio de várias safras, geralmente se equivalem aos diferentes sistemas de manejo do solo, com pequena vantagem para o plantio direto (MUZILLI, 1981; BALBINO & OLIVEIRA, 1992; LANDERS, 1995). Entretanto, superioridade no rendimento da soja no sistema

convencional de cultivo (uma aração mais duas gradagens) foi relatado por KOCHHANN & DENARDIN, 1997, onde correlacionaram os resultados obtidos à realização da prática de aração do solo. No caso da cultura do milho, resultados referentes aos diferentes manejos do solo também são bastante diferenciados, onde maiores rendimentos de milho no SPD, em relação a outros sistemas de manejo do solo, foram relatados por HERNANI (1997) e menores rendimentos verificados por FANCELLI & FAVARIN, 1989).

SPEHAR & LANDERS (1997) mencionam que o SPD nos cerrados é geralmente caracterizado pelo cultivo de verão com milho ou soja, sucedidos por milho, sorgo, milheto ou uma cobertura vegetal de inverno.

KANTHACK et al. (1989), analisando o cultivo de soja e de milho após diferentes culturas em rotação constataram que a aveia preta mostrou-se bastante responsiva para ambas as culturas. Resultados semelhantes foram obtidos por GOMES et al. (1997), onde observaram melhor desempenho da cultura do milho em SPD, cultivado sob resíduos de aveia preta.

Testando várias espécies de inverno na região norte do Paraná, DERPSCH & CALEGARI (1985) observaram, após média de dois anos, que a produção de grãos de soja plantada, após o cultivo de aveia preta, foi superior em 770 kg ha^{-1} (em torno de 38%) em relação à média de todas as outras alternativas testadas, demonstrando que a inclusão da aveia na rotação de culturas pode promover acréscimos na produção de soja; entretanto, o milho cultivado após a cobertura de aveia preta apresentou uma pequena redução de produtividade. SALTON et al. (1993), nas condições de cerrado, também constataram melhor rendimento da soja sob palhada de aveia preta, possibilitando inclusive uma estabilização do sistema plantio direto na região devido à constituição de sua palhada. Tentando explicar essa melhora no rendimento da cultura da soja em sucessão à aveia, WISNIEWSKI & HOLTZ (1997) salientam que a decomposição da palhada de aveia preta libera maior quantidade de N e de P para o solo, em função da grande taxa de mineralização do carbono da palhada.

Séguy & Bouzinac, citados por LOS (1995), desenvolvendo experimento em uma área com a cultura de soja cultivada em plantio direto, após o cultivo de milheto verificaram um alto nível de produtividade, com a média de 4.320 kg/ha ou 72 sacas/ha, demonstrando a viabilidade e o bom rendimento para o cultivo de soja após milheto utilizado como cultura de cobertura do solo e produção de palha.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

2.2. Calagem

A acidez, nas condições de nossos solos, tem limitado sua produtividade agrícola devido à ação nociva sobre o crescimento das raízes e, conseqüentemente, na absorção de nutrientes e água pelas culturas (QUAGGIO et al., 1993), existindo um comportamento diferenciado entre as culturas quanto à tolerância às condições de acidez de um solo ou resposta à calagem (RAIJ et al., 1996). Segundo CAMARA (2000), a acidez do solo, não afeta só o crescimento das plantas, mas também afeta severamente a atividade microbiológica do solo de um modo generalizado, possuindo portanto importante função na eficiência das bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, visto que estas são de extrema importância para o desenvolvimento da cultura da soja, pois delas depende o seu suprimento de nitrogênio.

A calagem é uma prática essencial na agricultura moderna, onde, no caso da maioria dos solos ácidos brasileiros, com elevados teores de alumínio e manganês e/ou baixos teores de cálcio e magnésio, a omissão da mesma pode comprometer seriamente a alta produtividade e o uso eficiente de adubos (CAMARGO et al. 1997), sendo uma prática agrícola que afeta positivamente várias características químicas, físicas e biológicas do solo, os quais apresentam efeitos aditivos à produtividade das culturas (QUAGGIO et al., 1993). A realização da calagem, com a aplicação de calcário, aumenta o pH, neutraliza o Al e o Mn tóxicos no solo, fornece Ca e Mg como nutrientes, além de favorecer o desenvolvimento de bactérias *Bradyrhizobium japonicum*, fornecedoras de nitrogênio para a cultura da soja, bem como tornar mais disponível no solo nutriente como o P, Mo, S e B (CAMARA, 2000).

A realização da calagem tem se tornado um dos entraves ao desenvolvimento do SPD, uma vez que os efeitos prejudiciais diretos e indiretos da acidez são um dos principais causadores da baixa produtividade agrícola dos solos nas regiões tropicais. Uma agricultura racional e tecnificada nesse tipo de solo exige, como primeira medida, a correção da acidez até tornar a toxidez de Al e a de Mn em níveis que não afetem as plantas, uma vez que são solos altamente intemperizados, com baixos teores de cátions básicos, elevada acidez e alta presença de óxidos de metais pesados (TANAKA & MASCARENHAS, 1992). Como a maioria de nossos solos é caracterizada por apresentar carga variável, devido aos óxidos de Fe e Al e presença de caulinita e matéria orgânica, além de possuir ponto de carga zero (PCZ) próximo de 4,0 e pH natural próximo de PCZ, onde, sob estas condições, os colóides do solo estão floculados; com a realização da calagem nestes solos, um grande número de processos químicos, físicos e biológicos ocorre simultaneamente e pode promover ou reduzir a estabilidade dos agregados (PAULA et al., 1998).

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

O sistema plantio direto se enquadra no contexto da agricultura moderna, onde a calagem torna-se prática essencial para aumentar a produtividade das culturas e a eficiência da adubação. A adição de calcário normalmente altera atributos químicos do solo, onde, em condições de plantio direto, conforme CASTRO & MARIA (1993), há uma tendência de maior acidificação na superfície, contribuindo para isso o acúmulo de matéria orgânica e resíduos de adubação, sobretudo de fertilizantes nitrogenados. Sendo assim, a calagem é uma prática usual para corrigir as camadas acidificadas, favorecendo, desta forma, o uso eficiente de fertilizantes pelas plantas (GOMES et al., 1997a).

Inúmeros autores obtiveram resultados positivos com a aplicação de calcário no sistema convencional de cultivo da soja, destacando-se, entre outros, RAIJ et al. (1994), onde constataram redução da acidez e um incremento de 43% na produção de soja com a aplicação de diferentes doses de calcário em um Latossolo Roxo, na região de Ribeirão Preto-SP, além de RAIJ et al. (1977), QUAGGIO et al. (1982, 1993) e MASCARENHAS (1996); que também obtiveram aumento considerável na produção de soja com a aplicação de calcário incorporado ao solo em sistema convencional de cultivo.

Segundo CAMARGO et al. (1997), o emprego da calagem em diferentes grupos de solos (latossolo e podzólico) cultivados com soja, propiciou um ambiente desfavorável à lixiviação do K, reduzindo sua perda para regiões fora do alcance das raízes, além de aumentar o pH, a soma de bases e a CTC efetiva do solo, proporcionando ainda uma redução no teor de Al e na CTA. CORÁ et al. (1995) verificaram, além dos resultados semelhantes aos de CAMARGO et al. (1997), um incremento na saturação por bases, uma redução na acidez potencial e um efeito significativo na produção de grãos, da ordem de 20%.

Os primeiros estudos sobre o efeito da calagem na soja, em cultivos em solos sob vegetação de cerrado, indicaram que houve um incremento substancial na produtividade de grãos com as doses crescentes de calcário. Além de aumentar a produtividade de grãos da soja, a calagem melhora a qualidade da cultura (composição de óleo e proteína do grão). A produção de grãos de soja em solo ácido caracteriza-se pela baixa produtividade, com alto teor de óleo e baixo de proteína (TANAKA & MASCARENHAS, 1992). Resultados semelhantes também foram obtidos por TANAKA et al. (1991), onde constataram um incremento de até 39% no teor de proteína e uma redução no teor de óleo com a diminuição da acidez do solo, o que foi proporcionado pela maior atividade simbiótica entre as raízes e as bactérias fixadoras do N atmosférico. Diante desses resultados, concluíram que, existindo um cultivar de soja adequado e um manejo ideal do solo, grandes incrementos na produção de óleo ou proteína podem ser obtidos.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

No caso da cultura do milho, ERNANI et al. (1998), desenvolvendo experimento com o objetivo de avaliar o efeito da calagem e de diferentes sistemas de manejo sobre o rendimento da cultura constataram que a calagem promoveu um incremento de até 50% na produtividade do milho em relação à testemunha, embora o sistema de preparo do solo não tenha influenciado o rendimento de grãos. Respostas positivas no rendimento de grãos de milho com o emprego da calagem também foram obtidas por QUAGGIO et al. (1985), além de WEIRICH NETO et al. (2000), onde constataram que a calagem aumentou linearmente o rendimento de grãos de milho, de acordo com a dose de calcário aplicada.

2.3. Calagem no sistema plantio direto

A expansão do SPD em todo o território nacional tem gerado intenso questionamento na área de fertilidade dos solos, embora os corretivos e fertilizantes têm sido recomendados baseando-se em critérios adotados para o preparo convencional. Portanto, a calagem no SPD, ainda é bastante polêmica e com muitas questões a serem elucidadas (SÁ, 1997), onde as formas usuais de recomendação empregadas para cálculo da calagem não consideram as diferenças químicas proporcionadas pelo plantio direto, além de pouco se saber sobre a química do alumínio nestes sistemas de preparo do solo e semeadura (PÖTTKER & BEN, 1998).

Para o sistema convencional de cultivo ou quando da implantação do plantio direto, RHEINHEIMER et al., (2000) salientaram que a correção da acidez pressupõe a incorporação do calcário ao solo através de aração e gradagens, objetivando-se a obtenção do máximo contato entre as partículas do corretivo aos colóides do solo. Diante disso, a calagem em áreas com extenso período sob plantio direto, onde consiste na aplicação de calcário dolomítico na superfície do solo sem a incorporação por aração e/ou gradagens, acaba tornando sua atuação incerta (PAVAN, 1999).

Os materiais corretivos da acidez do solo mais usados na agricultura são rochas calcárias moídas, constituídas por misturas de minerais como a calcita e a dolomita, os quais possuem em sua composição carbonatos de cálcio e/ou magnésio, que são pouco solúveis em água. Para que a acidez do solo seja neutralizada, as partículas de solo devem entrar em contato com o calcário ou com os produtos de sua transformação. Decorrendo daí, conforme WEIRICH NETO et al. (2000), a necessidade em se incorporar o calcário no solo da melhor forma possível. Entretanto, MOREIRA et al. (2001) mencionam que o efeito do calcário sobre a camada superficial do solo é maior quando o mesmo é aplicado em superfície, uma vez que

a incorporação o dilui em uma camada mais espessa do solo.

Para o sistema plantio direto, geralmente a prática da calagem apresenta uma dinâmica diferente dos preparos convencionais do solo, sendo realizada superficialmente, esperando-se uma ação do calcário muito mais lenta e restrita às camadas superficiais do solo (CAIRES et al., 1999), onde resultados de pesquisas realizadas em solos brasileiros indicaram pequeno ou nenhum revolvimento do calcário além do local de aplicação (PAVAN et al., 1984), sendo assim, o pH e os teores de Ca e Mg trocáveis somente seriam aumentados na superfície do solo. A restrição do efeito alcalino do calcário ao seu local de aplicação pode ser atribuída, segundo RITCHEY et al., 1982; PAVAN et al. (1984), à sua baixa solubilidade, à geração de cargas dependentes de pH e à ausência de um ânion estável em sua reação no solo.

Entretanto, PAVAN (1997); CAIRES et al. (1998), em outros trabalhos realizados no Brasil, verificaram aumentos de pH e Ca trocável e redução de Al trocável em camadas do subsolo onde houve a aplicação de calcário apenas em superfície. Após a realização de alguns trabalhos utilizando-se calcário em superfície, LANTMANN & BORKERT (1997) constataram que as maiores alterações ocorreram nas camadas superficiais do solo sob SPD, sugerindo que as amostragens de solo em plantio direto, após a calagem, devam ser efetuadas em profundidades estratificadas entre 0 a 10 cm e 10 a 20 cm.

Embora tenha havido grande crescimento de áreas sob plantio direto nos últimos anos, ainda há muitas controvérsias e indefinições sobre o manejo das culturas e fertilidade do solo. Trabalhos recentes têm indicado que a necessidade de calcário no SPD talvez seja menor do que no sistema convencional de preparo. Entretanto, segundo CAIRES et al. (2000), faltam informações a respeito da reação do calcário aplicado na superfície do solo e de critérios de recomendação de calagem, com base na análise química do solo, em sistemas de plantio direto.

Com a polêmica envolvendo a aplicação de calcário em plantio direto, SOUSA (1997) recomenda, antes de se iniciar o SPD, a aplicação de calcário à lanço na superfície do solo e sua incorporação com arado de discos, repetindo-se a análise de solo somente após três anos de cultivo, salientando que o calcário apresenta um efeito residual em torno de cinco anos nessa modalidade de cultivo. RHEINHEIMER et al. (2000), estudando as alterações químicas do solo em função da calagem superficial a partir de pastagem natural, concluíram que, antes de se iniciar o sistema plantio direto, há possibilidade de se prescindir do preparo convencional para correção da acidez superficial e subsuperficial.

Diante da polêmica em relação à calagem em plantio direto, CAIRES et al. (1996) desenvolveram experimento em um Latossolo Vermelho-Escuro em Ponta Grossa-PR, para as

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

culturas de milho e soja, analisando o emprego de três dosagens de calcário para elevar a saturação por bases a 50%, 70% e 90%. Constataram que a calagem realizada na superfície exerceu efeito sobre o pH, Al, Ca e Mg na camada superficial (0-10 cm) e também nas camadas mais profundas (abaixo de 20-40 cm), ressaltando que em SPD existem canais formados por raízes mortas que são mantidos intactos devido à ausência de preparo do solo, propiciando condições para a movimentação física do calcário em profundidade, demonstrando assim existir maneiras de se evitar a interrupção do SPD, mantendo as características físicas, químicas e biológicas do solo, uma vez que são vitais para a obtenção de êxito com esse sistema de cultivo; fato também constatado por AMARAL (2001), onde observou com a aplicação de calcário em superfície, importante contribuição do mecanismo de movimentação de partículas do mesmo através da água infiltrada no solo. Ainda com todos estes efeitos provenientes da calagem, as produções de milho e de soja não sofreram influência positiva com a aplicação de calcário em superfície.

Segundo SÁ (1994), existem alguns mecanismos de ação que baseiam essa eficiência na utilização do calcário em superfície, como: enorme quantidade de nitratos e sulfatos, devido ao grande acúmulo e mineralização da matéria orgânica existente no solo, combinando com o Ca e deslocando para as camadas inferiores; mistura da camada superficial pelos organismos do solo, que acabam transportando resíduos orgânicos enriquecidos com partículas de calcário para as camadas mais profundas, além de uma melhor infiltração de água e partículas de calcário através das galerias ou fendas abertas pelos organismos do solo (minhocas, besouros, etc.).

Diante das incontestáveis evidências quanto à ação benéfica da calagem superficial atuando nas primeiras camadas abaixo da superfície do solo, SÁ (1996) salienta que o calcário colocado em superfície corrige a acidez, aumentando significativamente o pH e elevando os teores de Ca e Mg trocáveis até a profundidade de cinco centímetros e, em menor grau, nas camadas mais profundas. Esse comportamento do calcário aplicado em superfície, pode ser explicado por RHEINHEIMER et al. (2000), em função da pequena mobilização do solo que ocorre somente na linha de semeadura, possibilitando a incorporação do calcário nesta região e, com os repetidos ciclos de cultivo, podendo auxiliar na movimentação descendente de suas partículas, mas não além da profundidade de semeadura, ou ainda, segundo OLIVEIRA & PAVAN (1994), em virtude de galerias abertas pela macro e mesofauna do solo, com transporte pelos mesmos, e planos de fraqueza no solo, que permitiriam o deslocamento de finas partículas de calcário através do movimento descendente de água (SÁ, 1996), além da possibilidade da movimentação de Ca e Mg trocáveis no solo e da redução do Al tóxico no

unesp

subsolo estarem relacionadas com o mecanismo de lixiviação, proposto por MIYASAWA et al. (1996), através da formação de complexos orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos culturais.

As informações a respeito da reação do calcário aplicado na superfície do solo, em sistema plantio direto, bem como das conseqüências às alterações das características químicas do solo, sobre a nutrição mineral e a produtividade das culturas, são ainda bastante contraditórias (CAIRES et al., 1999), onde CAIRES et al. (2000) confirmaram a controvérsia existente na eficiência da aplicação de calcário superficial em solos sob plantio direto, principalmente em relação à correção da acidez do subsolo.

No entanto, nos últimos anos, alguns resultados de pesquisa acabaram demonstrando a formação de uma frente alcalinizante que atua na neutralização da acidez do subsolo, avançando lentamente e proporcionando aumentos de pH, Ca trocável e redução do Al tóxico (OLIVEIRA & PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1998; REINHEIMER et al., 2000; CAIRES et al. 2000). De acordo com OLIVEIRA & PAVAN (1996), a formação e migração de Ca $(HCO_3)_2$ e Mg $(HCO_3)_2$ para camadas mais profundas do solo é uma possível explicação, onde os resíduos vegetais desempenham papel fundamental, havendo a possibilidade de que os ânions, como nitratos, sulfatos, cloretos e silicatos presentes, originados da decomposição dos resíduos vegetais ou da adição de fertilizantes, contribuam para o caminhamento de Ca e Mg e, em menor grau, de outros cátions (CAIRES et al., 1998).

Recentemente, a eficiência da calagem em superfície sobre a correção da acidez de subsolo, em SPD, tem sido associada à permanência dos resíduos vegetais na superfície e à ausência de revolvimento do solo, que reduz a taxa de decomposição dos ligantes orgânicos por microrganismos (LIMA, 2001), onde, com a disponibilidade de água, os complexos orgânicos são solubilizados e podem ser lixiviados (CAIRES, 2000).

PAVAN (1997) constatou que a aplicação de calcário em superfície sob resíduo de aveia preta proporcionou uma acentuada mobilidade do calcário, atribuindo à liberação de ânions orgânicos hidrossolúveis dos resíduos de aveia como a provável causa da mobilização do cálcio no solo.

Estudos como os de OLIVEIRA & PAVAN (1996), SÁ (1999) e CAIRES et al. (2000), demonstram a viabilidade da aplicação de calcário em superfície no plantio direto sobre a produção acumulada de grãos de soja em um sistema de rotação, provavelmente, devido à adequada absorção de nutrientes pelas plantas, o que poderia estar ocorrendo em virtude de uma maior umidade disponível no solo (CAIRES et al., 2000). No entanto, a menor resposta das culturas à calagem no sistema plantio direto, quando ocorre, pode também estar

relacionada com o baixo efeito tóxico do Al decorrente da formação de complexos orgânicos solúveis presentes nos restos vegetais (MIYAZAWA et al., 1996), ou com o aumento na CTC do solo, em virtude de um maior teor de matéria orgânica, que segundo (CAIRES et al., 1998), pode proporcionar elevação na concentração de cátions trocáveis, mesmo em condições de alta acidez.

Após a realização de alguns estudos envolvendo diversas maneiras de utilização do calcário no SPD, resultados contrastantes ainda têm sido obtidos.

Dentre os trabalhos que obtiveram resultados positivos com a calagem realizada em superfície no SPD, CAIRES et al. (2000) constataram que o calcário aplicado em superfície apresentou eficiência na correção da acidez de camadas superficiais do solo e do subsolo, aumentando inclusive a produção acumulada de grãos das culturas utilizadas em rotação no SPD, comportamento semelhante obteve PÖTTKER (1997), após a condução de um experimento sob sete anos em plantio direto, onde observou, ao longo dos anos de cultivo, que a aplicação de calcário proporcionou acréscimos no total de grãos produzidos para as culturas de milho, trigo, cevada, aveia e, principalmente, na soja, quando em comparação às respectivas testemunhas.

Analisando o comportamento da soja com a aplicação de calcário em SPD, PÖTTKER (1995), em experimento realizado em um Latossolo Roxo com 63% de argila, constataram alta resposta da soja à aplicação de calcário, onde o tratamento com um SMP incorporado apresentou o maior rendimento de grãos, diferindo de todos os tratamentos com diferentes doses de calcário em superfície e, principalmente, da testemunha. Entretanto, resultados mais recentes sobre calagem no SPD mostram que o efeito da aplicação de calcário em superfície, na correção da acidez do solo assim como na produtividade das culturas, tem sido tão eficiente quanto à incorporação do corretivo; (SÁ, 1998). SÁ (1997), ao estudar modos de aplicação de calcário no plantio direto, encontrou resposta positiva no rendimento de grãos de dois cultivares de soja para o calcário aplicado na superfície do solo, sendo, inclusive, as produtividades obtidas no SPD maiores que as obtidas no preparo convencional, além do que, CAIRES et al. (2001) constataram que a aplicação de calcário na superfície do solo em sistema plantio direto, melhorou a nutrição da soja, aumentando a produção de grãos, em decorrência de maior disponibilidade e absorção de Mg e da redução dos teores foliares de Zn e Mn.

Ainda dentro das contradições envolvendo os resultados decorrentes das diferentes maneiras de aplicação de calcário no SPD, VERNETTI JUNIOR et al. (1998), após desenvolverem experimento em implantação do SPD, ou seja, adoção do sistema

unesp

convencional na semeadura da aveia preta e plantio direto de soja sob a palhada dessa aveia, obtiveram resultados semelhantes para o rendimento de grãos de soja nos tratamentos onde houve a aplicação de calcário em superfície e incorporado; já CAIRES (2001), em um experimento conduzido há 22 anos sob o SPD, também constatou que não houve diferença significativa no rendimento de grãos de soja comparando-se a aplicação de calcário em superfície e incorporado. Resultados demonstrando também a inexistência de diferença nas produtividades das culturas quanto às diferentes formas de aplicação do corretivo ao solo, foram obtidos por GOMES et al. (1997b) e PÖTTKER & BEN (1998) para as culturas de soja e de milho e, para a cultura da soja, relatados por SÁ (1995) e OLIVEIRA & PAVAN (1996).

Vale salientar que a calagem em superfície no plantio direto requer a adoção de critérios adequados para a estimativa correta da dose a ser aplicada, uma vez que pode ocasionar uma redução na absorção de Zn e Mn, em decorrência do aumento do pH nas camadas superficiais do solo, podendo vir até a prejudicar o rendimento das culturas (CAIRES et al., 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 1999/00 e 2000/01, na área experimental da Fazenda de Ensino Pesquisa, pertencente à Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, apresentando como coordenadas geográficas 20°22' S e 51°22' W e altitude média ao redor de 335 m. O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação internacional de Köeppen, apresentando temperatura, precipitação e umidade relativa média anual de 24,5°C, 1370 mm e 64,8%, respectivamente (HERNANDEZ et al., 1995).

A área experimental tinha originalmente vegetação natural de cerrado e vem sendo cultivada há vários anos, no sistema convencional, com culturas de milho, soja, feijão e algodão. O solo da área em estudo foi previamente classificado como Latossolo Vermelho-Escuro álico, textura argilosa, relevo moderadamente plano a levemente ondulado (DEMATÊ, 1980) correspondendo ao LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulinítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd), segundo a nova denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

3.2. Tratamentos

Como tratamentos foram utilizados três modos de aplicação de calcário (incorporado (CI), em superfície antes da implantação das culturas de cobertura do solo (CS), ou antes do manejo destas (CM); duas culturas para cobertura do solo e produção de palha (aveia preta - *Avena strigosa* Schreb e milheto - *Pennisetum americanum* L. Leeke) para as culturas de milho e soja. Tanto as culturas para cobertura do solo como as culturas para produção de grãos foram testadas também na ausência de calcário (SC) - testemunha. Sendo assim, na Tabela 1 encontra-se um resumo dos tratamentos utilizados:

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento:

Tratamentos	Manejo do Calcário	Culturas de Cobertura
1	CI	milheto
2	CI	aveia
3	CS	milheto
4	CS	aveia
5	CM	milheto
6	CM	aveia
7	SC	milheto
8	SC	aveia

3.2.1. Calcário

Para todos os tratamentos que utilizaram a calagem, pretendeu-se alcançar 70% de saturação por bases, portanto a dose de calcário aplicada foi de 1235 kg ha^{-1} de calcário dolomítico metamórfico do grupo Açungui, faixa D, da empresa Minercal, com as seguintes características:

teor de CaO + MgO.....52%
teor de CaO.....39%
teor de MgO.....13%
PN.....102%
PRNT.....91%
Peneira ABNT 10 (2,0 mm).....100%
Peneira ABNT 20 (0,84 mm).....93%
Peneira ABNT 50 (0,3 mm).....80%

3.3. Tamanho das Parcelas e Delineamento Experimental

A área experimental utilizada possuía dimensão de 36 m x 180 m, perfazendo um total de 6480 m^2. Sendo assim, os tratamentos foram dispostos em faixas para facilitar a semeadura mecânica das culturas.

No sentido transversal, foram alocados os modos de aplicação de calcário. No sentido longitudinal, a área foi primeiramente dividida em duas faixas (semeadura de aveia preta e milheto) e depois, cada faixa foi subdividida para a semeadura das culturas de milho e soja. As parcelas ocuparam uma faixa de 9 m x 45 m, perfazendo um total de 405 m^2. Foi considerada como área útil a faixa de 7 m x 32 m (224 m^2) para cada parcela.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, estando os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x2, ou seja, quatro modos de aplicação de calcário (incorporado e em superfície imediatamente após a implantação das culturas para cobertura do solo e produção de palha, em superfície no manejo destas e sem a aplicação de calcário) e duas culturas para cobertura do solo e produção de palha (aveia preta e milheto), para as culturas de soja e milho, perfazendo um total de oito tratamentos e as repetições, em número de quatro, foram tomadas aleatoriamente dentro de cada parcela para cada cultura. As distribuições dos tratamentos e parcelas no campo durante a condução do experimento estão esquematizadas na Tabela 2.

3.4. Instalação do Experimento

Em julho de 1999, ou seja, antes do preparo do solo para se iniciar o experimento, foram realizadas amostragens a 0 - 20 e 20 - 40 cm para a caracterização química da área, cujos resultados obtidos encontram-se na Tabela 3. Os resultados da análise química do solo foram utilizados para cálculo da calagem na camada de 0 - 20 cm, conforme RAIJ et al. (1996). O preparo inicial do solo foi realizado pelo sistema convencional, realizando-se uma aração e duas gradagens. Para os tratamentos 1 e 2 o calcário foi aplicado a lanço, 50% antes da aração e 50% após a aração e antes da primeira gradagem (17/08/99), com a segunda gradagem realizada pouco antes da semeadura das culturas de cobertura do solo. Nos tratamentos 3 e 4 o calcário foi aplicado em superfície, imediatamente após a semeadura das culturas de cobertura (02/08/99); no caso dos tratamentos 5 e 6 o calcário foi aplicado em superfície, sendo realizado antes do manejo das culturas de cobertura. Já nos tratamentos 7 e 8 não foi aplicado calcário.

O calcário foi distribuído manualmente, à lanço, procurando-se evitar ao máximo a deriva.

Tabela 2. Croqui da área experimental - cultivos 1999/00 e 2000/01

C.I. MILHETO/ SOJA	**C.S.** MILHETO/ SOJA	**C.M.** MILHETO/ SOJA	**S.C.** MILHETO/ SOJA
C.I. MILHETO/ MILHO	**C.S.** MILHETO/ MILHO	**C.M.** MILHETO/ MILHO	**S.C.** MILHETO/ MILHO
C.I. AVEIA PRETA/ MILHO	**C.S.** AVEIA PRETA/ MILHO	**C.M.** AVEIA PRETA/ MILHO	**S.C.** AVEIA PRETA/ MILHO
C.I. AVEIA PRETA/ SOJA	**C.S.** AVEIA PRETA/ SOJA	**C.M.** AVEIA PRETA/ SOJA	**S.C.** AVEIA PRETA/ SOJA

Tabela 3. Resultado da análise química do solo da área experimental, realizada antes da instalação do experimento.

Prof	P resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
cm	mg/dm^3	g/dm^3	$CaCl_2$	$mmol_c/dm^3$							%
0-20	22	23	4,9	1,2	21	6	28	1	28,2	56,2	50
20-40	5	16	4,6	0,6	13	3	31	4	16,6	47,7	36

3.5. Variedades e Híbrido Utilizados

Como culturas de cobertura foram utilizados a aveia preta e o milheto. Para a cultura de aveia preta, utilizou-se a variedade de ciclo tardio Iapar 61, com altura média de plantas em torno de 1,55m e ciclo ao redor de 134 dias (desde sua emergência até plena emissão de

panículas), caracterizada como suscetível ao acamamento e com boas produções de massa verde para semeadura no outono nas condições de cerrado (IAPAR, 1997). No caso da cultura do milheto, foi utilizado a variedade BN1, com ciclo aproximado de 130 dias e que apresenta crescimento ereto com porte alto, podendo atingir até 5 m de altura, com boa resistência à seca e solos pouco férteis, apresentando desenvolvimento vegetativo satisfatório e boa produção de massa nas condições do cerrado (EMBRAPA, 1998a).

Na implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.), optou-se pela utilização do híbrido triplo CO-32, recomendado para a região, de altura média de plantas, ciclo precoce (observando restrições de temperatura e chuvas) com o florescimento ao redor de 50 dias do plantio, densidade populacional ótima entre 55.000 a 60.000 plantas/ha, bom vigor inicial e empalhamento, média resistência à seca, grão semi-duro alaranjado, soma térmica de 848 UC com 50% das plantas pendoadas e boa resistência a algumas doenças, como antracnose, enfezamento, helmintosporiose, ferrugem polysora, podridão dos grãos, etc. (COLORADO, 1999).

No caso da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril), optou-se pela escolha da cultivar IAC-15-1, visto ser um material com boa produtividade e recomendado para a região, de ciclo semi-precoce (ao redor de 125 dias), hábito de crescimento determinado, hipocótilo de coloração verde, florescimento em torno de 45 dias, flor branca, hilo marrom claro, sementes amareladas e massa de 100 sementes em torno de, aproximadamente, 15 g. Cultivar recomendada para solos de média a alta fertilidade dos Estados de SP, MG, GO, MS e MT, com densidade populacional ótima variando de 300.000 a 400.000 plantas/ha, resistente ao cancro da haste e período mais favorável de semeadura compreendido entre os meses de outubro a dezembro (IAC, 1998).

3.6. Semeadura e Tratos Culturais

As culturas de cobertura foram semeadas mecanicamente no dia 02/08/1999, com semeadora/adubadora da marca Baldan, modelo SPD-1600, providas de 11 linhas de semeadura espaçadas de 17 cm, apropriada para plantio direto. Conforme a necessidade, a área foi irrigada para garantir um desenvolvimento adequado destas plantas e se ter uma boa produção de matéria seca e, conseqüentemente, cobertura do solo, visto que a região possui baixa precipitação nessa época. Estas coberturas vegetais foram dessecadas com o herbicida glyphosate na dosagem de 1920 g i.a. ha^{-1} no dia 20/10/1999 e manejadas com a utilização de um rolo-faca dois dias após, objetivando-se acamar as plantas. Após a dessecação e antes do

manejo com o rolo faca, foi aplicado calcário em superfície nas parcelas dos tratamentos 5 e 6. No ano agrícola 2000/01 as coberturas foram semeadas em 27/09/2000 e manejadas mecanicamente com o auxílio do equipamento triton em 22/11/2000, sendo que as plantas remanescentes na área foram dessecadas com a utilização do herbicida glyphosate na dosagem de 1200 g i.a. ha^{-1} no dia 07/12/2000.

As semeaduras de milho e soja foram realizadas mecanicamente, com semeadora/adubadora apropriada para o SPD, descrita anteriormente, sobre as palhadas de milheto e aveia-preta, nos dias 09/11/1999 e 05/12/2000, com a emergência das plantas ocorrendo nos dias 15/11/1999 e 11/12/2000. Para o cultivo do milho, o espaçamento utilizado foi de 0,9 m e se calculou o número de sementes objetivando-se a população recomendada. No caso da cultura da soja, foram utilizadas 22 sementes por metro de sulco objetivando-se obter um estande final em torno do recomendado, em um espaçamento entre-linhas de 0,45 m.

Os cálculos para efeito de adubação química das culturas da soja e milho foram realizados mediante os resultados da análise química do solo e conforme recomendações de MASCARENHAS & TANAKA (1996) para a cultura da soja e RAIJ & CANTARELLA (1996) para a cultura do milho. Optou-se pela utilização de 300 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16 no sulco de semeadura no ano agrícola 1999/00 e 250 kg ha^{-1} da mesma fórmula no cultivo 2000/01 para ambas as culturas, baseando-se na necessidade de potássio das culturas, de acordo com os autores supracitados, apesar da não necessidade de nitrogênio na semeadura da soja, bem como do valor acima do recomendado para o caso do fósforo. A cultura do milho recebeu adubação em cobertura, realizada mecanicamente, em 06/12/1999 para o ano agrícola 1999/00, utilizando-se 150 kg ha^{-1} de uréia e em 08/01/2000, para o ano agrícola 2000/01, com a utilização de 135 kg ha^{-1} do mesmo fertilizante, em função deste fertilizante ser exclusivamente fonte de nitrogênio.

O tratamento com fungicida e a inoculação das sementes de soja, assim como os demais tratos culturais desta cultura e do milho, foram realizados conforme recomendações da EMBRAPA (1996a) para milho e EMBRAPA (1998b) para a cultura da soja. As sementes de soja foram tratadas à base de carboxin e thiram, na dose de 75 + 75 g i.a./100 kg de sementes, respectivamente, e inoculadas com turfa esterilizada na dosagem de 400g/100 kg de sementes, enquanto que as sementes de milho foram tratadas com o inseticida à base de thiodicarb na dose de 700 g i.a./100 kg de sementes.

Na cultura da soja o controle de plantas daninhas, em pós-emergência, foi realizado através da aplicação dos herbicidas fluazifop-p-butil + fomesafen, respectivamente nas doses

de 125 + 125 g i.a. ha^{-1}, com bico leque e vazão de 250 L/ha de calda, em 04/12/1999, visto que havia a existência de plantas de milheto infestando a área cultivada e, duas aplicações para o ano agrícola 2000/01, sendo a primeira em 29/12/2000 com a aplicação dos herbicidas lactofen + chlorimuron ethyl, nas dosagens de 120 mL + 12,5 g i.a. ha^{-1}, respectivamente e, a segunda aplicação, realizada em 08/01/2001, com o herbicida fenoxaprop-P-etil na dosagem de 110 g i.a. ha^{-1}. Para o controle de percevejos e lagartas realizaram-se duas aplicações de inseticidas, utilizando-se cipermetrina na dosagem de 7,5 g i.a. ha^{-1} no estádio R2 da cultura (florescimento pleno) e triclorfon na dose de 800 g i.a. ha^{-1} em pleno estádio R3, ou seja, início da formação das vagens. Realizaram-se ainda duas pulverizações fúngicas preventivas nos estádios de R5.1 a R5.5 (início de enchimento de grãos) utilizando-se benomyl na dosagem de 250 g i.a. ha^{-1}.

Na cultura do milho, para o controle de plantas daninhas em pós-emergência, foi realizado uma catação através de capinas manuais no ano agrícola 1999/00 em plantas daninhas esporádicas que surgiram na área. No ano agrícola 2000/01, realizou-se aplicação dos herbicidas nicosulfuron + atrazine, nas dosagens respectivas de 40 mL i.a. + 1,0 L i.a. ha^{-1} em 03/01/2001. O controle da lagarta do cartucho foi realizado com a aplicação do inseticida lambdacyhalotrin na dosagem de 7,5 g i.a. ha^{-1} aos 22 dias após a semeadura, apenas no ano agrícola 2000/01.

3.7. Amostragens e Avaliações

3.7.1. Avaliações químicas do solo

No ano agrícola 1999/00, foram realizadas três amostragens, em três profundidades (0 - 10, 10 - 20 e 20 - 40 cm), com o auxílio de um trado de rosca, sendo a primeira em 18/10/1999 (após o cultivo das culturas de cobertura e antes da instalação das culturas produtoras de grãos respectivamente); outra nos dias 13 e 15/01/2000, no período de florescimento das culturas de soja e milho respectivamente e, a última, no dia 31/05/2000 (após a colheita destas).

Na amostragem (18/10/99) antes da instalação das culturas de milho e soja, as amostras em número de cinco, foram tomadas em cada cultura de cobertura, nos tratamentos com modos de aplicação de calcário. Essas amostras foram retiradas aleatoriamente na área útil e após homogeneização, obteve-se uma amostra composta representativa. Na amostragem realizada no florescimento das culturas de soja e milho, respectivamente, (13 e 15/01/00), as

amostras em número de cinco, foram tomadas ao acaso na entre-linha das culturas, em cada cultura de cobertura, nos tratamentos com modos de aplicação de calcário e após homogeneização, obteve-se uma amostra composta representativa. Após a colheita das culturas de soja e milho (31/05/2000), realizou-se nova amostragem para cada cultura produtora de grãos, dentro de cada cultura de cobertura e modos de aplicação de calcário, obteve-se duas amostras compostas, sendo cada uma advindas da homogeneização de cinco amostras retiradas aleatoriamente na entre-linha das culturas.

No ano agrícola 2000/01, as amostragens de solo foram realizadas apenas após a colheita das culturas de milho e soja (05/06/2001), coletando-se nas mesmas profundidades apenas uma amostra composta para cada cultura produtora de grãos, dentro de cada cultura de cobertura e modos de aplicação de calcário, advinda da homogeneização de cinco amostras coletadas ao acaso na entre-linha das culturas.

Em cada amostra determinou-se os valores de pH ($CaCl_2$), matéria orgânica e teores de P (resina), K, Ca, Mg, H+Al e Al conforme metodologia descrita por RAIJ & QUAGGIO (1983), sendo as determinações realizadas no laboratório de Fertilidade do Solo da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP.

3.7.2. Cultura do milheto e da aveia preta

Produção de massa seca:

Nos dias 18/10/1999 e, em 09/11/2000, antes do manejo químico e mecânico, respectivamente das coberturas, coletaram-se quatro amostras da matéria verde contida em 1,0 m^2 na área útil de cada parcela, com o auxílio de uma armação metálica, onde as plantas eram ceifadas rente ao solo e o material acondicionado em sacos de papel e colocados para secar em estufa de circulação de ar forçado a 60-70°C, até atingirem massa constante. Após a secagem, o material foi pesado para determinação da produção de matéria seca por hectare das diferentes partes da planta e da massa seca total.

3.7.3. Cultura da soja

Fenologia (florescimento pleno): baseando-se em FEHR et al. (1971), foram determinados os estádios R2, R7 (maturação fisiológica) e R8 (maturação para colheita) das plantas, através de avaliações visuais realizadas semanalmente dentro de cada parcela dos diferentes tratamentos.

Estado nutricional das plantas: no florescimento pleno das plantas (R2), para os anos agrícolas 1999/00 e 2000/01, coletaram-se duas amostras, sendo amostrado a terceira folha desenvolvida a partir do ápice na haste principal, de 30 plantas na área útil da parcela, de acordo com RAIJ et al. (1996), as quais foram levadas ao laboratório, lavadas com água corrente e detergente a 1% e posteriormente em água destilada e deionizada, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa de circulação e renovação de ar forçado a 65°C, até massa constante, sendo a seguir moídas em moinho tipo Wiley para determinação dos teores de N_T, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn segundo metodologia já descrita.

Massa seca da parte aérea e dos grãos: coletaram-se por ocasião do estádio R7 (maturação fisiológica), quatro amostras, aleatoriamente na área útil de cada parcela, sendo cada amostra representada pelas plantas contidas em 1,0 m de linha. As plantas de cada amostra, em laboratório, foram separadas em diferentes partes (folhas, hastes, cápsulas de vagens e grãos) e colocadas em sacos de papel perfurados com posterior secagem em estufa com circulação e renovação de ar forçado a 65°C, até massa constante, sendo a seguir moídos em moinho tipo Wiley e acondicionados em saquinho plástico. Antes da moagem, esse material foi pesado para determinação da restituição de matéria seca na área experimental e exportação de nutrientes.

No material moído (partes vegetativas e sementes) determinou-se o teor dos nutrientes N_T, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1997).

Características agronômicas: coletaram-se, no estádio R8, em 01/03/2000 para o ano agrícola 1999/00 e em 05/04/2001 para o ano agrícola 2000/01, as plantas contidas em 1,0 m de linha aleatoriamente em quatro pontos distintos, sendo após identificação, levados ao laboratório para avaliação de:

-altura de plantas: foi determinada medindo-se, com o auxilio de uma régua graduada, a distância entre o colo e o ápice da haste principal;

-altura de inserção das primeiras vagens: mediu-se a distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem;

-número de vagens por planta: contou-se todas as vagens viáveis das plantas, dividindo-se pelo número de plantas amostradas;

- número de grãos por vagem: contou-se todos os grãos das plantas amostradas, dividindo-se pelo númeor de vagens destas;

Produção de grãos: a colheita da soja ocorreu em 20/03/2000 e em 05/04/2001, respectivamente para os anos agrícolas de 1999/00 e 2000/01, onde coletaram-se quatro

amostras de plantas contidas em 4 linhas com 4m de comprimento na área útil de cada parcela, arrancando-se as plantas manualmente, colocando-as em sacos de estopa, identificando-as e levando-as para o terreiro para secagem. Essas plantas, após secagem ao sol, foram trilhadas mecanicamente por uma trilhadora estacionária. Os grãos obtidos foram abanados para retirar impurezas e acondicionados em saquinhos de papel identificados, sendo pesados posteriormente em laboratório em balança de precisão (0,01g) e os dados transformados em kg ha^{-1}. Logo após, retirou-se uma amostra de grãos de cada saquinho para determinação da umidade (método da estufa - 105 ± 3 °C/24 horas), para posterior correção da massa da produção obtida, ajustando-se à 13% de umidade (base úmida).

Estande final: foi determinado simultaneamente à avaliação da produção de grãos, sendo contadas as plantas contidas em 2 m de duas linhas, entre as quatro linhas amostradas dentro da área útil de cada parcela, em quatro repetições.

Massa de 1000 grãos: avaliou-se através duas amostragens de 1000 grãos, da produção obtida em cada repetição avaliada, com posterior pesagem em balança de precisão (0,01g). Realizou-se essa avaliação no mesmo dia da pesagem da produção para a transformação dos dados também para 13% de umidade.

3.7.4. Cultura do milho

Estado nutricional das plantas: coletaram-se, por ocasião do florescimento das flores femininas, o terço médio de 30 folhas opostas e abaixo da espiga inferior, dentro da área útil da parcela, segundo metodologia descrita em RAIJ et al. (1996). O material colhido foi levado ao laboratório e recebeu os mesmos procedimentos conforme descritos para a cultura da soja.

Massa seca da parte aérea e dos grãos: coletou-se, por ocasião da maturação fisiológica, quatro amostras de plantas contidas em 1,0 m de linha na área útil de cada parcela, sendo identificadas e levadas posteriormente ao laboratório. Essas plantas, em laboratório foram separadas em diferentes partes (folhas, colmos, palhas das espigas, sabugos e grãos) e esses materiais foram colocados em sacos de papel perfurados e secos em estufas com circulação e renovação de ar forçado a 65°C, até massa constante, sendo a seguir pesados e moídos em moinho tipo Wiley, com posterior acondicionamento em saquinho plástico.

No material moído (partes vegetativas e grãos) determinou-se o teor dos nutrientes N_T, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1997).

Altura de plantas e inserção da espiga: foram avaliadas com o auxílio de uma régua de campo (3,0 m de comprimento), onde simultaneamente à amostragem para produção de grãos, realizada em 23/02/2000 para o ano agrícola 1999/00 e em 17/04/2001 para o ano agrícola 2000/01, mediu-se a distância do solo à base da espiga superior e do solo à inserção da última folha, de 10 plantas em seqüência, na linha em que foi realizada a colheita para a determinação da produção de grãos.

Estande final, produção e massa de 1000 grãos: foram determinados conforme descritos para a cultura da soja.

3.7.5. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas através da análise de variância, com aplicação do teste F e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, conforme metodologia descrita por GOMES (1985).

Quanto às características químicas do solo, apenas realizou-se análise estatística na amostragem de maio/2000. Nessa amostragem e nas demais, os valores de pH e V% e os teores de M.O., P, K, Ca, Mg e H+Al foram apresentados de forma gráfica, objetivando-se avaliar seu comportamento em função dos tratamentos utilizados, época e profundidade de amostragem.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características químicas do solo

Os valores de pH, V% e teores de M.O., P, K, Ca, Mg e H+Al, obtidos em amostras de solo, retiradas em função de cultura produtora de grãos (milho e soja), cultura de cobertura (milheto e aveia), manejo de calcário (incorporado - CI, em superfície na implantação das culturas de cobertura - CS, em superfície antes do manejo destas - CM e sem calcário - SC) em diferentes épocas de amostragem, serão apresentados na forma de Figuras e Tabelas.

4.1.1. pH

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os valores de pH, respectivamente, em amostragens realizadas nas culturas de soja e milho. A área experimental apresentava, antes da instalação do experimento, altos teores de acidez e baixa saturação por bases nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, baseando-se nas classificações apresentadas por RAIJ et al. (1996). Entretanto, com o decorrer do experimento, utilizando-se manejo do calcário, empregando-se diferentes culturas para cobertura do solo, além do cultivo das culturas de soja e milho, constatou-se, de maneira geral, uma elevação nos teores de pH em relação à amostragem inicial da área experimental, principalmente nos tratamentos onde o calcário foi aplicado em superfície imediatamente após a instalação das culturas de cobertura.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

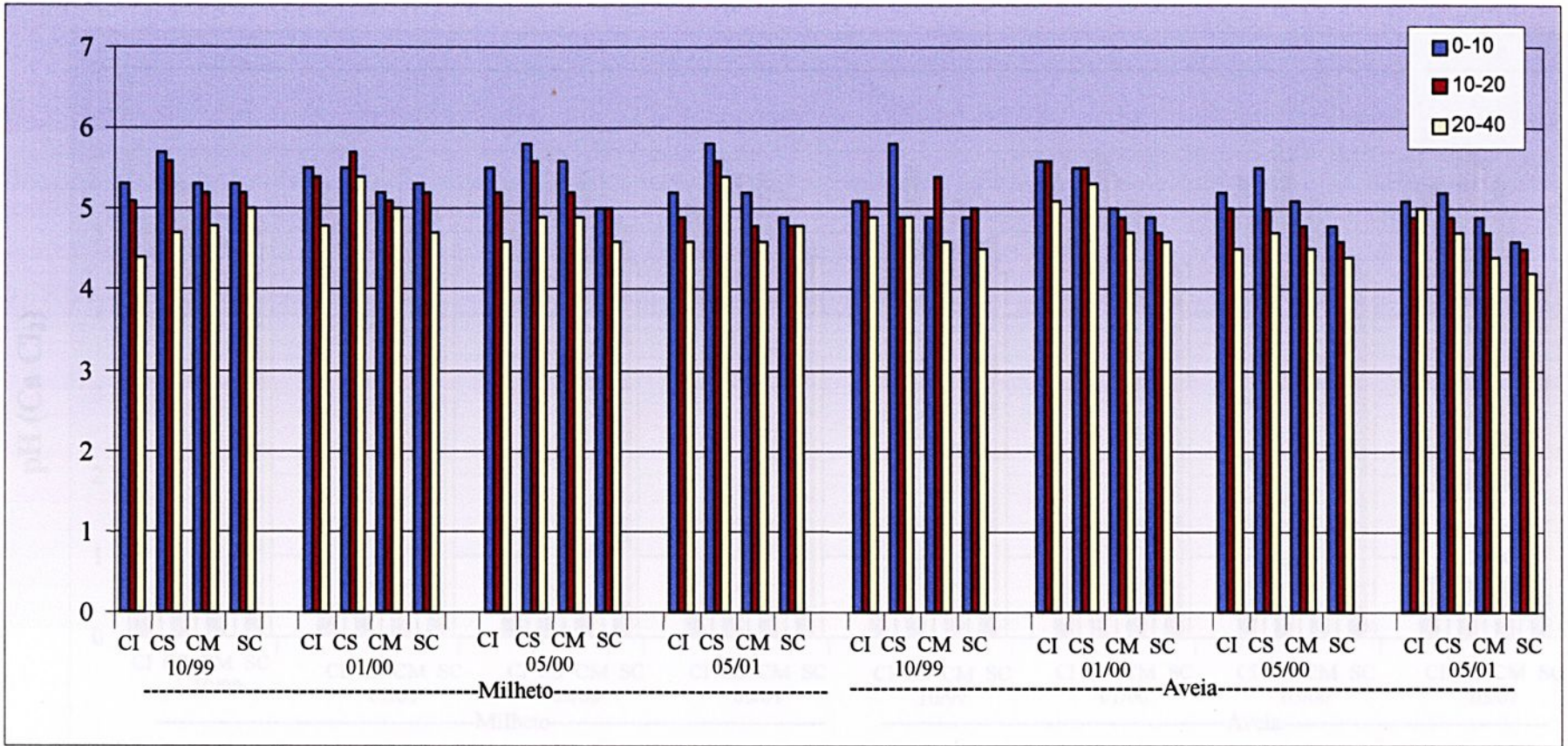


Figura 1. Teores médios de pH ($CaCl_2$) no solo, para a cultura da soja, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

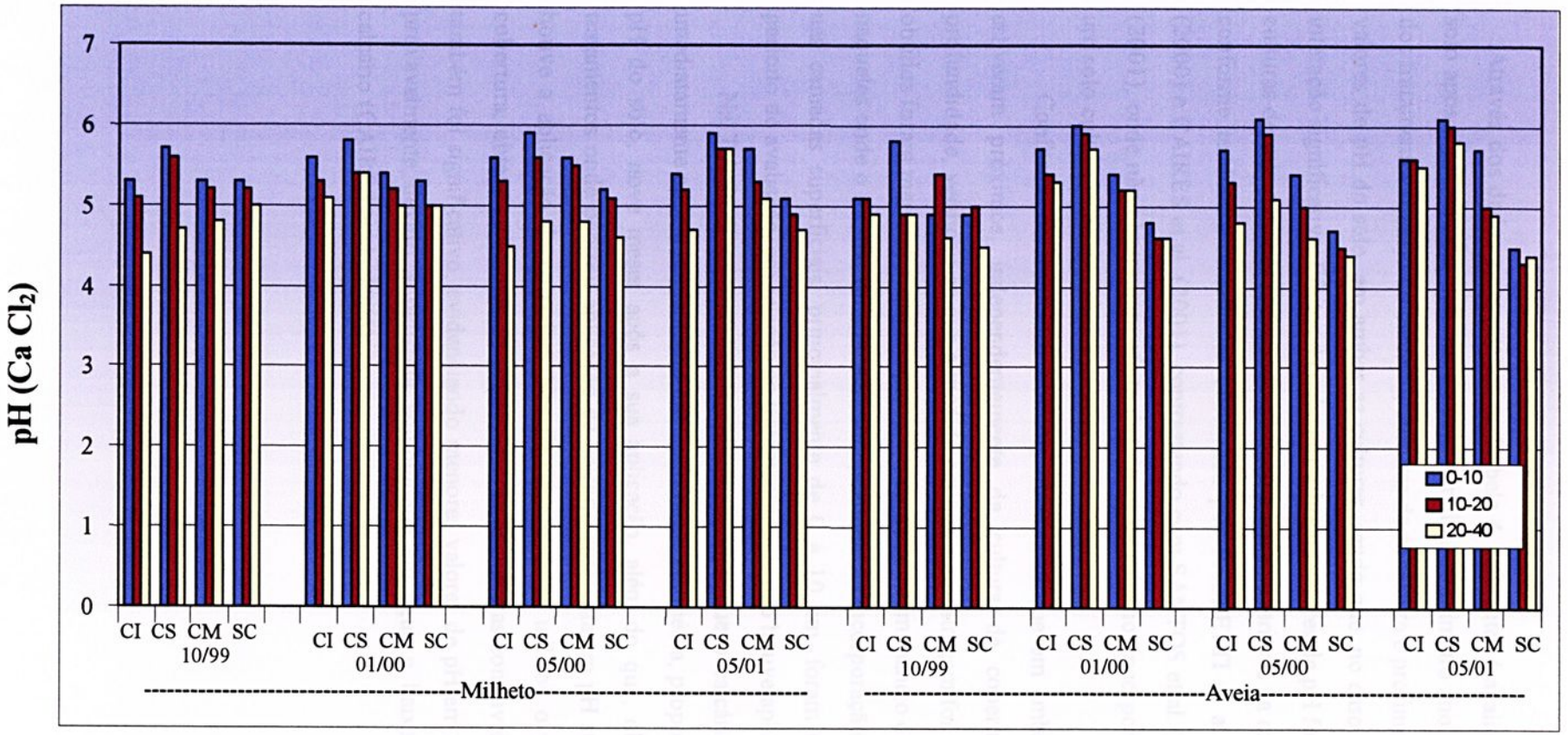


Figura 2. Teores médios de pH ($CaCl_2$) no solo, para a cultura do milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

Através dos dados apresentados na Tabela 4, referentes à avaliação das características do solo após a colheita das culturas de soja e milho, no primeiro ano agrícola, verifica-se efeito dos tratamentos manejo do calcário, culturas de cobertura e profundidade de amostragem nos valores de pH do solo, em ambas as culturas, sendo que, no caso do milho, também houve interação significativa. Efeitos da calagem sobre os valores de pH foram pronunciados para as culturas de soja e milho, mostrando-se ligeiramente superiores na camada superficial do solo, conforme tendência semelhante observada por PAULETTI et al. (1995), CAIRES et al. (2000) e CAIRES et al. (2001), contrastando com SANTOS et al. (1995) e MOREIRA et al. (2001), onde não observaram efeito das doses de calcário, incorporado ou em superfície, em um solo cultivado ha três anos sob SPD.

Conforme os resultados obtidos, observa-se que em ambas as culturas os valores estiveram próximos, independentemente da cultura de cobertura utilizada. Quanto à profundidade, verificou-se que a medida em que a amostragem foi mais profunda, os valores obtidos foram menores. Com relação aos tratamentos com manejo de calcário, observa-se que naqueles onde o mesmo foi aplicado, independente de incorporação ou não, os valores de pH nas camadas superficiais, principalmente de 0 a 10 cm, foram mais elevados durante o período de avaliação, em relação ao tratamento onde não houve aplicação de calcário.

Na Tabela 5, constata-se na cultura da soja, que o calcário aplicado em superfície imediatamente após a implantação das coberturas, em média, proporcionou o maior valor de pH do solo, nove meses após a sua aplicação, além do que, observou-se que todos os tratamentos onde ocorreu aplicação de calcário apresentaram pH superior àqueles onde não houve a aplicação do corretivo. Nas parcelas onde se utilizou o milheto como cultura de cobertura, obteve-se valores de pH superiores às parcelas com aveia. O efeito profundidade também foi significativo, evidenciando menores valores de pH em camadas mais profundas, provavelmente devido à reduzida solubilidade em água e baixa mobilidade vertical do calcário (CAIRES et al., 1996).

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

Tabela 4. Quadrados médios e coeficientes de variação referentes aos teores no solo de pH ($CaCl_2$); M.O. (g dm^{-3}); P (mg dm^{-3}); K, Ca, Mg, H+Al ($mmol_c$ dm^{-3}) e V (%), após as colheitas de soja e milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo e culturas produtoras de grãos. Selvíria-MS, 1999/00.

Causas de Variação	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	V%
				Soja				
Manejo (M)	0,4705**	0,0457ns	351,5763**	0,0017**	78,1875*	92,7500**	0,9388**	309,1388**
Cobertura (C)	1,1408**	2,2102**	1354,6875**	0,0052**	945,1875**	363,0000**	1,2033**	1752,0833**
Profundidade (P)	1,8118**	2,7502**	2355,7708**	0,0971**	880,7708**	541,0000**	1,4102**	2362,7500**
M x C	0,0447ns	0,7224**	313,6875**	0,00331**	10,5763ns	7,3333ns	0,0511ns	14,9166ns
M x P	0,0490ns	0,0349ns	70,1597*	0,0005ns	16,2708ns	42,6666*	0,1382ns	44,6388ns
C x P	0,0314ns	0,0102ns	341,4375**	0,0027*	42,0625ns	33,2500ns	0,0602ns	39,0833ns
M x C x P	0,0103ns	0,1282ns	64,9375*	0,0006ns	9,2847ns	3,2500ns	0,0204ns	4,7500ns
Resíduo	0,0275	0,0742	22,9556	0,0005	20,6041	14,5833	0,1225	34,8223
CV (%)	3,33	12,03	26,40	20,03	22,30	27,30	10,24	12,07
				Milho				
Manejo (M)	1,40002**	0,7524**	566,6875**	0,0017ns	290,6319**	150,7430**	1,6586**	649,7745**
Cobertura (C)	0,0833**	0,8533**	31,6875ns	0,0000ns	9,1875ns	7,5208ns	0,1008ns	3,4136ns
Profundidade (P)	2,8633**	2,5674**	1886,3125**	0,0945**	945,2500**	436,2708**	2,0408**	1886,0260**
M x C	0,2894**	0,1216ns	109,9097**	0,0062*	65,1875**	28,6875*	0,5363**	526,3354**
M x P	0,0686**	0,0283ns	100,3958**	0,0002ns	36,5277**	19,4930*	0,1336ns	114,5368ns
C x P	0,0408*	0,0258ns	2,3125ns	0,0000ns	6,2500ns	0,3958ns	0,0508ns	64,2256ns
M x C x P	0,0111ns	0,0283ns	26,4513ns	0,0014ns	1,5833ns	9,2291ns	0,0263ns	73,5480ns
Resíduo	0,0108	0,1064	8,5205	0,0013	4,1875	6,6875	0,0656	85,5609
CV (%)	2,01	17,06	24,25	34,60	9,71	18,28	8,31	18,08

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Valores médios dos teores no solo de pH ($CaCl_2$); M.O. (g dm^{-3}); K, Ca, Mg, H+Al ($mmol_c$ dm^{-3}) e V (%), após as colheitas de soja e milho, em função de três profundidades (0 - 10, 10 - 20 e 20 - 40 cm), coberturas do solo e culturas produtoras de grãos. Selvíria-MS, 1999/00.

	Soja						Milho			
Tratamento	pH	M.O.	Ca	Mg	H+Al	V%	M.O.	K	H+Al	V%
CI	4,9b	-	21ab	-	35ab	50a	22a	-	-	-
CS	5,2a	-	23a	-	33bc	54a	16 b	-	-	-
CM	5,0b	-	21ab	-	31c	50a	19ab	-	-	-
SC	4,7c	-	17b	-	37a	42b	18ab	-	-	-
Milheto	5,1a	-	25a	17a	32b	55a	20a	-	-	-
Aveia	4,8b	-	16b	11b	36a	43b	17b	-	-	-
0 - 10	5,3a	25a	27a	-	31b	60a	22a	1,9a	27a	59a
10 - 20	5,0b	25a	22b	-	34ab	52b	21a	0,9b	31b	56a
20 - 40	4,6c	18b	12c	-	37a	36c	15b	0,4c	35c	39b
DMS Tukey 5%										
Manejo	0,1	-	5	-	3	7	4	-	-	-
Cobertura	0,1	-	3	2	2	4	2	-	-	-
Profundidade	0,1	2	4	-	3	5	3	0,3	2	8

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação à cultura do milho, os valores de pH observados na amostragem após a colheita do primeiro ano agrícola (Tabela 6), também evidenciam os maiores valores de pH nas camadas superficiais, principalmente no tratamento com o calcário aplicado em superfície após a semeadura das culturas de cobertura e quando se utilizou o milheto como cobertura, atingindo valores dentro da faixa considerada de baixa acidez (RAIJ et al., 1996) e satisfatórios para as condições de cultivo de milho e soja. Quanto aos tratamentos cultura de cobertura, vale destacar a ausência de efeitos quando o calcário foi incorporado e um melhor comportamento da aveia com a aplicação de calcário em superfície na instalação destas.

Observa-se ainda que a calagem superficial já apresentava, após nove meses de sua aplicação, resultados positivos no aumento do pH do solo nas diferentes profundidades, principalmente nas camadas superficiais do solo, corroborando com resultados obtidos por KAMINSKI (2000), CAIRES et al. (2001) e LIMA (2001). Em experimento com soja em plantio direto, LIMA (2001) constatou que, já após 5 meses, a aplicação de calcário havia proporcionado aumento do pH em todas profundidades estudadas, o que pode ser observado nas condições do presente trabalho (Figuras 1 e 2) para as culturas de soja e milho, independente da cultura de cobertura utilizada, conforme amostragem realizada em janeiro/2000.

unesp

Tabela 6. Desdobramentos das interações manejo x cobertura, manejo x profundidade e cobertura x profundidade, significativas para os valores de pH do solo, na cultura do milho. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	0 - 10	10 - 20	20 - 40	Milheto	Aveia
CI	5,6Ab	5,3Bb	4,7Cb	5,2 b	5,3 b
CS	6,0Aa	5,8Ba	4,9Ca	5,4Ba	5,7Aa
CM	5,5Ab	5,2Bb	4,7Cb	5,2Ab	5,0Bc
SC	5,0Ac	4,8Ac	4,4Bc	4,9Ac	4,5Bd
DMS Tukey 5%					
Man. d. profundidades		0,2		Man. d. coberturas	0,1
Prof. d. manejos		0,2		Cob. d. manejos	0,1
Coberturas/Prof.	0 - 10	10 - 20	20 - 40		
Milheto	5,6Aa	5,3Ba	4,7C		
Aveia	5,4Ab	5,2Bb	4,7C		
DMS Tukey 5%					
Cober. d. profundidades		0,1			
Prof. d. Coberturas		0,1			

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.2. Matéria orgânica

Nos teores de matéria orgânica obtidos (Figuras 3 e 4), verifica-se que na cultura da soja, os valores alcançados foram ligeiramente superiores e que, tanto na presença do milheto como cultura de cobertura ou da aveia, à medida em que as amostragens foram retiradas ao longo dos meses, os teores de matéria orgânica apresentaram uma ligeira diminuição, principalmente no cultivo realizado sob palhada de aveia, provavelmente em virtude de uma menor produção de massa seca desta. Quanto à profundidade, os maiores teores foram encontrados nas camadas superficiais, onde o acúmulo de matéria orgânica em superfície pode ser explicado pela ausência de revolvimento do solo e conseqüente deposição superficial dos restos de culturas, concordando com MUZILLI (1983) e ALVES (1992), ou devido ao maior crescimento radicular das culturas de soja e milho, principalmente, em virtude do incremento de Ca, Mg, P e K e redução do teor de H+Al na maioria dos tratamentos proporcionado pelo sistema plantio direto.

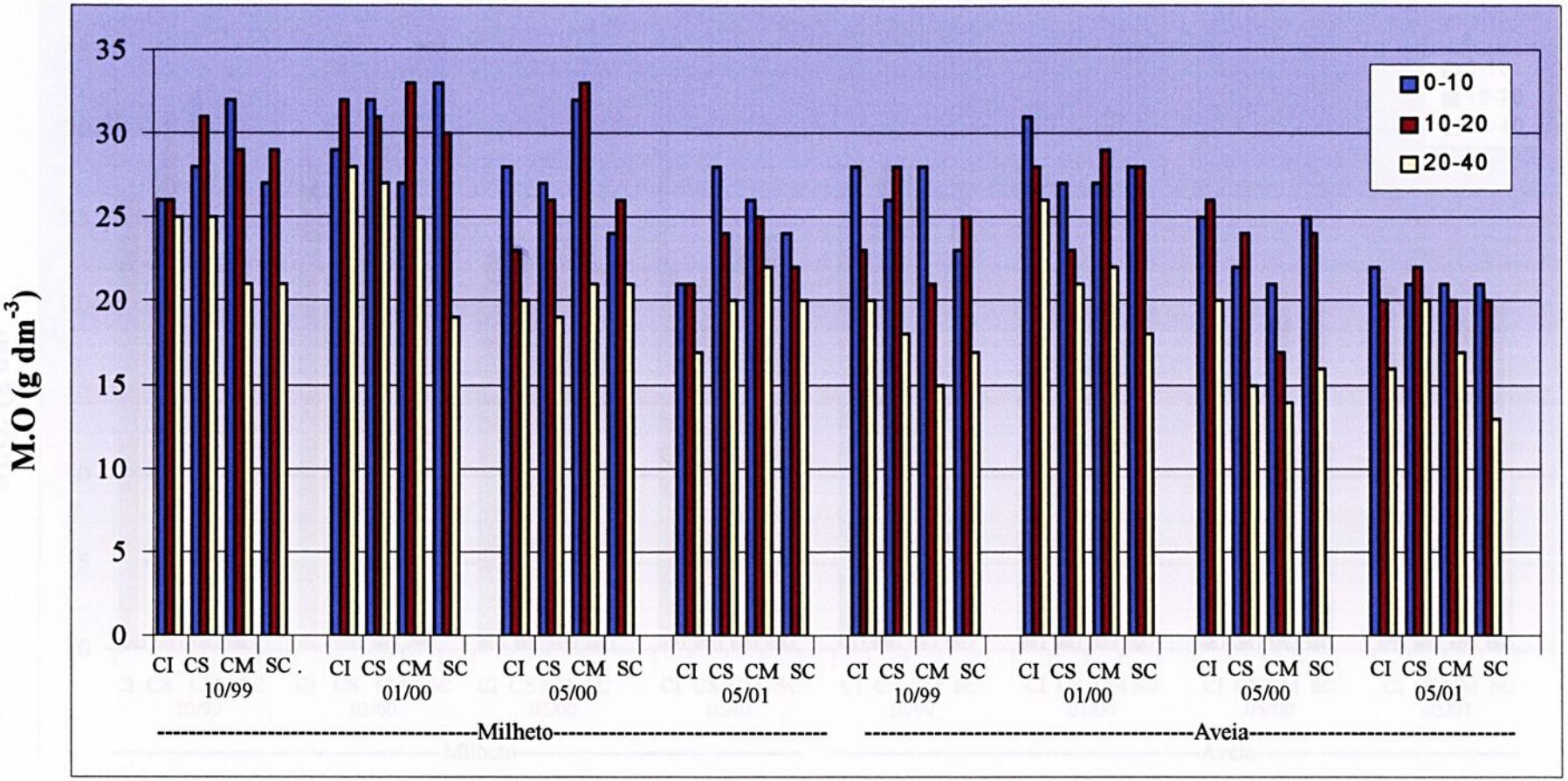


Figura 3. Teores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) no solo, para a cultura da soja, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

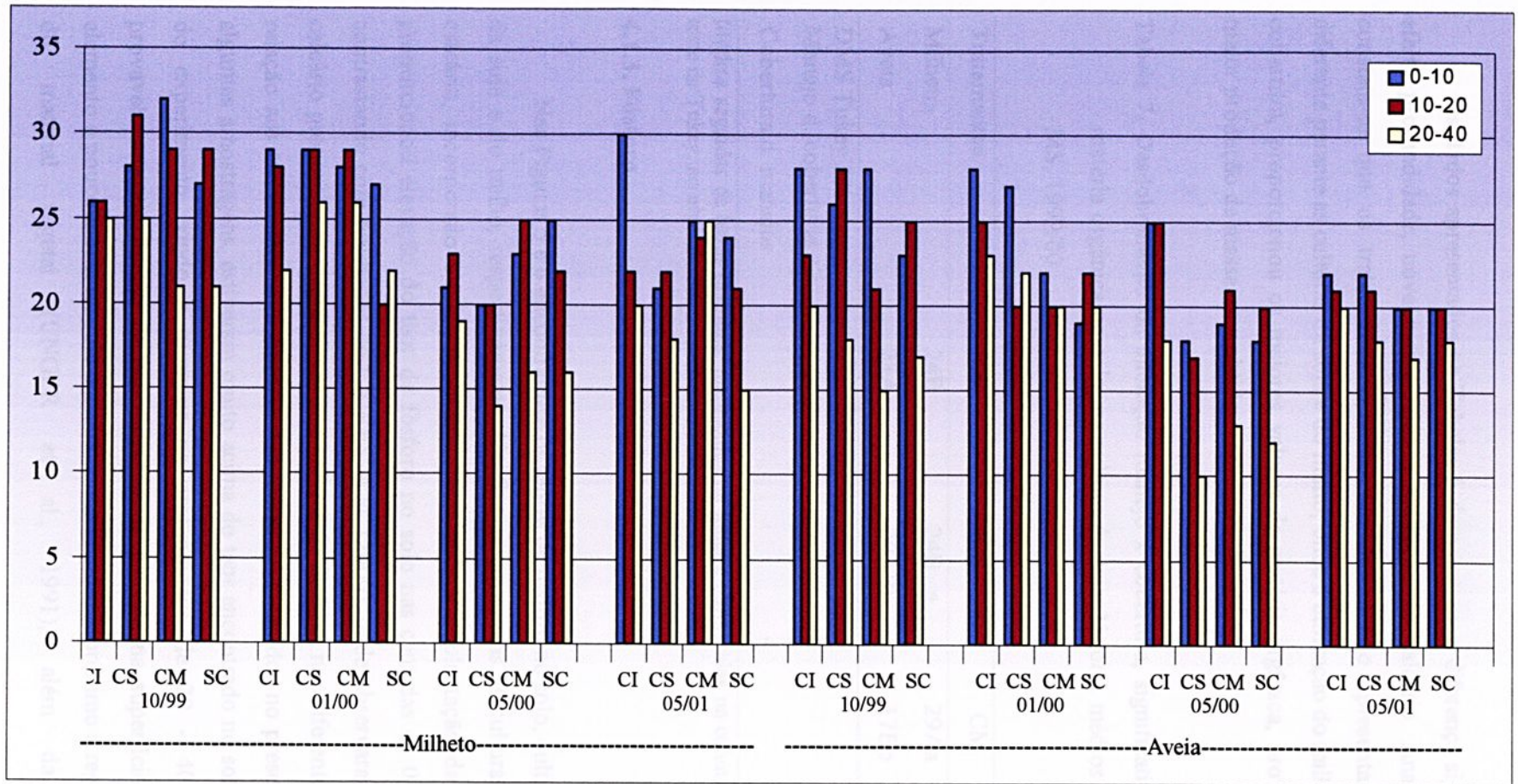


Figura 4. Teores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) no solo, para a cultura do milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

Os dados apresentados na Tabelas 5 demonstram a diferença significativa quanto ao efeito profundidade, nove meses após a aplicação do calcário. Analisando a Tabela 7, constata-se que os tratamentos com manejo de calcário apresentaram comportamento diferente perante as culturas da soja e do milho, onde a utilização do milheto, como cultura de cobertura, proporcionou os maiores valores de matéria orgânica, provavelmente devido à maior produção de massa seca obtida.

Tabela 7. Desdobramento da interação manejo x cobertura, significativa para os teores de matéria orgânica no solo, na cultura da soja. Valores médios obtidos no. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	CI	CS	CM	SC
Milheto	24B	24B a	29Aa	23B
Aveia	23A	20ABb	17Bb	21AB
DMS Tukey 5%				
Manejo d. coberturas		3		
Cobertura d. manejos		4		

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.3. Fósforo

Nas Figuras 5 e 6 encontram-se os teores de fósforo no solo, cultivado com as culturas da soja e do milho, respectivamente. Verifica-se em ambas as culturas que a aplicação de calcário, incorporado ou em superfície, logo após a implantação da cultura do milheto, proporcionou elevação do teor de fósforo no solo nas camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm, contrastando com resultados de CAIRES et al. (2000), onde observaram que a aplicação de calcário proporcionou decréscimos nos valores de fósforo, nas diferentes profundidades, em relação aos tratamentos sem calcário. Os teores de P obtidos no presente experimento, em algumas amostragens, estiveram muito acima do teor encontrado no solo antes da instalação do experimento, vindo a diminuir na profundidade de 20 - 40 cm, fato ocorrido provavelmente em função da concentração da palhada na superfície, uma vez que este elemento é pouco móvel no solo e acaba concentrando-se próximo à região de decomposição do material vegetal (UNGER et al., 1991), além da possibilidade da

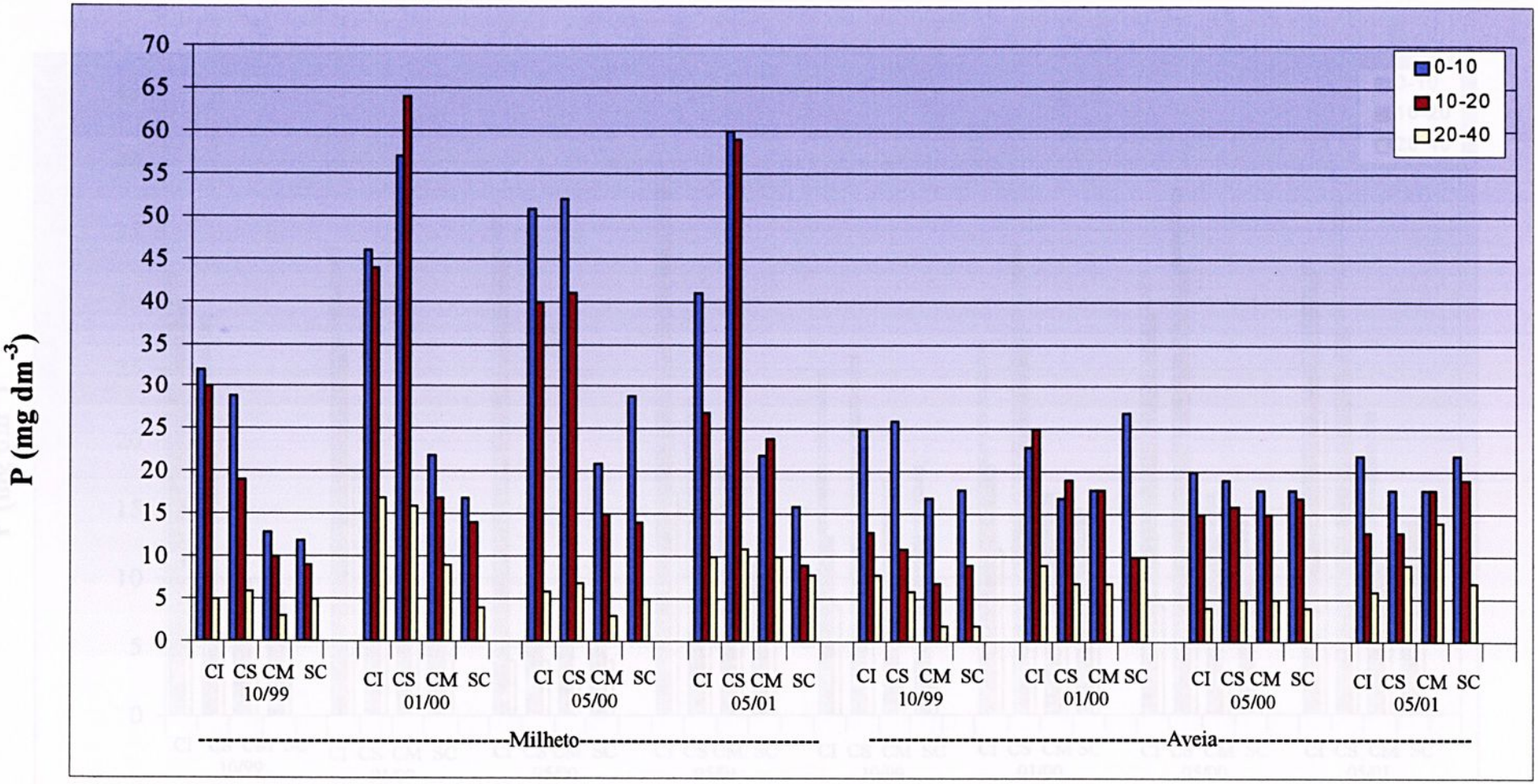


Figura 5. Teores médios de fósforo (g dm^{-3}) no solo, para a cultura da soja, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

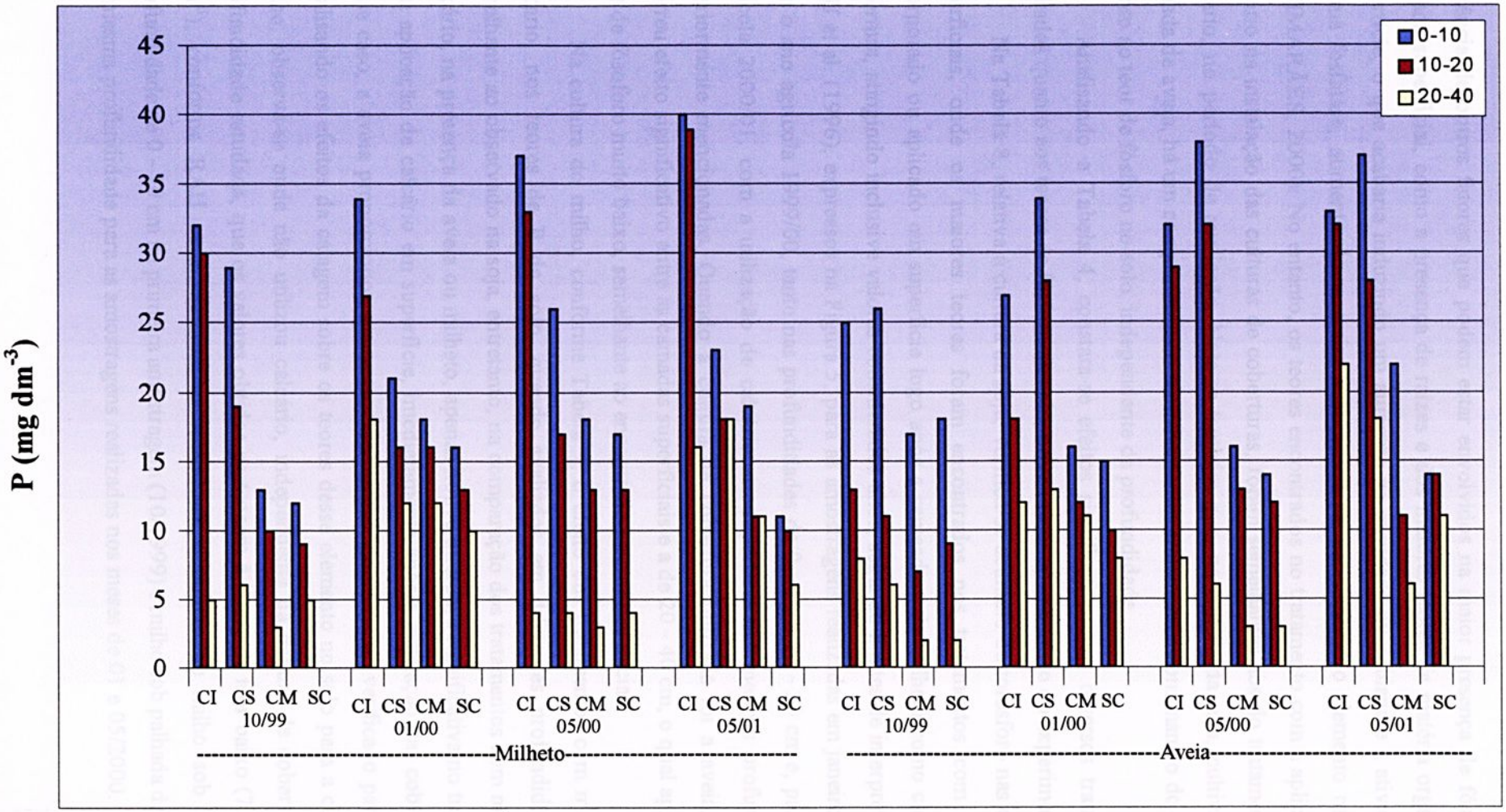


Figura 6. Teores médios de fósforo (g dm^{-3}) no solo, para a cultura do milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

existência de outros fatores que podem estar envolvidos na maior presença de fósforo na camada superficial, como a presença de raízes e dos maiores teores de matéria orgânica na superfície, o que acabaria induzindo um aumento na atividade microbiana e a atividade da enzima fosfatase, aumentando-se assim a eficiência da reciclagem do elemento na região (GUIMARÃES, 2000). No entanto, os teores encontrados no tratamento com a aplicação de calcário na instalação das culturas de coberturas, foram semelhantes aos do tratamento sem calcário, no período de avaliação. Nota-se também que, na cultura da soja, cultivada sob palhada de aveia, há um comportamento semelhante dos tratamentos com manejo do calcário quanto ao teor de fósforo no solo, independente da profundidade.

Analisando a Tabela 4, constata-se efeitos significativos nos diversos tratamentos avaliados quanto aos teores de fósforo no solo, nove meses após o início do experimento.

Na Tabela 8, relativa à cultura da soja, verifica-se acúmulo do tofósforo nas camadas superficiais, onde os maiores teores foram encontrados nos tratamentos com calcário incorporado ou aplicado em superfície logo após a semeadura do milheto como cultura de cobertura, atingindo inclusive valores considerados altos, segundo limites de interpretação de RAIJ et al. (1996), expressos na Figura 5, para as amostragens realizadas em janeiro e maio para o ano agrícola 1999/00, tanto nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm e, para o ano agrícola 2000/01, com a utilização de calcário em superfície nas mesmas profundidades anteriormente mencionadas. Quando a cultura de cobertura utilizada foi a aveia, apenas ocorreu efeito significativo entre as camadas superficiais e a de 20 - 40 cm, o qual apresentou teor de fósoforo muito baixo, semelhante ao encontrado na amostra inicial.

Na cultura do milho, conforme Tabela 9, o efeito dos tratamentos com manejo de calcário, nos teores de P do solo, quando avaliados em diferentes profundidades, foi semelhante ao observado na soja, entretanto, na comparação dos tratamentos com manejo de calcário, na presença da aveia ou milheto, apenas houve diferença significativa no tratamento com aplicação de calcário em superfície, imediatamente após a instalação das coberturas, e nesse caso, a aveia proporcionou maior teor de fósforo, contrário ao verificado para a soja. Analisando os efeitos da calagem sobre os teores desse elemento no solo para a cultura do milho, observa-se onde não utilizou calcário, independente da cultura de cobertura e da profundidade estudada, que os valores obtidos pertencem à classe de teor baixo (7 a 15 mg dm^{-3}), conforme RAIJ et al. (1996), excetuando-se o cultivo de milho sob aveia na profundidade de 0 - 10 cm na primeira amostragem (10/1999) e milho sob palhada de milheto, na mesma profundidade para as amostragens realizadas nos meses de 01 e 05/2000.

Tabela 8. Desdobramentos das interações manejo x cobertura, manejo x profundidade, cobertura x profundidade e manejo x cobertura x profundidade, significativas para os teores de fósforo no solo, na cultura da soja. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	0 - 10	10 - 20	20 - 40	Milheto	Aveia
CI	35Aa	28Aa	5B	32Aa	13B
CS	35Aa	28Aa	6B	33Aa	13B
CM	19Ab	15Ab	4B	12 b	13
SC	23Ab	15Ab	5B	16 b	13
DMS Tukey 5%					
Manejo d. profundidades	8			Man. d. coberturas	6
Profundidade d. manejos	9			Cob. d. manejos	8

Tratamentos	0 - 10	10 - 20	20 - 40
Milheto	38Aa	27Ba	5C
Aveia	19Ab	16Ab	4B
DMS Tukey 5%			
Cobertura d. profundidades		6	
Profundidade d. coberturas		5	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Desdobramentos das interações manejo x cobertura e manejo x profundidade, significativas para os teores de fósforo no solo. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	Milheto	Aveia	0 - 10	10 - 20	20 - 40
CI	25 a	23 a	34Aa	31Aa	6B
CS	15Bb	26Aa	33Aa	25Ba	5C
CM	11 b	10 b	17Ab	13Ab	3B
SC	11 b	10 b	15Ab	13Ab	3B
DMS Tukey 5%					
Manejo d. coberturas		5	Manejo d. profundidades		7
Cobertura d. manejo		6	Profundidade d. manejos		8

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados de KAMINSKI (2000) demonstraram que os tratamentos onde houve a aplicação de calcário incorporado, obtiveram maiores teores de P em relação aos tratamentos

onde houve a aplicação superficial do corretivo, tanto para as culturas de soja e milho.

4.1.4. Potássio

Os teores de potássio no solo apresentados nas Figuras 7 e 8, respectivamente, para as culturas de soja e milho, evidenciaram um teor mais elevado na camada de 0 - 10 cm e bastante reduzido na camada de 20 - 40 cm, atingindo valores considerados médios (1,6 a 3,0 $mmol_c\ dm^{-3}$), segundo limites apresentados por RAIJ et al. (1996) na camada de 0 - 10 cm, tanto para as culturas de milho quanto soja, e teores muito baixos (0,0 a 0,7 $mmol_c\ dm^{-3}$) para ambas as culturas em subsuperfície (camada 20 - 40 cm). Na segunda amostragem, época do florescimento das culturas no primeiro ano agrícola (01/2000), verificou-se um aumento dos teores de potássio, principalmente na camada de 20 - 40 cm, vindo a reduzir novamente nas demais avaliações seguintes. Provavelmente, em função adubação desenvolvida, o teor possa ter aumentado e, posteriormente, com a absorção do elemento pelas plantas, houve uma diminuição do mesmo.

Analisando-se as Tabelas 10 e 11, verifica-se diferença estatística entre as profundidades avaliadas, decrescendo o teor de acordo com a profundidade. Essa tendência ao acúmulo superficial de potássio e redução de seus teores em profundidade, em SPD, foi relatada por vários pesquisadores como ALVES (1992), SÁ (1996) e KLUTCHCOUSKI et al. (2000). BARTZ (1998) explica que, como a maior parte do K presente no tecido das plantas se encontra na forma iônica, ou seja, sem participar na formação de compostos orgânicos estáveis, este nutriente pode ser extraído dos tecidos, tanto pela água das chuvas, como pela própria umidade do solo, sem a necessidade de mineralização dos resíduos, justificando assim a maior concentração de potássio disponível nas camadas superficiais de um solo sob plantio direto.

O maior teor encontrado nas parcelas com o milheto como cultura de cobertura, somente ocorreu no tratamento sem calcário, onde nos demais tratamentos não houve diferença estatística, a não ser no tratamento com calcário em superfície logo após a implantação das culturas de cobertura, antecedendo a cultura do milho, e nesse caso, o maior teor foi encontrado no solo sob aveia.

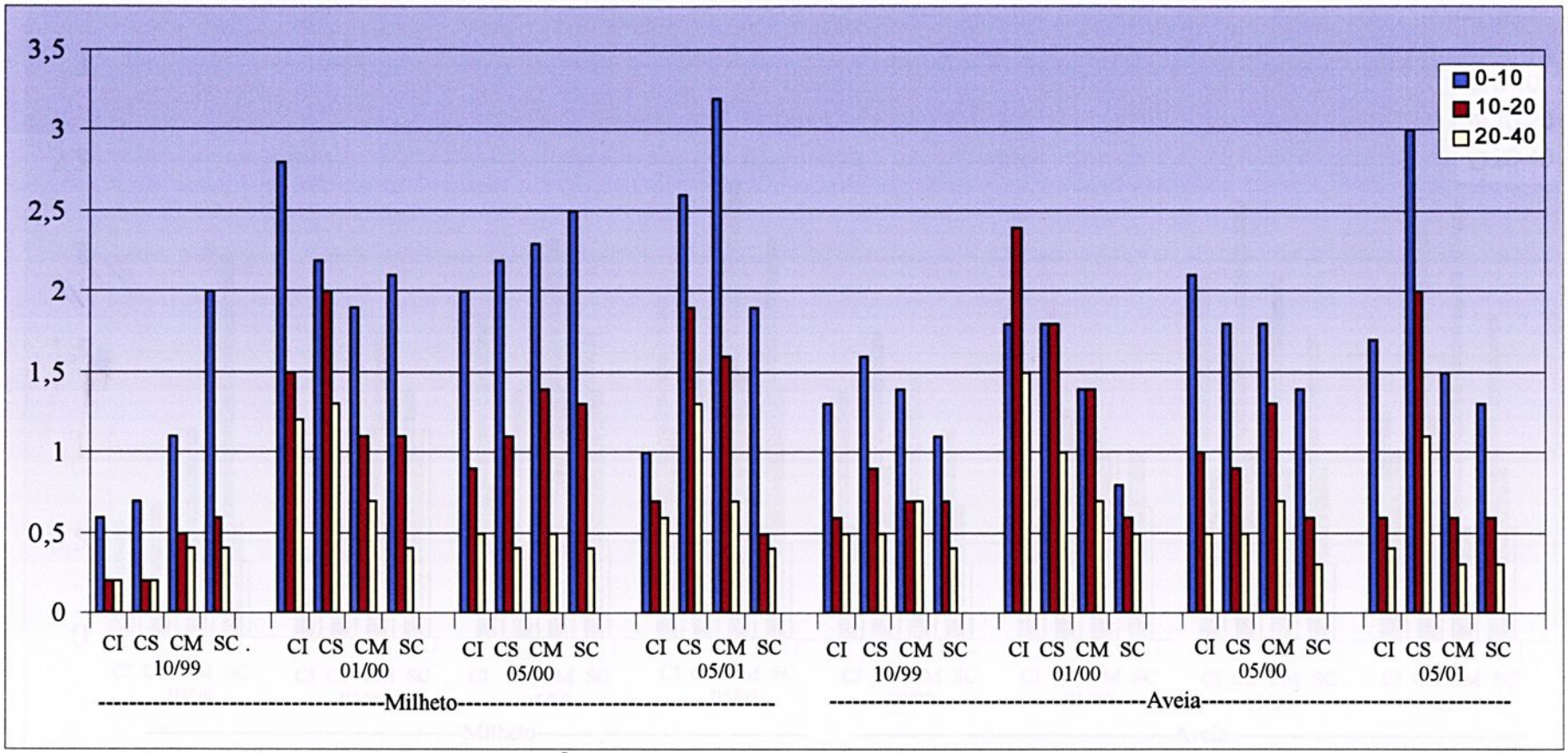


Figura 7. Teores médios de potássio (mmol$_c$ dm^{-3}) no solo, para a cultura da soja, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

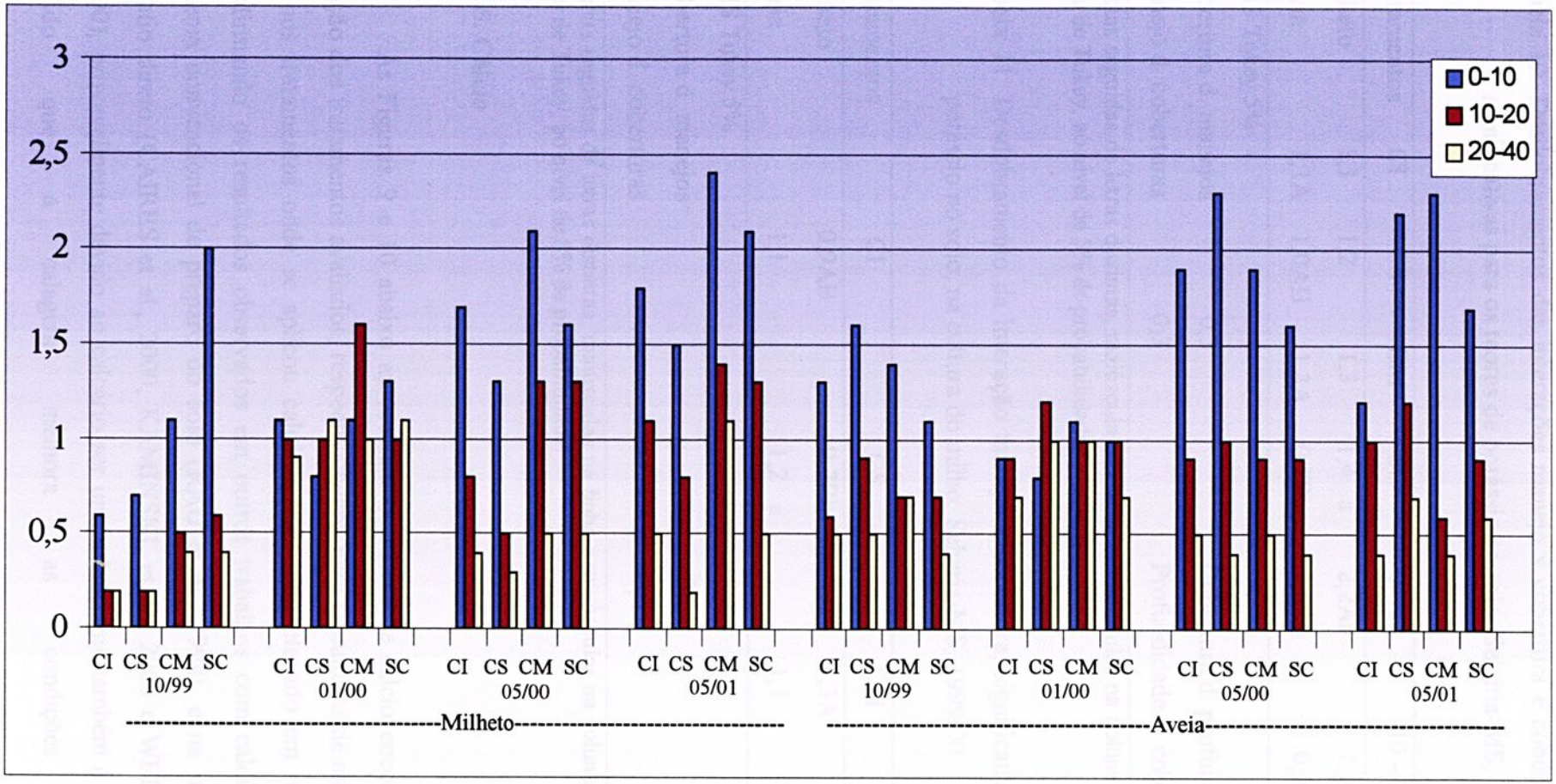


Figura 8. Teores médios de potássio (mmol$_c$ dm^{-3}) no solo, para a cultura do milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

Tabela 10. Desdobramentos das interações manejo x cobertura e cobertura x profundidade, significativas para os teores de potássio no solo. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	CI	CS	CM	SC	0 - 10	10 - 20	20 - 40
Milheto	1,1	1,2	1,3	1,4 a	2,2Aa	1,1B	0,4C
Aveia	1,1A	1,0AB	1,3A	0,7Bb	1,8Ab	0,9B	0,4C
DMS Tukey 5%							
Cobertura d. manejos		0,3			Cobertura d. profundidades	0,3	
Manejo d. coberturas		0,3			Profundidade d. coberturas	0,2	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11. Desdobramento da interação manejo x cobertura, significativa para os teores de potássio no solo, na cultura do milho. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	CI	CS	CM	SC
Milheto	0,9AB	0,7Bb	1,3A	1,4Aa
Aveia	1,1	1,2 a	1,1	0,9 b
DMS Tukey 5%				
Cobertura d. manejos		0,5		
Manejo d. coberturas		0,4		

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.5. Cálcio

As Figuras 9 e 10 abaixo apresentam os teores de cálcio encontrados no solo, em função dos tratamentos avaliados, respectivamente, para as culturas de milho e soja. Constata-se nos tratamentos onde se aplicou calcário, teor mais elevado em relação à testemunha confirmando os resultados observados em outros trabalhos com calcário incorporado, no sistema convencional de preparo do solo (RAIJ et al., 1994), e na superfície em sistema plantio direto (CAIRES et al., 2000, KAMINSKI, et al., 2000 e WEIRICH NETO et al., 2000), provavelmente devido ao calcário ser um insumo que também é fonte de cálcio. Já é sabido que a calagem melhora as condições químicas do

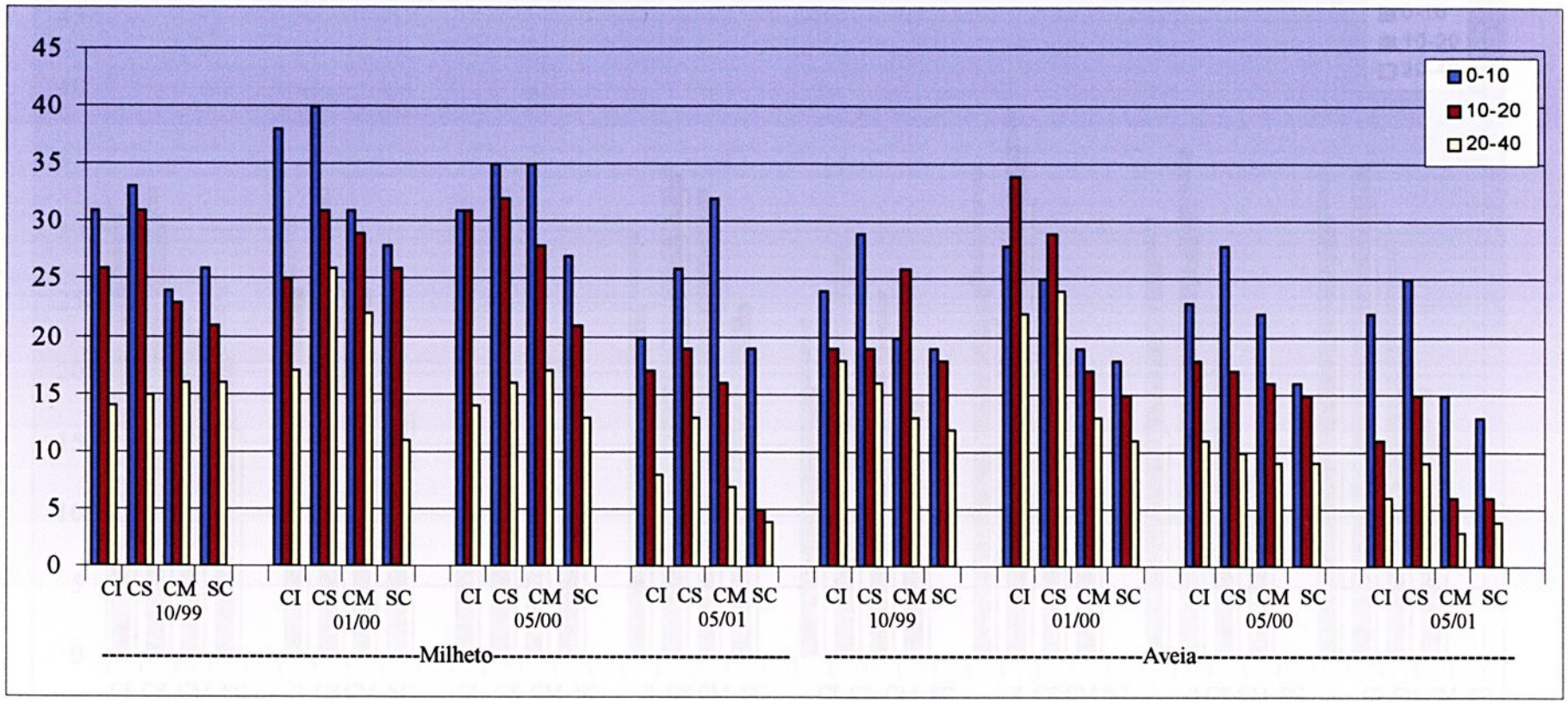


Figura 9. Teores médios de cálcio (mmol$_c$ dm^{-3}) no solo, para a cultura da soja, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

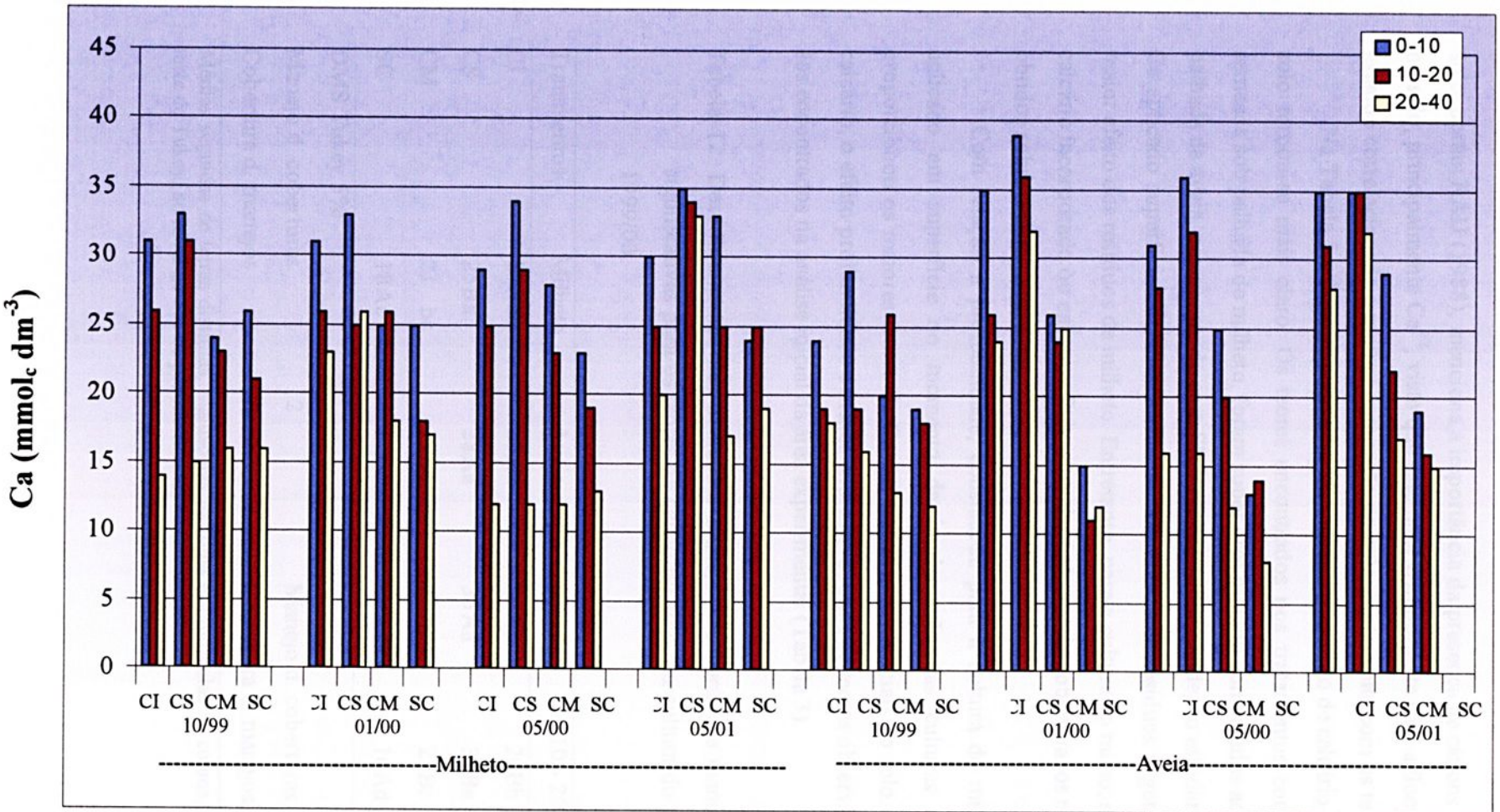


Figura 10. Teores médios de cálcio (mmol$_c$ dm^{-3}) no solo, para a cultura do milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

solo, porém RAIJ (1988), menciona a importância da presença de cátions divalentes presentes no solo, principalmente Ca^{+2}, visto que este fator é importante para a floculação dos colóides, estando correlacionado à melhor agregação do solo, juntamente com os teores de Mg e pH.

Na Tabela 5 e principalmente na 12, o efeito da adição de calcário no teor de cálcio do solo tornou-se mais claro. Os teores encontrados nos tratamentos com a cultura da soja semeada sob palhada de milheto, foram superiores quando comparados ao cultivo de soja sob palhada de aveia, corroborando com SILVA et al. (2000) onde, ao estudarem o movimento de Ca aplicado superficialmente na forma de corretivo e de resíduos vegetais, observaram um maior efeito dos resíduos de milheto. Entretanto, para a cultura do milho, nos tratamentos com calcário incorporado ou em superfície antes das culturas de cobertura, os maiores teores foram obtidos sobre a cultura da aveia.

Com relação à profundidade, constata-se para a cultura do milho, que o calcário aplicado em superfície no momento da implantação das culturas de cobertura (CS) proporcionou os maiores teores de Ca nas camadas superficiais do solo. No tratamento sem calcário, o efeito profundidade é menos expressivo, onde os teores observados foram menores aos encontrados na análise inicial da área experimental (Tabela 3).

Tabela 12. Desdobramentos das interações manejo x cobertura e manejo x profundidade, significativas para os teores de cálcio no solo, na cultura do milho. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	Milheto	Aveia	0 - 10	10 - 20	20 - 40
CI	22Bab	25Aa	30Ab	26Bb	13C
CS	25Ba	28Aa	35Aa	31Ba	13C
CM	21 bc	19Bb	26Ac	21Bc	12C
SC	18Ac	12Bc	18Ad	16Ad	11B
DMS Tukey 5%					
Manejo d. coberturas	2		Manejo d. coberturas	3	
Cobertura d. manejos	3		Cobertura d. manejos	4	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.6. Magnésio

Analisando os dados apresentados nas Figuras 11 e 12 e nas Tabelas 5, 13 e 14, verifica-se que os teores de magnésio no solo, na primeira amostragem (10/99), foram maiores nos tratamentos onde houve aplicação de calcário na instalação das culturas de cobertura (incorporado ou em superfície) e mantiveram como maiores nas demais avaliações, principalmente quando o calcário foi aplicado em superfície (Tabela 13). Os teores observados, mesmo nos tratamentos onde não houve aplicação de calcário, foram superiores aos obtidos na amostra inicial da área experimental, apresentando teores considerados altos (> 8,0 $mmol_c\ dm^{-3}$), segundo RAIJ et al. (1996), nas camadas superficiais do solo (0-10 e 10-20 cm) para todos os manejos de calcário e na profundidade de 20 - 40 cm para o calcário aplicado em superfície imediatamente após a instalação das culturas de cobertura do solo. Aumentos nos teores de Ca e Mg nas camadas superficiais de solos sob SPD, devido à aplicação de calcário em superfície, têm sido freqüentemente observados (SÁ, 1995, OLIVEIRA & PAVAN, 1996, CAIRES et al., 1998, CAIRES et al., 2000 e MOREIRA et al., 2001).

Os teores alcançados quando se utilizou o milheto como cultura de cobertura, antecedendo as culturas de soja e milho, foram maiores em comparação ao emprego da aveia, principalmente quando da utilização do calcário em superfície logo após a implantação das coberturas (Tabelas 5 e 14). Constatou-se ainda que a aplicação de calcário acarretou o aumento do teor de magnésio nas camadas superficiais do solo (Tabelas 13 e 14), proporcionando o tratamento com calcário aplicado em superfície, na instalação das culturas de cobertura (CS), o melhor desempenho na cultura da soja, na profundidade de 0 - 10 cm, diferenciando da cultura do milho, sendo neste caso, o tratamento com calcário incorporado o que proporcionou os maiores teores na mesma profundidade.

Vale salientar que, embora o Mg possa ser afetado pela lixiviação de ânions, se faz presente em quantidades relativamente menores que o cálcio, sendo esperado menor efeito dos sistemas de cultivo ou localização dos fertilizantes sobre sua acumulação e distribuição no solo.

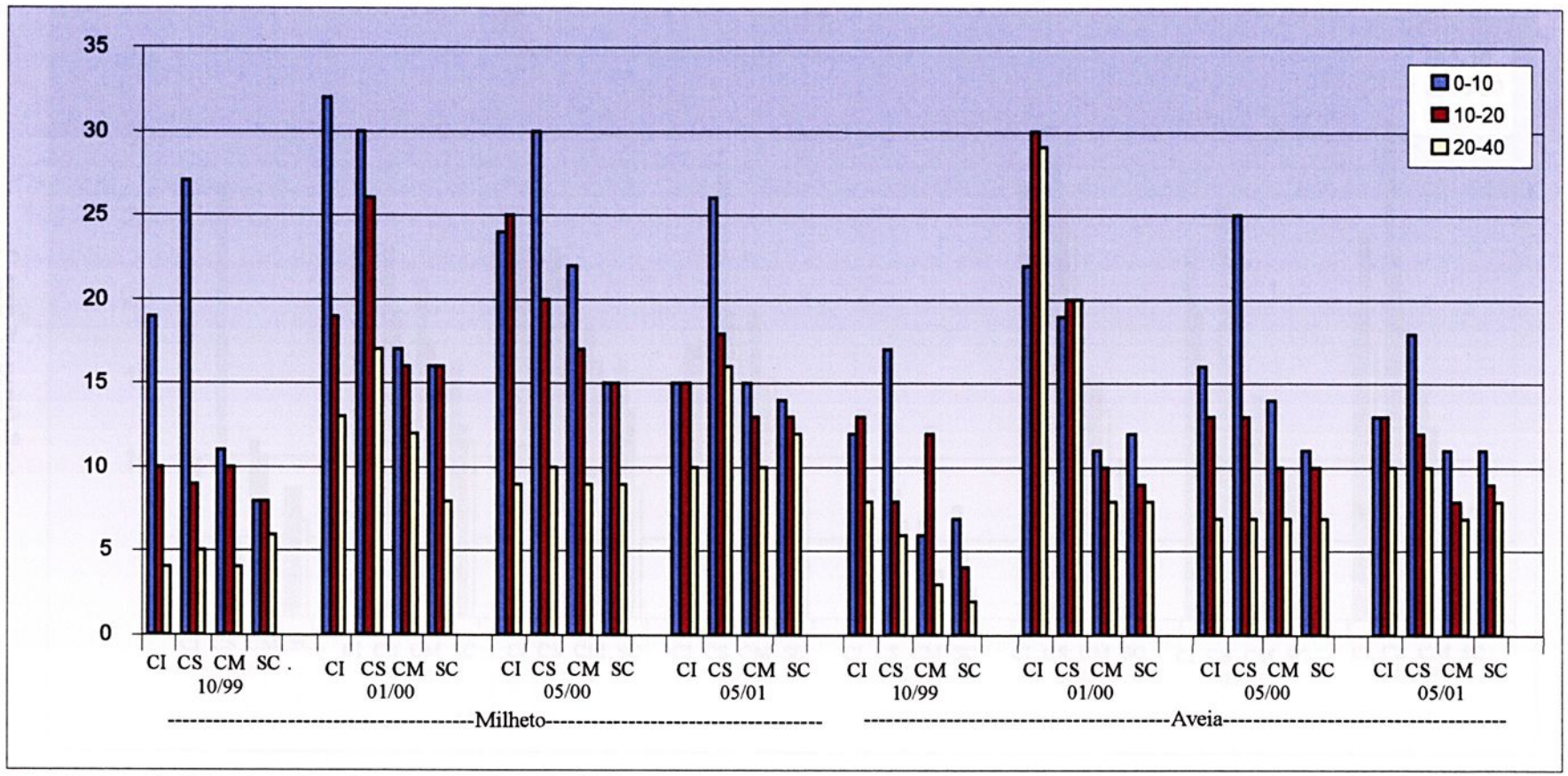


Figura 11. Teores médios de magnésio (mmol$_c$ dm^{-3}) no solo, para a cultura da soja, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

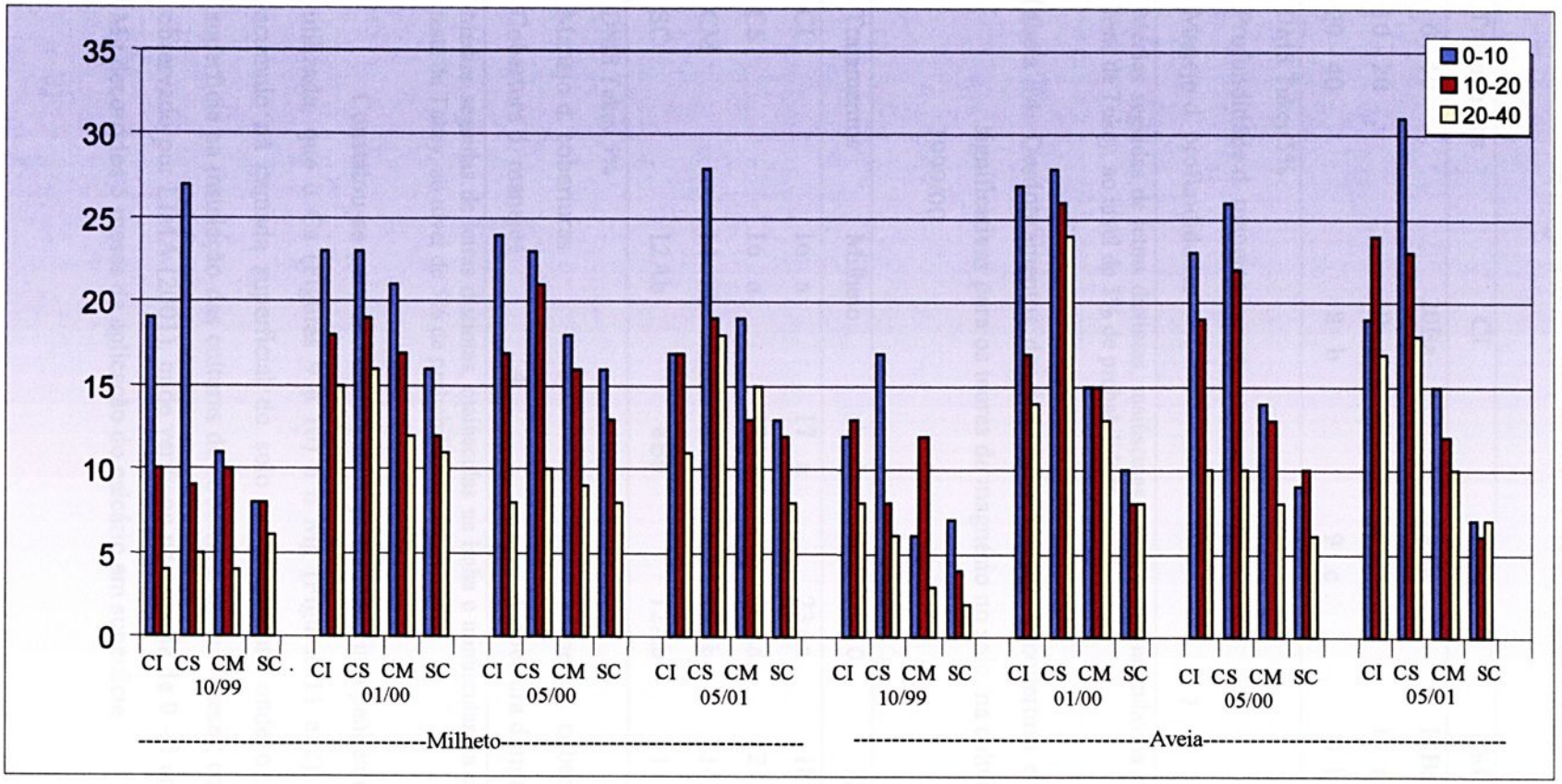


Figura 12. Teores médios de magnésio (mmol$_c$ dm^{-3}) no solo, para a cultura do milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

Tabela 13. Desdobramento da interação manejo x profundidade, significativa para os teores de magnésio no solo, na cultura da soja. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	CI	CS	CM	SC
0 - 10	20Ba	28Aa	18Ba	13B
10 - 20	19 a	16 b	13 ab	13
20 - 40	8 b	9 c	8 b	8
DMS Tukey 5%				
Profundidade d. manejos		7		
Manejo d. profundidades		7		

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 14. Desdobramentos das interações manejo x cobertura e manejo x profundidade, significativas para os teores de magnésio no solo, na cultura do milho. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	Milheto	Aveia	0 - 10	10 - 20	20 - 40
CI	16 a	17 a	23Aa	18B ab	9C
CS	16 a	19 a	22Aa	21A a	10B
CM	14 ab	11 b	16Ab	14A bc	8B
SC	12Ab	8Bb	12Ab	11ABC	7B
DMS Tukey 5%					
Manejo d. coberturas	3		Manejo d. coberturas	4	
Cobertura d. manejos	4		Cobertura d. manejos	5	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se para as culturas de soja e milho, independente da cultura de cobertura utilizada, que o Ca (Figuras 9 e 10) e o Mg (Figuras 11 e12), apresentaram o máximo acúmulo na camada superficial do solo no tratamento onde o calcário foi aplicado em superfície na instalação das culturas de cobertura, após 5 meses; comportamento semelhante observado por LIMA (2001), onde verificou na camada de 0 - 5 cm, maiores teores de Ca e Mg decorridos 5 meses da aplicação do calcário em superfície.

4.1.7. Acidez Potencial (H+Al)

Nas Figuras 13 e 14, verifica-se que os teores de H + Al obtidos mantiveram-se constantes e praticamente semelhantes aos encontrados na amostra inicial da área experimental, destacando-se os teores encontrados na camada de 20 - 40 cm. É importante frisar a necessidade em se reduzir os teores de Al tóxicos no solo, uma vez que esse elemento em concentrações tóxicas causa taxa de redução de crescimento das raízes (CAIRES et al., 2001), além da possibilidade de comprometer o aproveitamento de nutrientes pelas plantas, principalmente P e K, embora SALET et al. (1996), salientem que ocorra uma menor taxa de toxidez de Al no SPD em relação ao sistema convencional de preparo do solo.

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 5, observa-se que a camada de 20 - 40 cm apresentou os maiores valores de acidez potencial, tanto para a cultura da soja quanto do milho e independente da cultura de cobertura utilizada, inclusive diferindo significativamente das camadas superficiais do solo, excetuando-se as camadas de 10 - 20 e 20 - 40 cm para a cultura da soja. Quanto aos tratamentos com manejo de calcário, constatou-se (Tabelas 5 e 15) que o calcário aplicado em superfície logo após a semeadura das culturas de cobertura, proporcionou maior redução dos teores de acidez potencial que o calcário incorporado, destacando-se também o tratamento sem aplicação do mesmo, com valores mais elevados.

Os teores de H + Al observados onde se cultivou aveia antecedendo a cultura da soja, independentemente do manejo com calcário, foi significativamente inferior aos obtidos na área com milheto, entretanto, na área onde se cultivou o milho, o efeito das coberturas somente ocorreu nos tratamentos em que não houve aplicação de calcário, ou quando o mesmo foi aplicado em superfície imediatamente após a instalação das culturas de cobertura (CS), mas sendo o efeito concordante das coberturas sobre esses dois tratamentos.

BCpIS - FEIS - UNESP

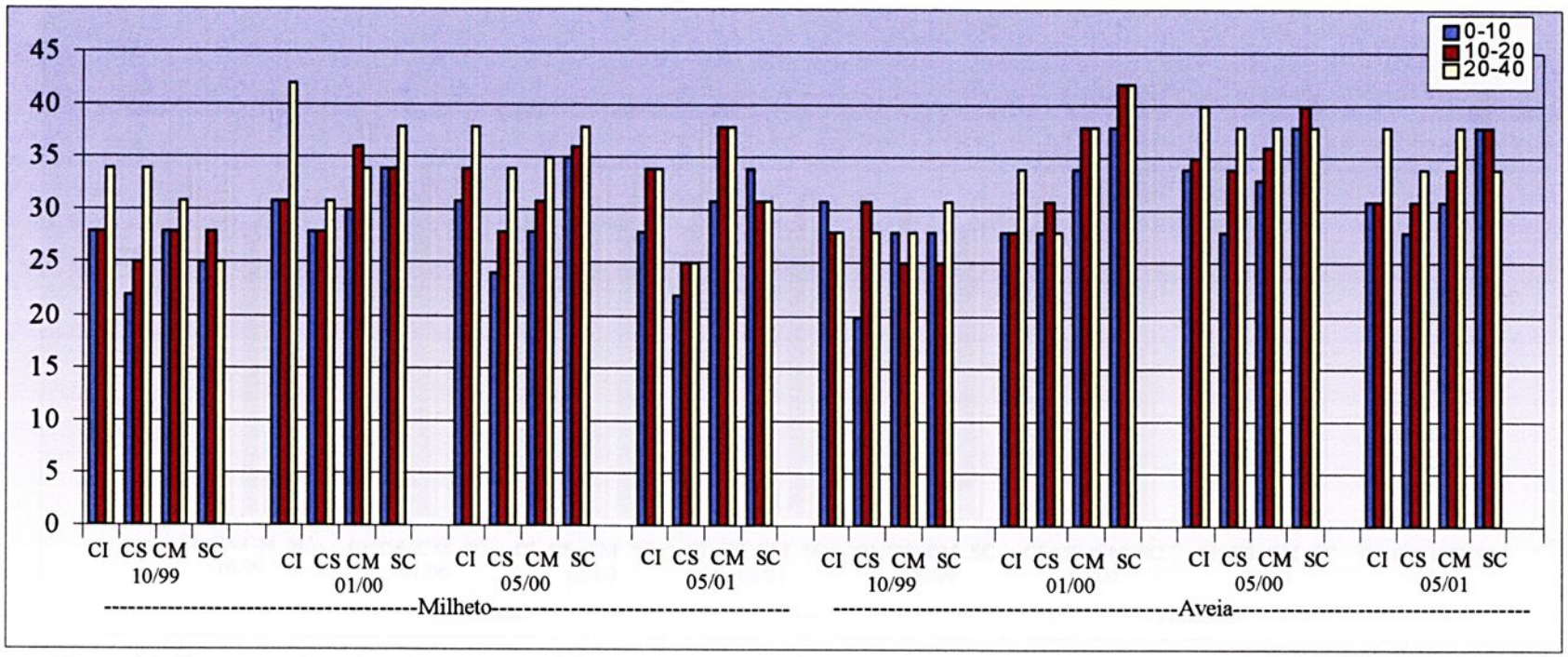


Figura 13. Teores médios de acidez potencial (H+Al) (mmol$_c$ dm^{-3}) no solo, para a cultura da soja, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

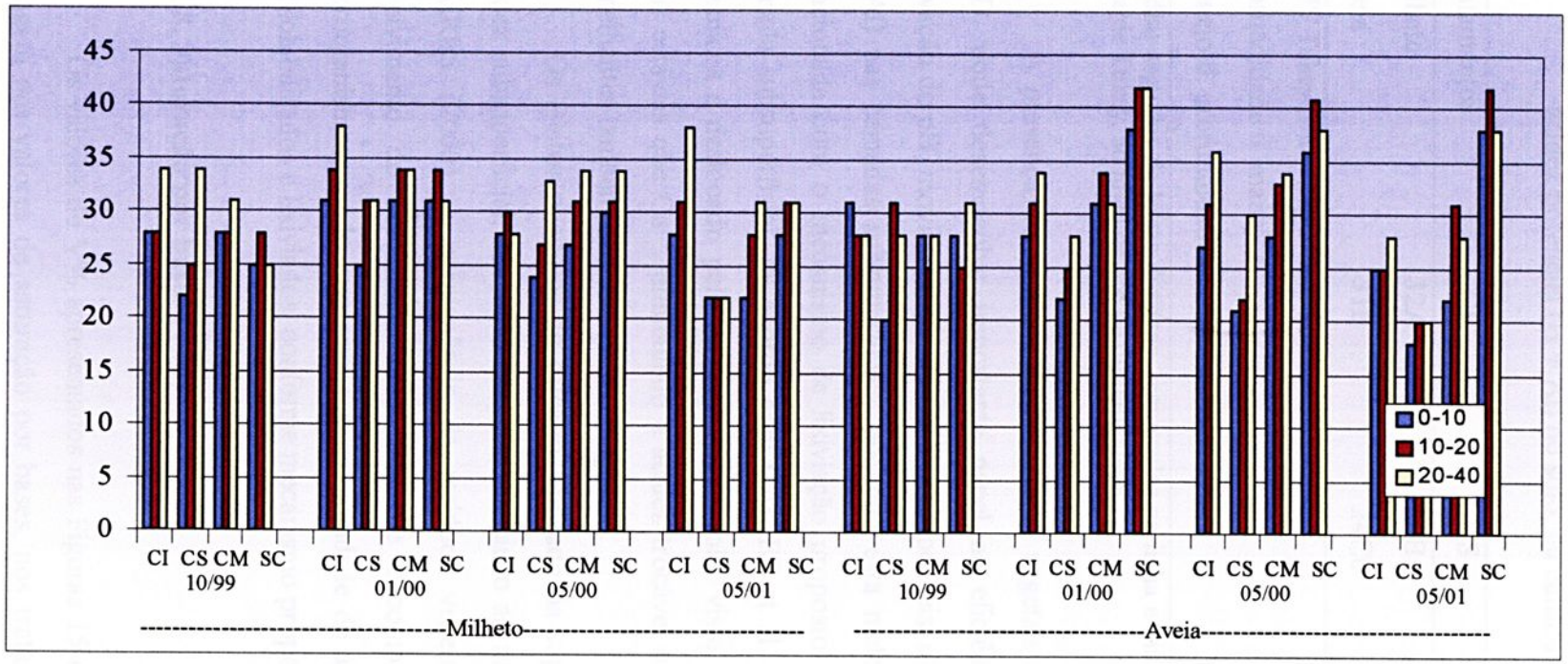


Figura 14. Teores médios de acidez potencial (H+Al) (mmol$_c$ dm^{-3}) no solo, para a cultura do milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

Tabela 15. Desdobramento da interação manejo x cobertura, significativa para os teores de acidez potencial (H + Al) no solo, na cultura do milho. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	CI	CS	CM	SC
Milheto	32A	28Ba	31AB	31ABb
Aveia	31B	24Cb	32B	38A a
DMS Tukey 5%				
Profundidade d. manejos		3		
Manejo d. profundidades		3		

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A presença de resíduos de coberturas vegetais mortas depositados sobre o solo em SPD, pode desempenhar importante papel na eficiência da calagem superficial sobre a elevação do pH, movimentação de Ca + Mg trocáveis, além da redução da acidez potencial (H + Al) nas camadas subsuperficiais, podendo esta melhoria química em profundidade estar relacionada com o mecanismo de lixiviação proposto por MIYAZAWA et al. (1996). Na camada subsuperficial, de acordo com CAIRES et al. (1998), o cálcio dos complexos Ca-orgânicos é deslocado pelo Al trocável do solo, visto que os íons Al^{+3} formam complexos mais estáveis que Ca^{+2}, diminuindo a acidez trocável e aumentando o Ca trocável. Reações semelhantes também ocorrem para o magnésio.

Os efeitos positivos do calcário, aplicado na superfície em SPD sobre a correção da acidez subsuperficial, tem sido bastante associado ao manejo da cobertura morta. Conforme CAIRES (2000), a permanência de resíduos vegetais na superfície e a ausência do revolvimento do solo reduzem a taxa de decomposição dos ligantes orgânicos por microrganismos, sendo que com a disponibilidade de água, os compostos orgânicos podem ser solubilizados e lixiviados, conforme mecanismo proposto por MIYAZAWA (et al. (1996).

4.1.8. Saturação por bases (V%)

Os valores de V% apresentados nas Figuras 15 e 16 caracterizam o efeito positivo da calagem nos valores de saturação por bases, nos tratamentos com calcário incorporado ou aplicado em superfície imediatamente após a instalação das culturas de cobertura,

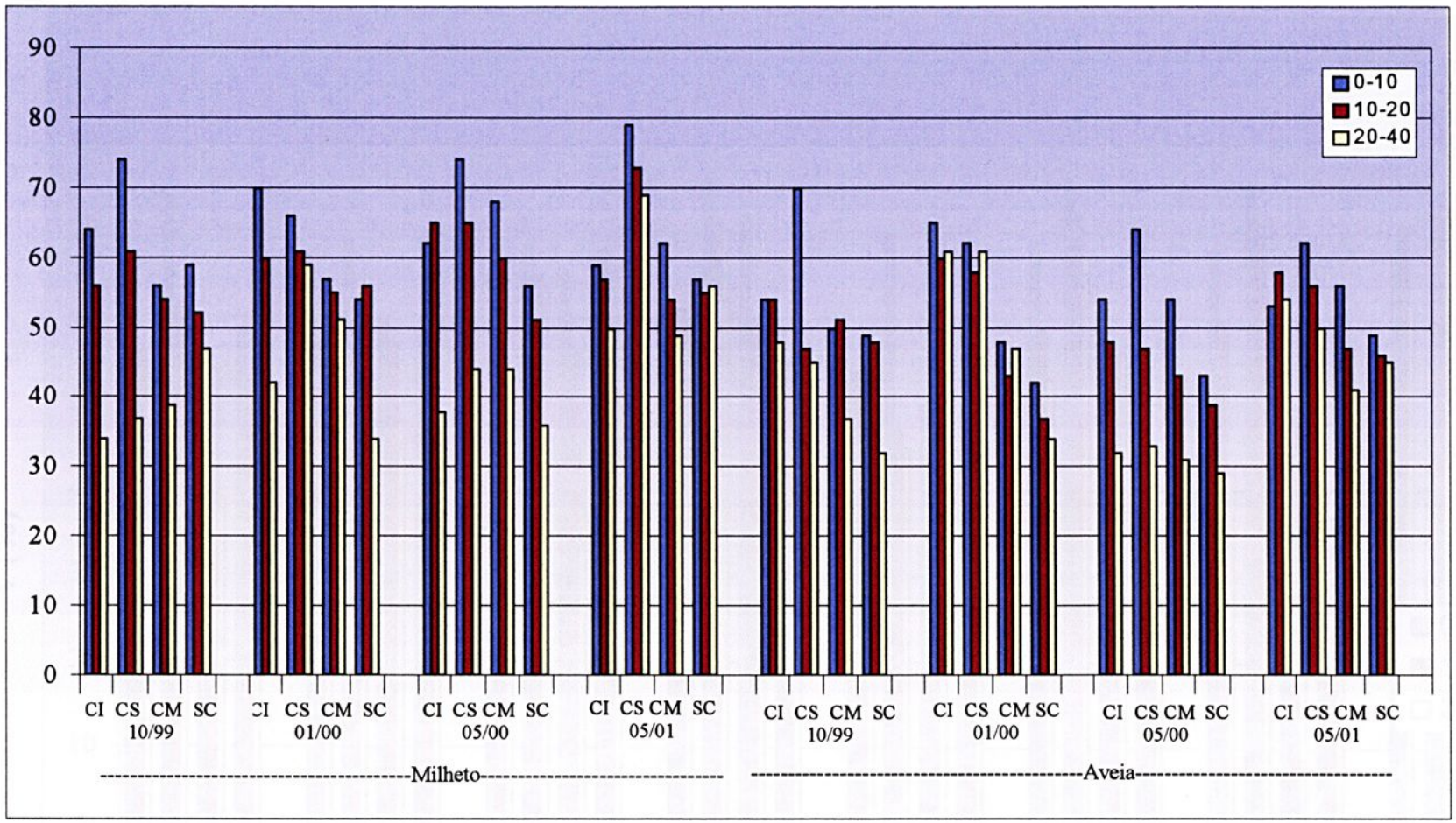


Figura 15. Teores médios de saturação por bases (V%) no solo, para a cultura da soja, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

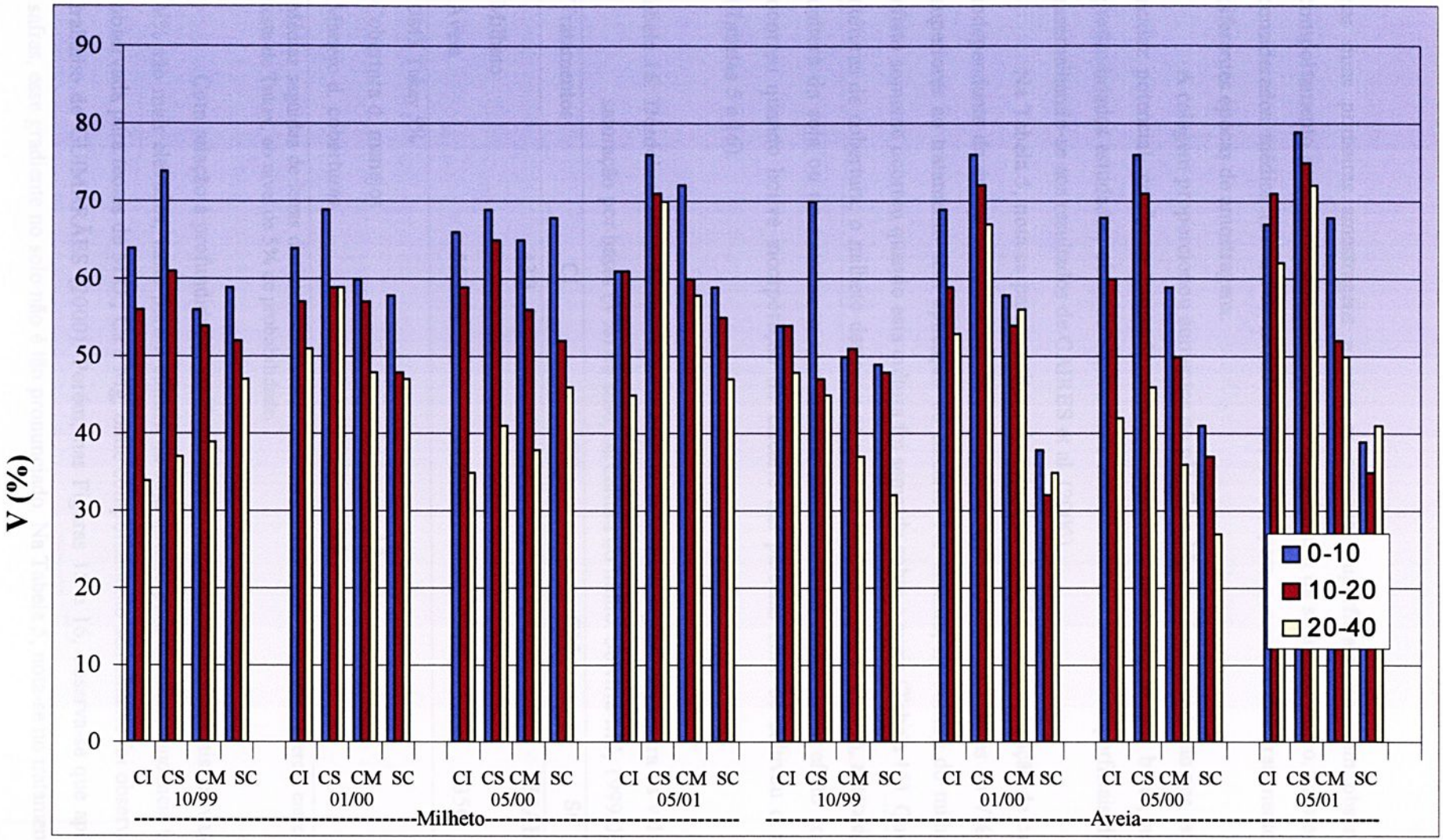


Figura 16. Teores médios de saturação por bases (V%) no solo, para a cultura do milho, em função de profundidades (cm), coberturas do solo, épocas de amostragens e manejo do calcário. Selvíria - MS, 1999/00 e 2000/01.

nas duas primeiras amostragens e para as camadas superficiais. Também observou-se comportamento semelhante dos valores de V% na cultura da soja e do milho, valores esses considerados médios (51 a 70) (RAIJ et al., 1996) para a maioria dos tratamentos, nas diferentes épocas de amostragens.

A calagem proporcionou aumentos no pH, Ca e Mg trocáveis e redução nos teores da acidez potencial, conforme esperado, além de aumentos na saturação por bases, nas três profundidades estudadas, obtendo efeitos mais acentuados nas camadas superficiais do solo, assemelhando-se aos resultados de CAIRES et al. (2000).

Na Tabela 5, nota-se para a cultura da soja, que onde houve a aplicação de calcário, independente da época de aplicação, de sua incorporação ou não, os valores de V% foram superiores ao tratamento sem aplicação de calcário. No entanto, na cultura do milho, esse efeito somente ocorreu quando esta cultura foi semeada sobre a aveia (Tabela 16). Quanto às culturas de cobertura, o milheto destacou-se com os maiores valores de V%, antecedendo a cultura da soja ou no tratamento sem calcário na cultura do milho, onde efeito contrário ocorreu quando houve incorporação do calcário nas parcelas onde se cultivou o mesmo (Tabelas 5 e 16).

Tabela 16. Desdobramento da interação manejo x cobertura, significativa para os valores de saturação por bases (V%) no solo, na cultura do milho. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	CI	CS	CM	SC
Milheto	43B b	58A	53AB	52ABa
Aveia	56ABa	64A	48BC	35C b
DMS Tukey 5%				
Cobertura d. manejos		14		
Manejo d. coberturas		11		

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação à profundidade, verificou-se que nas camadas superficiais, os valores de V% são mais elevados, tanto para a cultura da soja quanto para o milho, tendência também observada para teores de M.O., Ca e Mg, onde comportamento semelhante foi observado em trabalho de GUIMARÃES (2000). Porém, nas Figuras 15 e 16, observa-se que após duas safras, esse gradiente no solo não é tão pronunciado. Na Tabela 5, nota-se no tratamento com

calcário superficial, na instalação das culturas de cobertura, valores maiores de pH e V% e menores teores de H + Al, na cultura da soja, mostrando-se a não necessidade de incorporação de calcário. Para o milho, também é válida esta observação, avaliando as Tabelas 6, 15 e 16

Constata-se a grande ação da calagem nos aumentos mais pronunciados de pH, Ca + Mg trocáveis e saturação por bases, além da redução da acidez potencial na profundidade 0 - 10 cm, vindo a atingir, com o passar do tempo, acréscimos nas demais profundidades, com menor intensidade, comportamento semelhante ao obtido por CAIRES et al. (2000), onde constatou a máxima reação do calcário em torno de 28 a 30 meses após sua aplicação, obtendo-se o efeito residual da calagem somente após esse período.

Independente da significância dos efeitos observados para as características químicas do solo, principalmente dos valores de pH e V% e teores de Ca e Mg trocáveis, em função das culturas de cobertura utilizadas, vale salientar a importância na introdução do SPD de espécies de cobertura do solo que maximizem a correção da acidez em subsuperfície (RHEINHEIMER et al., 2000), uma vez que há grande variabilidade de plantas com potencial para isto (SANTOS et al., 1999), capazes de produzir susbtâncias específicas, geralmente liberadas durante a decomposição de seus resíduos vegetais sobre a superfície do solo.

4.2 Avaliação do estado nutricional na diagnose foliar de soja e milho

Na Tabela 17 encontram-se as médias dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn encontrados nas folhas de soja e de milho no período de florescimento destas, para o ano agrícola 1999/00, em função dos tratamentos utilizados no experimento.

Analisando a Tabela 17, nota-se que apenas os teores de P e Zn encontram-se na faixa de suficiência, em todos os tratamentos para ambas as culturas, se comparados aos teores recomendados por RAIJ et al. (1996) e MALAVOLTA et al. (1997), onde comportamento semelhante foi obtido para o elemento Cu na cultura da soja e Mn para o milho. Verifica-se ainda que os teores de Ca e Mg obtidos, tanto para a cultura de soja quanto de milho, e Mn para a soja, alcançaram valores superiores aos preconizados como adequados, contrastando com os teores de S e Fe obtidos para as mesmas culturas, considerados inadequados (RAIJ et al., 1996 e MALAVOLTA et al., 1997), independentemente dos tratamentos utilizados e das culturas de cobertura empregadas.

Tabela 17. Valores médios dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S (g kg^{-1}) e Cu, Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1}) encontrados nas folhas de soja e de milho no período de florescimento destas, em função dos tratamentos utilizados no experimento. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------g kg^{-1}----------						----------mg kg^{-1}----------			
Soja										
CI	42,01	3,32	25,97	38,59	16,30	1,37	14,27	7,12	129,92	38,27
CS	40,68	3,28	24,43	37,93	15,16	1,35	14,05	6,67	133,35	34,94
CM	42,77	3,24	22,96	33,71	14,46	1,49	14,57	5,66	130,04	40,75
SC	36,99	3,15	21,83	35,25	15,00	1,19	14,05	6,50	132,15	36,46
Milheto	44,09	3,62	24,39	40,33	15,39	1,42	14,82	7,21	126,56	38,87
Aveia	37,14	2,87	23,20	32,41	15,08	1,27	13,65	5,76	136,17	36,34
Milho										
CI	28,05	3,75	16,67	33,65	14,76	1,29	18,90	6,97	66,79	27,97
CS	27,44	3,90	16,56	31,35	16,84	1,32	20,25	6,30	60,90	26,12
CM	28,28	3,58	16,43	30,60	12,36	1,35	19,35	5,57	61,25	24,97
SC	26,49	3,40	16,62	28,63	11,34	1,29	17,95	5,17	60,22	25,38
Milheto	27,74	3,57	18,66	23,59	14,13	1,18b	16,60	6,01	59,97	27,28
Aveia	27,38	3,75	14,47	38,53	13,52	1,44	21,62	6,00	64,61	24,94

Os teores obtidos para nitrogênio encontram-se dentro da faixa preconizada como ideal para as culturas de milho e soja, embora para o tratamento onde não se utilizou calcário, estes teores tenham alcançado teores considerados inadequados, diferentemente de resultados obtidos por RAIJ et al. (1977) para o sistema convencional de cultivo e CAIRES et al. (1998) para o plantio direto, onde não verificaram influência da calagem sobre os teores foliares de N, além da constatação da existência de possível efeito positivo da cultura de milheto antecedendo ao cultivo da soja. Comportamento interessante foi obtido para o elemento potássio, uma vez que o tratamento onde houve a aplicação de calcário incorporado proporcionou maiores teores à cultura da soja, diferenciando dos resultados obtidos por CAIRES et al. (1998), teores estes, inclusive, estando superiores à faixa considerada adequada conforme RAIJ et al. (1996) e MALAVOLTA et al. (1997). Já para a cultura do milho, o K apresentou teores inferiores à faixa considerada ideal, constatando um desempenho superior

do milheto como cultura de cobertura antecedendo ao milho, diferentemente dos resultados obtidos para o elemento Cu, onde a aveia cultivada anteriormente ao milho, proporcionou um melhor desempenho para os teores foliares desse elemento na cultura, sendo considerado, inclusive, superiores à faixa preconizada como adequada.

Os dados relativos aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, para o ano agrícola 2000/01, para as culturas de soja e milho, são apresentados na Tabela 18. Os valores obtidos para os teores de K, Cu, Fe e Zn encontrados nas folhas de soja e de milho no período de florescimento destas, estão na faixa considerada adequada, se comparados aos valores estabelecidos conforme RAIJ et al. (1996) e MALAVOLTA et al. (1997), com comportamento semelhante sendo obtido para os elementos Ca e S na cultura da soja e Mn para o milho. Os teores de fósforo obtidos nas folhas de ambas culturas mostraram-se superiores a faixa considerada recomendada, assim como o elemento S para a cultura do milho.

O elemento Mg apresentou na maioria dos valores, para ambas as culturas, teores considerados adequados, excetuando-se os tratamentos com aplicação de calcário incorporado para a cultura da soja e o tratamento onde não se utilizou calcário, no caso da cultura do milho, obtendo-se teores inferiores aos citados por RAIJ et al., (1996) e MALAVOLTA et al. (1997). Para o nitrogênio, na cultura da soja, observa-se teores adequados em alguns tratamentos e valores aquém dos recomendados para os tratamentos sem calcário e calcário incorporado, principalmente onde se utilizou a cultura da aveia como antecessora. Para a cultura do milho, os teores obtidos, independente dos tratamentos, estiveram sempre abaixo dos considerados adequados (27 a 35 g kg^{-1}) (RAIJ et al., 1996). Com relação ao elemento Ca na cultura do milho, nota-se teores mais elevados que o preconizado como adequado, excetuando-se o tratamento onde não se utilizou calcário, contrastando com resultados de CAIRES et al. (1998) e CAIRES et al. (2000).

Tabela 18. Valores médios dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S (g kg^{-1}) e Cu, Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1}) encontrados nas folhas de soja e milho no período de florescimento destas, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2000/01.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	……g kg^{-1}……						……mg kg^{-1}……			
	Soja									
CI	39,07	5,34	22,97	11,66	2,92	3,98	14,06	71,23	112,15	36,54
CS	40,34	5,37	24,17	12,22	3,17	3,98	13,28	72,51	106,08	37,90
CM	40,92	5,36	24,02	12,75	3,37	3,91	11,20	66,37	107,82	33,80
SC	38,32	5,35	20,70	11,65	3,62	3,89	10,96	60,69	102,58	28,67
Milheto	40,56	5,35	23,75	11,99	3,32	3,94	13,01	66,41	110,26	34,69
Aveia	38,76	5,37	22,18	12,15	3,22	3,94	11,74	68,99	104,38	33,76
	Milho									
CI	26,18	5,04	25,22	8,09	1,82	3,31	14,18	92,71	59,18	37,34
CS	26,33	5,26	27,57	8,48	1,85	3,35	13,27	95,04	60,24	35,89
CM	23,76	5,13	27,37	9,05	1,50	3,20	12,32	86,57	56,37	36,20
SC	23,93	4,93	24,62	8,00	1,35	3,21	11,56	81,48	53,96	34,29
Milheto	25,10	5,07	26,26	8,37	1,67	3,21	13,17	90,99	56,37	36,54
Aveia	25,00	5,11	26,13	8,44	1,58	3,32	12,49	86,92	58,51	35,32

4.3 Massa seca das culturas de cobertura do solo

Nas Tabelas 19 e 20 encontram-se, respectivamente, os resultados da análise estatística e as médias de massa seca obtidas com as culturas de cobertura do solo utilizadas no experimento, nos dois anos agrícolas. Verifica-se, através da Tabela 19, que houve diferença estatística apenas quanto à comparação entre coberturas e, neste caso, o milheto proporcionou uma produção muito acima da obtida com a aveia, em ambos os anos agrícolas avaliados. Quanto à massa seca obtida nos tratamentos com manejo de calcário, verifica-se que no ano agrícola 1999/00, apesar de não haver diferença estatística, os valores alcançados nos tratamentos com calcário incorporado ou aplicado em superfície imediatamente após a instalação das coberturas foi maior em relação aos outros dois tratamentos, ou seja, sem aplicação de calcário ou com este aplicado em superfície no manejo das culturas de cobertura.

No ano agrícola 2000/01, também não houve diferença significativa nos tratamentos com manejo do calcário, no entanto, o menor valor obtido foi apenas no tratamento onde não ocorreu a aplicação de calcário, mostrando que a presença desse insumo é importante para o bom desempenho dessas culturas de cobertura.

Tabela 19. Quadrados médios e coeficientes de variação de massa seca das culturas de cobertura do solo (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00 e 2000/01.

Causas de Variação	1999/00	2000/01
Manejo (M)	3292894,3333ns	4235793,3333ns
Cobertura (C)	138078962,0000**	474566432,0000**
M x C	16544698,3333ns	3373454,6667ns
Resíduo	1692771,5714	1840716,0000
CV (%)	28,49	31,28

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Tabela 20. Valores médios e teste de Tukey de massa seca das culturas de cobertura do solo (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00 e 2000/01.

Causas de Variação	1999/00	2000/01
CI	5143	5317
CS	5048	4253
CM	3803	4218
SC	4270	3558
Milheto	6644a	8188a
Aveia	2489b	486b
DMS Tukey 5%		
Manejo	1814	1892
Coberturas	957	998

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores observados de massa seca para a cultura do milheto encontram-se próximos aos obtidos por SILVA (2002) (6361 kg ha^{-1}), cultivando esta cultura por um período de 60 dias (fevereiro e março), em local próximo ao da execução desse experimento. SILVA

(2001b), com cultivo do milheto na primavera, para a produção de massa seca, antecedendo a cultura do milho, também em local próximo a condução deste experimento, obteve massa seca que variou entre 4,3 e 5,4 t ha^{-1}. PITOL (1996) cita que o milheto na região dos cerrados tem merecido grande destaque para a cobertura do solo no sistema plantio direto, pelo fato de ser uma gramínea rústica de clima tropical, tolerante à seca e a solos ácidos e com sistema radicular agressivo, possibilitando a reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas, principalmente o nitrogênio e o potássio.

A aveia é uma planta anual bastante difundida na região sul do Brasil, mas viável também nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, desenvolvendo-se no outono, inverno e princípios da primavera. Temperaturas baixas na fase inicial de desenvolvimento favorecem o perfilhamento (CALEGARI et al., 1992). Segundo o mesmo autor, a aveia é menos tolerante que o trigo à acidez do solo, vegetando bem em solo com pH de 5,0 a 7,0.

ALVARENGA et al. (2001) citando trabalhos desenvolvidos na região de Uberlândia, destaca que a aveia preta produziu em média, em semeaduras de fevereiro, março e abril, 3,96 t ha^{-1} de massa seca. Em trabalho realizado por Lara Cabezas et al. (2000), na mesma região, citado pelo mesmo autor, a aveia preta produziu pouco mais de 2,0 t ha^{-1} de massa seca. WUTKE (1993) cita que a aveia preta produz de 2,0 a 6,0 t ha^{-1} de massa seca, com ciclo de 120 a 140 dias até o florescimento. As maiores produções de massa seca, normalmente são obtidas em condições de inverno e no sul do Brasil, como por exemplo, a média de 6,1 t ha^{-1} de massa seca obtida por GOMES et al. (1997).

As produções de massa seca de aveia obtidas no experimento foram baixas no primeiro ano e insignificantes no segundo. As temperaturas mais elevadas ocorridas durante o período (Apêndice 1) e a época de semeadura, principalmente no segundo ano, foram desfavoráveis ao desenvolvimento desta.

4.4 Características agronômicas e massa seca restituída ao solo e exportada pelos grãos de soja e milho

4.4.1. Cultura da Soja

Na Tabela 21 são apresentados os quadrados médios obtidos na análise de variância dos dados das características agronômicas da cultura de soja, nos anos agrícolas 1999/00 e

2000/01. Verifica-se que a interação entre manejo do calcário e culturas de cobertura, somente foi significativa para a altura de plantas no ano agrícola de 2000/01, no entanto, houve efeito do manejo do calcário nas características altura de inserção das primeiras vagens, altura de plantas e massa de 1000 grãos, no ano agrícola 1999/00 e estande final, altura de plantas, produção de grãos e massa de 1000 grãos em 2000/01. As culturas de cobertura também proporcionaram efeitos significativos em várias características avaliadas.

Tabela 21. Quadrados médios e coeficientes de variação referentes ao estande final (plantas m^{-1}), altura de inserção das primeiras vagens e da planta (cm), número de vagens por planta, produtividade (kg ha^{-1}) e massa de 1000 grãos (g) de soja, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00 e 2000/01.

Causas de Variação	Estande final	Altura de inserção	Altura de plantas	Número de vag./planta	Produtividade	Massa de 1000 grãos
			1999/00			
Manejo (M)	10,1145ns	53,0683*	154,8333**	223,3578ns	301102,6201ns	306,9200**
Cobertura (C)	7,0312ns	18,6049ns	1128,1250**	1178,5506*	1455746,5914*	142,2771ns
M x C	1,5312ns	9,6349ns	65,9716ns	195,8848ns	239153,7063ns	126,8805ns
Resíduo	6,3526	11,7197	28,5119	183,2094	221347,8942	42,4677
CV (%)	19,52	22,14	4,88	22,62	13,41	4,75
			2000/01			
Manejo (M)	17,5833**	1,5710ns	224,5267**	96,8722ns	645103,8341**	375,6609**
Cobertura (C)	3,1250ns	1,5305ns	542,0247**	472,7841**	2273178,1781**	137,4091*
M x C	0,3750ns	0,8248ns	90,2429**	70,3968ns	286418,9043ns	14,7898ns
Resíduo	3,2023	3,0103	16,5877	35,1163	96308,4326	27,1971
CV (%)	12,55	9,68	5,27	13,05	9,26	3,88

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Avaliando as médias obtidas e o teste de Tukey apresentados na Tabela 22, verifica-se que quanto ao estande final, apenas houve diferença no segundo ano agrícola, onde as parcelas sem aplicação de calcário apresentaram valores menores, comparadas aos tratamentos com calcário incorporado e aplicado em superfície imediatamente após a semeadura das culturas de cobertura. Portanto, verifica-se, com exceção desse tratamento no ano agrícola 2000/01, que a soja era homogênea no tocante à população de plantas, provavelmente por ter sido semeada mecanicamente, utilizando-se uma semeadora com

unesp

precisão na distribuição de sementes.

Tabela 22. Valores médios e teste de Tukey referentes ao estande final (plantas m^{-1}), altura de inserção das primeiras vagens da planta (cm), número de vagens por planta, produtividade (kg ha^{-1}) e massa de 1000 grãos (g) de soja, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00 e 2000/01.

Tratamentos	Estande final	Altura de inserção	Altura de plantas	Número vag./planta	Produtividade	Massa de 1000 grãos
			1999/00			
CI	13,8	14,3ab	115,0a	59,3	3503	141,9a
CS	12,8	12,4b	110,8ab	67,2	3769	138,6a
CM	11,4	17,0ab	106,0b	57,8	3406	139,4a
SC	13,8	18,1a	105,8b	54,8	3321	127,9b
Milheto	13,4	14,8	115,3a	65,9a	3723a	139,1
Aveia	12,4	16,2	103,4b	53,7b	3286b	134,8
DMS Tukey 5%						
Manejo	-	4,7	7,4	-		9,1
Cobertura	-	-	3,9	9,9	346	-
			2000/01			
CI	15,5a	17,7	-	44,0	3340ab	133,8a
CS	15,3a	17,4	-	49,6	3663a	140,8a
CM	13,7ab	17,9	-	46,3	3422a	137,7a
SC	12,3b	18,5	-	41,5	2977b	125,0b
Milheto	14,5	18,1	-	49,2a	3617a	136,4a
Aveia	13,9	17,6	-	41,5b	3084b	132,2b
DMS Tukey 5%						
Manejo	2,4	-	-	-	432	7,2
Cobertura	-	-	-	4,3	228	3,8

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo EMBRAPA (2000), a população de plantas recomendada para a cultura de soja situa-se em torno de 400 mil plantas ha^{-1}, onde variações de 20 a 25% nesse número, para mais ou para menos, não alteram significativamente o rendimento de grãos, para a maioria dos casos, desde que as plantas sejam distribuídas uniformemente, sem muitas falhas.

Portanto, o valor de aproximadamente 300 mil plantas ha^{-1}, obtido no experimento, está próximo ao recomendado, principalmente pela variedade utilizada apresentar bom desenvolvimento vegetativo e número de ramificações, quando semeada em época recomendada (15/out a 15/dez).

Os valores de altura de inserção das primeiras vagens obtidas (Tabela 22), encontram-se bem acima do valor mínimo exigido para a realização de colheita mecanizada, ou seja, 10 cm, de acordo com QUEIROZ et al. (1981). Quanto aos tratamentos com manejo de calcário, no ano agrícola 1999/00, observou-se diferença significativa entre o tratamento sem aplicação de calcário, com maior valor, e o tratamento com aplicação de calcário em superfície, na implantação das culturas de cobertura. Nestas culturas, nos dois anos agrícolas, e os tratamentos com manejo de calcário no ano agrícola 2000/01, não apresentaram diferença estatística significativa. A altura de inserção das primeiras vagens, é uma característica genética da planta e pode ser influenciada pela fertilidade do solo e, principalmente, população de plantas.

A altura de plantas mostrou-se influenciada pelos tratamentos com manejo do calcário e culturas de cobertura (Tabela 22). O tratamento com calcário incorporado, no ano agrícola 1999/00, foi o que proporcionou maior altura de planta, diferindo estatisticamente dos tratamentos sem calcário e com o mesmo aplicado em superfície, antes do manejo das coberturas, mas não diferiu do tratamento com aplicação de calcário em superfície na instalação das culturas de cobertura. Verifica-se, portanto, que a antecipação da aplicação do calcário, em relação à semeadura da soja, foi benéfica no que tange à altura de planta.

Quanto às culturas de cobertura, o milheto foi o que proporcionou maior altura de planta de soja, podendo ser devido a maior produção de palha (Tabela 20), o que pode levar a uma maior proteção do solo e manutenção de melhores condições de umidade, principalmente no início do desenvolvimento da cultura.

Segundo BREJEIRO (1999), a variedade IAC 15-1 possui altura de planta que varia de 80 a 110 cm. BONETTI (1983) cita como 65 cm a altura de planta mínima desejável para a colheita mecânica. Portanto, verifica-se que os valores obtidos no ano agrícola 1999/00 estão compatíveis com as características da variedade e o desejável para a colheita mecânica. Pode-se destacar que os valores elevados de altura de plantas obtido, podem estar relacionado ao primeiro cultivo sob sistema de plantio direto, após o preparo convencional do solo e instalação das culturas de cobertura, onde o solo, em função da aração, encontra sem presença de camada compactada, permitindo um bom desenvolvimento do sistema radicular.

No ano agrícola 2000/01, verificou-se interação significativa para altura de plantas entre o manejo com calcário e culturas de cobertura (Tabela 21). Na Tabela 23, observa-se o que tratamento sem calcário foi o que proporcionou menor altura de plantas quando a cultura de cobertura foi o milheto e, quando foi a aveia, os tratamentos com calcário incorporado ou aplicado em superfície na instalação das culturas de cobertura, foram os que proporcionaram maiores alturas de planta. Quanto às culturas de cobertura, novamente o milheto foi melhor, não havendo diferença significativa apenas no tratamento com calcário incorporado. Os valores obtidos foram bem menores que os do ano agrícola 1999/00, podendo ser atribuído à época de semeadura, ou seja, a medida em que se atrasa a semeadura, há redução no ciclo e porte das plantas, em função de condições periódicas menos favoráveis, leve compactação superficial que acontece após a instalação do sistema de semeadura direta e condições metereológicas menos favoráveis, principalmente precipitações, que ocorreram na fase de desenvolvimento vegetativo (Apêndice 1). A associação da redução da altura da planta em função do retardamento na semeadura, foi relatada por BOARD & SETTIMI (1986) e LAZARINI (1995).

Tabela 23. Desdobramento da interação manejo x cobertura, significativa para altura de plantas de soja (cm). Selvíria-MS, 2000/01.

Tratamentos	CI	CS	CM	SC
Milheto	80,3AB	85,3Aa	85,2Aa	74,3Ba
Aveia	79,4A	79,0Ab	68,1Bb	65,6Bb
DMS Tukey 5%				
Manejo d. coberturas		5,9		
Cobertura d. manejos		8,0		

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O número de vagens por planta foi apenas influenciado pelas culturas de cobertura (Tabela 22), onde o milheto, nos dois anos agrícolas, proporcionou maiores valores. Verificou-se que os tratamentos com manejo de calcário, apesar de algumas diferenças entre os mesmos, onde o tratamento sem calcário apresentou o menor valor, não apresentaram diferenças estatísticas significativas (Tabela 21). Observa-se que o número de vagens, comparando os anos agrícolas, é função do desenvolvimento da planta quando se tem

população de plantas por área semelhantes. SILVA (2001a) também obteve em média, de diferentes populações de plantas com a variedade de IAC 15-1, 52,3 e 52,20 vagens por planta, na semeadura de novembro e dezembro, respectivamente, portanto valores próximos aos obtidos neste trabalho.

A produção de grãos foi influenciada pela cultura de cobertura no primeiro e segundo e ano agrícola e pelos tratamentos com manejo de calcário no segundo ano agrícola (Tabela 21). No ano agrícola 1999/00, verifica-se que as produções obtidas (Tabela 22) foram de aproximadamente 3500 kg ha^{-1}, consideradas elevadas, estando muito acima da média nacional (2636 kg ha^{-1}) obtida no ano agrícola 2000/01, como também acima da produtividade do Estado do Mato Grosso (3050 kg ha^{-1}), no mesmo ano agrícola, considerado como estado brasileiro com maior produtividade de soja (EMBRAPA, 2001). Para o ano agrícola 2000/01, houve diferença entre os tratamentos com manejo de calcário, onde se observa a menor produtividade para o tratamento sem calcário, diferindo dos tratamentos com a aplicação do mesmo em superfície. SILVA (2001a), em média de diferentes populações, obteve 3560 kg ha^{-1} e 2561 kg ha^{-1} de grãos de soja, com a variedade IAC 15-1, semeada em Selvíria-MS, respectivamente em novembro e dezembro. Em ambos os anos agrícolas, a soja teve maior produção de grãos quando cultivada sob palhada de milheto. Maior produção de massa seca, podendo proteger melhor o solo, proporcionando efeitos favoráveis de maior umidade, menor erosão laminar, menor oscilação térmica e melhor controle de plantas daninhas, poderão ter influenciado positivamente no desempenho da soja, em relação ao cultivo sob palhada de aveia, principalmente no ano agrícola 2000/01, quando a produção de massa seca de aveia foi insignificante.

Ao se observar a Figura 15, nota-se que os valores de V% nas amostragens onde se cultivou o milheto, foram geralmente maiores, podendo este fato também ter contribuído para a maior produtividade. Mesmo nas parcelas onde não se aplicou calcário, e principalmente onde se cultivou o milheto, o valor de V% obtido esteve próximo a 50%. SOUSA et al. (1998) observou que a maior produtividade da soja em semeadura direta em solo característico de região cerrado, foi obtida com valor de V% de aproximadamente 50. Portanto, a produtividade obtida próxima a 3000 kg ha^{-1} no tratamento sem aplicação de calcário é devido ao valor inicial do V% obtido (Tabela 3) e os valores obtidos nas amostragens realizadas no decorrer do experimento. No entanto, verificou-se que a aplicação de calcário proporcionou aumento na produtividade, sendo significativo para o ano agrícola 2000/01, além de realçar a não necessidade de incorporação do insumo (Tabela 22). A não resposta da incorporação do

calcário, comparado a aplicação em superfície, no sistema plantio direto já instalado, também foi observado por PÖTTKER & BEN (1997).

A massa de 1000 grãos foi influenciada pelos tratamentos com manejo de calcário, nos dois anos agrícolas, e pela cultura de cobertura apenas no segundo ano agrícola (Tabela 21). Verifica-se, através dos resultados obtidos (Tabela 22), que nos tratamentos onde houve aplicação de calcário, a massa de 1000 grãos foi maior nos dois anos agrícolas. No ano agrícola 2000/01, a soja produzida em sucessão à cultura do milheto também apresentou sementes mais pesadas. Ainda em relação à soja produzida sob palhada de milheto, o mesmo também aconteceu no ano agrícola 1999/00, porém a diferença não foi significativa neste ano.

Os maiores teores dos nutrientes e valores de pH e V% encontrados no solo, geralmente nos tratamentos com aplicação de calcário (Figuras 1, 3, 5, 7, 9, 11 e 15), podem ter influenciado o desenvolvimento da planta e das sementes, proporcionando melhor produtividade quando comparado ao tratamento sem aplicação de calcário.

4.4.2. Cultura do milho

Analisando os dados apresentados na Tabela 24 verifica-se que no primeiro ano (1999/00) as características estande final e produção e no segundo ano (2000/01) apenas a estande final, não foram influenciadas pelos tratamentos utilizados.

Os valores de estande final apresentados na Tabela 25 caracterizam uma população de aproximadamente 55 mil plantas ha^{-1}, população essa recomendada para esse híbrido na região (55 a 60 mil plantas ha^{-1}) (DOW AGROSCIENCES, 2001). Também se verificou que nos dois anos agrícolas, não houve diferenças estatísticas nos valores de estande entre os tratamentos, demonstrando homogeneidade da área quanto a população de plantas, sendo o estande um fator de influência na manifestação das características do híbrido avaliado.

Os tratamentos influenciaram significativamente nas características altura de espiga e planta, bem como houve interação significativa entre os tratamentos de manejo do calcário e culturas de cobertura, nos dois anos agrícolas (Tabela 24). Através dos dados apresentados na Tabela 26, verifica-se que, no ano agrícola 1999/00, o milho cultivado sob palhada de aveia apresentou maior altura de planta quando na presença de calcário, independentemente de ter sido incorporado ou não. O mesmo efeito ocorre para a altura de espiga nesse mesmo ano agrícola, ou seja, uma relação direta entre a altura de planta e espiga. No entanto, o milho cultivado sob palhada de milheto, no ano agrícola 1999/00, não alterou sua altura de planta

em função dos tratamentos com manejo de calcário, mas a altura de espiga foi maior no tratamento com aplicação do mesmo incorporado.

Tabela 24. Quadrados médios e coeficientes de variação referentes ao estande final (plantas m^{-1}), altura da espiga e da planta (cm), produtividade (kg ha^{-1}) e massa de 1000 grãos (g) de milho, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00 e 2000/01.

Causas de Variação	Estande final	Altura da espiga	Altura de plantas	Produtividade	Massa de 1000 grãos
			1999/00		
Manejo (M)	0,1463ns	363,7916**	245,5416**	723407,6472ns	215,7328**
Cobertura (C)	0,1237ns	180,5000**	18,0000ns	43677,8380ns	245,4834**
M x C	0,1988ns	169,6666*	167,0833*	507580,4347ns	11,2028ns
Resíduo	0,4733	17,8988	43,7083	376762,5355	27,6540
CV (%)	13,64	3,75	3,25	8,34	2,00
			2000/01		
Manejo (M)	0,7083*	193,8178**	164,6677**	960690,9447**	327,5161**
Cobertura (C)	0,2812ns	459,8026**	489,0628**	1222323,9687**	199,2754ns
M x C	0,0312ns	58,6411*	43,0503*	294410,5024ns	55,8546ns
Resíduo	0,2172	17,0122	10,6167	159513,8326	47,3619
CV (%)	9,32	3,99	1,72	7,16	2,62

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Tabela 25. Valores médios referentes ao estande final (plantas m^{-1}), produtividade (kg ha^{-1}) e massa de 1000 grãos (g) de milho, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00 e 2000/01.

Tratamentos	Estande final	Produção de grãos	Massa de 1000 grãos
		1999/00	
CI	5,0	7567	268,6a
CS	5,2	7616	264,0ab
CM	5,0	7274	258,7b
SC	4,8	6965	257,3b
Milheto	4,9	7319	264,9a
Aveia	5,1	7393	259,4b
DMS Tukey 5%			
Manejo	-	-	7,3
Cobertura	-	-	3,8
		2000/01	
CI	5,1	5437b	269,2a
CS	5,3	6054a	265,0ab
CM	4,8	5554ab	256,0b
SC	4,7	5242b	256,8b
Milheto	5,0	5767a	264,2
Aveia	4,9	5376b	259,2
DMS Tukey 5%			
Manejo	-	557	9,5
Cobertura	-	293	-

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No ano agrícola 2000/01, o tratamento com aplicação de calcário em superfície na instalação das culturas de cobertura foi o único a diferir do tratamento sem calcário, acontecendo o mesmo com a altura de espiga no milho cultivado sob palhada de aveia. Segundo DOW AGROSCIENCES (2001), esse híbrido em condições normais de solo e clima, apresenta altura de planta e de espiga próximos a 210 e 110 cm, respectivamente.

Portanto, verificou-se que no ano agrícola 1999/00 estes valores estão próximos ao obtidos no experimento, entretanto, no ano agrícola 2000/01, estão abaixo da característica do híbrido, fato esse também observado para a soja, neste ano agrícola. As condições de precipitação, época de semeadura e temperaturas (Apêndice 1), ocorridas nesse ano agrícola, foram menos favoráveis ao desenvolvimento da planta em relação ao ano agrícola 2000/01.

Tabela 26. Desdobramento da interação manejo x cobertura, significativa para altura de plantas e de espiga de milho (cm). Selvíria-MS, 1999/00 e 2000/01.

Altura de plantas								
	1999/00				2000/01			
Trata-mentos	CI	CS	CM	SC	CI	CS	CM	SC
Milheto	208,0	199,5 b	206,3	200,5 a	195,0ABa	196,2A	194,1ABa	188,8Ba
Aveia	205,8A	210,0Aa	203,8A	188,8Bb	185,3B b	194,9A	181,9B b	180,7Bb
DMS Tukey 5%								
Man. d. coberturas			9,7				4,8	
Cobert. d. manejos			13,0				6,4	
Altura de espiga								
Milheto	116,5A	108,0Bb	108,5Bb	105,8Ba	110,6 a	111,1	104,9 a	103,3 a
Aveia	118,8A	122,8Aa	117,3Aa	99,0Bb	96,5Bb	110,3A	96,4Bb	96,4Bb
DMS Tukey 5%								
Manejo d.Cobertura			6,2				6,0	
Cobertura d. Manejos			8,3				8,1	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

As culturas de cobertura, no primeiro ano agrícola, não proporcionaram efeitos semelhantes na altura de espiga e planta. Quando houve diferença significativa, na presença do calcário, a altura de planta e de espiga, na cultura do milho sob palhada de milheto, foi superior em relação ao milho cultivado em sucessão à aveia, ocorrendo o contrário na ausência de calcário. Já no ano agrícola 2000/01, quando houve diferença estatística, tanto na presença como na ausência do calcário, as plantas de milho cultivadas sob palhada de milheto apresentaram maior valor.

A produção de grãos somente foi influenciada pelos tratamentos, no segundo ano agrícola (2000/01) (Tabela 24). Através dos dados apresentados na Tabela 25, verifica-se no primeiro ano agrícola, apesar da não diferença significativa, que nos tratamentos com a

presença de calcário a produção foi em média 7486 kg ha^{-1}, e para o tratamento sem calcário, 6965 kg ha^{-1}. No segundo ano agrícola, apenas o tratamento com aplicação de calcário em superfície, na instalação das culturas de cobertura, proporcionou produção de grãos maior e significativa em relação ao tratamento sem a presença do mesmo ou com a sua presença de maneira incorporada.

O efeito das culturas de cobertura somente ocorreu no segundo ano agrícola, onde a produção de grãos de milho em sucessão ao milheto foi maior que o cultivo sob a aveia. Apesar de nos dois anos agrícolas ter ocorrido diferença quanto a produção de massa seca entre as culturas do milheto e da aveia (Tabela 20), foi no segundo ano que, em valores absolutos, essa diferença foi maior, ou seja, a massa seca do milheto aumentou em relação ao primeiro ano e da aveia diminuiu muito, chegando a ter uma produção de massa seca muito baixa. A presença de uma maior quantidade de palha pode ter favorecido o desenvolvimento e produção do milho sobre o milheto, evitando maiores perdas de água por evaporação e menor oscilação térmica do solo, por exemplo. Através das Figuras 10, 12 e 14, principalmente nos tratamentos sem a aplicação de calcário, menores teores no solo de Ca e Mg e maiores de H+Al foram obtidos onde o milho foi cultivado sob palhada de aveia, podendo também ter levado a uma menor média de produção de grãos para o milho cultivado sobre a aveia.

YANO (2002), cultivando milho em diferentes sistemas de preparo do solo, em área com sucessão a diferentes culturas de inverno, em local próximo a área de desenvolvimento desse experimento, obteve, no sistema plantio direto, produção de 5764 kg ha^{-1}, produção esta próxima à obtida no segundo ano agrícola, mas inferior à obtida no primeiro ano do presente experimento. SILVA (2001b) obteve em SPD, da cultura de milho sob palhada de milheto, 6997 e 6625 kg ha^{-1} de grãos, respectivamente e para os anos agrícolas 1998/99 e 1999/00. Esses valores estão próximos aos obtidos com o tratamento sem aplicação de calcário no primeiro ano agrícola (1999/00).

A massa de 1000 grãos foi influenciada pelos tratamentos com manejo de calcário nos dois anos agrícolas e, pelas culturas de cobertura, somente no segundo ano agrícola (Tabela 24). Quanto ao efeito dos tratamentos com manejo de calcário (Tabela 25), verificou-se que o tratamento com calcário incorporado foi o que proporcionou os maiores valores nos dois anos agrícolas, diferindo significativamente dos tratamentos sem aplicação de calcário ou com a aplicação em superfície do mesmo antes do manejo das culturas de cobertura. Nota-se também que, além da massa de 1000 grãos, o estande é outro fator que se relaciona com a produção, ou seja, onde se obteve maiores valores de massa de 1000 grãos e estande, também

se obteve os maiores valores de produção.

Quanto às culturas de cobertura, no primeiro ano agrícola, o milheto proporcionou maior massa de 1000 grãos, sendo que no segundo ano não houve diferença significativa. YANO (2002), trabalhando com o mesmo híbrido, obteve, para massa de 1000 grãos, 289,2 g, valor esse um pouco acima do obtido nos experimentos (Tabela 25).

Os maiores teores no solo de P (Figura 6), Ca (Figura 10) e Mg (Figura 12) e menores de H+Al (Figura 14) foram encontrados nas camadas superficiais, principalmente onde se cultivou milho sobre aveia, nos tratamentos com calcário incorporado ou aplicado em superfície na instalação das culturas de cobertura, podendo isto ter auxiliado na obtenção dos maiores valores de produção de grãos, por proporcionar também melhor desenvolvimento das plantas.

4.4.3. Massa seca restituída ao solo e exportada pelos grãos pela cultura da soja

Através da análise de variância apresentada na Tabela 27, verifica-se que a massa seca de folhas, hastes e cápsulas de vagens foi influenciada pelos tratamentos utilizados, no entanto, a massa seca de grãos não sofreu alteração significativa em função dos tratamentos.

Tabela 27. Quadrados médios e coeficientes de variação de massa seca de folhas,hastes, cápsula de vagens e grãos da cultura da soja (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos empregados, para o ano agrícola 1999/00 em Selvíria-MS.

Causas de Variação	Folhas	Hastes	Cápsulas de vagens	Grãos
Manejo (M)	19726,1587ns	306101,4589*	51874,9628ns	685025,8317ns
Cobertura (C)	357435,1120**	168475,5986ns	149754,9761*	96810,9841ns
M x C	22111,5205ns	303948,7629*	73122,0550ns	439747,0781ns
Resíduo	17991,7124	96724,7782	33086,6036	299593,6640
CV %	16,14	10,43	12,61	15,54

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Quanto à massa seca de folhas, notou-se através da Tabela 28, que somente as culturas de cobertura é que influenciaram significativamente e, neste caso, a soja cultivada sob palhada de milheto, proporcionou o maior valor. Ao analisarmos a análise estatística e os valores

médios obtidos das características agronômicas para a cultura da soja, em função dos tratamentos utilizados (Tabela 22), verifica-se que a soja cultivada sobre palhada de milheto desenvolveu-se mais, manifestando maior altura de plantas, o que acarretou, provavelmente, um maior número de folhas e, conseqüentemente, massa seca das mesmas por área.

Tabela 28. Valores médios e teste de Tukey dos teores de massa seca de folhas, cápsulas de vagens e grãos da cultura da soja (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	Folhas	Cápsula. de vagens	Grãos
CI	792	1528	3656
CS	826	1455	3534
CM	902	1449	3783
SC	803	1333	3109
Milheto	937a	1373b	3575
Aveia	725b	1510a	3465
DMS Tukey 5%			
Manejo	-	-	763
Cobertura	98	134	403
CV %	16,14	12,61	15,54

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No entanto, na massa seca de hastes (Tabela 29), a diferença significativa entre culturas de cobertura somente ocorreu no tratamento sem aplicação de calcário, destacando-se novamente a soja em sucessão ao milheto. Também se observa que na soja em sucessão a aveia, os tratamentos com aplicação de calcário não diferiram entre si quanto a produção de massa seca de hastes e apenas o tratamento com incorporação de calcário, superou o tratamento com ausência do mesmo.

Tabela 29. Desdobramento da interação manejo x cobertura, significativa para teores de massa seca de hastes de soja (kg ha^{-1}). Selvíria-MS, 1999/00.

Manejos/Coberturas	CI	CS	CM	SC
Milheto	2978	3024	3233	2973 a
Aveia	3313A	3012AB	2882AB	2421Bb
DMS Tukey 5%				
Manejo d. coberturas		458		
Cobertura d. manejos		613		
CV %		10,43		

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Avaliando a altura de plantas de soja (Tabela 22) e a massa seca de hastes (Tabela 29), na soja em sucessão a aveia, constata-se uma relação direta e positiva entre os dois fatores.

A massa seca de cápsulas de vagens de soja também foi influenciada somente pelos tratamentos de culturas de cobertura e, neste caso, no tratamento com aveia obteve-se o maior valor, embora esse tratamento tenha proporcionado o menor número de vagens por planta, conforme Tabela 22. Quanto à massa de grãos, não houve influência dos tratamentos e os valores obtidos assemelham-se à produtividade determinada.

Com relação à massa seca total da cultura da soja (folhas + hastes + cápsulas de vagens), encontram-se nas Tabelas 30 e 31, respectivamente, os resultados da análise estatística referentes e as médias obtidas para o ano agrícola 1999/00.

Analisando a Tabela 31, verifica-se que os tratamentos com manejo de calcário apenas influenciaram na massa seca total quando a soja foi cultivada sob aveia e, neste caso, o tratamento com calcário incorporado foi o único que diferiu significativamente do tratamento sem a aplicação do insumo. Quanto ao efeito das culturas de cobertura, observou-se que a soja em sucessão ao milheto no tratamento com calcário aplicado em superfície, no momento do manejo das culturas de cobertura, apresentou a maior massa seca total em relação à aveia.

Tabela 30. Quadrados médios e coeficientes de variação referentes aos teores de massa seca total para a cultura da soja (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	Soja
Manejo (M)	590376,0452ns
Cobertura (C)	228572,5490ns
M x C	788866,2215*
Resíduo	210240,0836
CV (%)	8,68

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Tabela 31. Desdobramento da interação manejo x cobertura, significativa para produção de massa seca total (folhas + hastes + cápsulas de vagens) de soja (kg ha^{-1}). Selvíria-MS, 1999/00.

Manejos/Coberturas	CI	CS	CM	SC
Milheto	5140	5353	5776 a	5199
Aveia	5791A	5346AB	5090ABb	4564B
Cobertura d. manejos		904		
Manejo d. coberturas		674		

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de massa seca total próximos a 5 t ha^{-1}, assemelham-se aos valores obtidos por GUIMARÃES (2000), com trabalho desenvolvido em local próximo a área do experimento e com diferentes sistemas de rotação e sucessão de culturas. LAZARINI (1995), ao avaliar a massa seca total das diferentes partes da planta de soja, com semeadura em dezembro, em Jaboticabal-SP, também obteve valor próximo (4813 kg ha^{-1}) aos observados no experimento.

4.4.4. Massa seca restituída ao solo e exportada pelos grãos pela cultura do milho

Nas Tabelas 32 e 33 encontram-se, respectivamente, os resultados da análise

estatística e as médias de massa seca obtidas das diferentes partes da cultura do milho, conforme os tratamentos utilizados, para o ano agrícola 1999/00. Nota-se que a massa seca das diferentes partes da planta de milho (folhas, colmos, palha, sabugos e grãos) não foi influenciada pelos tratamentos utilizados. Embora a altura de plantas tenha sido influenciada pelos tratamentos (Tabela 24), este efeito não é significativo na massa seca total da planta.

Tabela 32. Quadrados médios e coeficientes de variação de massa seca de folhas, colmos, palha, sabugos e grãos da cultura do milho (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00.

Causas Variação	Folhas	Colmos	Palhas	Sabugos	Grãos
Man. (C)	154339,3024ns	5524,7283ns	73871,6917ns	47009,0990ns	1569954,7483ns
Cob. (C)	2799,3957ns	13744,8129ns	33365,9059ns	6199,4102ns	365790,5948ns
M x C	204578,4374ns	136322,4002ns	33223,5019ns	13985,5936ns	213655,3178ns
Resíduo	227323,7986	303749,7845	117576,3216	49021,8168	1308806,2625
CV %	18,17	21,42	24,55	19,02	16,37

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Tabela 33. Valores médios de massa seca de folhas, colmos, palhas, sabugos e grãos da cultura do milho (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	Folhas	Colmos	Palhas	Sabugos	Grãos
CI	2442	2540	1314	1067	6548
CS	2773	2605	1469	1222	7558
CM	2637	2571	1489	1229	7058
SC	2675	2573	1313	1137	6730
Milheto	2641	2551	1428	1178	7080
Aveia	2622	2593	1364	1150	6866
DMS Tukey 5%					
Manejo	665	768	478	308	1595
Cobertura	350	405	252	162	841

Nas Tabelas 34 e 35 encontram-se, respectivamente, os resultados da análise estatística (quadrados médios) e os valores de massa seca total (folhas + colmos + palhas + sabugos) da

cultura do milho no ano agrícola 1999/00. Verifica-se que a massa seca total não foi influenciada pelos tratamentos.

A média de 7 t ha^{-1} de produção de palha, foi inferior ao obtido por GUIMARÃES (2000) (9,4 t ha^{-1}) e YANO (2002) (8,0 t ha^{-1}) com o cultivo de milho em sistema de semeadura direta, em sucessão ao milheto, cultivado no outono/inverno. No entanto, a média obtida foi superior à verificada por SILVA (2002) (5,8 t ha^{-1}), sendo todos os experimentos desenvolvidos em área próxima ao local de desenvolvimento desse trabalho. Portanto, a produção de massa seca de diferentes partes da planta de milho, é variável de acordo com o híbrido utilizado, condições climáticas do ano agrícola, adubação, dentre outros fatores.

MELLO (2001) enfatiza que 10 t ha^{-1} de palha é suficiente para suprir a quantidade de palha que deve ser adicionada anualmente na superfície do solo, para que o plantio direto tenha plena condição de manifestar o potencial como sistema sustentável em regiões de temperatura média ou alta, com precipitação pluviométrica concentrada no verão. Bayer (1996) e Fiorin (1999) citados por AMADO (2000), afirmam que o aponte anual de massa seca de palha para manter a sustentabilidade do plantio direto, deve ser de 6 a 10 t ha^{-1} ano^{-1}. Sendo assim, os valores encontrados de massa seca no presente trabalho, acrescidos dos valores, principalmente do milheto como cultura de cobertura, satisfaz plenamente a necessidade de palha para continuidade do sistema plantio direto, em função dos valores acima mencionados.

Tabela 34. Quadrados médios e coeficientes de variação referentes aos teores de massa seca total para a cultura do milho (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	Milho
Manejo (M)	835128,5422ns
Cobertura (C)	79480,8742ns
M x C	715321,8061ns
Resíduo	1379119,4330
CV (%)	15,17

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Tabela 35. Valores médios e teste de Tukey de massa seca total para a cultura do milho (massa seca de folhas + colmos + palha + sabugos) (kg ha^{-1}), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 1999/00.

Tratamentos	Massa seca total
CI	7339
CS	8065
CM	7926
SC	7632
Milheto	7790
Aveia	7691
DMS Tukey 5%	
Manejo	1638
Cobertura	864

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho, pode-se concluir que:

- em solo apresentando V=50% %, na camada de 0 - 20 cm, o calcário aplicado na implantação do SPD, visando-se elevar o V à 70%, mostrou-se benéfico às características químicas do solo e químicas e agronômicas das plantas de soja e milho;

- a dose utilizada (1235 kg ha^{-1}) pode ser aplicada em superfície na implantação do SPD sem detrimento dos efeitos no solo e na planta, em relação ao calcário incorporado na camada de 0 - 20 cm;

- é importante que a aplicação de calcário em superfície seja realizada na mesma época onde geralmente ocorreria a aplicação e incorporação, ou seja, com antecedência de 60 dias da semeadura;

- como cultura de cobertura, o milheto apresentou melhor comportamento que a aveia nas condições edafoclimáticas da região, em cultivo realizado no final do inverno e início da primavera;

- o cultivo de culturas de cobertura do solo para produção de massa seca é necessário para que adicionado à quantidade restituída ao solo com os resíduos das culturas de milho e, principalmente de soja, possa suprir o aporte de palha anual preconizado para o SPD na região (10 t ha^{-1}).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVES, M.C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeitos nas propriedades físicas e químicas**. Piracicaba, 1992. 173p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ALVES, A. G. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, n. 1p. 127-132, 1995.

AMADO, T. J. 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: FEBRAPDP, 2000. p 105-111.

AMARAL, A. S. et al. Movimentação vertical do calcário na superfície do solo no sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 2001. p. 114.

ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo no sistema plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1996. p. 279-290.

ARANTES, P. F. Espaço de sobra. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 8, p. 23-24, 1998.

BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, E. F. Efeito de sistemas de preparo do solo no rendimento de grãos de trigo, soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEA, 1992. p. 1354-1360.

BARTZ, H. R. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob plantio direto. In: FRIES, M. R. (Coord.) **Plantio direto em solos arenosos**: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Palloti, 1998. p. 52-81.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos.** Porto Alegre, 1996. 241 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Conteúdo de nitrogênio total num solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.21, p.235-239, 1997.

BOARD, I. E. & SETTIMI, R. Photoperiod effect before and after flowring on tranch developments in determinate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 905-1002, 1986.

BONETTI, L. P. Cultivares e seu melhoramento genético. In: VERNETTI , F. J. (Coord.) **Soja: genética e melhoramento**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 791-794.

BORLAUG, N. Plantio direto e sustentabilidade da agricultura em países emergentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: FEBRAPDP, 2000. p. 19-22.

BREJEIRO. **Informativo sementes de soja Brejeiro**. Orlândia: Produtos Alimentícios Orlândia S/A, 1999. ed. 03 (Folder)

BULISANI, E. A.; ROSTON, A. J. Leguminosas: adubação verde e rotação de culturas. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coords.) **Curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico**, 1, 1993. Campinas: IAC, 1993. p.13-16. (Documentos IAC, 35).

CAIRES, E. F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiências no estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. (CD Room).

CAIRES, E. F. Acidez do solo e crescimento radicular do milho em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina **Resumos...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 2001, p. 144.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Redução da acidez e movimentação de bases no solo pelo uso de calcário e gesso na superfície e resposta da soja e do milho cultivados em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO, 1, 1996, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR/PRP, 1996. p. 78-79.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E.F. et al. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E. F. et al. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 315-27, 1999.

CAIRES, E. F. et al. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema de plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1.029-1.040, 2001.

CALEGARI, A. Culturas de cobertura para plantio direto em solos argilosos. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Pato Branco. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p.51-62.

CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346p.

CAMARA, G. M. S. (Coord.). **Complexo Soja**: tecnologia da produção II, Esalq/USP: Departamento de Produção Vegetal, 2000. p. 1-17.

CAMARGO, O. A. et al. Alteração de atributos químicos do horizonte superficial de um Latossolo e um Podzólico com a calagem. **Scientia Agrícola**, Piracicaba v.54, n.1, p.1-8, 1997.

CARVALHO, A. M. et al. Efeitos de espécies vegetais sobre o rendimento de milho em diferentes sistemas de manejo nos Cerrados do Brasil Central. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14, Temuco. **Resumos Expandidos...** Temuco, 1999. CD Room.

CASTRO, O. M.; MARIA, I. C. Plantio direto e manejo do solo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coords.) **Curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico**, 1, 1993. Campinas: IAC, 1993. p. 87-107. (Documentos IAC, 35).

CATTELAN, A.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v.14, n. 1, p.133-142, 1990.

CINTRA, F. L. D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 197-201, 1983.

COLORADO HÍBRIDOS ESPECIAIS. **Pesquisando Soluções.** Orlândia, 1999. (Folheto).

CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estimativa de área plantada**, In: ACOMPANHAMENTO DA SAFRA 2000/2001. <http://www.conab.gov.br/politica_agricola/safra/quadro01.pdf. Acesso em 05/09/2001.

CORÁ, J. R.; BELLINGIERI, P. A.; FREITAS, J. C. Efeito de doses de gesso e de calcário nas propriedades químicas do solo e características agronômicas, bromatológicas e tecnológicas da soja (*Glycine max* (L.) Merril). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7, 1995, Guaratinguetá. **Resumos...** Guaratinguetá: UNESP/FEG, 1995. p. 257.

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114 p. (mimeografado).

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA: CNPT. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DERPSCH, R. **Controle da erosão no Paraná:** sistema de cobertura do solo, plantio direto e convencional. Paraná: IAPAR, 1991. 268p.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1985. 96. (IAPAR, Documentos, 9).

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 78p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

DERPSCH, R. et al. **Controle de erosão no Paraná**, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: GTZ/IAPAR, 1991, 272p.

DOWAGROSCIENCES. **Catálogo de híbridos**. Jardinópolis: Sementes DowAgroSciences, 2001. (Folheto).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1996a. 204p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja:** recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1996b. 157p. (Circular técnica, 3).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milheto:** alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1998a. (Folheto).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil - 1998/99**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1998b. 182p. (Documentos, 120).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil - 2000/01**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 2000. 245p. (Documentos, 146).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de Produção de soja - região central do Brasil 2001/02.** Londrina: EMBRAPA - CNPS, 2001. 267p. (Documentos, 167).

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; MAESTRI, L. O rendimento de milho aumentou com a calagem porém não foi afetado pelo sistema de preparo do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, 1998, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 292.

FANCELLI, A. L.; FAVARIN, J. L. Desempenho da cultura do milho em plantio direto e convencional. In: FANCELLI, A. L. (coord.) **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1989. p. 174-175.

FEHR, W. E. et al. Stage of development descriptions for soybean, (Glycine max L. Merril). **Crop Science**, v. 11, p. 929-931, 1971.

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 459-467, 2000.

GOMES, A. S.; VERNETTI JÚNIOR, F. J.; SILVEIRA, L. D. N. Manejo da calagem no sistema plantio direto, em solo de várzea, sob condições naturais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1997a. p.213-216.

GOMES, A. S.; VERNETTI JÚNIOR, F. J.; SILVEIRA, L. D. N. Rendimento de milho e soja cultivados no sistema plantio direto, sob diferentes coberturas mortas, em um solo de várzea. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1997b. p.151-155.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 11 ed. Piracicaba: Nobel, 1985. 466 p.

GUIMARÃES, G. L. **Efeitos de culturas de inverno e do pousio na rotação e soja e do milho em sistema de plantio direto**. Ilha Solteira, 2000. 201p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

HAAS, F. Plantio direto- fatores que interferem na eficiência da adubação. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM, ÊNFASE EM PLANTIO DIRETO, 3 , 1997, Santa Maria. **Palestras...** Santa Maria/UFSM, 1997, p. 125-131.

HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. Dynamics of soil agregation. **Advance Agronomy**, v. 18, p. 107-169, 1966.

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZETTI, S. **Software Hidrisa e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS - Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p. (Série irrigação, 01).

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Manejo do solo. In: **Recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados: EMBRAPA, 1996. p. 34-53.

HERNANI, L. C. Manejo e conservação de recursos naturais da região Oeste do Brasil. In: EMBRAPA: Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho**: informações técnicas. Dourados:EMBRAPA, CPAO, 1997. p. 39-67. (Circular Técnica, 5).

HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1996. p. 14-30.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Novos cultivares de soja do IAC**. Campinas, 1998. (Folheto).

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Aveia preta Iapar 61** Ibiporã. Londrina: IAPAR, 1997. (Folheto).

KAMINSKI, J. et al. Resposta de culturas à aplicação de calcário em superfície ou incorporado ao solo em campo nativo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 605-609, 2000.

KANTHACK, R. A. D. et al. Rotação e sucessão de culturas na produção de milho e soja em plantio direto. In: FANCELLI, A. L. (Coord.) **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1989. p. 184.

KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola,** Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. Comportamento das culturas de trigo, soja e milho à adubação fosfatada no sistema de plantio direto e preparo convencional. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, 1997. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1997, p. 243-246.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; HERNANI, L. C. **Adubação de manutenção para a cultura da soja no sistema plantio direto**. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1998. p. 1-5. (Comunicado técnico, 32).

LANDERS, J. N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado.** Goiânia:APDC, 1995. 261p.

LANTMANN, A. F.; BORKERT, C. M. **Informe para a calagem e adubação da soja em solos do cerrado.** Londrina:EMBRAPA-CNPSo, 1997. p. 109. (Documento,99).

LAZARINI, E. **Avaliação das características agronômicas e análises nutricionais de genótipos de soja semeados em diferentes épocas, em Jaboticabal-SP**. Jaboticabal, 1995. 197p. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.

LEANER, R. W.; SHAW, B. A. A simple apparatus for measuring moncapilary porosity on extensive scale. **Journal American Society Agronomy**, v. 33, p. 1003-1008, 1941.

LEVIEN, R.; COGO, N. P.; ROCKENBACH, C. A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, n.1, p.73-80, 1990.

LIMA, E. V. et al. Produção de matéria seca, teores e acúmulo de macronutrientes em plantas de sorgo, milheto e painço na implantação do sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia. **Resumos Expandidos...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo/EMBRAPA, 2000. (CD Room).

LIMA, E. V. **Calagem superficial em diferentes coberturas vegetais do solo na implantação do sistema de semeadura direta e resposta da soja cultivada em safrinha.** Botucatu, 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - FCA/UNESP.

LOS, C. J. Princípios básicos para iniciar o plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1996. p. 291-301.

LYNCH, J.M. Saprófitos microbianos: processos de decomposição e ciclos de nutrientes. In: LYNCH, J. M. (ed.). **Biotecnologia do solo,** Manule, 1986

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MASCARENHAS, H. A. A. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n.1, p. 164-71, 1996.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. Soja. In: RAIJ, B van et al. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996.p.202-203.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J. **Milheto- alternativa para cobertura do solo em plantio direto**. Teresina: EMBRAPA/CPAMN, 1998. (Folheto).

MELLO, L .M. M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico.** Ilha Solteira, 2001. 72p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".

MIYASAKA, S. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 138p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; SANTOS, J. C. F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4, 1996, Belo Horizonte. **Abstracts...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, CPAC/EMBRAPA, 1996. p. 8.

MOREIRA, S. G. et al. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.1, p.71-81, 1990.

MUZILLI, O. Cultura da soja: princípios e perspectivas de expansão. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p. 11-14. (Circular, 23).

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**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: **Atualização em Plantio Direto**, FEALQ: Piracicaba, 1986.

MUZILLI, O. O plantio direto como alternativa no manejo e conservação do solo. In: **CURSO** básico para instrutores em manejo e conservação do solo. Londrina: IAPAR, 1991. 20p.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Redução da acidez do solo pelo uso de calcário e gesso e resposta da soja cultivada em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p. 178.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Res.**, v. 38, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, M. C.; FREITAS, P. L. Plantio direto a caminho da sustentabilidade. **Direto no Cerrado**, Brasília: APDC, v. 4, n. 12, p. 10, 1999.

PAULA, M. B. et al. Efeitos do manejo dos resíduos culturais, adubos verdes, rotação de culturas e aplicação de corretivos nas propriedades físicas e recuperação dos solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.191, p.66-70, 1998.

PAULETTI, V. et al. Avaliação da fertilidade do solo em profundidade e da palhada em áreas sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa, MG. **Resumos Expandidos...** Viçosa: SBCS, p. 1802-1803, 1995.

PAVAN, M. A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto,** Passo Fundo, v. 41, p.8-12, 1997.

PAVAN, M. A. Mobilização orgânica do calcário no solo através de adubo verde. In: PAULETTI, V.; SEGANFREDO, R. Eds. **Plantio Direto:** Atualização Tecnológica. Fundação Cargill, 1999. p. 45-51.

PAVAN, M. A.; BINGHAN, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or grypsum applications to Brazilian Oxisol. **Soil.Sci.Soc.Am.J.**, v. 48, p. 33-38, 1984.

PLANTIO direto pode recuperar solos na Amazônia. **Direto no Cerrado**, Brasília: APDC, v.4, n. 11, p. 8, 1999.

PITOL, C. et al. **O milheto na integração agricultura-pecuária**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 8-9. (Informações agronômicas, 76).

PÖTTKER, D. Calagem em solos sob plantio direto e em campos nativos do Planalto Médio Gaúcho. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1996. p. 108-118.

PÖTTKER, D. Métodos de aplicação de fósforo em plantio direto. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2, Passo Fundo, 1997. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1997. p. 247-248.

PÖTTKER, D; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p. 675-684, 1998.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541p.

QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Efeito da aplicação do calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 6, p. 189-194, 1982.

QUAGGIO, J. A. et al. Calagem para sucessão batata-triticale-milho usando calcário com diferentes teores de magnésio. **Bragantia**, Campinas, v. 44, p. 391-406, 1985.

QUAGGIO, J. A. et al. Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n. 3, p. 375-383, 1993.

QUEIROZ, E. F. et al. Recomendações técnicas para a colheita mecânica. In: MIYASAKA, S., MEDINA, J. C. (eds.) **A soja no Brasil**. Campinas:Ital, 1981. p. 701-710.

RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1988. 88p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Método de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van et al. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 56-59.

RAIJ, B. van et al. Efeito de níveis de calagem na produção em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 28-31, 1977.

RAIJ, B. van. et al. Efeito de calcário e de gesso para soja cultivada em Latossolo Roxo ácido saturado com sulfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, n. 2, p.305-312, 1994.

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

RESCK, D. V. S. Plantio direto: desafios para os cerrados. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, 1998, Caxambu. **Resumos...** Caxambu:. UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 32-33.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Alterações de atributos do solo pela calagem superfical e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 24, p. 797-805, 2000.

RITCHEY, K.D., SILVA, J.E., COSTA, U.F. Calcium deficience in clayey B horizons of savannah Oxisol. **Soil.Sci.**, v. 133, p. 378-382, 1982.

SÁ, J. C. M. Calagem e adubação das culturas no sistema de plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 4 , 1994, Cruz Alta. **Anais...** Cruz Alta: FEBRAPDP, 1994. p. 173-192.

SÁ, J. C. Calagem em solos sob plantio direto da região dos campos gerais, centro-sul do Paraná. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995. p. 73-107.

BCpIS - FEIS - UNESP

SÁ, J. C. M., Plantio direto - transformações e benefícios ao agroecossistema. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1996. p. 1-13.

SÁ, J. C. M. Parâmetros para recomendação de calagem e adubação no sistema de plantio direto. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Pato Branco. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p.63-81.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, 1998, Caxambu. **Resumos...** Caxambu:. UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 32.

SALET, R. L. et al. O alumínio é menos tóxico no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1, 1996, Lages. **Resumos Expandidos...** Lages: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1996. p. 72-74.

SALTON, J.C., KICHEL, A.N. **Milheto:** alternativa para cobertura de solo e alimentação animal. Dourados: EMBRAPA, 1997. (Folheto).

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.; TOMM, G. O.; LHAMBY, J. C. B. Plantio direto versus convencional: efeitos na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, n.3, p. 449-454, 1995.

SANTOS, H.P.; 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**, Brasília, v. 33, p. 289-295, 1998.

SANTOS, J. C. F. et al. Avaliação biológica do potencial de compostos orgânicos hidrossolúveis de resíduos vegetais de mobilizar cálcio em solos ácidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA/CPAC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. (CD Room).

SILVA, A. C. Política tributária- exportando empregos. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.18, n.7, p.13-16, 1998.

SILVA, E. A. Densidade e época de semeadura em três cultivos de soja (*Glycine max* (L) Merrill) no município de Selvíria-MS. Ilha Solteira, 2001a. 79p. Trabalho de Graduação. (Curso de Agronomia). Faculdade de Engenharia - UNESP.

SILVA, E. C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto na região de cerrado. Ilha Solteira, 2001b. 83 p. (Mestrado - Dissertação em Sistemas de Produção).

SILVA, T. R. B. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de plantio direto. Ilha Solteira, 2002. 56 p. (Mestrado - Dissertação em Sistemas de Produção).

SILVA, R. H., ROSOLEM, C. A., CRUSCIOL, C. A. C. Movimentação de Ca no solo em função da adubação nitrogenada e de resíduos vegetais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3, 2000, Santa Maria. **Resumos Expandidos...** Santa Maria: UFSM, 2000. (CD Room).

SOUSA, D. M. G. Manejo da fertilidade do solo sob cerrado com ênfase em plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO COM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 53-58. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 22).

SOUSA, D.M.G. et al. Principais aspectos da fertilidade do solo sob plantio direto em solos de cerrado. In: Curso sobre aspectos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto. Rio Verde: ESUCARD, 1998. 96p.

SPEHAR, C. R.; LANDERS, J. N. Características, limitações e futuro do plantio direto nos cerrados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1997. p.127-131.

TAN, K. H. Degradation of soil minerals by organic acids. In: **Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes.** Soil Science Society of America, Madison: SSSA, 1986. (Special Publication, 17).

TANAKA, R. J.; MASCARENHAS, H. A. A. **Soja-** nutrição, correção do solo e adubação. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 60p. (Série técnica, 7).

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; MIRANDA, M. A. C. Effect of liming on soyabean protein and oil yield. **Better Crops International,** Saskatoon, v. 7, n. 2, p. 9, 1991.

TIAN, G.; KANG, B. T.; BRUSSARD, B. L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrients accumulation. **Plant and Soil,** v. 153, p. 179-187, 1993.

UNGER, P. W. Organic matter, nutrient and pH distribution in no and conventional tillage semiarid soils. **Agronomy Journal**, v.83, p. 186-189, 1991.

VERNETTI JUNIOR, F. J. et al. Efeito de formas de aplicação e de doses de calcário, sob o rendimento de grãos de soja. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, 1998, Caxambu. **Resumos...** Caxambu:. UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 307.

VILELLA, G. Soja: alta do dólar engana produtores. **Panorama Rural**, v. 2, n. 22, p. 60-74, 2000.

WEIRICH NETO, P. H. et al. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 257-261, 2000.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.

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

YANO, E. H. Sistemas integrados de produção: cultura de inverno x preparo do solo x cultura de verão. Ilha Solteira, UNESP, 2002. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP.

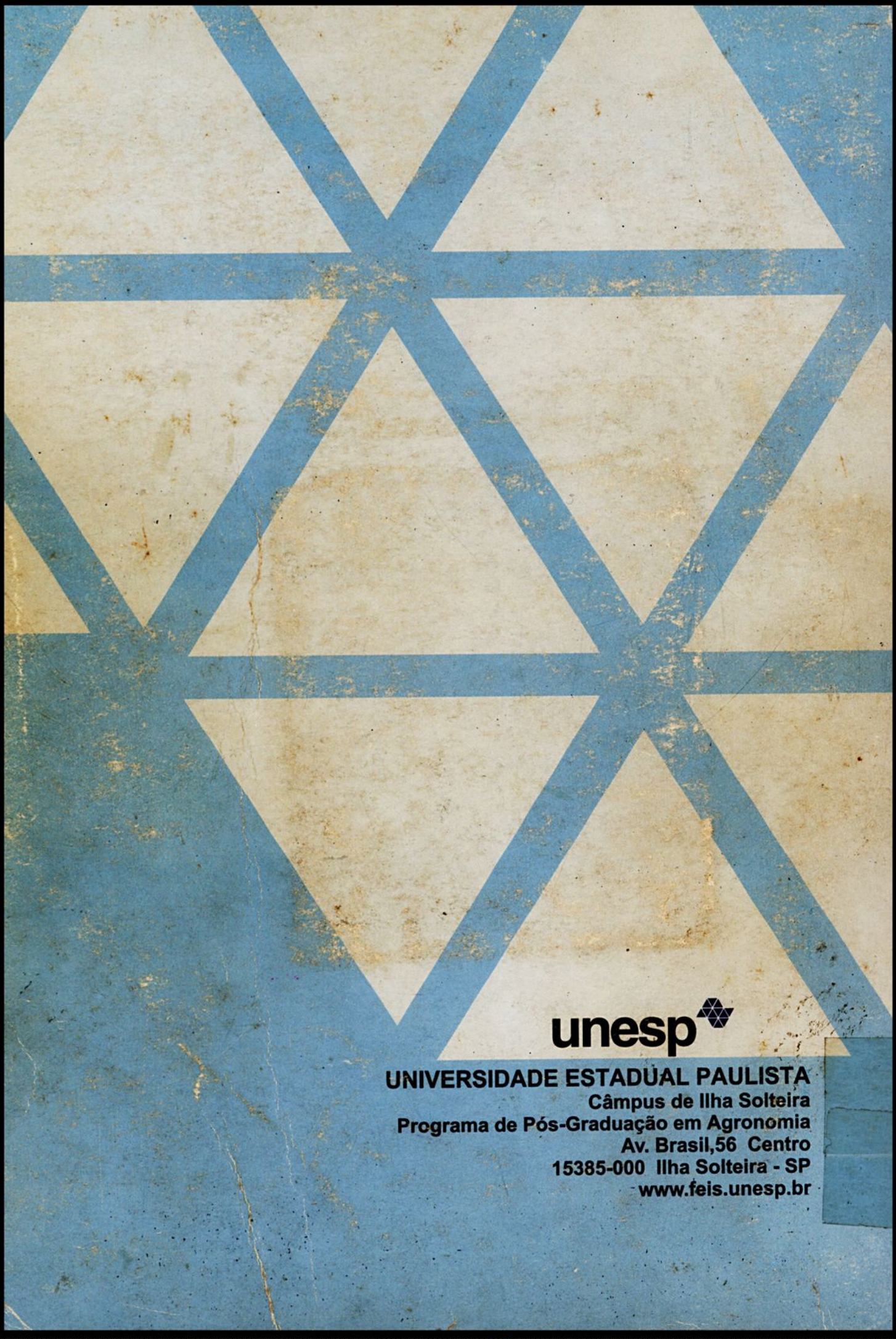
cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

7. APÊNDICE

Apêndice 1. Temperaturas máximas e mínimas e precipitação por decênio de cada mês, durante o período de condução dos experimentos.

	Máximas			Mínimas			Precipitação		
Mês/Ano	**1º**	**2º**	**3º**	**1º**	**2º**	**3º**	**1º**	**2º**	**3º**
Agos./99	31,2	30,6	34,0	16,4	13,7	17,7	0	0	0
Setem./99	34,8	29,3	32,2	20,0	19,6	18,7	26,8	30,4	4,6
Out./99	32,3	35,2	31,8	19,4	21,4	20,9	0	2,7	12,6
Nov./99	29,4	28,8	33,9	20,4	19,9	20,6	117,0	43,6	0
Dez./99	35,2	33,0	33,9	22,6	21,9	21,0	71,4	25,6	53,6
Jan./00	31,3	33,9	33,1	21,7	22,2	21,7	52,0	70,6	66,3
Fev./00	31,2	30,5	32,9	21,9	20,8	21,6	99,3	101,2	14,3
Mar./00	29,9	29,2	30,4	21,0	21,3	20,6	174,7	78,0	81,9
Setem./00	27,7	31,9	30,1	17,8	19,5	18,1	42,7	89,0	4,9
Out./00	33,5	36,6	33,2	19,2	21,2	22,2	7,0	21,0	40,7
Nov./00	33,5	30,7	32,4	21,8	20,2	20,9	3,3	54,2	20,9
Dez./00	33,1	29,6	33,0	21,1	20,6	21,3	9,7	132,4	77,4
Jan./01	32,4	32,1	33,0	20,1	20,7	4,6	28,1	35,7	48,2
Fev./01	33,3	31,4	32,2	21,9	20,1	20,1	42,3	72,0	12,3
Mar./01	31,6	32,3	32,6	21,2	21,4	20,0	120,6	11,3	20,8
Abr./01	32,7	33,0	32,4	20,4	19,9	19,3	8,6	0	38,2

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18



unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Câmpus de Ilha Solteira
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Av. Brasil,56 Centro
15385-000 Ilha Solteira - SP
www.feis.unesp.br