

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Culturas de cobertura, doses e tipos de calcário em superfície na implantação do sistema plantio direto com a cultura da soja irrigada.

JOÃO ALVES DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira – SP
Março, 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

S586c Silva, João Alves da.
Culturas de cobertura, doses e tipos de calcário em superfície na implantação do sistema plantio direto com a cultura da soja irrigada / João Alves da Silva. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2008
113 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2008

Orientador: Edson Lazarini
Bibliografia: p. 97-111

1. Solos – Correção. 2. Plantio direto. 3. Sorgo. 4. Milheto. 5. Cultivos de cobertura. 6. Soja – Irrigação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CULTURAS DE COBERTURA, DOSES E TIPOS DE CALCÁRIO EM SUPERFÍCIE NA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO COM A CULTURA DA SOJA IRRIGADA

AUTOR: JOÃO ALVES DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

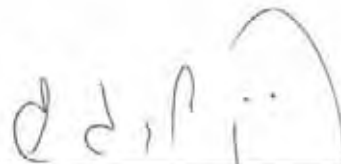
Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE C CRUSCIOL

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Data da realização: 07 de março de 2008.



Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Aos meus pais, *Ari Antônio da Silva e Luzia Alves Souza da Silva*, que me educaram e deram a oportunidade para esta conquista, cujo exemplo de vida foi e sempre será de fundamental importância para minha formação pessoal e profissional,

DEDICO.

Com amor e carinho, à minha *Esposa Fernanda*, pelos incentivos, compreensão, paciência e companheirismo em todos os momentos,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, por sempre estar presente em minha vida, dando-me sabedoria e orientação nos momentos mais difíceis.

Em especial ao Prof. Dr. Edson Lazarini, pela orientação, ensinamentos e amizade que foram de fundamental importância para a realização deste trabalho.

Aos meus irmãos, Adriana e Emerson, meus sobrinhos, Lucas e Thiago e aos meus cunhados Onias e Andréa, que estiveram sempre presentes nesta minha trajetória. Obrigado pelos incentivos e dedicação.

Ao casal, Luis e Clotildes Gasche, pelo acolhimento, amizade e incentivos.

A todos Docentes desta unidade de ensino, pelos ensinamentos, amizade e colaboração para minha formação profissional.

Aos amigos da República B.O, Danilo (Piqui), José Aparecido (Russo), Marcelo (Motoki), Tavares (Babésia), Guilherme (Migué) e a agregada Márcia (Braba), pelo acolhimento, companheirismo e pela boa convivência.

Aos amigos de Botucatu – SP, Marquinho (D4) e Júlio (Grampola), que mesmo à distância me incentivaram e apoiaram durante esta caminhada.

Aos técnicos de laboratório e funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FE/UNESP, pelo auxílio durante o curso, desenvolvimento desta pesquisa e amizade.

Aos amigos de Três Lagoas - MS, Alexandre (Chutera) e Anderson pelo companheirismo e apoio.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e meu desempenho acadêmico.

CULTURAS DE COBERTURA, DOSES E TIPOS DE CALCÁRIO EM SUPERFÍCIE NA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, COM A CULTURA DA SOJA IRRIGADA.

Autor: Eng^o Agr^o João Alves da Silva

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

RESUMO

A cultura da soja vem sendo intensamente cultivada, no sistema plantio direto (SPD), na região do Cerrado. O solo, de baixa fertilidade e elevada acidez, e as altas temperaturas favorecendo a decomposição do material vegetal na superfície do solo, tem limitado o estabelecimento do SPD nesta região. Sendo assim, é de grande interesse a busca de alternativas que viabilizam a correção do solo e o incremento da palhada na implantação do SPD. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar culturas de cobertura, tipos e doses de calcário aplicadas na superfície do solo na implantação do SPD e seus efeitos na cultura da soja e nos atributos químicos do solo. O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, MS em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico irrigado por pivô central. A área anteriormente foi cultivada com soja no sistema convencional. O sorgo e o milho foram dispostos em faixa no sentido longitudinal da área experimental para facilitar a semeadura, enquanto que os tipos de calcário (PRNT de 100% e PRNT de 82%) e as doses (0,0, 0,25, 0,5, 1,0 e 2,0 vezes a calculada para elevar o V% a 60) foram distribuídos inteiramente ao acaso no sentido transversal da área. Foram avaliados os parâmetros de massa seca da parte aérea e porcentagem de cobertura do solo proporcionada pelas culturas de cobertura, estado

nutricional das plantas de soja, características agronômicas da soja e atributos químicos do solo. O sorgo produziu maior quantidade de massa seca proporcionando maior cobertura do solo, porém a palhada de milho foi mais duradoura na superfície do solo. A soja cultivada em sucessão ao sorgo, apresentou menor crescimento vegetativo e redução no número de vagens e massa de 1000 sementes. A aplicação superficial do calcário com PRNT de 100% proporcionou aumento no número de vagens e na produtividade de grãos de soja. O aumento das doses de calcário, independente da granulometria, foi diretamente proporcional à redução dos teores de Fe, Zn e Mn nos tecidos foliares da soja. Em geral, a calagem superficial, independente da dose e da granulometria, promoveu elevação dos teores de Ca, Mg e K, e redução da acidez do solo nas camadas superficiais. A dose inteira (dose 1,0) do calcário com PRNT de 82%, após 12 meses da aplicação, alterou benéficamente os valores de pH, K, Ca, Mg, Al e V(%) na camada de 0,20 – 0,40m.

Palavras Chaves: *Glycine max*, *Sorghum bicolor*, *Pennisetum glaucum*, calagem e cobertura do solo.

COVER CROP, LEVELS AND TYPES OF LIMESTONE IN THE NO-TILLAGE SYSTEM ESTABLISHMENT WITH THE SOYBEAN CROP IRRIGATED.

AUTHOR: Eng^o Agr^o. João Alves da Silva

ADVISER: Prof Dr. Edson Lazarini

ABSTRACT

In Brazil, the soybean is intensively cropped under non-till system on the Cerrado region. However the low fertility and pH values of the soil, and high air temperature conditions increase the organic matter decomposition on the soil surface, limiting the non-till system establishment. In this way, searches for alternatives that promote a good soil correction with plant coverage enhancement for a non-till systems establishment are needed. The aim of this work was to evaluate the cover crops, types and levels of limestone during a non-till system establishment and its effects on soybean cropping and soil chemical characteristics. The experiment was carried out at experimental farm of the UNESP, district of Selvíria, Mato Grosso do Sul State in a dystrophic red latosol irrigated with a center pivot. Sorghum and millet were disposed in a longitudinal strip direction from the experimental area to facilitate the sowing while the limestone types (PRNT 100% and PRNT 82%) and the levels of input (0.0, 0.25, 0.5, 1.0 and 2.0 times the prescribed level to elevate the V% to 60) were randomly distributed in a transversal way. The shoot dry mass production, the percentage of soil coverage by crops cover, the nutritional and characteristics of soybean plants and the chemical attributes of soil were evaluated. Sorghum showed high values of shoot dry mass than millet, however, the millet dry mass was more enduring on soil surface. Soybean cropped in succession to sorghum shown an decrease in vegetative growth, number of pods and fresh mass of 1000 seeds. On the other hand, the superficial liming with PRNT 100% provided an

increase in the number of pods and consequently increases on yield of soybeans. Independently of granulometry the increase in levels of inputted limestone was directly proportional to decreasing on contents of Fe, Zn and Mn ions of soybean leaf tissues. In general the superficial liming provided an increase on levels of Ca, Mg and K ions and consequently reduction on soil acidity. The treatment with limestone PRNT 82% at level 1.0 of input showed positive changes on pH values and levels of K, Ca, Mg, Al and V(%) on the layers from 0.20 to 0.40 m.

Keywords: *Glycine max*, *Sorghum bicolor*, *Pennisetum glaucum*, limestone and cover of soil.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Sistema plantio direto.....	12
2.2 Culturas de cobertura do solo.....	14
2.3 Calagem no sistema plantio direto.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Caracterização e localização da área experimental.....	23
3.2 Tratamentos.....	23
3.3 Delineamento experimental e tamanho das parcelas.....	25
3.4 Instalação e condução do experimento.....	25
3.5 Amostragens e avaliações.....	27
3.5.1 Culturas de cobertura.....	27
3.5.2 Cultura da soja.....	28
3.5.3 Análise química do solo.....	29
3.6 Análise estatística.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Culturas de cobertura do solo.....	30
4.1.1 Massa seca da parte aérea.....	30
4.1.2 Porcentagem de cobertura do solo.....	33
4.2 Diagnose nutricional das folhas de soja.....	35
4.3 Características agronômicas da soja.....	48
4.4 Características químicas do solo.....	58
5 CONCLUSÕES.....	96
REFERÊNCIAS.....	97
APÊNDICE.....	112

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma área estimada em 46 milhões de hectares cultivadas com culturas produtoras de grãos e deste total, 44,8% são cultivados com soja. Na safra de 2006/07 a produção de soja no país atingiu aproximadamente 58,4 milhões de toneladas, correspondendo a 44,3% da produção nacional, de acordo com estimativas realizadas pelo Conselho Nacional de Abastecimento (CONAB) (2008). Cerca de 70% das terras cultivadas com soja no país, estão sob sistema plantio direto (SPD), sendo 25% desta área localizada na região do Cerrado (CERVI, 2003).

O SPD consiste em um sistema de cultivo, onde o revolvimento do solo ocorre apenas na linha de semeadura, mantendo os resíduos culturais na superfície, resultando em inúmeros benefícios ao solo. Entre estes benefícios, destaca-se a redução do impacto da gota da chuva, maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, além de melhorar as condições químicas e físicas com o aumento da matéria orgânica. Sendo assim, o estabelecimento de um esquema de rotação ou sucessão de culturas que proporcione acréscimos na quantidade de resíduos vegetais depositados na superfície do solo, é essencial para sustentabilidade desse sistema.

As altas temperaturas nas áreas de Cerrado, associadas à umidade favorecem a decomposição da fitomassa depositada sobre o solo, dificultando a manutenção da cobertura vegetal. Portanto, a introdução de espécies que produzam resíduos vegetais com decomposição mais lenta em sucessão à cultura principal, é fundamental para se obter sucesso na implantação e na manutenção do SPD.

Um outro aspecto a destacar, é que os solos do Cerrado caracterizam-se por apresentar baixa fertilidade, alta acidez e teores de alumínio em níveis tóxicos, comprometendo a produtividade das culturas. A calagem é a prática mais comumente utilizada para reduzir a

acidez e os teores de Al no solo, melhorando o ambiente para o desenvolvimento radicular, além de promover maior disponibilidade de nutrientes para as culturas.

A implantação do SPD nesta região, geralmente é precedida da aplicação e incorporação do calcário, visando obter um efeito mais rápido do insumo na correção do solo. No entanto, o tráfego de máquinas aliado ao revolvimento do solo altera suas características físicas, diminuindo a porosidade o que prejudica a infiltração de água, levando ao aumento do escoamento superficial e facilitando a erosão. Uma outra desvantagem é o aumento dos custos com as operações de incorporação do corretivo e preparo do solo.

Neste sentido, aumenta-se o interesse em buscar alternativas que viabilizam a implantação do SPD com aplicação superficial do calcário, sem posterior incorporação. No entanto, a calagem superficial proporciona uma reação mais lenta, devido ao menor contato do corretivo com as partículas do solo, comprometendo sua ação em profundidade.

Levando em consideração que um dos fatores que viabilizam a reação do calcário é o contato entre suas partículas com as do solo, levantou-se a hipótese de que a aplicação superficial de um calcário mais reativo, ou seja, de granulometria menor, proporciona uma melhor correção do solo em profundidade. Surgindo também, o interesse de avaliar, além da dose recomendada, suas frações, com o intuito de verificar se a redução da quantidade de calcário, acarretaria alterações significativas durante desenvolvimento do sistema.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar culturas de cobertura do solo, tipos e doses de calcário aplicadas em superfície na implantação do SPD, e seus efeitos na cultura da soja e nos atributos químicos do solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema plantio direto

A área ocupada pelo sistema plantio direto tem aumentado rapidamente no Brasil, principalmente nos últimos anos. Na safra 2005/06 foram cultivados 25,5 milhões de ha sob esse sistema, correspondendo a 53,3% da área nacional cultivada com culturas produtoras de grãos (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP, 2008).

Para 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 e Freitas (1999) definem o plantio direto, como um sistema que produz alimentos com alta qualidade, em quantidades adequadas, com o menor uso de insumos, maximizando assim a rentabilidade econômica da empresa agrícola, necessitando para tanto, a manutenção da palhada na superfície do solo, utilizar uma maior diversidade de espécies (rotação de culturas) e evitar movimentação no perfil do solo.

A região dos Cerrados, composta por 207 milhões de hectares e caracterizada por solos geralmente pouco férteis e com possibilidade de ocorrência de veranicos, tem

encontrado no plantio direto um sistema de manejo que possa 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). Entretanto, a baixa quantidade de matéria orgânica (M.O.), comum em solos de cerrado, principalmente nas camadas inferiores, assim como a baixa CTC, altos teores de Al 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, possibilitando às plantas explorarem maior volume de solo, possuírem certa tolerância à seca e recuperar os nutrientes lixiviados (SPEHAR; LANDERS, 1997).

O SPD é o sistema mais apropriado para a produção agrícola em clima tropical, promovendo a melhoria das condições físicas e químicas do solo, reduzindo o tráfego de máquinas, mão de obra e o consumo de combustível. Além destas vantagens, proporciona melhoria nas condições ambientais pela redução da erosão e do uso de agroquímicos. Uma outra vantagem deste sistema é o uso de culturas para a manutenção da cobertura do solo, (IAPAR, 2001), que melhora a estruturação do solo, beneficiando a formação de galerias oriundas da decomposição de raízes e da microfauna, pela qual caminhará a matéria orgânica e com ela o P orgânico e inorgânico (RAIJ, 1991, CHEPKWONY et al., 2001).

A principal característica desse sistema de cultivo é a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo que é responsável por grande parte dos benefícios verificados nesse sistema. A presença desses resíduos na superfície promove maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, favorece a infiltração, reduz perda de água por escoamento superficial e perda de solo e nutrientes por erosão (HERNANI et al., 1999). A rotação de culturas com inclusão de plantas de cobertura, conciliando o retorno econômico com a preservação da capacidade produtiva do solo, têm grande importância para garantir a sustentabilidade do sistema. Assim, o uso de espécies que possuem o sistema radicular agressivo pode permitir a continuidade desse sistema sem interrupções, mesmo quando ocorre a compactação superficial do solo (AMARAL et al., 2004).

De acordo com Franchini et al. (2000), o sucesso do SPD está diretamente relacionado com as alterações na dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais. As características do não revolvimento do solo, da decomposição do material vegetal na superfície e do cultivo diversificado de espécies por meio da rotação de culturas provocam alterações nas características do solo diferentemente daquelas observadas quando se cultiva o solo em sistemas com o revolvimento do mesmo (COSTA, 2000). O não revolvimento do solo leva a

decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como consequência alterações físicas, químicas e biológicas do solo que irão repercutir na fertilidade e na produtividade das culturas (HOLTZ; SÁ, 1995).

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 da semeadura e manejo das plantas daninhas. Entretanto sobre 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 solos tropicais, como os do 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).

2.2 Culturas de cobertura do solo

No sistema plantio direto, a sucessão de culturas comerciais com espécies para cobertura vegetal do solo é importante para a implantação e a continuidade de sistemas produtivos sustentáveis, mediante eficiente ciclagem de nutrientes (BORKERT et al., 2003). O sucesso do SPD está no fato de as palhadas acumuladas por culturas de cobertura e restos culturais de lavouras comerciais criarem ambientes favoráveis à recuperação e à manutenção da qualidade do solo. A adaptação de plantas mais aptas ao sistema de rotação e à cobertura de solo torna o sistema agrícola sustentável e favorece o meio ambiente (MENEZES, 2002).

Conforme Pöttker e Ben (1998), a cobertura morta existente sobre o solo no SPD é responsável pela proteção dos agregados do solo contra os efeitos erosivos da chuva, redução da evaporação e do escoamento superficial, aumento da infiltração e do armazenamento da água no perfil, aumento na agregação e na estabilidade de agregados do solo, manutenção de temperaturas mais amenas das camadas mais superficiais do solo e impedimento de germinação de plantas daninhas. O não revolvimento do solo e a presença de palhada na superfície promovem uma decomposição mais lenta e gradual desse material, proporcionando diversas consequências físicas, químicas e biológicas do mesmo, que irão refletir em sua fertilidade e na produtividade das culturas (MUZZILI, 1986). Segundo Franchini et al. (2000),

os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo funcionam como um reservatório de nutrientes, que são liberados lentamente pela ação de microrganismos.

Carvalho et al. (1999) mencionam que a utilização de plantas de cobertura tem grande contribuição 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 erosão e a radiação solar intensa, comum na entre safra e no início do período chuvoso dessa região, além de auxiliar na redução da oxidação da matéria orgânica disponível nesses solos.

Na região do Cerrado, a persistência de palhadas para o plantio direto é dependente das condições de umidade e temperatura elevadas em boa parte do ano, que resultam em rápida decomposição da fitomassa depositada sobre o solo (CALEGARI et al., 1993). Segundo Alvarenga et al. (2001), nessa região, mesmo quando a palhada é basicamente constituída de gramíneas, a sua decomposição é mais rápida, de forma que a manutenção de uma camada de cobertura de solo nesse ambiente torna-se uma atividade complexa, exigindo conhecimento e experiência do produtor que adota o SPD. A velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo. Quanto mais rápida for a sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo. Por outro lado, quanto mais altos forem os conteúdos de lignina e a relação C/N nos resíduos, tanto mais lenta será a sua decomposição (FLOSS, 2000).

A taxa de decomposição dos materiais de cobertura depende da natureza do material vegetal, do volume, da fertilidade do solo, do manejo da cobertura e das condições climáticas, representadas, principalmente, pela pluviosidade e temperatura. Esses fatores, por sua vez, afetam a atividade microbiológica do solo. Também não se pode ignorar a importância da atividade da mesofauna numa etapa inicial de degradação física do material, expondo maior superfície de contato ao ataque da biomassa microbiana (ALVARENGA et al., 2001).

As coberturas vegetais podem exercer efeitos positivos e negativos sobre o desenvolvimento de plantas (SANTOS et al., 1998). A deposição periódica de resíduos orgânicos na superfície favorece a acidificação do solo (CAIRES, 2000), pois continuamente o material orgânico está sendo decomposto pelos microrganismos em ácidos orgânicos, dióxido de carbono e água. O ácido carbônico formado reage com o Ca e Mg no solo para formar bicarbonatos solúveis que são lixiviados, permanecendo prótons na camada superficial como acidez potencial (BOLAN et al., 1991). Por outro lado, o acúmulo de matéria orgânica pode exercer efeitos positivos sobre a acidez do subsolo (MIYAZAWA et al., 1993), pois

segundo Rheinheimer et al. (2000), a decomposição dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo deve originar compostos orgânicos hidrossolúveis, que complexam o Ca, permitindo sua descida no perfil. Na camada subsuperficial, o Ca complexado é deslocado pelo Al trocável, por formar complexos mais estáveis com o composto orgânico hidrossolúvel, diminuindo a acidez e aumentando o Ca trocável na subsuperfície (CAIRES et al., 1998). Além disso, com o passar do tempo, há elevação do teor de M.O. devido à menor taxa de decomposição dos resíduos vegetais na superfície, resultando em aumento na CTC (IGUE, 1984). Segundo Gonçalves et al. (1985) a elevação da matéria orgânica influi na adsorção de P, a qual interage com os óxidos de Al e Fe resultando em redução dos sítios de fixação, por causa do recobrimento da superfície desses óxidos por moléculas de ácidos húmicos, acético e málico, ou pela formação de compostos na solução do solo. Ocorre, assim, uma tendência de menor fixação e, portanto, maior aproveitamento pela planta do P oriundo da adubação fosfatada. No entanto, segundo Andrade et al. (2003), esse efeito é temporário.

As espécies vegetais também são fundamentais na solubilização do P, principalmente o P não-lábil, pois existem espécies que possuem capacidade de solubilizá-lo mediante a exsudação de suas raízes, as quais contêm ácidos orgânicos, e estes, por sua vez, agem na dissolução do colóide, alimentando o P na solução do solo (CHIEN & MENON, 1995). A menor ação de decomposição microbiana, decorrente do menor contato com o solo, permite ocorrer produção contínua de ácidos orgânicos, o que beneficia a aplicação superficial do calcário e fósforo, mediante a formação de complexos, reduzindo o alumínio e aumentando a mobilidade de Ca e Mg, ficando esta ação restrita à camada de 2,5 cm do solo (AMARAL et al., 2004).

As condições ambientais criadas pelo acúmulo de resíduos vegetais levam a crer que a dinâmica dos nutrientes é diferente no SPD, 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.

A escolha de espécies vegetais para introdução nos sistemas de culturas depende da adaptação delas às condições de clima de cada região e do interesse do produtor (SILVA; ROSOLEM, 2001). Segundo Alvarenga et al. (2001) e Chaves e Calegari (2001) as espécies escolhidas devem crescer bem em condições de baixa a média fertilidade do solo, e devem ter capacidade de adaptação a baixos valores de pH do solo (ERNANI et al., 2001). Segundo Carvalho e Sodré Filho (2000), as espécies utilizadas como cobertura do solo na região do Cerrado devem apresentar rusticidade, crescimento inicial rápido e alta produção de biomassa

na época da seca. A produção de fitomassa das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias (AMADO et al., 2002) e principalmente do seu sistema radicular. Quanto mais o sistema radicular penetrar no solo, tanto maior será a produção de biomassa, além de promover a descompactação do solo.

Segundo Alvarenga et al. (2001), com a introdução do milheto, do sorgo granífero, do sorgo forrageiro e, mais recentemente, o capim pé de galinha, houve aumento significativo da expansão do sistema plantio direto na região do Cerrado. Estas espécies de cobertura fornecem palhadas mais duradouras na superfície do solo que, com seus sistemas radiculares agressivos, exploram um amplo perfil de solo, extraindo e reciclando nutrientes não absorvidos pelas culturas anuais cultivadas no verão.

Magalhães et al. (2000) relatam que o sorgo é uma excelente alternativa como cultura de cobertura de inverno no estabelecimento do SPD, por causa da sua resistência às condições de déficit hídrico, com elevada capacidade de aproveitamento da água e conversão em fitomassa seca. Segundo Mateus (2003), essa espécie produz altos níveis de massa seca (M.S.) mesmo sob condições climáticas desfavoráveis para a maioria das culturas e reduz a infestação de plantas daninhas na cultura da soja em plantio direto (MATEUS et al., 2004).

No período de inverno, no Mato Grosso do Sul, o milheto tem se constituído em uma boa opção de cultivo (SALTON; KICHEL, 1997), assim como no restante de toda a região do Cerrado, fornecendo quantidade razoável de M.S., que vem permitindo o sucesso na semeadura direta da cultura posterior. No mesmo Estado, Pereira (1990) chegou a obter 9,2 t ha⁻¹ de M.S. no florescimento, aos cinquenta dias após a emergência. No entanto, segundo Alvarenga et al. (2001), 6 t ha⁻¹ de massa seca na superfície é quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo.

Cordeiro e Souza (1999) constataram que, além da elevada produção de massa seca, a cobertura vegetal morta do milheto influenciou positivamente algumas características agrônômicas da cultura da soja e, em especial, a produtividade de grãos. Da mesma forma, Delavale (2002), na implantação do SPD, verificou incremento significativo na altura de plantas e na produtividade de soja, em função da cobertura vegetal de milheto. Silva (1998), ao estudar a nutrição da soja em função da cultura anterior, obteve melhores resultados com as gramíneas de verão milheto e sorgo, respectivamente, por apresentarem as maiores capacidades de produção de M.S. da parte aérea e conseqüentemente maiores acúmulos de nutrientes.

Pelá et al. (1999) avaliaram a resistência à decomposição de dez espécies de cobertura. Os resultados obtidos mostraram que o milheto foi o material mais resistente, apresentando

uma porcentagem de perda, ao longo de 73 dias, de 44,4%. Kliemann et al. (2006) estudando o comportamento de culturas de cobertura do solo, em relação às taxas de decomposição dos resíduos, verificaram que as palhadas mais frágeis e menos persistentes, em ordem decrescente foram: mombaça > sorgo > milho > estilosantes > guandu > braquiária solteira > braquiária consorciada.

Em estudo para avaliar a velocidade de decomposição da palhada de milho e sorgo, bem como o acúmulo de nutrientes na fitomassa e sua mineralização, Moraes (2001) observou que a taxa média de decomposição da palhada é maior nos primeiros 42 dias e que a mineralização dos nutrientes é mais acentuada nos primeiros 63 dias após a dessecação e rolagem dos resíduos.

Estudando o desenvolvimento e a extração de nutrientes em diferentes espécies de verão em função da compactação do solo, Pace et al. (1999) verificaram que o sorgo de Guiné e o milho foram as espécies com maior potencial para o manejo do solo com problemas de compactação, pois apresentaram um crescimento radicular superior às demais, além de, em média, produzirem duas vezes mais M.S. na parte aérea quando comparados ao girassol, *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*.

Para alcançar melhores resultados com o uso de plantas de cobertura, é de fundamental importância considerar o nível tecnológico do agricultor, as condições edafoclimáticas e conhecer com profundidade os inúmeros detalhes referentes às espécies de adubo verde, visando obter algumas vantagens como: aumento de carbono orgânico no solo, suprimento de nitrogênio, descompactação, diminuição de pragas e doenças, supressão de invasoras, agregação do solo, etc. (CALEGARI, 2001).

Em diversas regiões do Brasil está iniciando-se a adoção do sistema plantio direto, porém é pouco o conhecimento sobre plantas de cobertura que possam produzir quantidade de matéria seca suficiente para o sistema, e, conseqüentemente, manter ou elevar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas comerciais. Portanto, há necessidade de se conhecer o modo correto de aplicação desse sistema, em relação ao cultivo de gramíneas como plantas de cobertura do solo (OLIVEIRA et al., 2002).

2.3 Calagem no sistema plantio direto

A calagem é uma prática essencial 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 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). Esta prática aumenta o pH do solo, neutraliza o Al e Mn tóxico do solo, fornece cálcio e magnésio como nutrientes, além de favorecer o desenvolvimento de bactérias como a *Bradyrhizobium japonicum*, fornecedoras de nitrogênio para a cultura da soja, bem como tornar mais disponíveis no solo nutrientes como o P, Mo, S e B (CAMARA, 2000).

A expansão do SPD tem gerado intenso questionamento na área de fertilidade do solo, embora os corretivos e fertilizantes têm sido recomendados baseando-se em critérios adotados para o preparo convencional. Rheinheimer et al. (2000) salientaram que para o sistema convencional de cultivo ou quando da implantação do sistema plantio direto, 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.

Essa prática altera algumas características físicas do solo, diminuindo a porosidade, a distribuição de tamanho e a estabilidade dos agregados, além de destruir os canais resultantes do crescimento radicular e da atividade biológica, o que prejudica a infiltração de água, aumentando o escoamento superficial e facilitando a erosão (FUCKS et al., 1994). Isso é preocupante, pois de acordo com Cargnelutti et al. (1996) são necessários cerca de três anos de plantio direto para recuperar de 50 a 90% dos agregados destruídos pela mobilização do solo.

O calcário, quando misturado ao solo e na presença de água, dissolve-se e o carbonato de cálcio dissocia-se de acordo com a seguinte reação (BOHNENM, 2000, QUAGGIO, 2000).



Os produtos da dissolução do calcário reagem com os colóides do solo, e nessa reação os íons Ca^{2+} deslocam os íons Al^{3+} ligado nas partículas coloidais para a solução de equilíbrio. Enquanto isso, o pH do meio é aumentado, pois, os íons HCO_3^- , provocam a dissociação dos íons H^+ , formando água e gás carbônico. Com a elevação do pH, os íons Al^{3+} hidratados, sofrem hidrólise. Os íons H^+ , provenientes da hidrólise do Al^{3+} são neutralizados por hidroxilas oriundas da dissolução do calcário (QUAGGIO, 2000).

A reação do calcário é restrita a uma pequena distância do local da aplicação, assim, o benefício máximo é obtido com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e a mais

profunda incorporação (RAIJ et al., 1996), porém, isso não é possível no sistema plantio direto, visto que não há o revolvimento do solo. A calagem superficial no SPD tem gerado intenso questionamento quanto a eficiência ou não dessa prática (SÁ, 1995), pois os materiais usados como corretivos da acidez na agricultura são pouco solúveis em água, e apresentam baixa mobilidade no solo (CAIRES et al., 1998). Além do que, no SPD faltam informações a respeito da reação do calcário na superfície do solo, bem como das conseqüências das alterações das características químicas do solo, sobre a nutrição mineral e produção das culturas (CAIRES et al., 1999). Este mesmo autor salienta ainda que no SPD, como a calagem é realizada superficialmente, sem incorporação, espera-se que a ação do calcário seja muito mais lenta e restrita às camadas superficiais do solo, o que torna a eficiência dessa prática incerta.

No entanto, as evidências quanto ação benéfica da calagem superficial, atuando nas primeiras camadas abaixo da superfície do solo (0-5 e 5-10 cm), vêm sendo observadas em diferentes condições de solo e clima. Assim, os trabalhos de Caires et al. (1996), Sá (1996), Caires et al. (1998) e Pöttker e Ben (1998) confirmaram que o calcário em superfície corrige a acidez, aumentando significativamente o pH e elevando os teores de Ca e Mg trocáveis do solo até a profundidade de 5 cm e, em menor grau, na camada de 5-10 cm. Esses efeitos podem ser explicados pela 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 podem auxiliar a movimentação descendente de suas partículas, mas não além da profundidade da semeadura (RHENHEIMER et al., 2000). A atuação do calcário em profundidade está atribuída à movimentação física de suas partículas no perfil do solo. A porosidade devido aos canalículos de raízes mortas (OLIVEIRA; PAVAN, 1994), galerias abertas pela macro e mesofauna do solo (SÁ, 1996) permitiriam o deslocamento das partículas finas de calcário através do movimento descendente da água.

Uma outra possibilidade da ação do calcário aplicado em superfície nas camadas mais profundas do solo foi relatada por Miyazawa et al. (1996) e Caires (2000). Estes autores mencionam que a correção da acidez em subsuperfície está associada à reduzida taxa de decomposição dos ligantes orgânicos presentes no material vegetal depositado na superfície do solo. Estes ligantes, complexam o Ca trocável na superfície do solo, formando complexos CaL^0 ou CaL^- . A alteração da carga do Ca facilita sua mobilidade no solo. Como há maior disponibilidade de água, os complexos Ca-orgânicos são lixiviados até as camadas mais profundas, onde o Ca é deslocado pelo Al trocável do solo, porque os íons Al^{+3} formam complexos mais estáveis do que o Ca, diminuindo a acidez trocável e aumentando o Ca

trocável, podendo ocorrer também com o íon Mg. No entanto, o efeito do resíduo vegetal na mobilidade dos produtos da dissolução do calcário no solo varia com a espécie da planta, com as variedades de uma mesma espécie (MEDA et al., 2002) e com o estágio em que a planta é manejada (FRANCHINI et al., 2003).

Sendo assim, inúmeras são as evidências à ação benéfica da calagem superficial atuando abaixo da superfície do solo. Vários resultados de pesquisa têm demonstrado a formação de uma frente alcalinizante, que avança lentamente, neutralizando a acidez de subsuperfície, onde foram observados aumentos de pH, Ca trocável e redução do Al tóxico (CAIRES et al., 1996, AMARAL, 1998, CAIRES et al., 1999, RHEINHEIMER et al., 2000, FRANCHINI et al., 2000, CAIRES; FONSECA, 2000, MIRANDA et al., 2005, CAIRES et al., 2006).

A redução do Al trocável e o aumento do pH e teores de Ca e Mg do solo, também foi observada por Caires et al. (1999) até a profundidade de 0,40m em um LATOSSOLO VERMELHO, 18 meses após aplicação superficial de calcário. Lima (2001) em um NITOSSOLO VERMELHO Distrófico, verificou aumento do pH e da saturação por bases até a profundidade de 0,40m, apenas 5 meses após aplicação superficial de calcário na implantação do SPD.

O tempo de reação do calcário aplicado na superfície em plantio direto pode variar em função da dose, das características químicas e físicas do solo, do manejo da adubação, do sistema de rotação de culturas (manejo dos resíduos), da reatividade do calcário e da precipitação pluvial (CAIRES, 2000, COSTA, 2000). Dessa forma, a eficiência do calcário em superfície pode ser diferente, dependendo da região e da forma de cultivo.

Um outro ponto a ser destacado, que pode influenciar nos efeitos da calagem e na velocidade de reação do calcário no solo, é a qualidade do corretivo. No Brasil são poucos os trabalhos desenvolvidos sobre a ação dos corretivos em função da granulometria (RAIJ, 1977, BELINGIERI et al., 1989, MELLO et al., 2003). O efeito da qualidade do calcário (PRNT) no pH do solo sob condições de campo foi avaliado por Harby et al. (1979). De acordo com os autores, calcário tendo um valor neutralizante e granulometria que forneça um valor de PRNT de 50 % ou mais, é adequado para aumentar o pH em solos ácidos. Gonçalves (2003) menciona que em sistema plantio direto, calcário com granulometria mais fina apresenta maior reatividade que calcário com granulometria mais grosseira. No entanto, a velocidade de reação do corretivo e o efeito residual são duas grandezas inversas, que se contrapõe. Os materiais finamente moídos reagem rapidamente no solo, mas seu efeito é mantido por um período mais curto do que de materiais mais grosseiros. Coelho (2004) relata que em alguns

casos, como em SPD já estabelecido, necessita de corretivos com maior reatividade (alto PRNT), e em outras ocasiões, que visam efeito residual mais prolongado, há necessidade de corretivos com granulometria mais grosseira. Mello et al. (2003) verificaram que a aplicação de doses mais elevadas de calcário, com maior granulometria (PRNT 56%), mostrou efeito residual prolongado para a correção da acidez do solo, em relação às doses do calcário mais fino (PRNT 90%).

A eficiência da aplicação superficial de calcário em SPD pode ser verificada pelo aumento na produtividade de grãos obtida por alguns autores. Caires et al. (2000) verificaram aumentos de produtividade de soja em função da aplicação superficial de calcário em plantio direto já estabelecido, enquanto que Barizon (2001) verificou o aumento na produtividade de grãos de soja, com a calagem superficial na implantação do SPD. 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. Caires et al. (2001) constataram que a aplicação de calcário na superfície do solo em plantio direto, melhorou a nutrição da soja, aumentando a produção de grãos, em decorrência da maior disponibilidade e absorção de Mg e da redução dos teores foliares de Zn e Mn. Já Mello (2001) e Lima (2004) com aplicação superficial de calcário na implantação do SPD verificaram incrementos na produtividade do milho.

Estudos como o de Caires et al. (2000) demonstram a viabilidade da aplicação do 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. No entanto, a menor resposta das culturas à calagem no SPD, pode também estar relacionada com o baixo efeito tóxico do Al decorrentes 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 a elevação na concentração de cátions trocáveis, mesmo em condições de alta acidez.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização e localização da área experimental

O experimento foi realizado, na fazenda experimental da UNESP - Campus de Ilha Solteira, 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 Köppen, apresentando temperatura, precipitação e umidade relativa média anual de 24,5°C, 1370 mm e 64,8%, respectivamente (HERNANDEZ et al., 1995).

O solo 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, segundo a denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1999).

A área experimental estava sob pivô central e foi anteriormente cultivada com a cultura da soja no sistema convencional.

3.2 Tratamentos

Os tratamentos utilizados foram duas culturas de cobertura do solo (milheto – *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown e sorgo – *Sorghum bicolor* (L.)), duas granulometrias de calcário (PRNT 100% e PRNT 82%) e quatro doses de calcário (0,25, 0,50, 1,0 e 2,0 vezes a dose calculada para elevar o V% a 60), além da não aplicação do insumo (dose zero). As

doses de 0,25, 0,50, 1,0 e 2,0 corresponderam respectivamente a 189, 378, 756 e 1512 kg ha⁻¹ para o calcário com PRNT de 100% e 230,5, 461,0, 922,0 e 1844,0 kg ha⁻¹ para o calcário com PRNT de 82%.

O resumo dos tratamentos e as características dos calcários utilizados encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento.

Culturas de cobertura do solo	Tipos de calcário	Doses (kg ha⁻¹)
Milheto	Sem calcário	0,0
Milheto	PRNT 100%	0,25 (189,0)
Milheto	PRNT 100%	0,50 (378,0)
Milheto	PRNT 100%	1,0 (756,0)
Milheto	PRNT 100%	2,0 (1512,0)
Milheto	PRNT 82%	0,25 (230,5)
Milheto	PRNT 82%	0,50 (461,0)
Milheto	PRNT 82%	1,0 (922,0)
Milheto	PRNT 82%	2,0 (1844,0)
Sorgo	Sem calcário	0,0
Sorgo	PRNT 100%	0,25 (189,0)
Sorgo	PRNT 100%	0,50 (378,0)
Sorgo	PRNT 100%	1,0 (756,0)
Sorgo	PRNT 100%	2,0 (1512,0)
Sorgo	PRNT 82%	0,25 (230,5)
Sorgo	PRNT 82%	0,50 (461,0)
Sorgo	PRNT 82%	1,0 (922,0)
Sorgo	PRNT 82%	2,0 (1844,0)

Tabela 2. Características dos calcários utilizados no experimento.

Amostra	CaO	MgO	RE	PN - Determinado	PRNT
	(%)				
Calcário 1	32,5	18,7	93,4	107,1	100,0
Calcário 2	32,2	13,9	74,8	109,4	82,0

3.3 Delineamento experimental e tamanho das parcelas

Visando facilitar a semeadura, as culturas de cobertura do solo foram dispostas em faixas no sentido longitudinal da área experimental, com três faixas para cada cultura. As doses e os tipos de calcários foram distribuídos ao acaso dentro de cada faixa. Sendo assim, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições.

Cada faixa possuía dimensões de 3,5m de largura por 100,0m de comprimento, totalizando uma área de 350 m², enquanto que as parcelas ficaram com uma área de 35m² (3,5m x 10m).

3.4 Instalação e condução do experimento.

Antes da instalação do experimento, coletou-se na área experimental, amostras de solo visando caracterizá-lo quimicamente. A amostra encaminhada ao laboratório foi composta de vinte subamostras coletadas aleatoriamente em toda área experimental. As camadas de solo amostradas foram 0,0 – 0,05, 0,05 – 0,10, 0,10 – 0,20, 0,20 – 0,40 e 0,0 – 0,20m. Os resultados desta análise encontram-se na Tabela 3.

Através do resultado obtido na camada de 0,0 – 0,20m, realizou-se os cálculos para determinação da dose (dose 1,0) de cada calcário a ser aplicada no solo, para elevar o V% a 60, conforme a metodologia de Raij et al. (1996). Os valores obtidos foram respectivamente, 756,0 e 922,0 kg ha⁻¹ para o calcário com PRNT de 100% e PRNT de 82%.

A distribuição das doses dos respectivos calcários foram realizadas no final do mês de maio (31/05/2006). A aplicação foi realizada manualmente a lanço, sem posterior incorporação, procurando-se evitar ao máximo a deriva do insumo.

Tabela 3. Caracterização química do solo da área experimental. Ano 2006.

Profundidade m	P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂								V %
				K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	
0,00 – 0,05	13	17	4,8	1,7	17	8	32	0	27	58	46
0,05 – 0,10	16	19	4,8	1,4	15	8	32	0	24	57	43
0,10 – 0,20	15	18	4,7	1,2	14	7	33	1	22	56	40
0,20 – 0,40	5	12	4,7	1,1	10	5	29	1	16	46	36
0,00 – 0,20	18	18	4,8	1,1	20	9	33	1	30	63	48

Logo após aplicação do calcário (06/06/06), realizou-se a semeadura mecânica do milho e do sorgo, visando cobertura do solo. Para isto, utilizou-se a semeadora/adubadora da marca Baldan, modelo SPD-1600, provida de 6 linhas de semeadura espaçadas a 0,34m. Para ambas culturas, adotou-se o mesmo espaçamento entre linhas (0,34m). A quantidade de semente utilizada na semeadura do milho foi de 20 kg ha⁻¹ da variedade BN-2, enquanto que, para o sorgo semeou-se 8 kg ha⁻¹ do híbrido COBEXP04 da empresa Monsanto Imagine. Não foi realizado nenhum tipo de adubação na semeadura das culturas de cobertura, ficando apenas o residual dos cultivos anteriores.

No dia 25/10/06 manejou-se quimicamente o sorgo e o milho com herbicida a base de glyphosato na dose de 1188 g i.a. ha⁻¹. Após dessecação, as plantas foram manejadas mecanicamente com o implemento rolo faca. Foi necessário uma segunda dessecação, com o mesmo herbicida, devido a rebrota das plantas, esta aconteceu após 25 dias (20/11/06) da primeira aplicação.

No dia seguinte realizou-se a semeadura da cultura da soja com semeadora/adubadora apropriada para o sistema plantio direto, com sistema da botinha na distribuição do adubo. A emergência das plantas ocorreu no dia 27/11. Adotou-se o espaçamento de 0,45m na entre linha com 16 sementes por metro. A adubação foi baseada nas recomendações de Mascarenhas e Tanaka (1996), optando-se em utilizar 250 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 no sulco de semeadura. No dia da semeadura realizou-se o tratamento e a inoculação das sementes, conforme recomendações da EMBRAPA (2004). O tratamento foi realizado com o fungicida carboxin-thiram na dose de 50 + 50 g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes, e a inoculação foi realizada com inoculante líquido, objetivando atingir 600 mil células/semente.

A variedade utilizada foi a Conquista recomendada para solos de média a alta fertilidade dos Estados da BA, MG, GO, MT e MS. Apresenta ciclo médio (ao redor dos 135 dias), hábito de crescimento determinado, altura de planta variando de 0,75 a 0,90m, altura da primeira vagem em torno de 0,15m, massa de 100 semente em torno de 16,7g, hipocótilo e flor roxa e tegumento de coloração amarelada. O período favorável de semeadura compreende entre os meses de outubro a dezembro, com densidade populacional variando de 260 a 360 mil planta ha⁻¹.

O manejo das plantas daninhas foi realizado com aplicação dos herbicidas lactofen + bentazon, respectivamente nas doses de 120 + 480g i.a. ha⁻¹. Uma segunda aplicação foi realizada devido brotação das culturas de cobertura, neste caso optou-se pela aplicação do herbicida clethodim, fenoxaprop-P-ethyl na dose de 40g i.a. ha⁻¹. Para o controle de percevejos e lagartas realizaram-se duas aplicações de inseticidas, utilizando-se o endossulfan na dose de 350g i.a. ha⁻¹ e o beta-cyflutrin + imidacloprid na dose de 50 + 6,25g i.a. ha⁻¹. Realizou-se ainda duas aplicações fúngicas preventivas, utilizando-se o epoxiconazole + pyraclostrobin na dose de 33,3 + 12,5g i.a. e o tebuconazole na dose 75g i.a. ha⁻¹.

3.5 Amostragens e avaliações

3.5.1 Culturas de cobertura

Quando as culturas estavam em pleno florescimento (19/09/06), realizou-se uma amostragem da parte aérea para estimativa da massa seca. Para isso, coletou-se em cada parcela 2 linhas de 0,5m de comprimento. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar forçado a 60 – 70 °C, até massa constante. Após secagem o material foi pesado e estimou-se a massa seca da parte aérea por hectare, produzida por essas culturas.

A avaliação da porcentagem de cobertura do solo proporcionada pelo milheto e pelo sorgo foi iniciada logo após a semeadura da soja. As avaliações foram realizadas aos 3, 15 e 28 dias após semeadura da soja (DAS), na entre linha da cultura. Após os 28 DAS não mais avaliou-se, pois a soja já cobria toda superfície do solo. Procurou-se realizar as leituras sempre no mesmo local, para isso, em cada parcela, demarcou-se os locais de leitura com duas estacas. A metodologia utilizada para determinação da porcentagem de cobertura do solo foi a do ponto quadrado de Speeding e Large (1957).

3.5.2 Cultura da soja

Estado nutricional das plantas: no florescimento pleno da soja (estádio R2), coletou-se na área útil de cada parcela a terceira folha totalmente desenvolvida a partir do ápice na haste principal, conforme metodologia de Raij et al. (1996). No total, coletou-se aleatoriamente em cada parcela 30 folhas, as quais foram levadas ao laboratório, lavadas com água corrente e detergente a 1% e posteriormente em água destilada e deionizada. O material foi acondicionado em sacos de papel e colocado para secar em estufa de circulação e renovação de ar forçado a 60-70°C até massa constante. Após secas, as folhas foram moídas, em moinho tipo Willey, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia de Malavolta et al. (1997).

Características agronômicas: aos 129 DAS, quando as plantas estavam no estágio R8 de desenvolvimento, realizou-se a colheita da soja. Para determinação da altura de planta, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta coletou-se cinco plantas seguidas em uma das linhas da área útil de cada parcela. A altura de planta e altura de inserção da primeira vagem foi determinada, respectivamente, medindo-se do colo da planta à extremidade apical e do colo da planta à inserção da primeira vagem. O número de vagens por plantas foi obtido pela razão entre o total de vagens viáveis e o número de plantas amostradas.

Para estimativa da produtividade de grãos, coletou-se, dentro da área útil da parcela, uma amostra com todas as plantas contidas em três linhas de três metros de comprimento. Estas plantas, após secagem ao sol, foram trilhadas mecanicamente por uma trilhadora estacionária e os grãos obtidos foram abanados para retirar as impurezas e acondicionados em sacos de papel. Com auxílio de uma balança de precisão (0,01g), obteve-se a massa dos grãos de cada amostra, sendo 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 à 13% de umidade (base úmida).

Simultaneamente à avaliação de produtividade, realizou-se a determinação da massa de mil grãos. Para isso, em cada amostra contou-se a respectiva quantidade de grãos, e com auxílio de uma balança de precisão (0,01g) obteve-se a massa. O valor obtido também foi corrigido para 13% de umidade.

A determinação do estande foi realizada no mesmo dia da colheita. Foram contadas todas as plantas contidas em três metros de uma das linhas de cultivo na área útil da parcela.

3.5.3 Análise química do solo

Para caracterização química do solo, no dia 09/05/07 coletou-se amostras do solo de cada parcela nas profundidades de 0,0 – 0,05, 0,05 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m. Com auxílio de um trado de caneca, foram coletadas em cada parcela, cinco amostras simples por camada de solo, para compor uma amostra. Após tradagem, procurou-se eliminar os primeiros centímetros de solo da parte superior da caneca, para evitar contaminação. As amostras compostas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas ao laboratório, onde foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2mm de espessura. De acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983), determinou-se o pH e os teores de M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al, Al e os cálculos para o V%.

3.6 Análise estatística

A análise estatística foi realizada através da análise de variância com aplicação do teste “F”. As médias nos tratamentos culturas de cobertura do solo e tipos de calcário foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto que, para as doses aplicadas utilizou-se a análises de regressão polinomial. Para isto, utilizou-se o programa estatístico SANEST.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos resultados em algumas avaliações apresentou interação dupla significativa entre os tratamentos, nestes casos, as médias foram apresentadas nos desdobramentos.

4.1 Culturas de cobertura do solo

4.1.1 Massa seca da parte aérea

Na avaliação de produção de massa seca da parte aérea pelas culturas de cobertura do solo, verifica-se, na Tabela 4, que houve efeito significativo entre as culturas de cobertura, tipos de calcário, doses de calcário e na interação entre tipos e doses de calcário.

Tabela 4. Valores de F e coeficiente de variação (CV%) obtidos na análise de variância para produção de massa seca da parte aérea, em função do tipo de cultura de cobertura, calagem e doses de calcário.

Causa da Variação	Valor de F
Cobertura (Cob.)	51,73**
Calcário (Cal.)	8,86**
Doses (Dos.)	3,45**
Cob. x Cal.	0,28 ^{ns}
Cob. x Dos.	1,46 ^{ns}
Cal. x Dos.	4,48**
CV (%)	14,61

** e ns são, respectivamente, significativo a 1% e não significativo para o teste F de análise de variância.

Analisando a Tabela 5, verifica-se que o sorgo foi a cultura que apresentou maior produção de massa seca na parte aérea. Porém, ambas culturas produziram valores muito acima do proposto por Alvarenga et al. (2001), que é de 6 t ha^{-1} para se obter uma boa cobertura do solo. Como a área experimental estava sob pivô central, o suprimento hídrico pode ter beneficiado o desenvolvimento das culturas e conseqüentemente acúmulo de massa seca.

Normalmente nas áreas de Cerrado não há este suprimento hídrico, o que pode acarretar valores de massa seca menores ao obtido neste trabalho, visto que, nesta época do ano há uma grande escassez de chuvas nestas áreas. Em cultivo de verão onde a disponibilidade hídrica é maior, Lima (2001) obteve 10 t ha^{-1} de massa seca da parte aérea com a cultura do milho.

Tabela 5. Valores médios de massa seca da parte aérea (kg ha^{-1}) das culturas de cobertura do solo em sucessão a soja na implantação do sistema plantio direto. Selvíria – MS, 2006.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea
Milheto	8350,5 b
Sorgo	10970,8 a
DMS Tukey (5%)	735,2

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação aos tipos de calcário e suas doses, verifica-se no desdobramento da interação (Tabela 6), que quando não se aplicou calcário (dose zero) a produção de massa seca foi semelhante para os dois tipos de insumo. Vale ressaltar que o pH do solo sem correção era igual a 4,8 (Tabela 3), considerada acidez alta para Rajj et al. (1996). No entanto, as culturas de cobertura do solo apresentaram bom acúmulo de massa seca, o que evidencia uma boa adaptação a este ambiente. Comportamento semelhante foi obtido por Ernani et al. (2001), onde relatam que culturas de cobertura do solo na região do Cerrado devem ter capacidade de adaptação a baixos valores de pH do solo. Já para as doses de 0,25 e 0,5 da calculada, o calcário com PRNT de 100% proporcionou maior produção de massa seca em relação ao calcário com PRNT de 82%. Isso provavelmente devido a reação no solo do primeiro calcário ser mais rápida, beneficiada por suas características físicas (Tabela 2).

Esta maior reação proporcionou melhores condições ao solo para o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente maior acúmulo de massa seca. Este mesmo comportamento

não foi verificado com as doses 1,0 e 2,0. A maior quantidade aplicada do calcário com PRNT de 82% pode ter sido suficiente para proporcionar efeitos semelhantes ao proporcionado pelo calcário com PRNT de 100%.

Na Figura 1, encontra-se o efeito das doses em cada tipo de calcário e suas respectivas equações. Levando em consideração o curto espaço de tempo entre a aplicação do insumo e a semeadura das culturas de cobertura, verifica-se que as menores doses do calcário com PRNT de 100% já foram suficientes para refletir efeitos no acúmulo de massa seca das culturas, enquanto que, para o calcário com PRNT de 82%, para se conseguir efeito semelhante foi necessário aplicação do dobro da dose calculada.

Tabela 6. Desdobramento da interação significativa entre tipos e doses de calcário, na produção de massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹) das culturas de cobertura do solo na implantação do sistema plantio direto. Selvíria – MS, 2006.

Calcário/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	9731,0 a	10890,6 a	12018,5 a	9060,7 a	9314,0 a
PRNT 82%	9362,2 a	8280,5 b	9216,0 b	8032,8 a	10700,2 a
DMS Tukey (5%)	1644,1				
Calcário d. Doses	1644,1				

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

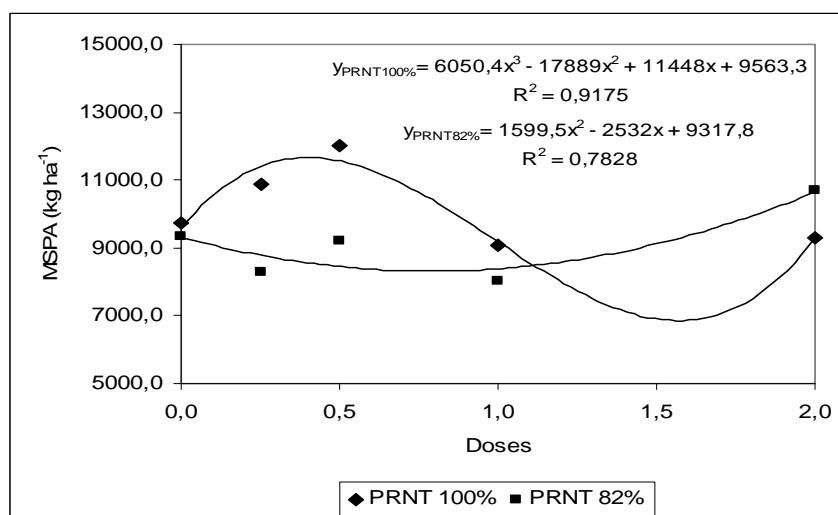


Figura 1. Massa seca da parte aérea (MSPA) de culturas de cobertura do solo, em função de doses e tipos de calcário aplicados na superfície do solo, na implantação do sistema plantio direto. Selvíria – MS, 2006.

4.1.2 Porcentagem de cobertura do solo

Com relação à porcentagem de cobertura do solo, verifica-se na Tabela 6 que análise de variância foi significativa apenas para o tipo de cobertura aos 3 e 15 DAS. Os demais tratamentos não influenciaram nesta avaliação.

Os valores médios da porcentagem de cobertura do solo em função do tipo de cobertura e tipo de calcário encontram-se na Tabela 7, enquanto que as médias obtidas pelas doses estão apresentadas na Figura 2.

Tabela 6. Valores de F e coeficiente de variação (CV%) obtidos na análise de variância para porcentagem de cobertura do solo, em função de culturas de cobertura, calagem e doses de calcário.

Causa da Variação	3 DAS	15 DAS	28 DAS
Cobertura (Cob.)	4,34*	4,46*	1,33 ^{ns}
Calcário (Cal.)	0,52 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Doses (Dos.)	0,42 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Cob. x Cal.	0,80 ^{ns}	2,66 ^{ns}	2,45 ^{ns}
Cob. x Dos	0,23 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Cal. x Dos.	0,98 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,76 ^{ns}
CV (%)	13,42	13,90	13,73

* e ns são, respectivamente, significativo a 5% e não significativo para o teste F de análise de variância.

Devido a maior produção de massa seca da parte aérea, o sorgo proporcionou maior porcentagem de cobertura do solo, diferindo significativamente do milho aos 3 e 15 DAS. Já na última avaliação (28 DAS) não houve mais diferença significativa entre as culturas de cobertura, porém, aproximadamente 50% da superfície do solo nas entre linhas da soja, estavam cobertas por palha. Levando em consideração que o sorgo proporcionou maior massa seca da parte aérea, e que aos 28 DAS não havia mais diferença na porcentagem de cobertura do solo proporcionada pelas culturas, pode-se inferir que a decomposição da palhada do sorgo foi mais rápida que a do milho. Pelá et al. (1999) avaliaram a resistência à decomposição de dez espécies de cobertura. Os resultados obtidos mostraram que o milho foi o material mais resistente, apresentando uma porcentagem de perda, ao longo de 73 dias, de 44,4%.

Kliemann et al. (2006), avaliando o comportamento de oito culturas de cobertura do solo, constataram que as palhadas mais frágeis e menos persistentes na superfície do solo, em ordem decrescente foram: mombaça > sorgo > milho > estilosantes > guandu > braquiária solteira > braquiária consorciada.

Sodré Filho et al. (2004), estudando diversas culturas de cobertura do solo, constataram que o milho apresentou elevada taxa de cobertura do solo, em duas diferentes épocas do ano, uma no período seco e outra no início das chuvas, onde as precipitações aliadas às altas temperaturas favorecem a decomposição dos resíduos sobre o solo.

Os demais tratamentos não influenciaram na porcentagem de cobertura do solo, variando, do início ao fim da avaliação, em torno de 70 a 50%, respectivamente.

Tabela 7. Valores médios da porcentagem de cobertura do solo obtida aos 3, 15 e 28 dias após semeadura da soja (DAS), em função de culturas de cobertura do solo e tipos de calcário, na implantação do sistema plantio direto. Selvíria – MS.

Tratamentos	3 DAS	15 DAS	28 DAS
Milho	64,0 b	59,7 b	51,5 a
Sorgo	68,9 a	64,4 a	49,3 a
DMS Tukey (5%)	4,7	4,5	3,6
PRNT 100%	65,6 a	61,6 a	50,6 a
PRNT 82%	67,3 a	62,4 a	50,3 a
DMS Tukey (5%)	4,7	4,5	3,6

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

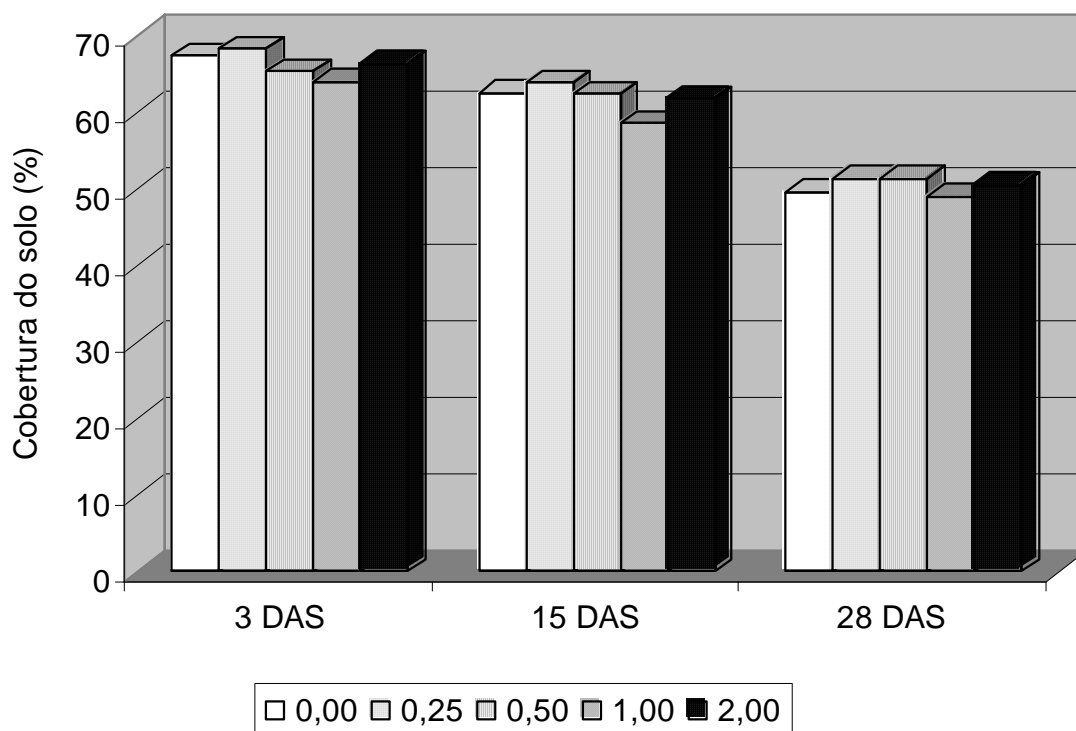


Figura 2. Valores médios da porcentagem de cobertura do solo proporcionadas pelas culturas de cobertura, aos 3, 15 e 28 DAS, em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo, na implantação do sistema plantio direto. Selvíria – MS, 2006/07.

A permanência da palha na superfície do solo é de fundamental importância para a manutenção do sistema plantio direto. Isso reforça a preocupação de produzir resíduos vegetais com decomposição mais lenta, o que significa manter o resíduo sobre o solo por maior período de tempo (CERETTA et al., 2002).

Mediante ao apresentado, constata-se que as culturas de cobertura são boas opções para o cultivo antecedente à soja no SPD, porém evidencia-se que a decomposição da palhada de milho é mais lenta em relação à do sorgo, o que é vantajoso para a sustentabilidade do sistema plantio direto.

4.2 Diagnóstico nutricional das folhas de soja

Na avaliação do estado nutricional das folhas de soja, verifica-se na Tabela 8 que o tratamento culturas de cobertura proporcionou efeito significativo apenas para o macronutriente S. Com relação aos demais tratamentos, o tipo de calcário proporcionou efeito significativo apenas para o Zn e as doses para Mg e Fe. Interagindo os tratamentos, observa-se

que houve efeito significativo para os nutrientes P, Ca, Mg e Fe na interação entre culturas de cobertura do solo e doses, e para Mg, Zn e Mn na interação entre tipos de calcário e doses.

Tabela 8. Valores de F e coeficiente de variação (CV %) para os teores nutricionais de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Zn e Mn) encontrados nas folhas de soja, em função de culturas de cobertura do solo, calagem e doses de calcário.

Causa de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn
Cobertura (Cob.)	2,2 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,2 ^{ns}	7,9 [*]	2,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}
Calcário (Cal.)	3,9 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}	2,3 ^{ns}	2,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	7,1 [*]	2,1 ^{ns}
Doses (Dos.)	1,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	5,6 ^{**}	1,2 ^{ns}	4,5 ^{**}	2,2 ^{ns}	3,6 ^{ns}
Cob. x Cal.	1,6 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	3,5 ^{ns}
Cob. x Dos.	1,0 ^{ns}	2,8 [*]	0,3 ^{ns}	5,0 ^{**}	10,9 ^{**}	1,0 ^{ns}	14,3 ^{**}	1,7 ^{ns}	1,2 ^{ns}
Cal. x Dos.	0,3 ^{ns}	1,5 ^{ns}	2,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}	6,3 ^{**}	0,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,4 ^{**}	2,7 [*]
CV (%)	5,7	11,4	13,4	12,3	12,1	8,6	10,6	14,5	9,5

** , * e ns são, respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo para o teste F de análise de variância.

Os valores médios para os teores dos macros e micronutrientes avaliados nas folhas de soja, em função do tipo de cobertura do solo e tipo de calcário, encontram-se na Tabela 9. Através dos resultados, verifica-se que nenhum destes tratamentos influenciou significativamente no teor de nitrogênio na planta, assim como para as doses aplicadas na superfície do solo (Figura 3). Por serem gramíneas, tanto o sorgo como o milho, apresentam alta relação C/N, o que retarda a degradação do material orgânico e, conseqüentemente, liberação do pouco nitrogênio que há na palhada destas culturas para o solo, o que pode ter influenciado na não resposta da soja para este tratamento. Sabe-se que a calagem exerce efeitos benéficos na fixação de nitrogênio, associados principalmente pela maior disponibilidade de Mo e redução da acidez do solo. Mesmo com aplicação de um calcário mais fino (Tabela 9) e com o dobro da dose calculada (Figura 3), não se obteve diferença significativa para o teor de nitrogênio na soja, quando comparado com a dose zero. No entanto, os teores encontrados estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura, segundo Rajj et al. (1996), que é de 40 a 54 g kg⁻¹ de M.S.

Tabela 9. Valores médios dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn e Mn, nas folhas de soja em função de culturas de cobertura do solo e tipos de calcário. Selvíria – MS, 2006/07.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn
	(g kg ⁻¹ de M.S.)						(mg kg ⁻¹ de M.S.)		
Milheto	46,3a	-(¹)	19,4a	-	-	2,3b	-	29,2a	160,8a
Sorgo	47,3a	-	18,8a	-	-	2,5a	-	30,1a	160,4a
DMS Tukey 5%	1,4	-	1,3	-	-	0,11	-	2,24	7,98
PRNT 100%	47,5a	2,9a	19,5a	12,2a	-	2,4a	100,0a	-	-
PRNT 82%	46,1a	2,9a	18,7a	12,0a	-	2,4a	102,7a	-	-
DMS Tukey 5%	1,4	0,17	1,3	0,77	-	0,11	5,63	-	-

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

(¹) Valores apresentados no desdobramento da interação.

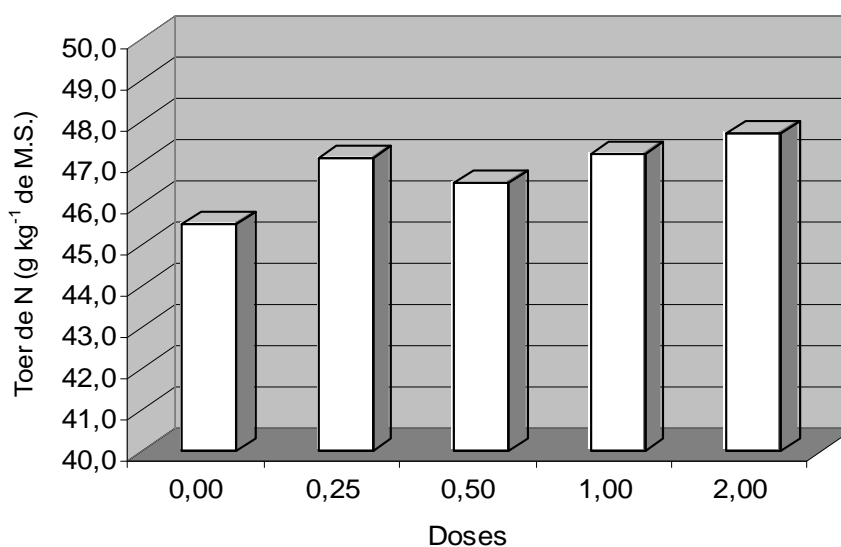


Figura 3. Valores médios de N nas folhas de soja, em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo na implantação do sistema plantio direto. Selvíria – MS, 2006/07.

Trabalhando com aplicação superficial de calcário em SPD, Caires e Fonseca (2000) e Caires et al. (1998), também não encontraram efeito significativo para o teor de N nas folhas de soja.

Com relação ao teor de fósforo, houve interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura do solo e doses de calcário. No desdobramento da interação (Tabela 10),

analisando o tratamento cobertura do solo dentro de cada dose, verifica-se que não houve efeito significativo nos teores deste elemento. No entanto, a análise de regressão realizada para as doses, apontou efeito cúbico significativo quando interagidas com a cultura do sorgo, como pode-se observar na Figura 4. Nota-se que, na área onde cultivou-se sorgo associado à aplicação de 0,25 e 0,5 dose de calcário, houve um incremento do nutriente nas plantas de soja. O maior acúmulo de massa seca e conseqüentemente maior cobertura do solo proporcionada pelo sorgo, em relação ao milho, pode ter beneficiado a ciclagem de nutrientes durante o processo de decomposição da palhada. Um outro ponto a destacar, é que, a melhor cobertura do solo proporcionada pelo sorgo, pode ter contribuído para uma maior retenção de umidade no solo, beneficiando a reação do calcário. Caires e Fonseca (2000), salientam que o plantio direto conserva a umidade nas camadas superficiais do solo, favorecendo a absorção de nutrientes pelas plantas. Neste mesmo trabalho, os autores ressaltam que a calagem proporciona aumento no pH do solo, ocasionando uma maior solubilização do P ligado ao Fe e Al, tornando-o disponível às plantas. Vale ressaltar também que no SPD há um acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo (0 – 0,10 m), fazendo com que as reações de fixação sejam minimizadas (COSTA, 2000), podendo resultar em benefícios no aproveitamento de P pelas plantas (ALMEIDA et al., 2003).

Tabela 10. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura do solo e doses de calcário para os teores de P (g kg^{-1} de M.S.) nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Cobertura/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milho	2,7	2,9	2,8	3,0	3,0
Sorgo	3,0	3,2	3,1	2,6	2,8
DMS Tukey 5%			0,4		
Cob. d. dos.					

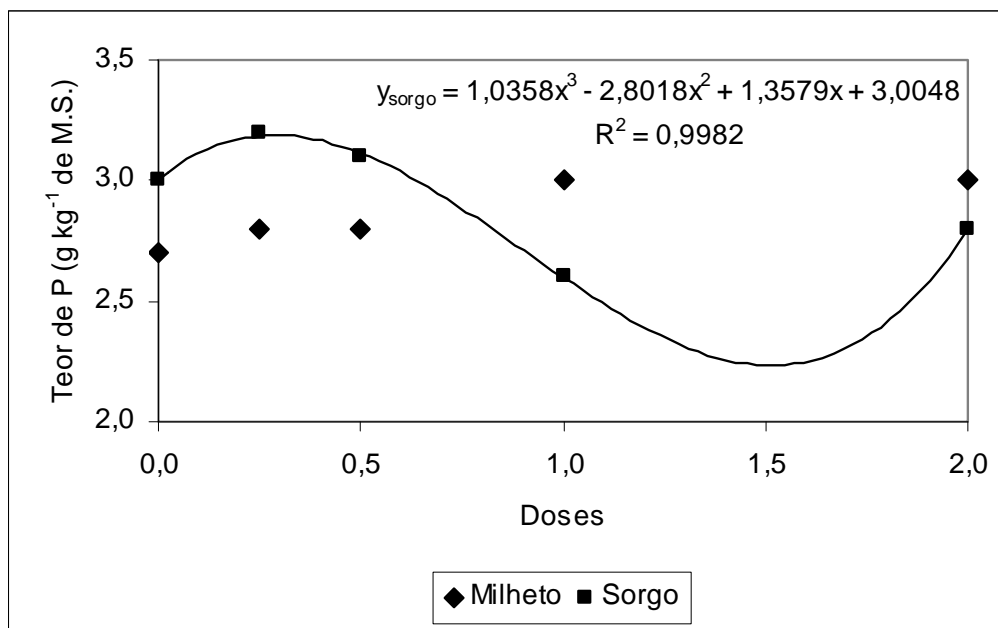


Figura 4. Análise de regressão para as doses de calcário associadas a culturas de cobertura do solo, para os teores de P nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Os valores médios obtidos em função de culturas de cobertura do solo e tipos de calcário para os teores de potássio nas folhas de soja, estão apresentados na Tabela 9, enquanto que os obtidos em função das doses de calcário, encontram-se na Figura 5. De acordo com análise estatística, verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados. No entanto, conforme os limites considerados adequados para a cultura da soja, segundo Raij et al. (1996), os teores obtidos encontram-se dentro do recomendado. A não resposta da soja, quanto aos teores foliares de potássio, em função da calagem no SPD, também foi verificada por Caires et al. (1998), Caires & Fonseca (2000) e Caires et al. (2003a). Em seus trabalhos, os autores justificam que este comportamento é devido à ausência do efeito da calagem sobre os teores de potássio no solo. Pela análise de solo realizada antes da instalação do experimento (Tabela 3), o teor de potássio na camada de 0 – 0,20m era de 1,1 mmol_c dm⁻³, valor considerado baixo para Raij et al. (1996). No entanto, os 250 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 aplicados no plantio, que adicionou ao solo 33,2 kg ha⁻¹ de potássio (0,42 mmol_c de K dm⁻³ de solo), foram suficientes para suprir as necessidades da planta, visto que os tratamentos não influenciaram no teor do nutriente e a planta não apresentou sintomas de deficiência.

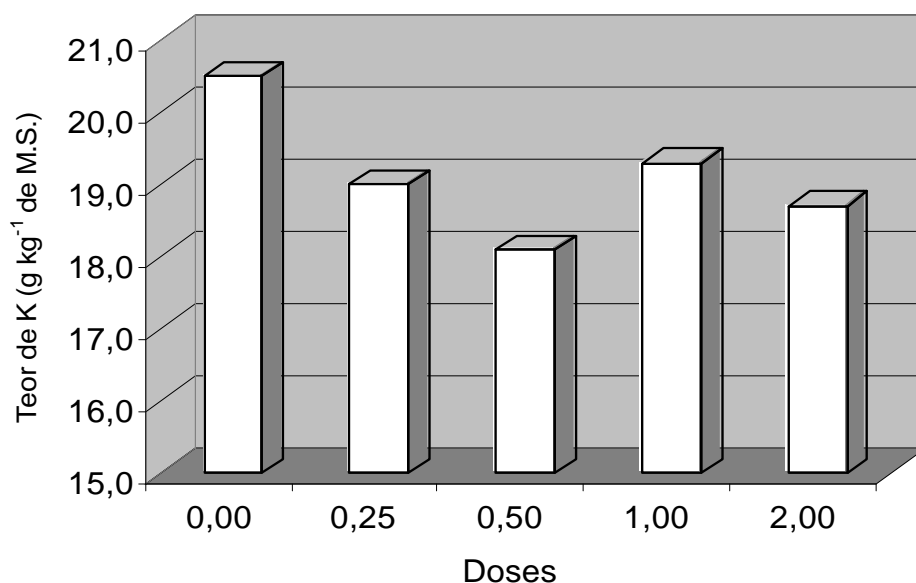


Figura 5. Valores médios do teor de K nas folhas de soja, em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo, na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2006/07.

O desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura do solo e dose de calcário para os teores de cálcio nas folhas de soja, está apresentado na Tabela 11 e Figura 6. Os tipos de calcário não influenciaram na concentração de Ca na soja. Analisando o efeito das culturas de cobertura dentro de cada dose (Tabela 11) verifica-se que não houve diferença significativa no teor de cálcio na soja com aplicação das doses de calcário. Com relação ao efeito das doses dentro do fator cobertura do solo, observa-se (Figura 6) que, conforme aumenta-se a dose de calcário na presença do sorgo, há aumento significativo do teor de Ca nas folhas de soja, enquanto que, onde cultivou-se milho não se verifica tal efeito. Conforme mencionado anteriormente, o maior acúmulo de massa seca e maior cobertura do solo proporcionada pelo sorgo, pode ter contribuído na retenção de umidade no solo, favorecendo a reação do calcário e conseqüentemente disponibilizando Ca para a soja. Caires e Fonseca (2000) não constataram efeito nos teores de Ca na soja mediante doses de calcário aplicadas em superfície. Já Miranda et al. (2005) constataram aumento no teor de Ca na planta, tanto na aplicação superficial como na aplicação incorporada de calcário, enquanto que, Caires et al. (2003a), comparando estas duas formas de aplicação, verificaram maior concentração de Ca quando o calcário foi incorporado.

Tabela 11. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura do solo e doses de calcário para os teores de Ca (g kg^{-1} de M.S.) nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Cobertura/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	12,8	12,1	12,5	11,8	12,5
Sorgo	11,7	12,2	11,6	12,4	13,7
DMS Tukey 5%			1,73		
Cob. d. dos.					

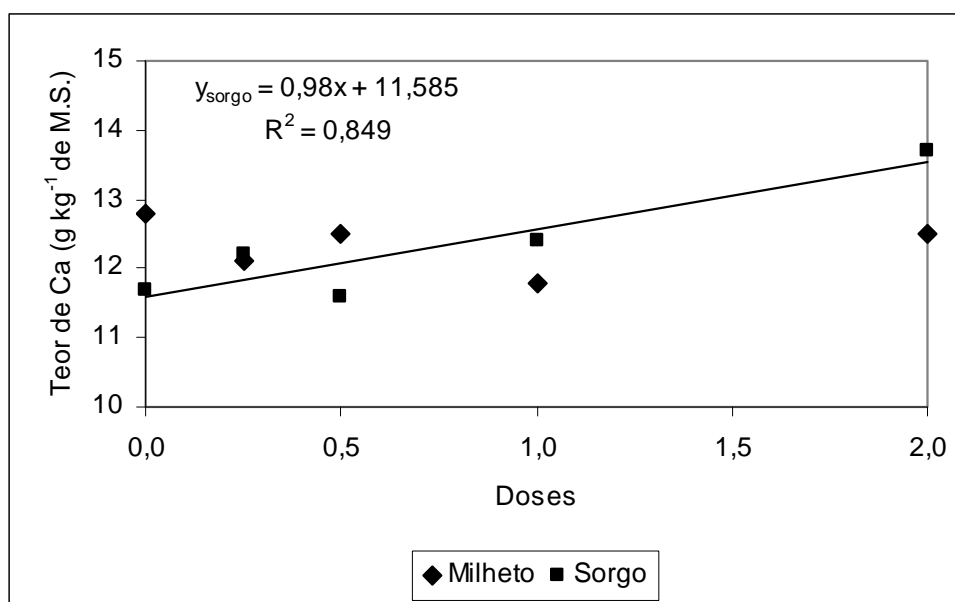


Figura 6. Análise de regressão para as doses de calcário associadas a culturas de cobertura do solo, para os teores de Ca nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Houve interação significativa entre os tratamentos tipos de calcário e culturas de cobertura com as doses de calcário para os teores de magnésio nas folhas de soja. No desdobramento das interações (Tabela 12), percebe-se que sem a realização da calagem (dose zero) houve um incremento no teor de Mg nas folhas de soja, quando esta foi semeada sobre palhada de sorgo, com isso, pode-se dizer que o sorgo é mais eficiente na ciclagem desse nutriente quando comparado com o milheto. No entanto, com aplicação de calcário no solo, esse mesmo comportamento só foi verificado quando se adicionou o dobro da dose recomendada (dose 2,0). Nas demais doses (0,25; 0,50 e 1,0) não houve diferença

significativa entre os tratamentos para o teor de Mg na planta. O comportamento das doses dentro de culturas de cobertura e tipos de calcário está demonstrado na Figura 7. Verifica-se que para as culturas de cobertura do solo houve efeito cúbico significativo, onde com a cultura do sorgo a maior concentração de Mg nas folhas de soja foi obtida quando não se aplicou calcário (dose zero), havendo uma queda da concentração do nutriente com as menores doses aplicadas, porém a partir da dose 1,0 observa-se incremento no teor do elemento na planta. No cultivo sobre resíduos de milho, percebe-se que houve um comportamento contrário ao do cultivo sobre palhada de sorgo, onde com as menores doses obteve-se maior concentração de Mg nas folhas de soja.

Com relação à interação entre os tipos e doses de calcário (Tabela 12), observa-se que houve diferença significativa somente na dose 2,0, onde o calcário mais fino proporcionou uma maior concentração de Mg na soja. Por ser de granulometria mais fina, há um melhor contato entre as partículas do insumo com as partículas do solo, acelerando o processo de reação. Isto provavelmente contribuiu para o incremento do elemento na planta, no entanto, isto só foi possível com aplicação do dobro da dose de calcário recomendada. Na Figura 7 é possível verificar que para o calcário com PRNT de 100%, houve um efeito quadrático obtendo menores teores de Mg com a dose 1,0. Já em relação ao calcário com PRNT de 82%, houve um decréscimo do teor do nutriente na planta conforme aumentou-se as doses aplicadas.

Tabela 12. Desdobramento das interações significativas entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário e tipos e doses de calcário para os teores de Mg (g kg^{-1} de M.S.) nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milho	5,8 b	5,6 a	5,7 a	4,9 a	4,7 b
Sorgo	7,0 a	5,5 a	5,0 a	5,6 a	5,8 a
DMS Tukey 5%			0,79		
Cob. d. Dos.					
PRNT 100%	6,0 a	5,7 a	5,8 a	5,1 a	5,7 a
PRNT 82%	5,7 a	5,9 a	5,9 a	5,4 a	4,7 b
DMS Tukey 5%			0,79		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

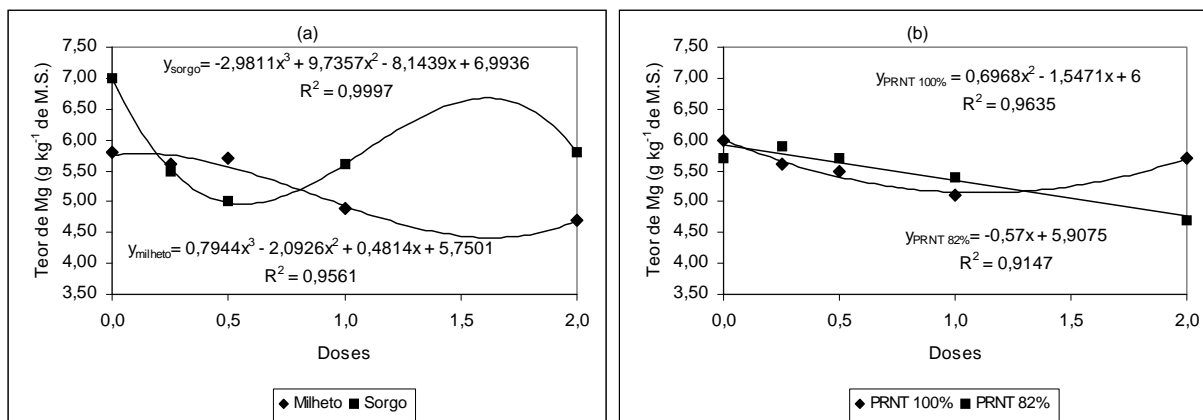


Figura 7. Análise de regressão realizada para as doses de calcário associadas a culturas de cobertura(a) e tipos de calcário (b), para o teor de Mg nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Apesar dos efeitos significativos proporcionados pelos tratamentos, o teor do elemento na planta manteve-se dentro do limite considerado adequado conforme citado em Raij et al. (1996). Mesmo sem aplicação do insumo verificou-se que a planta não apresentou deficiência do nutriente. Vale ressaltar que o solo na camada de 0 – 0,20m antes da instalação do experimento apresentava teor de Mg igual a $9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 3), valor considerado alto para Raij et al. (1996).

A concentração de enxofre nos tecidos foliares da soja foi significativamente maior quando cultivada sobre palhada de sorgo (Tabela 9). Como o sorgo produziu maior quantidade de massa seca, em relação ao milho, é possível que tenha disponibilizado maior quantidade de enxofre para o solo durante o processo de decomposição da palhada. Trabalhando com culturas de cobertura do solo, Oliveira et al. (2002) constataram que o sorgo e o milho acumulam maior quantidade de nutrientes na palhada a serem fornecidos ao solo para o cultivo seguinte. Os tipos de calcário (Tabela 9) e as doses (Figura 8) aplicadas na superfície do solo, não proporcionaram efeito significativo para o nutriente na planta. Com a realização da calagem o teor de enxofre nas camadas superficiais do solo pode ser reduzido, devido à liberação do sulfato adsorvido em decorrência do aumento do pH, com movimentação deste para o subsolo, conforme constatado por Caires et al. (1999) e Caires e Fonseca (2000). Os valores obtidos encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura da soja, segundo Raij et al. (1996).

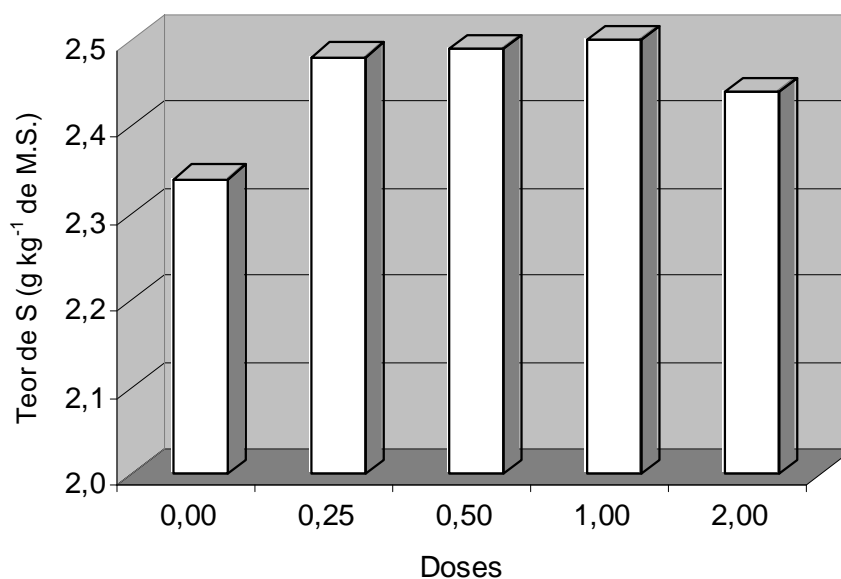


Figura 8. Valores médios de S nas folhas de soja, obtidos em função de doses de calcário aplicas na superfície do solo, na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2006/07.

Na Tabela 13, encontra-se o desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário, para o teor de ferro nas folhas de soja. Verifica-se que onde não se realizou a calagem (dose zero) e cultivou-se o sorgo como cultura de cobertura do solo, obteve-se uma maior concentração de ferro no tecido foliar da soja, diferindo significativamente de onde se cultivou milho como cultura de cobertura. Este comportamento também foi verificado quando se aplicou no solo metade da dose de calcário recomendada (dose 0,5). Nas demais doses (0,25; 1,0 e 2,0) não houve diferença significativa entre as culturas de cobertura nos teores foliares de Fe na soja. A análise de regressão realizada para as doses de calcário em cada tipo de cobertura do solo está apresentada na Figura 9. É possível constatar que onde cultivou-se sorgo como cobertura do solo, houve uma diminuição no teor Fe na soja, conforme aumentou-se a quantidade de calcário aplicada no solo. Esta redução pode ter sido devido à menor disponibilidade de Fe no solo, pois com a calagem, ocorre o aumento do pH do solo e conseqüentemente redução dos teores dos micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn. Na presença do milho como cobertura do solo, não houve diferença significativa entre as médias obtidas, no entanto, estas médias encontram-se dentro do limite considerado adequado para a cultura da soja, que é de 50 a 350 mg kg⁻¹ de M.S., segundo Raij et al. (1996).

Tabela 13. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário, para o teor de Fe (mg kg^{-1} de M.S.) nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Cobertura/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	94,8 b	95,8 a	89,9 b	91,9 a	87,1 a
Sorgo	110,8 a	105,9 a	110,3 a	103,3 a	98,5 a
DMS Tukey 5%	12,58				
Cob. d. dos.					

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

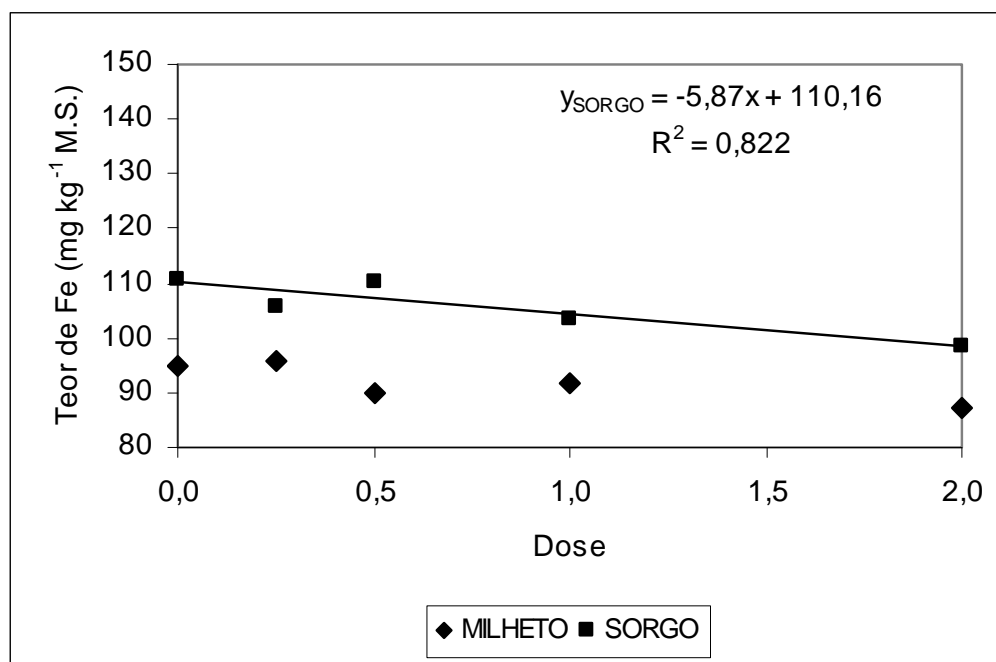


Figura 9. Análise de regressão realizada para as doses de calcário associadas a culturas de cobertura do solo, para os teores de Fe nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

O teor de zinco nas folhas de soja não foi influenciado pelo tipo de cobertura do solo (Tabela 9). No entanto, quanto aos tratamentos tipos e doses de calcário houve interação significativa para o teor de Zn na soja. No desdobramento desta interação (Tabela 14), verifica-se que não houve diferença significativa entre os tipos de calcário dentro de cada dose aplicada no solo. Analisando o comportamento das doses em cada tipo de calcário, observa-se na Figura 10, que em cada tipo de calcário o teor de Zn nas folhas de soja,

diminuíram significativamente conforme aumentou-se as dose aplicadas. Como descrito anteriormente, a aplicação de calcário no solo aumenta o pH, diminuindo a disponibilidade dos micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn. Esta pode ter sido a razão pela qual houve redução da absorção do Zn pela soja, porém, não se observou sintomas de deficiência do nutriente. Os valores obtidos estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura da soja, que é de 20 a 50 mg kg⁻¹ de M.S., segundo Raij et al. (1996).

Tabela 14. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário para os teores de Zn (mg kg⁻¹ de M.S.) nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Calcário/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	34,3	32,1	30,0	29,1	27,3
PRNT 82%	33,0	30,8	31,0	31,0	28,0
DMS Tukey 5%			3,02		
Cob. d. Dos.					

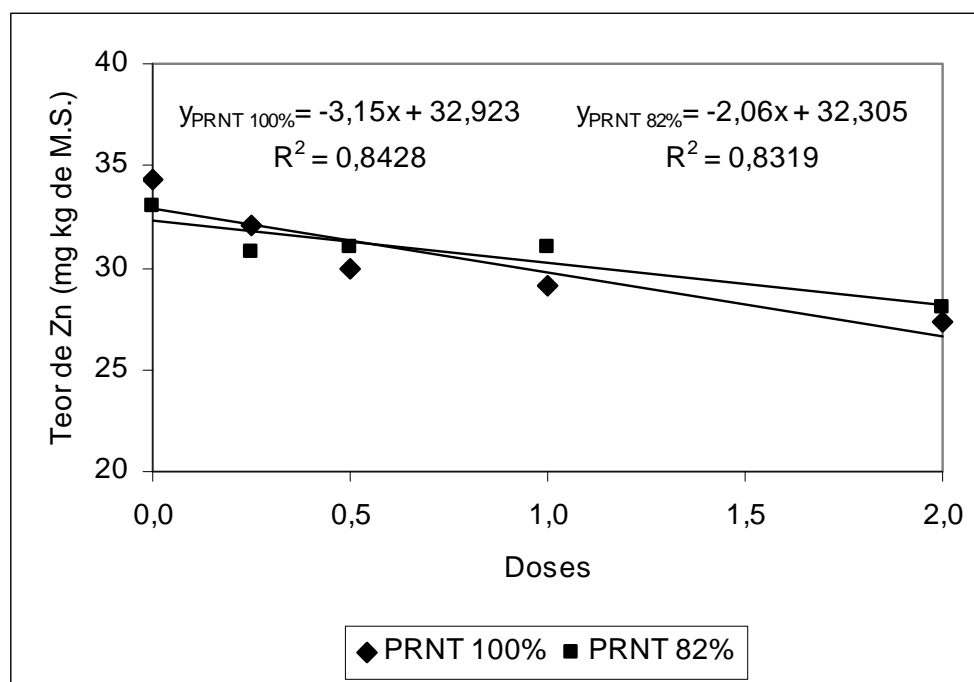


Figura 10. Análise de regressão para as doses de calcário associadas a tipos de calcário, para os teores de Zn nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Redução no teor foliar de Zn em soja, com aplicação superficial de calcário, também foi observada por Caires e Fonseca (2000), Caires et al. (2001), Caires et al. (2003a), Caires et al. (2006) e nos grãos por Caires et al. (2003b).

Comportamento semelhante ao Zn, também foi observado para o micronutriente Mn, onde não se observou efeito significativo das culturas de cobertura na absorção deste nutriente pela soja (Tabela 9), e os tratamentos tipos e doses de calcário interagiram significativamente no teor do elemento na planta. No desdobramento da interação (Tabela 15), verifica-se que os tipos de calcário não interferiram no teor de Mn nas folhas da planta, independente da dose aplicada. No entanto, analisando as doses de cada tipo de calcário, verifica-se na Figura 11, que as doses do calcário com PRNT de 82%, reduziram linearmente o teor de Mn nas folhas de soja, enquanto que as doses do calcário com PRNT de 100% não influenciaram significativamente no teor do nutriente na planta. Redução no teor de manganês em soja, em virtude da aplicação de calcário na superfície do solo também foi verificada por Caires e Fonseca et al. (2000), Caires et al. (2003a) e Caires et al. (2006). Estes autores mencionam que a redução na absorção do nutriente foi em função do aumento do pH do solo. Mesmo com a redução dos teores foliares de Mn, proporcionada pelas doses do calcário com PRNT de 82%, nota-se que os valores obtidos estão acima do limite recomendado por Raij et al. (1996), que é de 20 a 100 mg kg⁻¹ de M.S., no entanto, as plantas não apresentaram sintomas visuais de toxidez de Mn. Por possuir uma granulometria mais grosseira, a ação no solo do calcário com PRNT de 82% pode ser mais duradoura, podendo trazer a níveis adequados os teores de Mn na planta, com o decorrer do tempo.

Tabela 15. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, para os teores de Mn (mg kg⁻¹ de M.S.) nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

Calcário/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	165,8	170,0	160,3	166,8	160,0
PRNT 82%	168,5	174,6	165,3	162,3	147,7
DMS Tukey 5%			17,85		
Cob. d. Dos.					

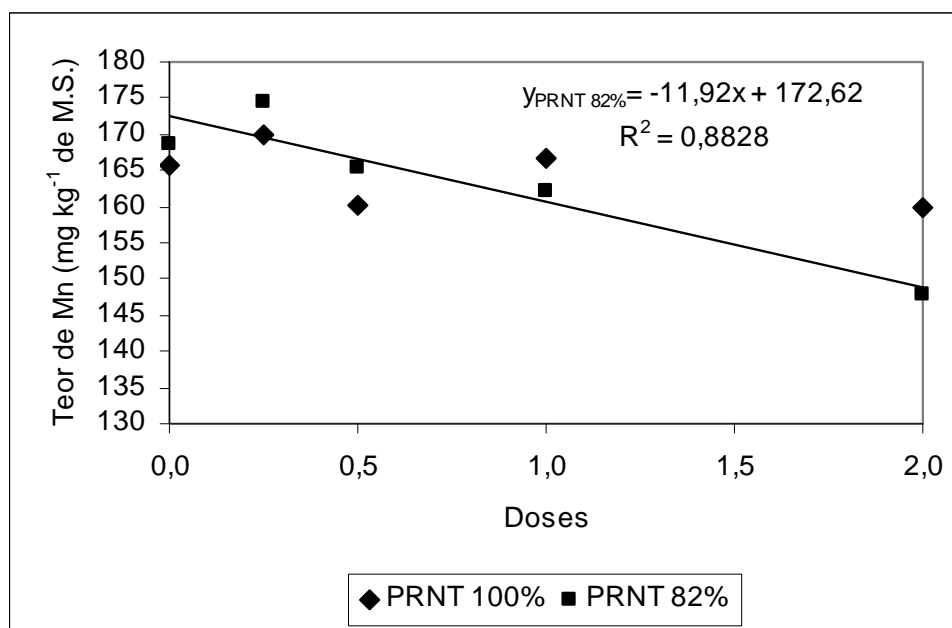


Figura 11. Análise de regressão para as doses de calcário associadas a tipos de calcário, para ao teor de Mn nas folhas de soja. Selvíria – MS, 2006/07.

A redução nos teores foliares dos micronutrientes avaliados em função das doses de calcário aplicadas na superfície do solo, indica que deve-se ter cuidados para estimativa da dose a ser aplicada no sistema de plantio direto, pois o aumento do pH nas camadas superficiais do solo proporcionado pela calagem (CAIRES; FONSECA, 2000, CAIRES et al., 2003a, ALLEONI et al., 2005, MIRANDA et al., 2005), colabora para a redução na disponibilidade destes nutrientes no solo, podendo chegar a limites que tragam deficiência para as culturas.

4.3 Características agronômicas da soja

O resultado da análise de variância realizada para as características agronômicas avaliadas na cultura da soja, está apresentado na Tabela 16. Através dos resultados, verifica-se que as culturas de cobertura do solo proporcionaram efeito significativo para altura de planta, número de vagens por planta e massa de 1000 grãos, porém não houve reflexos na produtividade de grãos. Quanto aos tratamentos tipos e doses de calcário, observa-se que estes proporcionaram efeito significativo para produtividade de grãos e número de vagens por planta, respectivamente. Houve interação dupla significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e doses e tipos de calcário e doses para as respectivas características agronômicas, altura de vagens e número de vagens por planta. Nestes casos as médias foram apresentadas no desdobramento da interação. Os valores médios obtidos para as características agronômicas avaliadas em função dos tratamentos aplicados, encontram-se na Tabela 17.

Tabela 16. Valores de F e coeficiente de variação (CV%) obtidos na análise de variância para as características agronômicas da cultura da soja, em função de culturas de cobertura do solo, tipos e doses de calcário aplicadas na superfície do solo na implantação do SPD.

Causa de Variação	Altura de planta	Altura de vagem	Nº vagens/planta	Estande	Massa de 1000 sementes	Produtividade
Cobertura (Cob)	12,15**	0,01 ^{ns}	5,73*	2,26 ^{ns}	6,64*	1,94 ^{ns}
Calagem (Cal)	0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,55 ^{ns}	5,24*
Doses (Dos)	1,56 ^{ns}	1,51 ^{ns}	3,86**	0,19 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Cob x Cal	0,03 ^{ns}	3,31 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,88 ^{ns}
Cob x Dos	0,41 ^{ns}	3,91**	0,84 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,67 ^{ns}
Cal x Dos	0,72 ^{ns}	0,73 ^{ns}	4,96**	2,11 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,55 ^{ns}
CV (%)	7,55	13,46	19,50	15,77	3,91	9,84

** , * e ns, são, respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

Tabela 17. Valores médios de altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, estande, massa de 1000 sementes e produtividade de grãos de soja, em função de culturas de cobertura do solo, tipos e doses de calcário aplicadas na superfície do solo, na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2006/07.

Tratamentos	Altura de Planta	Altura 1ª Vagem	Número de vagens/		Estande (plantas ha ⁻¹)	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
	(cm)	(cm)	planta	planta			
Milheto	92,2 a	- ⁽¹⁾	62,7 a	281481 a	201,3 a	3924,0 a	
Sorgo	86,1 b	-	55,6 b	299259 a	196,1 b	3787,7 a	
DMS Tukey 5%	3,51	-	6,01	23861	4,1	197,6	
PRNT 100%	89,1 a	17,0 a	-	291111 a	199,5 a	3967,9 a	
PRNT 82%	89,2 a	16,8 a	-	289629 a	198,0 a	3743,8 b	
DMS Tukey 5%	3,51	1,18	-	23860	4,1	197,3	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

⁽¹⁾ Médias apresentadas no desdobramento da interação.

Verifica-se que altura de planta foi maior quando a soja foi cultivada sobre palhada de milho, em relação ao cultivo sobre resíduos culturais de sorgo, apresentando respectivamente, 92,2 e 86,1 cm de altura. Plantas muito altas podem ser prejudiciais no momento da colheita de grãos, pois são mais suscetíveis ao tombamento. Os valores médios encontrados estão acima do considerado adequado para a colheita mecânica, que é de 60 a 80 cm, segundo Yokomizo (1999), no entanto, não ocorreu problema de acamamento durante a condução do experimento. Pelas características da variedade utilizada (Conquista), a planta pode variar a altura de 75 a 90 cm, podendo ocorrer alterações conforme o ambiente de cultivo. Carvalho et al. (2004) trabalhando com soja em sucessão a adubos verde, observaram no segundo ano de cultivo, valores de altura de planta semelhantes ao deste trabalho (97,4 cm), quando cultivou-se soja após milho, porém com variedade diferente (IAC 17). Trabalhando com a variedade IAC 15-1, Delavale (2002) obteve plantas de soja mais altas quando cultivadas sobre palhada de milho (115,3 cm), com relação às plantas cultivadas sobre palhada de aveia preta (103,4 cm). O tipo de calcário não influenciou nesta avaliação, assim como as doses (Figura 12) aplicadas em superfície. Mesmo não havendo diferença significativa entre as doses de calcário, percebe-se que há uma tendência de aumento no tamanho da planta, conforme aumenta-se a quantidade de calcário aplicada.

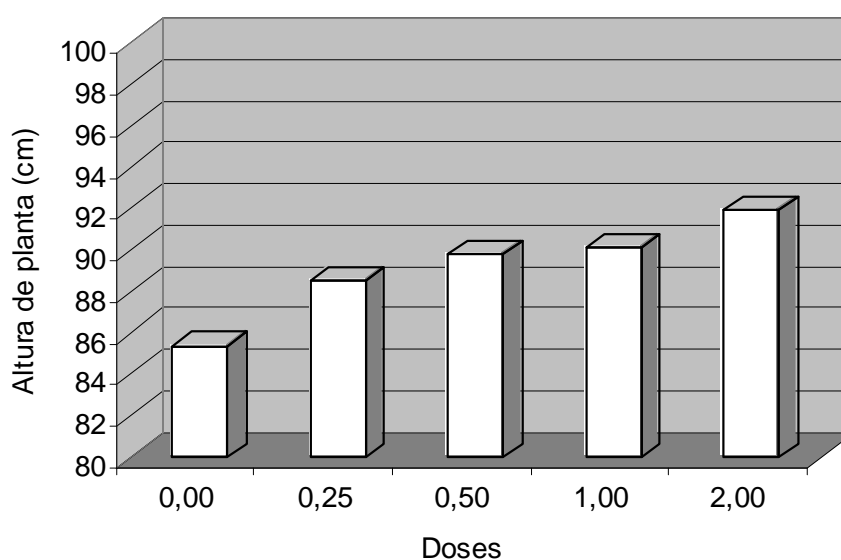


Figura 12. Valores médios de altura de planta, em função de doses de calcário aplicadas em superfície, na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2006/07.

O desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário, para a variável altura de inserção da primeira vagem, encontra-se na Tabela 18. Verifica-se que quando não se aplicou calcário (doses zero) a altura da primeira vagem foi significativamente maior quando a soja foi cultivada sobre palhada de sorgo. No entanto, com a realização da calagem, houve um efeito inverso quando aplicou-se o dobro da dose de calcário calculada. Observando o comportamento das doses associadas a cada tipo de cultura de cobertura (Figura 13), percebe-se que quando cultivou-se soja sobre resíduos de sorgo, ocorreu uma redução da altura da vagem conforme aumentou-se as doses de calcário. Já o cultivo sobre resíduos de milho, o aumento da altura da primeira vagem foi diretamente proporcional ao aumento das doses de calcário.

O aumento na altura de inserção da primeira vagem é desejável, pois reduz as perdas de grãos no momento da colheita mecanizada. Valores acima de 13 cm são considerados adequados para a colheita mecanizada, segundo Queiroz et al., (1981). De acordo com Medina (1994), entre os fatores que exercem influência direta nas perdas e na pureza dos grãos na colheita mecanizada estão a altura das plantas e, principalmente, a altura de inserção da primeira vagem. Mesmo havendo uma tendência de redução da altura de inserção da vagem, na interação do sorgo com as doses de calcário, constata-se pelos valores obtidos, que não houve limitações à colheita mecânica da soja. Avaliando a resposta da soja a diferente cobertura vegetal e aplicação de calcário na implantação do SPD, Lima (2001) e Delavale (2002), não encontraram efeito significativo destes tratamentos na altura de inserção da primeira vagem.

Tabela 18. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário, para altura de inserção da primeira vagem (cm).
Selvíria – MS, 2006/07.

Cobertura/Doses	0,0	0,25	0,5	1,0	2,0
Milho	15,2 b	16,0 a	16,1 a	17,5 a	18,9 a
Sorgo	17,9 a	16,8 a	16,8 a	16,8 a	15,1 b
DMS Tukey 5%				2,6	
Cobertura d. Doses					

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

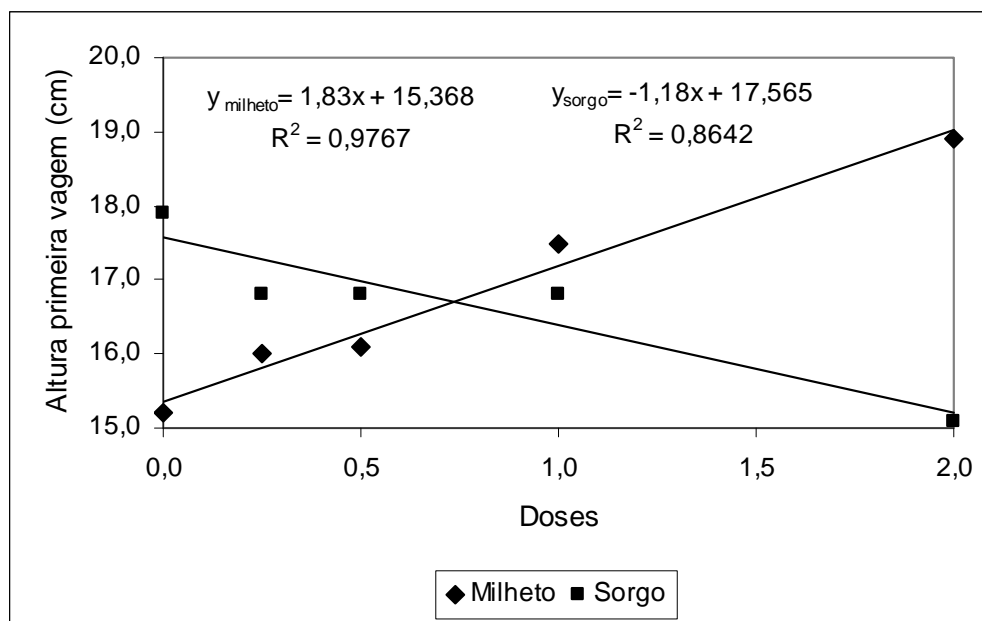


Figura 13. Análise de regressão para as doses de calcário associadas a culturas de cobertura do solo, para altura de inserção da primeira vagem. Selvíria – MS, 2006/07.

O número de vagens por plantas também foi influenciado significativamente pelo tipo de cobertura do solo. Verifica-se (Tabela 17) que a soja cultivada sobre milho obteve maior número de vagens em relação à cultivada sobre sorgo. Delavale (2002) também observou maior número de vagens por planta quando a soja foi cultivada sobre palhada de milho, em dois anos de cultivo, obtendo valores semelhantes ao deste trabalho (65,9). No entanto, Carvalho et al., (2004) não observaram diferença significativa entre milho e outras coberturas do solo, para este componente de produção. Vale salientar que as variedades dos dois trabalhos citados anteriormente foram diferentes à desta pesquisa.

Através dos resultados anteriores, observa-se que a soja cultivada sobre resíduos culturais de sorgo, sofreu redução na altura de planta, altura de inserção da primeira vagem e redução no número de vagens por planta. Apesar do sorgo ter produzido maior acúmulo de massa seca e porcentagem de cobertura do solo, o que é vantajoso sob o ponto de vista de conservação do solo e manutenção do SPD, a presença de seus resíduos influenciou negativamente no desenvolvimento da soja. Há relatos de que soja cultivada em sucessão ao sorgo, pode sofrer efeitos alelopáticos devido a substâncias exsudadas do sistema radicular desta gramínea. Souza et al., (1999) verificando em soja o efeito do sorgoleone, composto alelopático encontrado nos exsudados das raízes do sorgo, constatou fitotoxicidade crescente à medida que se aumentou a concentração do composto, a qual refletiu-se na redução do porte da planta e um murchamento acentuado.

Ainda em relação ao número de vagens por plantas, na Tabela 19 encontra-se o desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário. Verifica-se que com a dose 1,0 o calcário com PRNT de 100% proporcionou à soja número de vagens significativamente maior quando comparado ao calcário com PRNT de 82%. Nas demais doses não houve diferença significativa para este componente de produção. Observando o comportamento das doses em cada tipo de calcário (Figura 14), houve efeito cúbico das doses do calcário com PRNT de 100%, verificando aumento do número de vagens até a dose 1,0 com posterior decréscimo na dose 2,0. As doses do calcário com PRNT de 82% não influenciaram significativamente no número de vagens. Por ser de granulometria mais fina, é possível que o calcário de PRNT de 100% tenha reagido mais facilmente no solo, proporcionando ambiente favorável ao desenvolvimento da soja até a dose recomendada (dose 1,0). Com excesso de calagem (dose 2,0), pode ter ocorrido alterações na fertilidade do solo, principalmente na disponibilidade dos micronutrientes, que tenha afetado a produção de vagens pela planta. Na análise dos tecidos foliares da soja, constatou-se redução nos teores de Fe e Zn, conforme aumentou-se as doses de calcário, como pode ser observado nas Figuras 9 e 10, respectivamente. Isto provavelmente pode ter influenciado na redução do número de vagens na planta.

Estudando o efeito da aplicação incorporada e superficial de calcário na implantação do SPD, Delavale (2002) não observou diferença significativa entre os tratamentos para número de vagens por planta, fato também observado por Lima (2001) quando estudou a resposta da soja na presença ou ausência da aplicação superficial de calcário.

Tabela 19. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, para número de vagens por planta. Selvíria – MS, 2006/07.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,5	1,0	2,0
PRNT 100%	51,0 a	55,0 a	66,0 a	84,0 a	58,0 a
PRNT 82%	58,0 a	54,0 a	58,0 a	55,0 b	53,0 a
DMS Tukey 5%			13,0		
Calagem d. Doses					

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

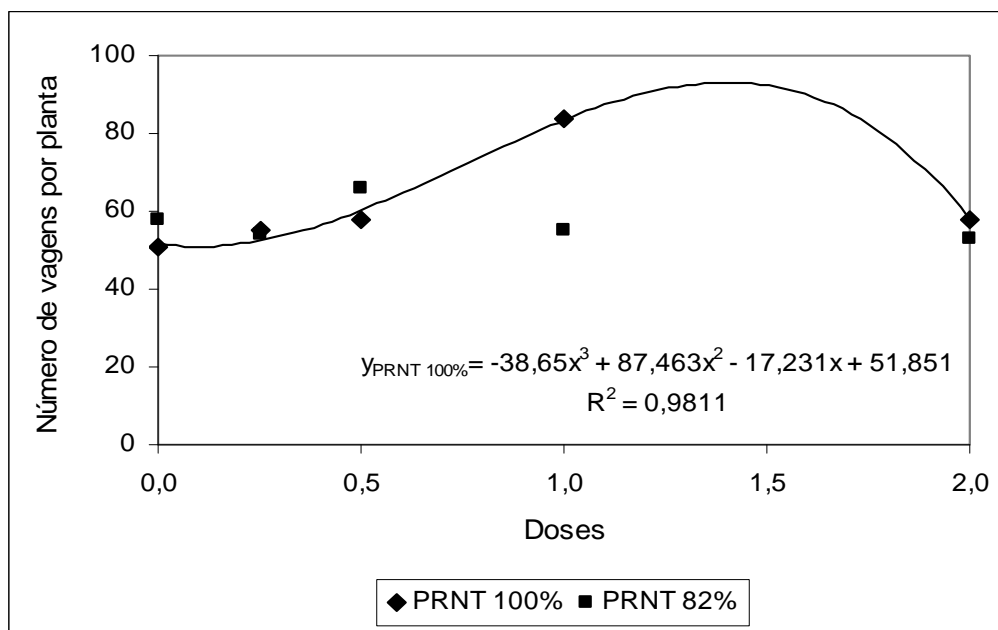


Figura 14. Análise de regressão para as doses de calcário associadas a tipos de calcário, para o número de vagens por planta. Selvíria – MS, 2006/07.

Com relação ao estande final, observa-se (Tabela 17) que as culturas de cobertura e os tipos de calcário não influenciaram significativamente na população de plantas, assim como as doses de calcário (Figura 15). Os valores obtidos, entre 280 e 300 mil plantas ha^{-1} , encontram-se próximos aos de Delavale (2002), que também não verificou diferença significativa entre os tipos de cobertura do solo, porém, quando avaliou o estande em função da aplicação de calcário, constatou no segundo ano de cultivo de soja, que a realização da calagem, independente de ser superficial ou incorporada, promoveu uma maior população de plantas em relação ao cultivo sem correção do solo, em condições de fertilidade do solo semelhante à apresentada neste experimento.

A massa de 1000 grãos foi significativamente maior quando cultivou-se soja sobre palhada de milho (Tabela 17). Resultado também obtido por Delavale (2002) no segundo ano de cultivo de soja sobre palhada de milho, porém, com massa menor (136,4g) à obtida neste trabalho. Em contraste a estes resultados, Carvalho et al. (2004) não constataram efeito significativo neste componente de produção, quando cultivou-se soja, em dois anos consecutivos, sobre diferentes resíduos culturais, obtendo em 100 sementes massa de 15,3 e 16,1g, respectivamente para o primeiro e segundo ano de cultivo sobre palhada de milho. Como relatado anteriormente, a soja cultivada sobre resíduos de sorgo pode ter sofrido efeito alelopático, interferindo negativamente no desenvolvimento da planta e conseqüentemente no acúmulo de massa nos grãos. Os tipos de calcário aplicados não influenciaram

significativamente na massa dos grãos, assim como as doses de calcário aplicadas na superfície do solo (Figura 16).

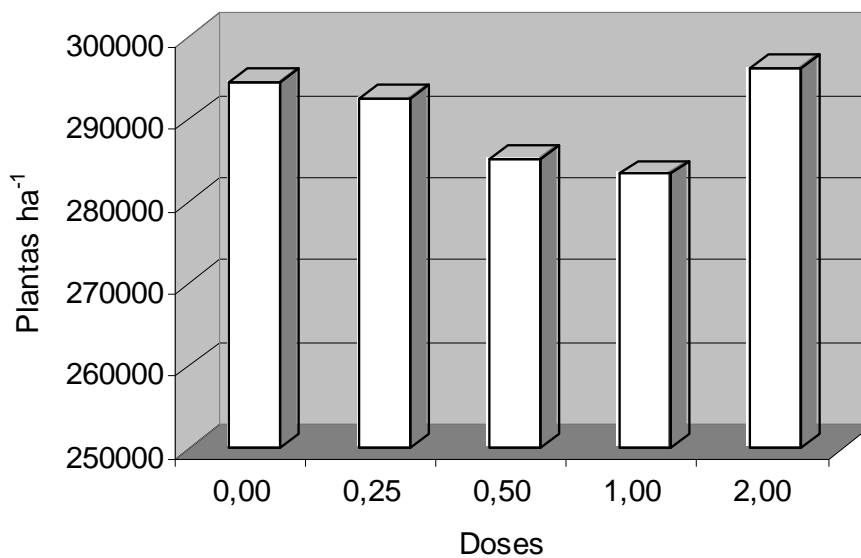


Figura 15. Valores médios de estande obtidos em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo, na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2006/07.

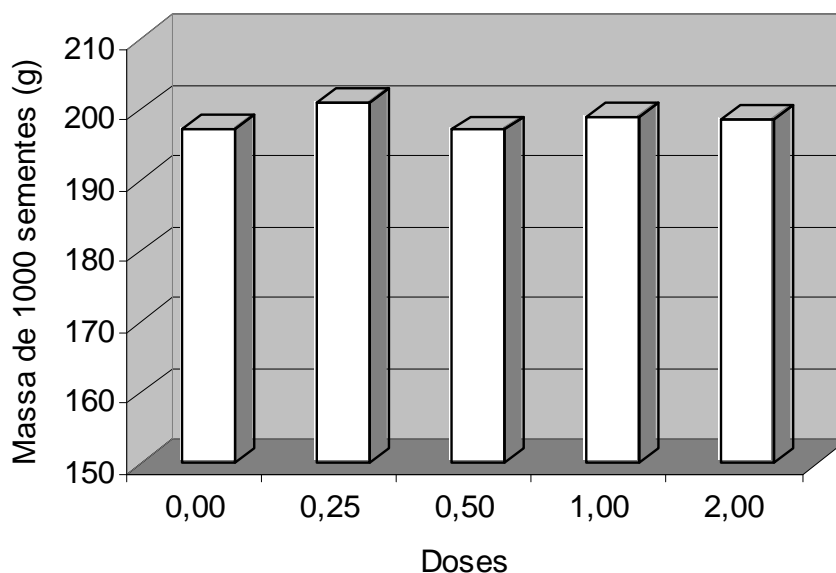


Figura 16. Valores médios de massa de 1000 sementes, obtidos em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo, na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2006/07.

Delavale (2002) também avaliou a massa de 1000 grãos mediante aplicação de calcário incorporado, superficial antes e após manejo das culturas antecessoras à soja e sem aplicação do insumo. Constatou que os modos de aplicação de calcário não influenciaram na massa dos grãos, porém foram significativamente maiores em relação à testemunha, demonstrando a resposta da soja à calagem independente da forma de aplicação.

Apesar da soja cultivada sobre palhada de sorgo ter apresentado menores valores de altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e massa de 1000 grãos, a produtividade de grãos obtida não diferiu significativamente da produtividade obtida quando a soja foi cultivada sobre resíduos de milho, como pode ser observado na Tabela 17. O efeito negativo que o sorgo proporcionou nestas características pode ter sido compensado pela população de plantas obtida. Mesmo não diferindo significativamente, observando os valores de estande (Tabela 17), percebe-se que a soja cultivada sobre palhada de sorgo apresentou maior número de plantas ha^{-1} , superando a soja cultivada sobre milho em 17778 plantas ha^{-1} . A diferença obtida pode ter suprido as possíveis perdas decorridas, em função da redução do desenvolvimento da planta e conseqüentemente de seus componentes de produção.

Com relação aos tipos de calcário (Tabela 17), a produtividade de grãos obtida com aplicação do calcário com PRNT de 100% foi de 3967,9 kg ha^{-1} , diferindo significativamente da produtividade obtida com o calcário com PRNT de 82%, que foi de 3743,8 kg ha^{-1} . Como pode ser observado na Figura 14, as doses do calcário mais fino ocasionou aumento no número de vagens por planta, o que possivelmente pode ter contribuído para o aumento na produtividade de grãos, em função da aplicação deste insumo. Um outro ponto a destacar, é que as doses do calcário de PRNT de 100% reduziram significativamente os teores de Mn nas folhas de soja (Figura 11), o que pode ter contribuído para um melhor desenvolvimento da planta e maior rendimento de grãos, visto que, os teores deste micronutriente estavam acima do considerado adequado para a cultura. Por possuir característica física mais fina que o calcário de PRNT de 82%, o calcário de PRNT de 100% possui uma maior área de contato com o solo, possibilitando uma reação mais rápida e conseqüentemente estabelecendo um melhor ambiente para o desenvolvimento da planta. Contudo, as doses de calcário aplicadas na superfície do solo não diferiram significativamente entre si, no entanto, observando os valores na Figura 17, mesmo não havendo diferença significativa, percebe-se que quando não realizou a calagem (dose zero) obteve-se a menor produtividade. O tempo entre a aplicação do calcário e o completo desenvolvimento da soja, pode ter sido insuficiente para que o efeito das doses maiores refletisse na produtividade de grãos.

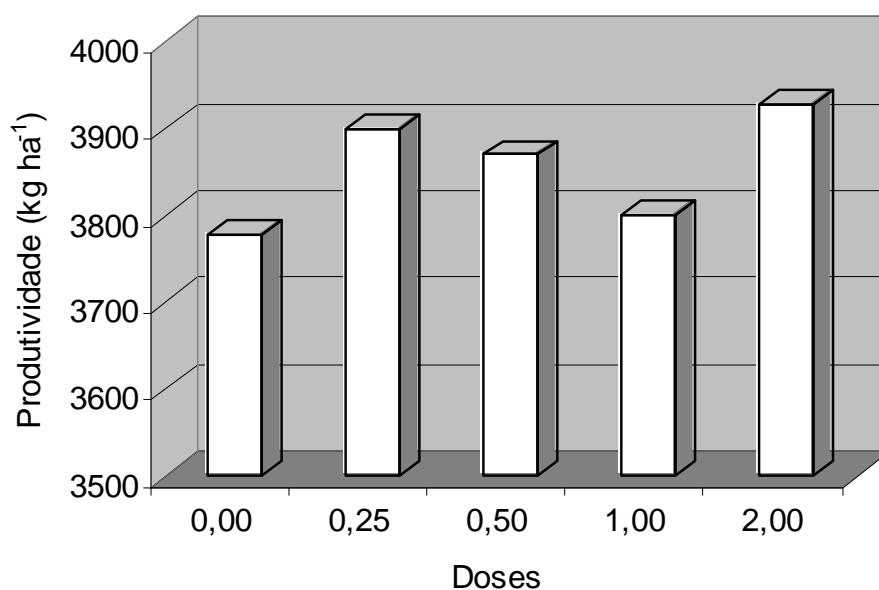


Figura 17. Produtividade de grãos de soja obtida em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo, na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2006/07.

Avaliando a cultura da soja em função da calagem superficial, incorporada e sem aplicação de calcário na implantação do SPD, em solo com características químicas semelhantes ao deste trabalho, Delavale (2002) verificou efeito da calagem na produtividade de grãos somente no segundo ano de cultivo de soja, não obtendo diferença entre a calagem superficial e incorporada, porém, diferindo de quando não realizou a correção do solo.

Ressalta-se que, apesar da acidez, o solo na camada de 0 – 0,20m (Tabela 3) não apresentava teores tóxicos de Al^{+3} e os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} eram suficientes para o desenvolvimento da soja. Este pode ter sido o motivo pelo qual as doses de calcário não diferiram da testemunha (dose zero), obtendo altas produtividades. Altas produtividades de grãos de soja, na ausência de calcário, também foram verificadas em solos ácidos por Caires et al. (1998, 2003a, 2006) e Moreira et al. (2001).

4.4 Características químicas do solo

A análise de variância realizada para os atributos químicos do solo (P, M.O., pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al e V%) avaliados nas profundidades de 0,0 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40m, em função de culturas de cobertura do solo, tipos e doses de calcário, encontra-se na Tabela 20.

Tabela 20. Valores de F e coeficiente de variação (CV%) obtidos na análise de variância para os valores de P, M.O., pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al e V%, em diferentes profundidades do solo, em função de culturas de cobertura, tipos e doses de calcário.

Causa de Variação	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	V%
				0,0 – 0,05 m					
Cobertura (Cob.)	0,1 ^{ns}	11,1 ^{**}	1,6 ^{ns}	2,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	3,6 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	2,9 ^{ns}
Calagem (Cal.)	0,9 ^{ns}	1,9 ^{ns}	1,0 ^{ns}	4,1 [*]	2,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}	6,2 [*]
Doses (Dos.)	8,4 ^{**}	0,2 ^{ns}	7,0 ^{**}	0,8 ^{ns}	8,8 ^{**}	8,0 ^{**}	5,1 ^{**}	0,6 ^{ns}	14,2 ^{**}
Cob. x Cal.	10,8 ^{**}	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,4 ^{ns}	3,0 ^{ns}	8,2 ^{**}	0,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,5 ^{ns}
Cob. x Dos.	9,2 ^{**}	0,6 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	2,2 ^{ns}
Cal. x Dos.	2,6 [*]	0,8 ^{ns}	1,7 ^{ns}	1,8 ^{ns}	3,5 [*]	3,0 [*]	1,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	2,8 ^{**}
CV (%)	17,7	18,1	7,1	26,7	17,3	16,4	19,9	27,6	7,3
				0,05 – 0,10 m					
Cobertura (Cob.)	0,1 ^{ns}	4,3 [*]	0,1 ^{ns}	3,7 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	3,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}
Calagem (Cal.)	0,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}	7,9 ^{**}	0,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,3 ^{ns}	2,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}
Doses (Dos.)	1,7 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	6,3 ^{**}	2,3 ^{ns}	2,4 ^{ns}	0,4 ^{ns}	4,5 ^{**}	1,8 ^{ns}
Cob. x Cal.	0,1 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,5 ^{ns}	2,2 ^{ns}	1,6 ^{ns}	2,4 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	5,3 [*]
Cob. x Dos.	2,6 [*]	1,1 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,8 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	3,5 [*]
Cal. x Dos.	1,8 ^{ns}	0,7 ^{ns}	2,0 ^{ns}	2,7 [*]	2,0 ^{ns}	3,2 [*]	1,2 ^{ns}	1,2 ^{ns}	2,4 ^{ns}
CV (%)	24,8	16,6	9,2	21,1	25,3	20,8	21,8	15,5	10,7
				0,10 – 0,20 m					
Cobertura (Cob.)	0,9 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,2 ^{ns}	9,1 ^{**}	0,1 ^{ns}	8,1 ^{**}	4,1 [*]	3,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}
Calagem (Cal.)	20,6 ^{**}	0,2 ^{ns}	4,1 [*]	6,3 [*]	0,2 ^{ns}	2,0 ^{ns}	13,8 ^{**}	3,1 ^{ns}	3,3 ^{ns}
Doses (Dos.)	9,8 ^{**}	1,3 ^{ns}	2,9 ^{ns}	10,6 ^{**}	0,6 ^{ns}	0,4 ^{ns}	3,0 [*]	5,0 ^{**}	0,9 ^{ns}
Cob. x Cal.	5,0 [*]	0,1 ^{ns}	1,6 ^{ns}	10,3 ^{**}	2,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,1 ^{**}	2,5 ^{ns}
Cob. x Dos.	0,2 ^{ns}	2,5 ^{ns}	2,1 ^{ns}	4,1 ^{**}	2,9 [*]	1,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}	5,3 ^{**}	1,5 ^{ns}
Cal. x Dos.	3,7 [*]	0,8 ^{ns}	2,1 ^{ns}	10,0 ^{**}	2,5 ^{ns}	4,8 ^{**}	0,5 ^{ns}	3,0 [*]	3,0 [*]
CV (%)	23,8	17,2	6,7	15,4	22,3	21,2	16,0	15,4	12,9
				0,20 – 0,40 m					
Cobertura (Cob.)	3,9 ^{ns}	4,3 [*]	0,1 ^{ns}	7,4 ^{**}	1,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,2 ^{ns}
Calagem (Cal.)	2,7 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,8 ^{ns}	9,0 ^{**}	0,2 ^{ns}	2,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}	6,0 ^{**}	0,1 ^{ns}
Doses (Dos.)	3,2 ^{ns}	5,5 [*]	1,0 ^{ns}	3,2 [*]	5,9 ^{**}	4,4 ^{**}	5,9 ^{**}	7,3 ^{**}	3,1 [*]
Cob. x Cal.	5,3 [*]	0,9 ^{ns}	0,1 ^{ns}	8,1 ^{**}	1,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	11,3 ^{**}	0,1 ^{ns}	1,1 ^{ns}
Cob. x Dos.	0,5 ^{ns}	6,6 [*]	0,2 ^{ns}	3,5 [*]	2,1 ^{ns}	2,9 [*]	7,7 ^{**}	0,1 ^{ns}	3,8 ^{**}
Cal. x Dos.	5,9 ^{**}	2,4 ^{ns}	3,9 ^{**}	4,3 ^{**}	4,7 ^{**}	7,7 ^{**}	2,6 [*]	5,4 ^{**}	8,9 ^{**}
CV (%)	25,5	19,9	5,3	17,8	19,5	16,0	13,2	4,2	10,7

** , * e ns, são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo ao teste F de análise de variância.

Através destes resultados, verifica-se que para o elemento P, houve pelo menos uma interação entre os tratamentos em todas camadas de solo avaliadas, sendo a camada superficial (0,0 – 0,05m) a que mais sofreu efeito dos tratamentos. Analisando as médias obtidas na profundidade de 0,0 – 0,05m (Tabela 21), constata-se que o teor de P no solo foi significativamente maior quando cultivou-se milho na presença do calcário com PRNT 82% ($10,2 \text{ mg dm}^{-3}$), no entanto quando cultivou-se sorgo na presença do calcário com PRNT de 100% o teor de P no solo foi significativamente maior em relação ao milho ($9,8 \text{ mg dm}^{-3}$). Na interação culturas de cobertura e doses de calcário (Tabela 22), verifica-se que sem a correção do solo (dose zero) o teor de P no solo foi significativamente maior na presença do milho, e com a realização da calagem, verifica-se que nas áreas onde cultivou-se sorgo houve uma maior disponibilidade de P com as doses de 0,25 e 0,50, sendo superado pelo milho somente com a dose 2,0. O comportamento das doses em relação às culturas de cobertura estão apresentados na Figura 18a. Como o sorgo apresentou maior produção de massa seca em relação ao milho (Tabela 5) e as maiores quantidades de massa seca foram obtidas com as doses de 0,25 e 0,50 do calcário de PRNT 100% (Tabela 6), este acúmulo de material orgânico na superfície do solo, proporcionado pela interação destes tratamentos, pode ter beneficiado a disponibilidade do P no solo. A matéria orgânica tem a capacidade de interagir com os óxidos de Fe e Al do solo, resultando em redução dos sítios de fixação, por causa do recobrimento dos sítios destes óxidos por moléculas de ácidos húmicos, ocorrendo assim uma menor fixação e conseqüentemente, maior disponibilidade de P no solo. Com relação aos tipos de calcário e suas respectivas doses (Tabela 22 e Figura 18b), nota-se que houve diferença entre os tipos de calcário apenas na dose 0,25, onde o calcário com PRNT de 82% promoveu maior disponibilidade de P no solo na camada de 0,0 – 0,05m. As doses em cada tipo de calcário comportaram-se de forma semelhante, obtendo o menor valor na ausência da calagem (dose zero). Mesmo ocorrendo incrementos nos teores de P no solo na camada de 0,0 – 0,05m, os valores obtidos são semelhantes aos encontrados antes da instalação do experimento nesta mesma profundidade (Tabela 3), porém, estes valores são considerados baixos, segundo os limites apontados por Raij et al. (1996).

Na camada de 0,05 – 0,10m verificou-se apenas efeito da interação entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário (Tabela 20). No desdobramento desta interação (Tabela 23) constatou-se novamente que o sorgo proporcionou maior disponibilidade de P em relação ao milho, porém com a dose 1,0 de calcário. Com isto, verifica-se que o efeito das doses de 0,25 e 0,50 na presença de sorgo limita-se na camada

superficial do solo (0,0 – 0,05m). As doses apresentaram efeito quadrático e cúbico, respectivamente para as coberturas de sorgo e milho (Figura 18c).

A análise de variância para os teores de fósforo na camada de 0,10 – 0,20m, apontou efeito significativo para os tratamentos calagem, doses e para as interações entre cobertura do solo e tipos de calcário, e tipos e doses de calcário. No desdobramento das interações (Tabela 24), verifica-se que com o calcário de PRNT de 100% houve diferença significativa na disponibilidade de fósforo, entre os tipos de cobertura do solo, onde o sorgo proporcionou maior teor do elemento no solo ($7,2 \text{ mg dm}^{-3}$), enquanto que com o calcário de PRNT de 82% não se observou diferença entre as culturas de cobertura. Houve diferença entre os tipos de calcário somente com as doses 0,5 e 2,0, onde o calcário com PRNT de 82% proporcionou maiores teores de P no solo, 9,5 e 11,8 mg dm^{-3} , respectivamente. As doses do calcário com PRNT de 100% aumentaram significativamente o teor de P no solo, como pode ser observado na Figura 18d, enquanto que com o calcário de PRNT de 82%, houve um efeito cúbico, onde o maior teor foi obtido com a dose 2,0.

Efeitos semelhantes à camada de 0,10 – 0,20m foram verificados na camada de 0,20 – 0,40m (Tabela 20 e 25), porém a diferença significativa entre os tipos de calcário foi observada com as doses 1,0 e 2,0, onde o calcário com PRNT de 82% proporcionou maiores teores de P no solo, apresentando os respectivos valores, 2,8 e 3,0 mg dm^{-3} . Quanto ao comportamento das doses em cada tipo de calcário, não observou-se efeito significativo das doses do calcário com PRNT de 100%, enquanto que as doses do calcário com PRNT de 82%, aumentaram linearmente a disponibilidade de P no solo nesta profundidade (Figura 18e).

Tabela 21. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e tipos de calcário para os teores de P (mg dm^{-3}) no solo, na camada de 0,0 – 0,05 m. Selvíria – MS, 2007.

Cobertura/Calagem	PRNT 100%	PRNT 82%
Milho	8,5 b B	10,2 a A
Sorgo	9,8 a A	8,8 b A
DMS Tukey 5%		
Cob. d. Cal.		1,22
Cal. d. Cob.		1,22

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 22. Desdobramento das interações significativas entre culturas de cobertura e doses, e tipos e doses de calcário, para o teor de P (mg dm^{-3}) no solo, na camada de 0,0 – 0,05m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	8,7 a	9,7 b	8,6 b	8,0 a	11,8 a
Sorgo	5,7 b	11,8 a	10,8 a	9,8 a	8,3 b
DMS Tukey 5%					
Cob. d. Dos.			1,92		
PRNT 100%	6,8 a	9,7 b	10,2 a	9,7 a	9,3 a
PRNT 82%	7,5 a	11,8 a	9,3 a	8,2 a	10,8 a
DMS Tukey 5%					
Cal. d. Dos.			1,92		

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 23. Desdobramento da interação significativa entre culturas de cobertura e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento calagem para os teores de P (mg dm^{-3}) no solo, na camada de 0,05 – 0,10 m. Selvíria – MS, 2007.

Cobertura/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	5,8 a	6,8 a	7,5 a	5,5 b	6,8 a
Sorgo	5,5 a	6,0 a	7,2 a	8,3 a	6,2 a
DMS Tukey 5%					
Cob. d. Dos.			1,90		
PRNT 100%			6,7 a		
PRNT 82%			6,4 a		
DMS Tukey 5%					
			0,85		

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 24. Desdobramento das interações significativas entre os tratamentos culturas de cobertura e tipos de calcário, e tipos e doses de calcário para os teores de P (mg dm⁻³) no solo, na camada de 0,10 – 0,20 m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0	Milheto	Sorgo
PRNT 100%	5,4 a	6,5 a	6,0 b	6,8 a	8,5 b	5,7 b B	7,2 a A
PRNT 82%	6,8 a	6,5 a	9,5 a	7,2 a	11,8 a	8,9 a A	8,2 a A
DMS Tukey 5%							
Cal. d. Dos			2,09				
Cob. d. Cal.						1,32	
Cal. d. Cob.						1,32	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 25. Desdobramento das interações significativas entre os tratamentos culturas de cobertura e tipos de calcário, e tipos e doses de calcário para os teores de P (mg dm⁻³) no solo, na camada de 0,20 – 0,40 m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0	Milheto	Sorgo
PRNT 100%	2,0 a	2,1 a	1,5 a	1,7 b	2,0 b	1,6 b B	2,5 a A
PRNT 82%	1,7 a	1,8 a	1,8 a	2,8 a	3,0 a	2,4 a A	2,3 a A
DMS Tukey 5%							
Cal. d. Dos.			0,91				
Cob. d. Cal.						0,58	
Cal. d. Cob.						0,58	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

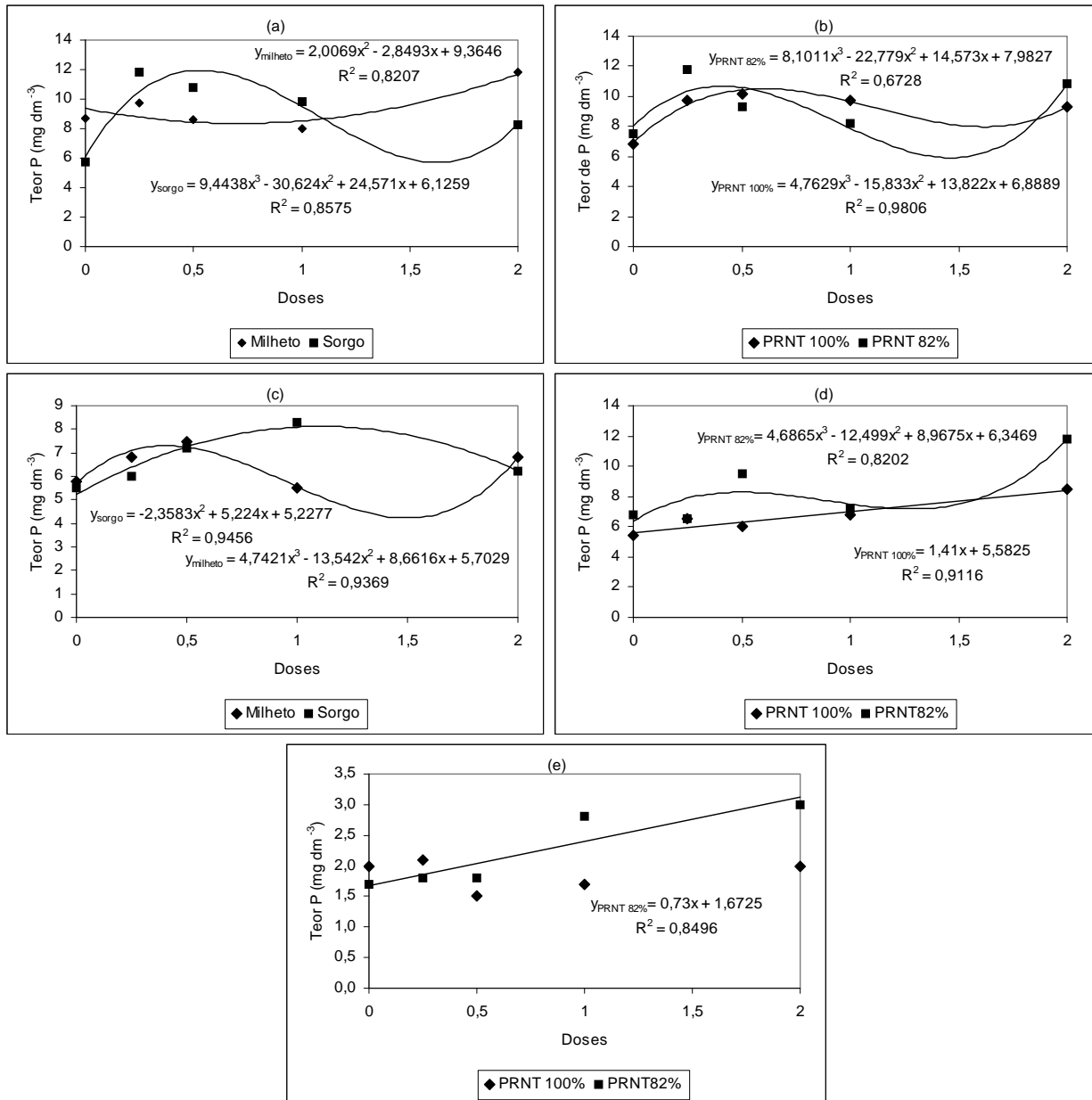


Figura 18. Valores médios de P no solo, obtidos no desdobramento das interações significativas entre os tratamentos culturas de cobertura e doses nas camadas de 0,0 – 0,05m (a), 0,05 – 0,10m(c) e 0,20 – 0,40m (e), e tipos e doses de calcário nas camadas de 0,0 – 0,05m (b), 0,10 – 0,20m (d). Selvíria – MS, 2007.

Mediante os resultados apresentados, constata-se que tanto as culturas de cobertura do solo, como os tipos e doses de calcário aplicadas na superfície do solo, influenciaram na disponibilidade do P até a profundidade de 0,40m, porém na última camada avaliada o efeito do calcário com PRNT de 82% é mais evidente. Efeito da calagem superficial na disponibilidade de fósforo no solo até 0,40m de profundidade, também foi verificado por

Lima (2001), porém neste mesmo trabalho, o autor não constatou efeito das culturas de cobertura do solo na disponibilidade do nutriente, assim como Moreti et al. (2007) até a profundidade de 0,10m, no entanto, Corrêa et al. (2004) constataram incrementos nos teores de P até a profundidade de 0,45m em solo sob vegetação de milho. Vários são os autores que não observaram efeito da calagem superficial na disponibilidade de P ao longo do perfil do solo (CAIRES; FONSECA, 2000, CAIRES et al., 2003a, CAIRES et al., 2003b, ALLEONI et al., 2005).

Em relação aos teores de M.O. no solo, a análise de variância (Tabela 20) apontou efeito significativo do tratamento cobertura do solo nas camadas de 0,0 – 0,05 e 0,05 – 0,10m. Nas demais profundidades, só ocorreu efeito significativo dos tratamentos na camada de 0,20 – 0,40m, onde ocorreu interação entre os tratamentos cobertura do solo e doses de calcário. Na comparação das médias (Tabela 26) verifica-se que a cultura do milho proporcionou maior teor de M.O. nas duas primeiras camadas de solo avaliadas, apresentando teores de 15,0 e 12,6 g dm⁻³, respectivamente. Apesar da cultura do milho ter produzido maior quantidade de massa seca (Tabela 5), isto não implicou em um maior acúmulo de M.O. no solo. O resultado evidencia que a palhada do milho decompôs mais rapidamente que a palhada de milho. Analisando a Tabela 7, onde encontra-se a porcentagem de cobertura do solo proporcionada pelas culturas de cobertura, verifica-se que já aos 28 DAS ambas culturas apresentavam mesma porcentagem de cobertura do solo, tornando-se evidente que a decomposição da palhada do milho foi mais rápida em relação ao milho. Kliemann et al. (2006) constataram que o milho foi menos persistente na superfície do solo em relação ao milho, apresentando maior perda relativa de massa seca. Pelá et al. (1999) avaliaram a resistência à decomposição de dez espécies de cobertura. Os resultados obtidos mostraram que o milho foi o material mais resistente, apresentando uma porcentagem de perda, ao longo de 73 dias, de 44,4%.

As doses de calcário não proporcionaram efeitos significativos no teor de M.O. do solo até a camada de 0,10 – 0,20m, como pode ser observado na Figura 19a. Através da figura, constata-se que o teor de M.O. foi reduzindo conforme aumentou-se a profundidade avaliada, isto devido ao não revolvimento do solo, mantendo o maior acúmulo de material orgânico na superfície do solo. Na camada de 0,20 – 0,40m, verificou-se (Tabela 27) que a dose 1,0 de calcário juntamente com o milho proporcionou maior acúmulo de material orgânico, diferindo significativamente do milho com a mesma dose aplicada. Na Figura 19b verifica-se que as doses de calcário dentro da cultura do milho apresentaram efeito cúbico, onde o maior teor de M.O. foi obtido com a dose 1,0. Alleoni et al. (2005) verificaram que aplicação superficial de calcário também não influenciou no teor de M.O. do solo em três

épocas avaliadas (6, 18 e 30 meses após aplicação do insumo). Contrastando com estes resultados, Lima (2001), estudando o efeito da aplicação superficial de calcário na implantação do SPD constatou que a calagem influenciou nos teores de M.O. até a profundidade de 0,40m, obtendo maiores valores quando comparados com solo sem correção, no entanto, quando comparou a influência de diferentes culturas de cobertura, entre elas o milho e o sorgo, não observou diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma das profundidades avaliadas.

Tabela 26. Teores médios de M.O. (g dm^{-3}) do solo, nas camadas de 0,0 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40m, em função de culturas de cobertura do solo, tipos de calcário aplicados na superfície do solo. Selvíria – MS, 2007.

Tratamentos	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	(m)			
Milheto	15,0 a	12,6 a	10,9 a	-(¹)
Sorgo	12,8 b	11,5 b	10,4 a	-
DMS Tukey 5%	1,32	1,04	0,96	-
PRNT 100%	14,4 a	12,2 a	10,8 a	7,7 a
PRNT 82%	13,5 a	11,8 a	10,5 a	7,6 a
DMS Tukey 5%	1,32	1,04	0,96	0,72

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

(¹) Médias apresentadas no desdobramento da interação.

Tabela 27. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e doses, para os teores de M.O. (g dm^{-3}) do solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

Cobertura/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	6,3 a	7,5 a	6,3 a	10,8 a	8,2 a
Sorgo	7,8 a	7,5 a	6,5 a	6,8 b	7,8 a
DMS Tukey 5%			1,60		
Cob. d. Dos.					

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

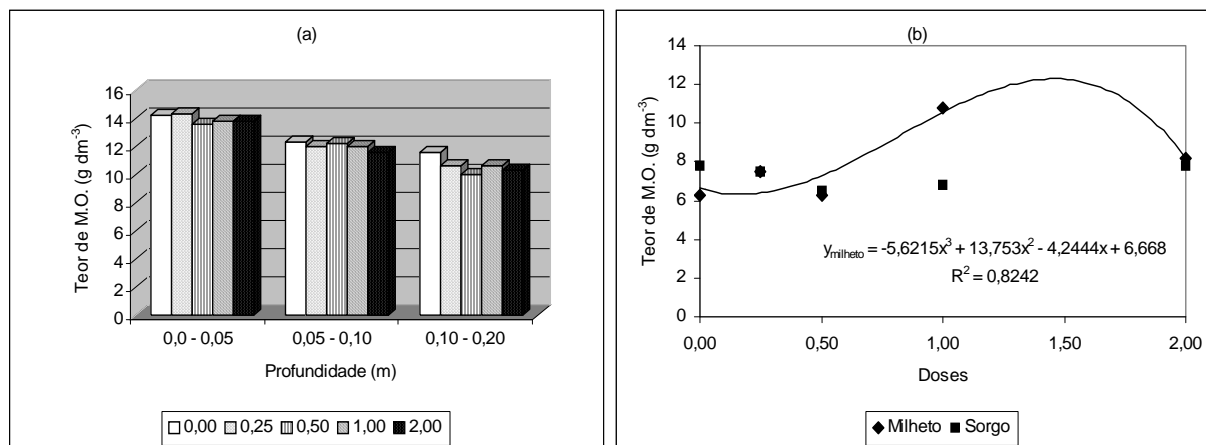


Figura 19. Valores médios de M.O. do solo nas camadas de 0,0 – 0,05; 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20m (a) em função de doses de calcário e desdobramento da interação entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário na camada de 0,20 – 0,40m (b). Selvíria – MS, 2007.

Na análise de variância realizada para os valores de pH do solo (Tabela 20), constata-se que houve efeito significativo das doses de calcário na camada de 0,0 – 0,05m, dos tipos de calcário na camada de 0,10 – 0,20m e interação significativa entre tipos e doses de calcário na camada de 0,20 – 0,40m. As culturas de cobertura do solo não influenciaram significativamente nos valores de pH do solo. Na Tabela 28 encontram-se os valores médios de pH obtidos em função de culturas de cobertura e tipos de calcário. Comparando estes valores com os obtidos na análise realizada antes da instalação do experimento (Tabela 3), constata-se que mesmo não havendo diferença significativa entre os tratamentos nas duas primeiras camadas avaliadas, houve redução da acidez do solo nestas camadas, demonstrando os benefícios destes tratamentos para o solo. Heckler et al. (1998) mencionam que quando a matéria orgânica do solo é mineralizada, transformando o material orgânico em substâncias orgânicas (ácidos orgânicos e húmus) e mineralizadas (nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, gás carbônico, água, etc.), há aumento das cargas negativas do solo e elevação do pH. Com isto, a decomposição dos resíduos do milho e do sorgo promoveu aumento no pH do solo, passando de uma acidez considerada alta antes da instalação do experimento (pH = 4,8 na camada 0,0 – 0,05m) para uma acidez considerada média após aplicação destes tratamentos (pH = 5,1 na camada de 0,0 – 0,05m), de acordo com os limites colocados por Rajj et al., (1996). Amaral et al. (2004) também constataram redução da acidez do solo em função de resíduos vegetais na superfície do solo, porém este efeito foi mais evidente na camada de 0,0 – 0,025m. Assim como as culturas de cobertura, a calagem promoveu este

mesmo efeito na camada superficial, demonstrando a eficiência de ambos calcários na redução da acidez do solo nesta camada. No entanto, na camada de 0,10 – 0,20m, o calcário com PRNT de 100% foi mais eficiente na redução da acidez do solo (pH = 4,6), diferindo significativamente do calcário com PRNT de 82% (pH = 4,4). Como as partículas do primeiro calcário são mais finas, isto pode ter permitido um melhor caminamento do insumo no perfil do solo, promovendo tal efeito.

Percebe-se que na camada de 0,0 – 0,05m que as doses de calcário promoveram um aumento linear significativo dos valores de pH (Figura 20a). Este mesmo efeito não foi observado nas camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20m (Figura 20b), porém, mesmo não significativo, observa-se um pequeno aumento do pH nestas camadas com adição de calcário em relação à dose zero. Assim como na camada de 0,0 – 0,05m, nota-se que na camada de 0,20 – 0,40m o calcário com PRNT de 100% promoveu aumento significativo do pH do solo, conforme aumentou-se as doses de calcário, porém de uma forma menos intensa (Figura 20c). As doses do calcário com PRNT de 82% proporcionaram efeito cúbico, obtendo maior valor de pH com a dose 1,0.

Tabela 28. Valores médios de pH do solo, nas camadas de 0,0 – 0,05, 0,05 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40m, em função de culturas de cobertura e tipos de calcário na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2007.

Tratamentos	(m)			
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Milheto	5,1 a	4,9 a	4,6 a	4,5 a
Sorgo	5,2 a	4,9 a	4,5 a	4,5 a
DMS Tukey 5%	0,19	0,24	0,16	0,12
PRNT 100%	5,2 a	4,9 a	4,6 a	-(¹)
PRNT 82%	5,1 a	4,8 a	4,4 b	-
DMS Tukey 5%	0,19	0,24	0,16	-

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

(¹) Médias apresentadas no desdobramento da interação.

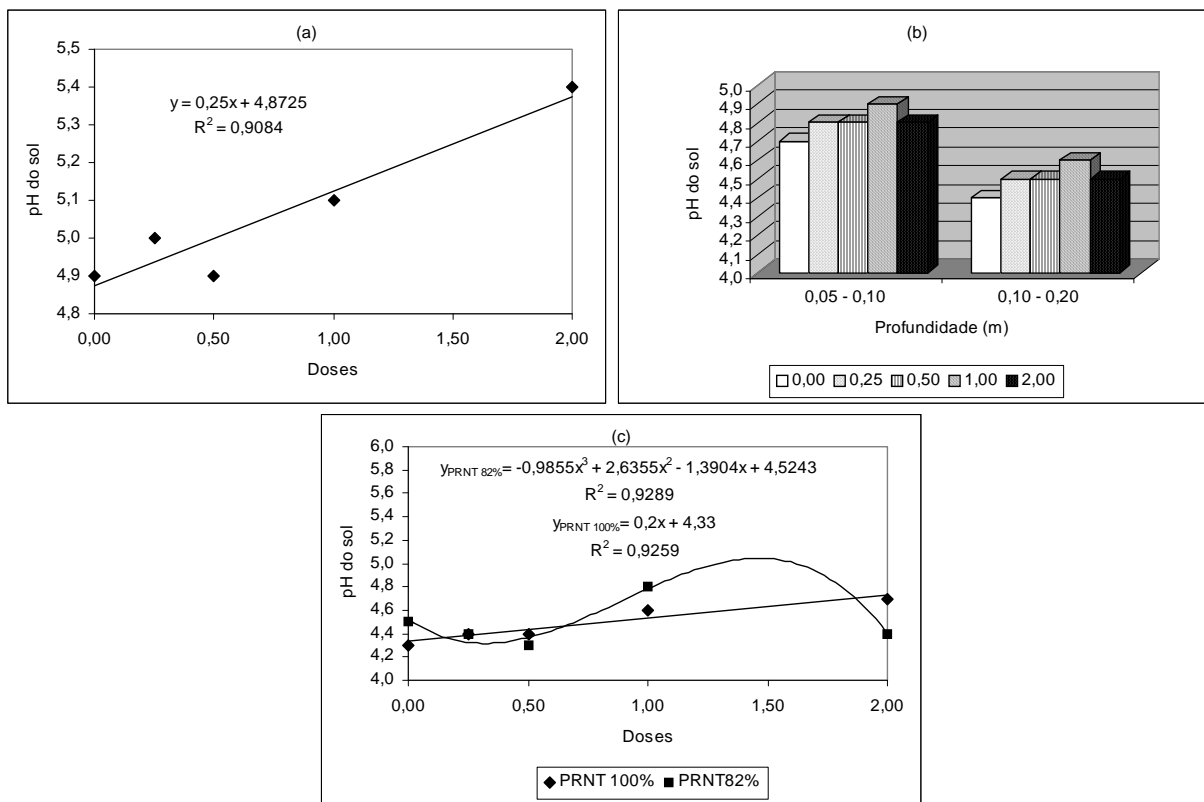


Figura 20. Valores médios de pH do solo nas camadas de 0,0 – 0,05m (a), 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20m (b) e 0,20 – 0,40m (c), em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2007.

Mediantes estes resultados, nota-se que a calagem superficial após 12 meses da aplicação, proporcionou efeitos na acidez do solo até a profundidade de 0,40m, sendo seu efeito mais intenso na camada de 0,0 – 0,05m. Resultados semelhantes também foram verificados por Lima (2001) e Soratto (2005). Efeitos no pH do solo até a profundidade de 0,40m, em função do calcário aplicado em superfície, também foram verificados por Caires et al. (2003a), porém, somente após 35 meses da aplicação. Diversos outros trabalhos constataram efeitos no pH do solo com a aplicação de calcário em superfície, no entanto, estes foram somente nas camadas superficiais, Caires e Fonseca (2000) até 0,10m de profundidade, Ciotta et al. (2004) até 0,15m, Alleoni et al. (2005) até 0,10m, após 30 meses da aplicação e Caires et al. (2006) até a profundidade de 0,10m.

Os teores de K no solo foram afetados pelos tipos de calcário na camada de 0 – 0,05m, tipos e doses de calcário na camada de 0,05 – 0,10m havendo interação entre estes tratamentos. Nas duas últimas camadas avaliadas (0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40m) houve interação significativa entre todos tratamentos (Tabela 20). Analisando os valores da Tabela 30, verifica-se que o calcário com PRNT de 100% proporcionou maior teor de K no solo em

relação ao calcário mais grosseiro na camada de 0,0 – 0,05m, entretanto, nos dois tipos de calcário os valores encontrados estão dentro da classe considerada alta (3,1 a 6,0 mmol_c dm⁻³), segundo Raij et al. (1996). Assim como as culturas de cobertura do solo, as doses de calcário (Figura 21a) não proporcionaram efeito significativo nos teores de K na primeira camada de solo avaliada. Mesmo não havendo diferença nos tratamentos verifica-se que os valores obtidos também encontram-se dentro da classe de teores considerados altos.

Na camada de 0,05 – 0,10m verifica-se na Tabela 31, que houve diferença significativa entre os calcários somente com a dose 0,25, onde o calcário com PRNT de 100% proporcionou maiores teores de K. As culturas de cobertura do solo não proporcionaram efeitos significativo nos teores do nutriente, nesta camada de solo. As doses de cada tipo de calcário tiveram comportamento semelhantes na disponibilidade de K no solo (Figura 21b), apresentando efeito quadrático. Nota-se que há um aumento no teor do elemento no solo até a doses 1,0, ocorrendo um pequeno decréscimo com aplicação da dose 2,0.

No desdobramento da interação entre os tratamentos culturas de cobertura e calagem para os teores de K na camada de 0,10 – 0,20m de solo (Tabela 32), verifica-se que com aplicação do calcário mais fino, o milho proporcionou maior teor do nutriente no solo, diferindo significativamente do sorgo, enquanto que, com aplicação do calcário com PRNT de 82%, não houve diferença entre as culturas de cobertura na disponibilidade do elemento no solo. Nesta mesma camada, na interação entre cobertura do solo e doses de calcário (Tabela 33), observa-se que houve diferença significativa entre as culturas de cobertura, na disponibilidade de K no solo, quando aplicou-se as doses 0,50 e 2,0, onde o milho apresentou os maiores valores, no entanto, não houve diferença significativa entre as doses de calcário aplicadas junto à esta cultura. Já na área cultivada com sorgo, a disponibilidade de K foi inversamente proporcional ao aumento das doses de calcário (Figura 21c). Redução significativa dos teores de K também foi verificada nesta camada de solo com aplicação das doses do calcário com PRNT de 100%, onde as doses apresentaram efeito quadrático, já as doses do calcário mais grosseiro não diferenciaram entre si (Figura 21d).

Na última camada de solo avaliada, constata-se na Tabela 34 que, com a aplicação do calcário de PRNT de 100% houve uma maior disponibilidade de K na área onde cultivou-se sorgo (1,1 mmol_c dm⁻³), diferindo significativamente da área cultivada com milho (0,8 mmol_c dm⁻³), comportamento inverso ao obtido na camada de 0,10 – 0,20m. No entanto, na área cultivada com milho, obteve-se o mesmo teor de K, quando aplicou-se o calcário com PRNT de 82% (1,1 mmol_c dm⁻³). Na Tabela 35 verifica-se que quando não se realizou a calagem (dose zero), a área cultivada com milho foi a que menos disponibilizou K no solo,

igualando-se com os teores da área cultivada com sorgo a partir da aplicação da dose 0,50 de calcário. Com aplicação das doses de calcário nas áreas cultivadas com milho, houve uma crescente disponibilidade de K até a dose 1,0, sofrendo uma pequena redução com aplicação da dose 2,0 (Figura 21e). Com esta mesma dose e na mesma camada de solo, os teores de M.O. foram maiores na área cultivada com milho (Figura 19b), o que pode ter contribuído na maior disponibilidade de K. Comparando as doses entre os tipos de calcário (Tabela 35), percebe-se que nas doses de 0,50 e 1,0, houve diferença significativa para os teores de K, obtendo maior disponibilidade com aplicação do calcário mais grosso. As doses deste calcário proporcionaram um aumento significativo no teor de K no solo até a dose 1,0 (Figura 21f).

Tabela 30. Teores médios de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, em função de culturas de cobertura e tipos de calcário na camada de 0,0 – 0,05m. Selvíria – MS, 2007.

Tratamentos	0,0 – 0,05
Milho	5,6 a
Sorgo	5,0 a
DMS Tukey 5%	0,74
PRNT 100%	5,7 a
PRNT 82%	4,9 b
DMS Tukey 5%	0,74

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 31. Desdobramento da interação significativa entre tipos e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento culturas de cobertura para os teores de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,05 – 0,10 m. Selvíria – MS, 2007.

Cobertura/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	3,3 a	3,8 a	4,8 a	4,8 a	4,4 a
PRNT 82%	3,0 a	3,0 b	4,2 a	4,0 a	4,4 a
DMS Tukey 5%			0,79		
Cob. d. Dos.					
Milho			3,3 a		
Sorgo			3,0 a		
DMS Tukey 5%			0,35		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 32. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e tipos de calcário para os teores de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,10 – 0,20m. Selvíria – MS, 2007.

Cobertura/Calagem	PRNT 100%	PRNT 82%
Milheto	2,0 a A	1,6 a B
Sorgo	1,6 b A	1,6 a A
DMS Tukey 5%		
Cob. d. Cal.		0,19
Cal. d. Cob.		0,19

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 33. Desdobramento das interações significativas entre culturas de cobertura e doses e tipos e doses de calcário, para os teores de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,10 – 0,20m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	1,9 a	1,4 a	2,7 a	1,7 a	1,7 a
Sorgo	1,8 a	1,6 a	1,8 b	1,5 a	1,2 b
DMS Tukey 5%					
Cob. d. Dos.			0,30		
PRNT 100%	2,2 a	1,8 a	1,8 a	1,5 a	1,6 a
PRNT 82%	1,9 a	1,4 b	2,1 a	1,6 a	1,4 a
DMS Tukey 5%					
Cal. d. Dos.			0,30		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 34. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e tipos de calcário para os teores de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

Cobertura/Calagem	PRNT 100%	PRNT 82%
Milheto	0,8 b B	1,1 a A
Sorgo	1,1 a A	1,1 a A
DMS Tukey 5%		
Cob. d. Cal.		0,14
Ca.l d. Cob.		0,14

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 35. Desdobramento das interações significativas entre culturas de cobertura e doses e tipos e doses de calcário, para os teores de K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	0,8 b	0,8 b	1,1 a	1,2 a	1,0 a
Sorgo	1,1 a	1,2 a	1,1 a	1,1 a	1,2 a
DMS Tukey 5%					
Cob. d. Dos.			0,22		
PRNT 100%	0,9 a	1,1 a	0,9 b	0,9 b	1,1 a
PRNT 82%	1,0 a	1,0 a	1,2 a	1,2 a	1,1 a
DMS Tukey 5%					
Cal. d. Dos.			0,22		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

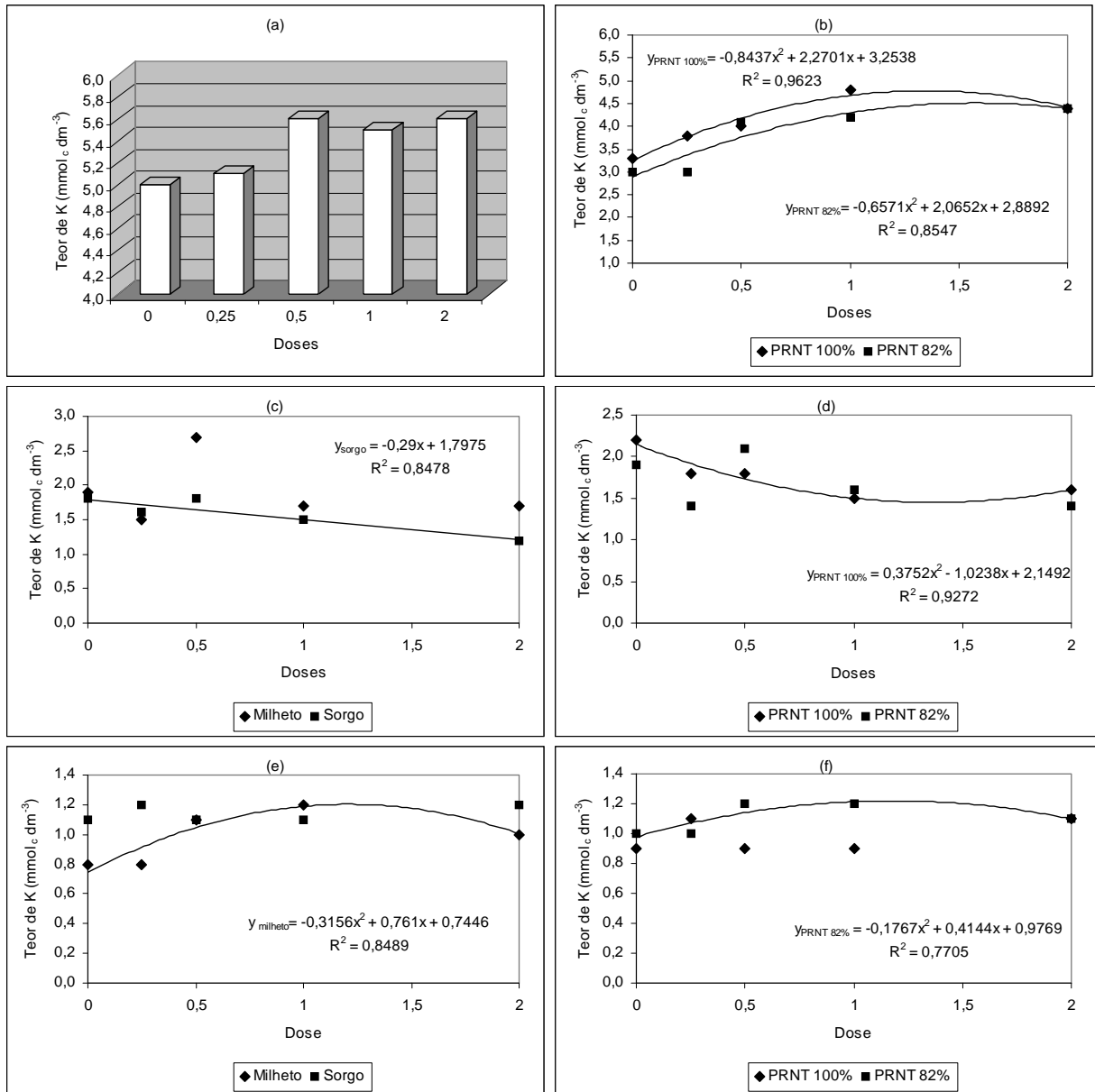


Figura 21. Teores médios de K no solo em função de doses de calcário na camada de 0,0 – 0,05m (a), desdobramento da interação entre tipos e doses de calcário nas camadas de 0,05 – 0,10m (b), 0,10 – 0,20m (d), 0,20 – 0,40 (f) e desdobramento da interação culturas de cobertura e doses de calcário nas camadas de 0,10 – 0,20m (c) e 0,20 – 0,40m (e). Selvíria – MS, 2007.

Mediante ao apresentado, verificou-se que os tratamentos influenciaram no teor de K ao longo do perfil avaliado, ocorrendo uma redução na disponibilidade do nutriente conforme aumentou-se a profundidade, variando de teores altos, obtidos na camada superficial, até teores considerados baixos, obtidos na camada de 0,20 – 0,40m.

A maior concentração de K na superfície do solo, foi beneficiada tanto pela aplicação de calcário como pelas culturas de cobertura. Este fato pode ser comprovado verificando a análise do solo realizada antes da instalação do experimento (Tabela 3), onde o teor de K na camada 0,0 – 0,05m era considerado baixo ($1,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), e no final do experimento o teor do nutriente nesta mesma camada foi considerado como alto, independente do tratamento aplicado. Bartz (1998) explica que como a maior parte do K nos tecidos vegetais está na forma iônica, ou seja, não participa da formação de compostos orgânicos, este nutriente pode ser extraído dos tecidos, tanto pela água da chuva, como pela própria umidade do solo, sem a necessidade da mineralização dos resíduos orgânicos. Com isto, além das culturas de cobertura do solo, os resíduos da soja também pode ter contribuído com o acúmulo deste nutriente na superfície do solo, visto que, a análise do solo foi realizada após a colheita desta leguminosa. Um outro ponto a ser destacado, é a redução das perdas de K por lixiviação proporcionada pela calagem (CAIRES et al., 1998). Tal efeito pode estar relacionado à alteração das cargas de cátions divalentes (Ca e Mg) pela formação de complexos com ligantes orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos das plantas (MIYAZAWA et al., 1996), reduzindo a energia de ligação com o complexo de troca, favorecendo sua lixiviação e a manutenção do K na camada superficial do solo (FRANCHINI et al., 2000). Outros autores também verificaram o acúmulo de K na superfície do solo cultivado no sistema de plantio direto, como Lima (2001), Delavale (2002) e Ciotta et al. (2004).

Com relação aos teores de Ca no solo, verifica-se na análise de variância (Tabela 20), que na camada superficial do solo (0,0 – 0,05m) houve efeito significativo das doses de calcário e da interação entre os tipos de calcário e doses, este mesmo efeito foi verificado na camada de 0,20 – 0,40m. Na camada de 0,05 – 0,10m não verificou-se efeito dos tratamentos no teor do nutriente no solo, enquanto que na camada seguinte (0,10 – 0,20m) houve efeito da interação dos tratamentos culturas de cobertura e doses.

Analisando os dados da Tabela 36, verifica-se que a disponibilidade de cálcio proporcionada entre os dois tipos de calcário aplicados no solo, só foi influenciada com aplicação da dose 0,50, onde o calcário com PRNT de 100% disponibilizou mais Ca no solo. Verificando o comportamento das doses de cada calcário, nota-se (Figura 22a) que ambos calcário proporcionaram aumento significativo de Ca na camada de 0,0 – 0,05m de solo, conforme aumentou-se a dose aplicada. As culturas de cobertura não influenciaram significativamente no teor de Ca nesta camada de solo. Diversos trabalhos citam elevação nos teores de Ca do solo sob influência da aplicação superficial de calcário (AMARAL;

ANGHINONI, 2001, CAIRES et al., 2003, MELLO et al., 2003, CIOTTA et al., 2004, ALLEONI et al., 2005 e CAIRES et al., 2006).

Na camada de 0,05 – 0,10m nenhum dos tratamentos influenciou no teor de Ca no solo, como pode ser observado na Tabela 37 e Figura 22b, porém constata-se redução nestes valores, em relação à primeira camada avaliada.

Na camada 0,10 – 0,20m houve influência das culturas de cobertura do solo (Tabela 38), nota-se que quando não aplicou calcário (dose zero) a área cultivada com sorgo apresentou maior disponibilidade de Ca no solo diferindo significativamente da área cultivada com milho, no entanto, com aplicação do calcário não se verificou diferença significativa entre os tipos de cobertura, independente da dose aplicada. Não constatou diferença entre as doses dentro de cada tipo de cobertura do solo (Figura 22c). Esta maior disponibilidade de Ca proporcionada pelo sorgo, pode estar relacionada com o mecanismo de lixiviação proposto por Miyazawa et al. (1996). Segundo Caires et al. (1998), os ligantes orgânicos liberados complexam o Ca trocável da superfície do solo, formando complexos CaL^0 ou CaL^- . A alteração da carga Ca^{2+} facilita sua mobilidade no solo. Na camada subsuperficial, o Ca dos complexos Ca-orgânicos é deslocado pelo Al trocável do solo, porque os íons Al^{3+} formam complexos mais estáveis que o Ca^{2+} , diminuindo a acidez trocável e aumentando o Ca trocável.

Na última camada de solo avaliada, houve efeito semelhante ao da camada de 0,0 – 0,05m, porém, entre os tipos de calcário só houve diferença significativa quando aplicou-se a dose 1,0, onde o calcário mais grosseiro disponibilizou mais Ca no solo (Tabela 39). Ainda em relação ao calcário com PRNT de 82%, nota-se na Figura 22d, que as doses aplicadas continuaram promovendo o mesmo efeito ao observado na camada superficial, enquanto que com as doses do calcário mais fino houve uma redução dos teores de Ca no solo com a dose 1,0, ocorrendo um aumento somente com aplicação da dose 2,0. Com isto, pode-se dizer que o calcário de PRNT de 82% contribui para uma maior disponibilidade de Ca ao longo do perfil do solo. Como este calcário é de granulometria maior, sua reação no solo é mais duradoura, refletindo seus efeitos no perfil do solo por um maior período. Mello et al. (2003) avaliando dois tipos de calcário (PRNT de 56% e PRNT de 90%) aplicados na superfície do solo, também constataram após doze meses da aplicação, que o calcário mais grosso continuou agindo na disponibilidade de Ca na camada de 0,10 – 0,20m.

Tabela 36. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento culturas de cobertura, para os teores de Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,0 – 0,05m. Selvíria – MS, 2007.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	18,6 a	19,0 a	21,4 a	22,6 a	24,6 a
PRNT 82%	15,6 a	15,8 a	16,8 b	19,0 a	23,0 a
DMS Tukey 5%	4,02				
Milheto	20,2 a				
Sorgo	19,8 a				
DMS Tukey 5%	1,80				

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 37. Valores médios de Ca no solo, em função de culturas de cobertura e tipos de calcário, na camada de 0,05 – 0,10m. Selvíria – MS, 2007.

Tratamentos	Teor de Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)
Milheto	14,9 a
Sorgo	15,3 a
DMS Tukey 5%	2,0
PRNT 100%	15,0 a
PRNT 82%	15,3 a
DMS Tukey 5%	2,0

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 38. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento tipos de calcário, para os teores de Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,10 – 0,20m. Selvíria – MS, 2007.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	10,5 b	12,7 a	13,0 a	13,5 a	14,2 a
Sorgo	14,8 a	13,0 a	12,8 a	13,5 a	14,7 a
DMS Tukey 5%			3,43		
PRNT 100%			13,4 a		
PRNT 82%			13,0 a		
DMS Tukey 5%			1,53		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 39. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento culturas de cobertura, para os teores de Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	9,8 a	11,2 a	9,5 a	6,8 b	12,0 a
PRNT 82%	9,2 a	9,5 a	8,2 a	12,3 a	12,3 a
DMS Tukey 5%			2,27		
Milheto			10,2 a		
Sorgo			9,7 a		
DMS Tukey 5%			1,01		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

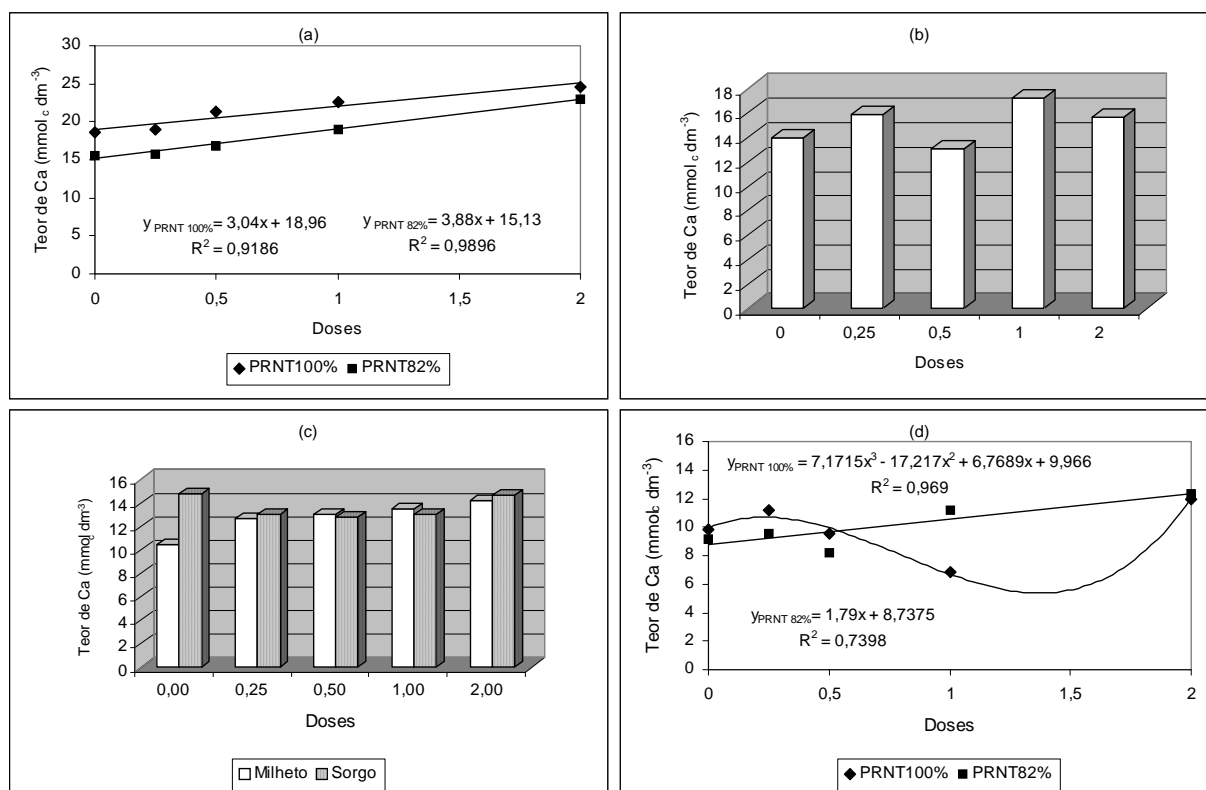


Figura 22. Desdobramento da interação significativa para os teores de Ca no solo entre os tratamentos, tipos e doses de calcário nas camadas de 0,0 – 0,05m(a), 0,20 – 0,40m(d), culturas de cobertura e doses de calcário na camada de 0,10 – 0,20m(c) e valores médios em função de doses de calcário na camada de 0,05 – 0,10m(b). Selvíria – MS, 2007.

Pela análise de variância realizada para os teores de Mg (Tabela 20), constatou-se efeito significativo dos tratamentos doses e das interações culturas de cobertura e calagem, e calagem e doses de calcário, na camada de 0,0 – 0,05m, enquanto que, na camada subsequente, houve apenas o efeito significativo da interação calagem e doses. Na camada de 0,10 – 0,20m, houve efeito significativo do tratamento culturas de cobertura e da interação entre calagem e doses de calcário. Na última camada avaliada, as doses de calcário interagiram significativamente com as culturas de cobertura e com os tipos de calcário.

Na Tabela 40, verifica-se que na camada de 0,0 – 0,05m não houve diferença significativa para os teores de Mg entre os tipos de calcários aplicados na área cultivada com milho, no entanto, na área cultivada com sorgo, o calcário com PRNT de 100% proporcionou maior teor do nutriente. Analisando o efeito das culturas de cobertura, verifica-se que houve diferença significativa entre estas na presença do calcário com PRNT de 82%, onde o teor de Mg no solo foi maior com o milho. Com relação às doses, verifica-se nesta

mesma tabela, que o efeito dos calcários só foi diferenciado, significativamente, quando aplicou-se o dobro da dose calculada, obtendo maior disponibilidade de Mg com o calcário mais grosso. Assim como o verificado para o teor de Ca, as doses dos calcários aplicadas na superfície do solo, aumentaram significativamente o teor de Mg na superfície do solo, como pode ser observado na Figura 23a.

Na camada de 0,05 – 0,10m verificou-se (Tabela 41) que o calcário com PRNT de 82% foi superior ao calcário mais fino com aplicação da dose inteira, mostrando melhor eficiência na disponibilidade de Mg no solo em profundidade. Entre as doses do calcário mais grosso, a dose 1,0 foi a que proporcionou maior disponibilidade de Mg (Figura 23b). Nesta camada de solo, não se verificou efeito das culturas de cobertura.

A dose inteira do calcário mais grosso continuou sendo superior à do calcário mais fino na camada de 0,10 – 0,20m (Tabela 42 e Figura 23c) e na camada 0,20 – 0,40m (Tabela 43 e Figura 23e) onde os teores de Mg se diferenciaram significativamente. Por ser de granulometria maior, sua reação no solo é mais lenta, permitindo um efeito mais duradouro no solo. Mediante a estes resultados torna-se evidente que o calcário mais grosso aplicado na superfície do solo é eficiente na disponibilidade de Ca e Mg até a profundidade de 0,40m. Mello et al. (2003) também constataram efeitos na disponibilidade de Ca e Mg no solo, mediante aplicação superficial de calcário com granulometria mais grossa, porém esta limitou-se até a profundidade de 0,10m. Vale ressaltar que o calcário mais grosso utilizado pelos autores possuía PRNT de 56%, enquanto que o calcário mencionado neste trabalho era de PRNT de 82%. Nas duas últimas profundidades as culturas de cobertura do solo também influenciaram no teor de Mg, sendo o sorgo a cultura que proporcionou maior disponibilidade do elemento no solo. Na camada de 0,20 – 0,40m (Tabela 43), o efeito foi semelhante ao obtido para o Ca na camada de 0,10 – 0,20m (Tabela 38), porém verifica-se na Figura 23d, que com aplicação das doses de calcário a cultura do milho proporcionou aumentos na disponibilidade do nutriente no solo. Como relatado para o nutriente Ca, o efeito em profundidade proporcionado pelas culturas de cobertura, pode ser explicado pelo mecanismo de lixiviação proposto por Miyazawa et al. (1996).

Tabela 40. Desdobramento das interações significativas entre os tratamentos tipos e doses de calcário, e tipos de calcário e culturas de cobertura para os teores de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,0 – 0,05 m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0	Milheto	Sorgo
PRNT 100%	11,8 a	12,2 a	13,4 a	14,2 a	14,5 b	13,1 a A	13,7 a A
PRNT 82%	11,3 a	11,2 a	11,7 a	13,7 a	17,3 a	14,3 a A	11,7 b B
DMS Tukey 5%							
Cal. d. Dos.			2,52				
Cob. d. Cal.						1,59	
Cal. d. Cob.						1,59	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 41. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento culturas de cobertura, para os teores de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,05 – 0,10m. Selvíria – MS, 2007.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	8,0 a	9,0 a	8,7 a	9,3 b	9,5 a
PRNT 82%	7,3 a	8,8 a	8,3 a	11,6 a	8,7 a
DMS Tukey 5%					
Milheto			9,2 a		
Sorgo			9,2 a		
DMS Tukey 5%					
			1,00		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 42. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento culturas de cobertura, para os teores de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,10 – 0,20m. Selvíria – MS, 2007.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	7,8 a	7,5 a	7,3 a	6,4 b	7,0 a
PRNT 82%	6,3 a	5,8 a	5,8 a	8,5 a	6,3 a
DMS Tukey 5%	1,69				
Milheto	6,3 b				
Sorgo	7,4 a				
DMS Tukey 5%	0,76				

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 43. Desdobramento das interações significativas entre culturas de cobertura e doses de calcário e tipos e doses de calcário, para o teor de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	5,3 b	5,8 a	4,7 a	5,7 a	7,2 a
Sorgo	6,5 a	5,8 a	5,2 a	6,0 a	5,8 b
DMS Tukey 5%					
Cob. d. Dos.	1,09				
PRNT 100%	6,2 a	6,0 a	5,2 a	4,3 b	6,3 a
PRNT 82%	5,7 a	5,7 a	4,7 a	7,3 a	6,7 a
DMS Tukey 5%					
Cal. d. Dos.	1,09				

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

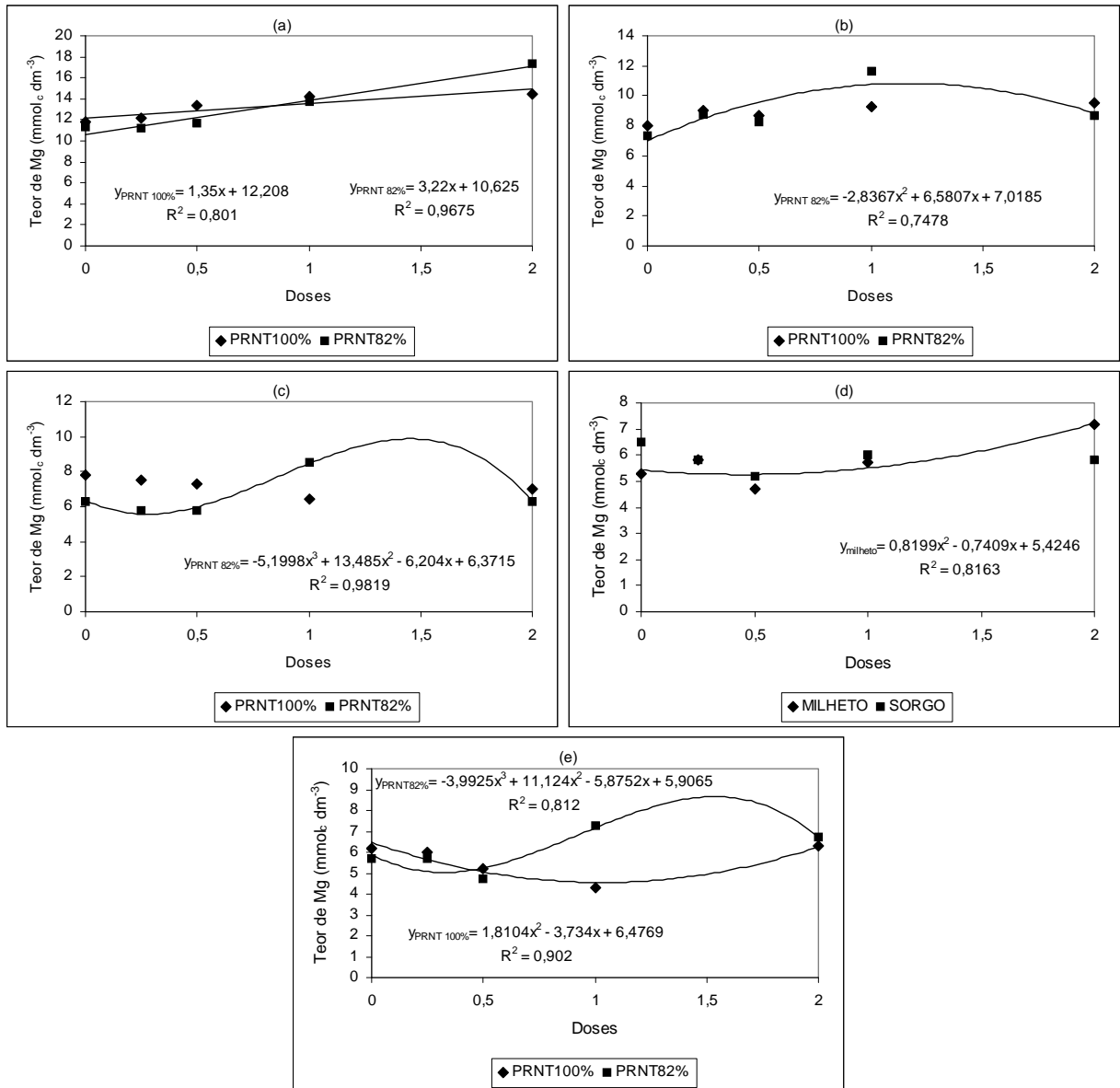


Figura 23. Valores médios de teores de Mg em função de tipos e doses de calcário nas camadas de 0,0 – 0,05m(a), 0,05 – 0,10m(b), 0,10 – 0,20m(c), 0,20 – 0,40m(e) e em função de doses de calcário e culturas de cobertura na camada de 0,20 – 0,40m(d). Selvíria – MS, 2007.

Na análise de variância (Tabela 20) constatou-se que na camada de 0,0 – 0,05m a acidez potencial foi significativamente afetada pelas doses de calcário aplicadas na superfície do solo, enquanto que na camada de 0,05 – 0,10m não constatou efeito de nenhum dos tratamentos. Em relação à camada de 0,10 – 0,20m, constatou efeito isolado de todos os tratamentos, sendo que, na camada seguinte (0,20 – 0,40m) houve interação dupla entre estes.

Na Tabela 44, encontram-se os valores médios de H + Al em função de culturas de cobertura e calagem nas três primeiras camadas de solo avaliadas. Nota-se que só houve efeito

significativo entre os tratamentos na camada de 0,10 – 0,20m, onde verificou-se que entre as culturas de cobertura, o milho proporcionou menor teor de H + Al em relação ao sorgo, apresentando teores de 20,2 e 21,9 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente. Já em relação aos tipos de calcário, o menor teor de H + Al foi observado quando aplicou-se o calcário com PRNT de 82% (19,4 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$). A não obtenção de resposta dos tratamentos nas duas primeiras camadas de solo analisadas implica em dizer que, tanto os resíduos de sorgo ou milho como o calcário fino ou o grosso depositados na superfície do solo, são eficientes na redução da acidez potencial até a profundidade de 0,05 – 0,10m. Isto pode ser comprovado mediante o resultado da análise de solo realizada antes da instalação do experimento (Tabela 3). Analisando os dados da tabela, verifica-se que o teor de H + Al nas camadas de 0,0 – 0,05m e 0,05 – 0,10m era de 32 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, valor muito superior ao obtido nestas camadas após a condução do experimento. A diferença significativa obtida entre o sorgo e o milho e entre o calcário fino e o grosso, na camada de 0,10 – 0,20m, demonstra a melhor eficiência do milho e do calcário de PRNT de 82% em corrigir a H + Al em profundidade. Em relação às doses, verifica-se na Figura 24a, que houve diferença significativa entre as doses na camada de 0,0 – 0,05m, obtendo menores valores de H + Al com as doses 1,0 e 2,0, enquanto que na camada 0,05 – 0,10m (Figura 24b) não verificou-se efeito significativo entre as doses, porém verifica-se também que com as duas últimas doses proporcionou menores valores de acidez potencial. O efeito significativo das doses de calcário aplicadas na superfície do solo também foi observado na camada de 0,10 – 0,20m (Figura 24c), onde notou-se uma redução linear de H + Al conforme aumentou-se as doses aplicadas.

Na última camada de solo avaliada, verifica-se (Tabela 45) que o menor teor de H + Al foi obtido quando cultivou-se milho na presença do calcário com PRNT de 100% (17,3 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) diferindo significativamente do sorgo (20,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$). O sorgo só proporcionou menor valor de acidez potencial (19,0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), quando aplicou-se a dose 2,0 de calcário, diferindo significativamente do milho (22,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), como pode ser observado na Tabela 46. Entretanto, os valores obtidos com esta dose (dose 2,0), foram superiores em relação às demais, como pode ser observado na Figura 24e. Em relação aos tipos de calcário, nota-se nesta mesma tabela, que não houve diferença significativa entre eles, independente da dose aplicada, porém os menores teores de H + Al foram obtidos com a dose 1,0 (Figura 24d).

Os resultados obtidos aqui são condizentes aos obtidos para o pH (Tabelas 28 e 29 e Figura 20) evidenciando que a calagem superficial e o acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo são eficientes na correção da acidez do solo não só em superfície, mas

também em profundidade. Lima 2001 também constatou efeito da aplicação superficial de calcário na redução da acidez potencial, após 12 meses da aplicação, até a profundidade de 0,40m. Trabalhos realizados por Cassiolato et al. (2000) e Franchini et al. (2001), com extratos vegetais, mostraram que sua percolação por colunas de solo aumenta a eficiência da calagem aplicada em superfície, sobre a correção da acidez de camadas subsuperficiais.

Para Rheinheimer et al. (2000) os efeitos da calagem em profundidade somente ocorrem quando o pH (H₂O) atingir valores entre 5,2 a 5,6. Nesta situação ocorre a formação e migração de Ca(HCO₃)₂ e Mg(HCO₃)₂ para camadas mais profundas do solo, reduzindo assim a acidez do subsolo. Considerando que os valores de pH (H₂O) se correlacionam com os de pH (CaCl₂), e que são em média 0,5 – 1,0 unidades maiores (LUCHESE et al., 2001), esta hipótese pode justificar a ação do calcário sobre a acidez do solo em profundidade, obtida neste trabalho.

No SPD é possível que haja movimentação de partículas de calcário em profundidade, através de canais formados por raízes mortas (PETRERE; ANGHINONI, 2001), além de macrocanais biológicos (RHEINHEIMER et al., 2000) mantidos intactos, em razão da ausência de preparo do solo. Como no presente trabalho, o SPD está em processo de instalação, é pouco provável que o efeito em profundidade dos tratamentos tenha sido provocado pelo caminhamento do calcário por estes canais.

Tabela 44. Valores médios de H + Al (mmol_c dm⁻³) do solo, nas camadas de 0,0 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20m, em função de culturas de cobertura e tipos de calcário. Selvíria – MS, 2007.

Tratamentos	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20
	(m)		
Milheto	16,0 a	18,7 a	20,2 b
Sorgo	17,1 a	20,6 a	21,9 a
DMS Tukey 5%	1,72	2,23	1,60
PRNT 100%	16,2 a	19,3 a	22,7 a
PRNT 82%	16,9 a	19,9 a	19,4 b
DMS Tukey 5%	1,72	2,23	1,75

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 45. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e tipos de calcário para os teores de H + Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

Cobertura/Calagem	PRNT 100%	PRNT 82%
Milheto	17,3 b B	19,9 a A
Sorgo	20,5 a A	18,7 a A
DMS Tukey 5%		
Cob. d. Cal.		1,86
Cal. d Cob.		1,86

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 46. Desdobramento das interações significativas entre culturas de cobertura e doses de calcário, e tipos e doses de calcário, para o teor de H + Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) do solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	15,3 a	17,0 b	20,0 a	18,2 a	22,7 a
Sorgo	18,0 a	20,2 a	19,2 a	17,7 a	19,0 b
DMS Tukey 5%					
Cob. d. Dos.			2,95		
PRNT 100%	16,2 a	20,5 a	20,7 a	18,7 a	19,5 a
PRNT 82%	17,2 a	20,5 a	18,5 a	17,2 a	22,2 a
DMS Tukey 5%					
Cal. d. Dos.			2,95		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

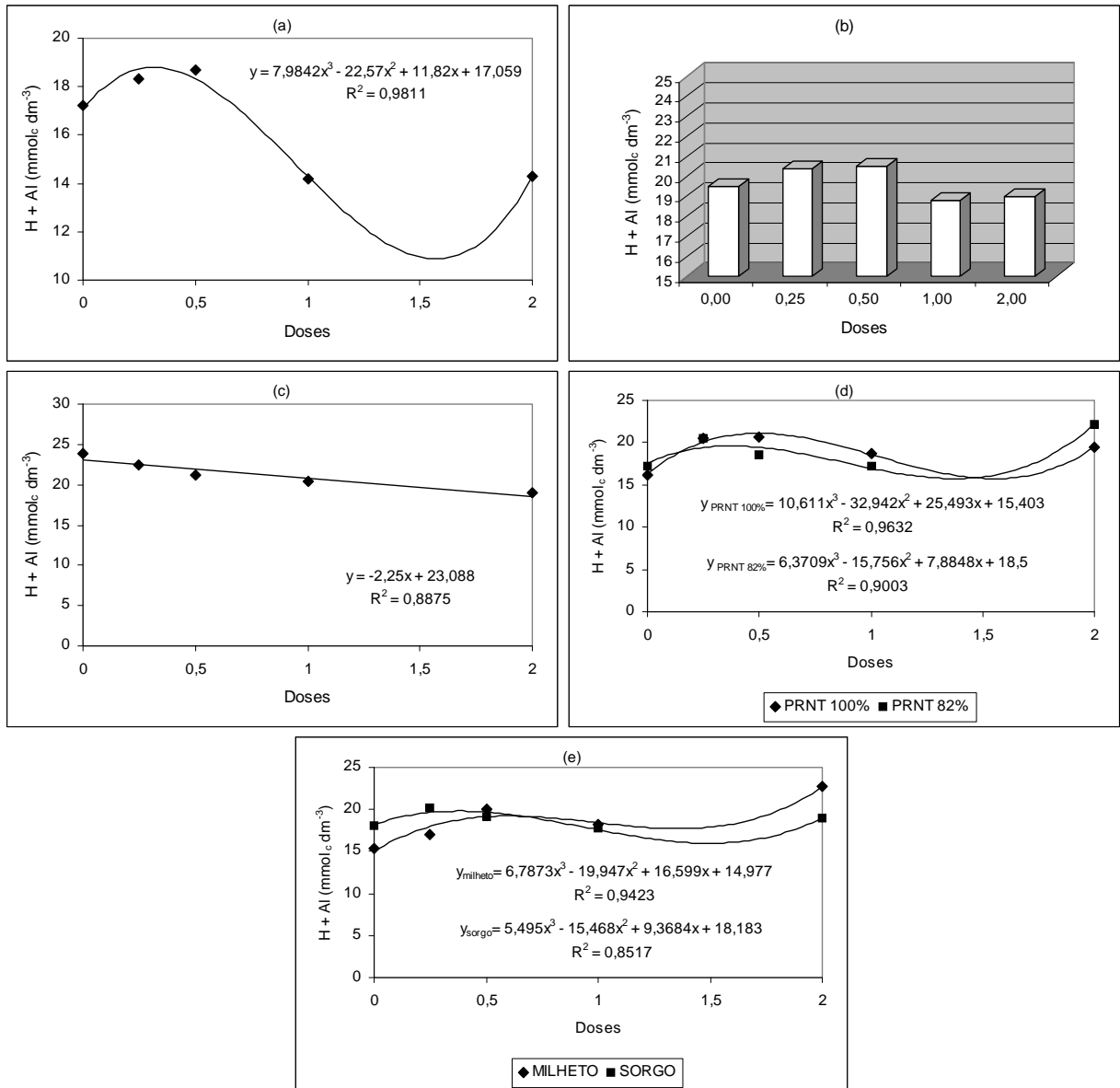


Figura 24. Teores médios de H + Al nas camadas de 0,0 – 0,05m(a); 0,05 – 0,10m(b); 0,10 – 0,20m(c) e 0,20 – 0,40m (d, e), em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2007.

A umidade retida na superfície do solo pela cobertura vegetal, beneficia a dissolução do calcário no solo, favorecendo sua reação. Sendo assim, como a área experimental estava sob pivô central, a disponibilidade hídrica associada às chuvas (Apêndice 1) ocorridas durante a condução do experimento, pode ter facilitado o caminhamento dos produtos da dissolução do calcário no perfil do solo. Rheinheimer et al. (2000) relata que a água enriquecida com os produtos da dissolução do calcário, responsáveis pela neutralização da acidez e aumento dos cátions de reação básica, permite maior atuação em profundidade.

Os tratamentos aplicados não influenciaram os teores de Al no solo na camada de 0,0 – 0,05m (Tabela 47 e Figura 25a), possivelmente pela baixa concentração deste na superfície do solo. Na camada de 0,05 – 0,10m, verificou-se que houve uma redução significativa dos teores de Al no solo, conforme aumentou-se as doses de calcário aplicadas (Figura 25b), os demais tratamentos não influenciaram no teor do elemento no solo. Já na camada de 0,10 – 0,20m, a análise de variância (Tabela 20) detectou interação dupla entre os tratamentos. Analisando os dados da Tabela 48, verifica-se que entre as culturas de cobertura do solo, o milho proporcionou menores teores de Al no solo ($1,23 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) quando na presença do calcário com PRNT de 82%, enquanto que na presença do calcário mais fino, não verificou-se efeito significativo das culturas de cobertura. Um outro ponto a destacar, é que na área cultivada com sorgo, houve diferença significativa entre os tipos de calcário aplicados, obtendo menor teor de Al com o calcário de PRNT de 100% ($1,24 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

O desdobramento da interação entre as culturas de cobertura e doses, e entre calagem e doses na camada de 0,10 – 0,20m está apresentado na Tabela 49. Nota-se que quando não realizou a calagem (dose zero) o milho proporcionou menor teor de Al no solo ($1,27 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), diferindo significativamente do sorgo ($1,73 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Independente da dose aplicada, não mais verificou-se este efeito entre as culturas de cobertura, evidenciando que a palhada do milho é mais eficiente na redução da acidez trocável em profundidade, em solos sem correção. Nas áreas cultivadas com sorgo houve diferença significativa entre as doses de calcário, ocorrendo uma redução no teor de Al no solo, até a dose 1,0 (Figura 25c). Entre os tipos de calcário, só houve diferença significativa quando aplicou-se a dose 1,0, obtendo menor teor de Al com o calcário mais grosso ($1,05 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Figura 25d. Na última camada avaliada, não verificou-se mais a diferença entre os tipos de calcário (Tabela 50), porém, as doses do calcário mais grosso diferiram entre si (Figura 25e), sendo a dose 2,0, a que proporcionou menor teor de Al no solo.

Conforme o apresentado, nota-se que os tratamentos influenciaram no teor de Al em profundidade, no entanto, a redução foi mínima. Uma outra hipótese, ainda não mencionada no trabalho, que pode explicar o efeito da calagem em profundidade, é o revolvimento do solo provocado na linha de semeadura no momento do plantio, que desloca partículas de calcário para camadas mais profundas do solo. Como no experimento ocorreram apenas duas semeaduras (culturas de cobertura e soja) após a aplicação do calcário, é pouco provável que houve deslocamento de calcário até a profundidade de 0,40m, proporcionada pelo revolvimento do solo, na linha de semeadura.

Com isto, a melhor hipótese que explica o efeito dos tratamentos nos teores de Ca, Mg, H + Al e Al, verificado neste trabalho, é o mecanismo de lixiviação proposto por Miyazawa et al. (1996) associado à disponibilidade hídrica, visto que, não somente o calcário, mas também os resíduos das culturas de cobertura interferiram nestes atributos do solo. Caires et al. (2000) relata que 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.

Tabela 47. Teores médios de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) do solo, nas camadas de 0,0 – 0,05 e 0,05 – 0,10m, em função de culturas de cobertura e tipos de calcário na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2007.

Tratamentos	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10
	(m)	
Milheto	0,14 a	0,61 a
Sorgo	0,13 a	0,61 a
DMS Tukey 5%	0,02	0,05
PRNT 100%	0,14 a	0,59 a
PRNT 82%	0,13 a	0,63 a
DMS Tukey 5%	0,03	0,05

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 48. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos culturas de cobertura e tipos de calcário para os teores de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,10 – 0,20m. Selvíria – MS, 2007.

Cobertura/Calagem	PRNT 100%	PRNT 82%
Milheto	1,25 a A	1,23 b A
Sorgo	1,24 a B	1,43 a A
DMS Tukey 5%		
Cob. d. Cal.		0,15
Cal. d Cob.		0,15

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 49. Desdobramento das interações significativas entre culturas de cobertura e doses de calcário, e tipos e doses de calcário, para o teor de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) do solo, na camada de 0,10 – 0,20m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	1,27 b	1,12 a	1,35 a	1,23 a	1,23 a
Sorgo	1,73 a	1,31 a	1,17 a	1,10 a	1,37 a
DMS Tukey 5%					
Cob. d. Dos.			0,23		
PRNT 100%	1,37 a	1,17 a	1,17 a	1,28 a	1,25 a
PRNT 82%	1,57 a	1,27 a	1,35 a	1,05 b	1,35 a
DMS Tukey 5%					
Cal. d. Dos.			0,23		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 50. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento culturas de cobertura, para os teores de Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	1,72	1,73	1,80	1,77	1,70
PRNT 82%	1,70	1,80	1,87	1,80	1,70
DMS Tukey 5%			0,09		
Milheto			1,75		
Sorgo			1,75		
DMS Tukey 5%			0,04		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

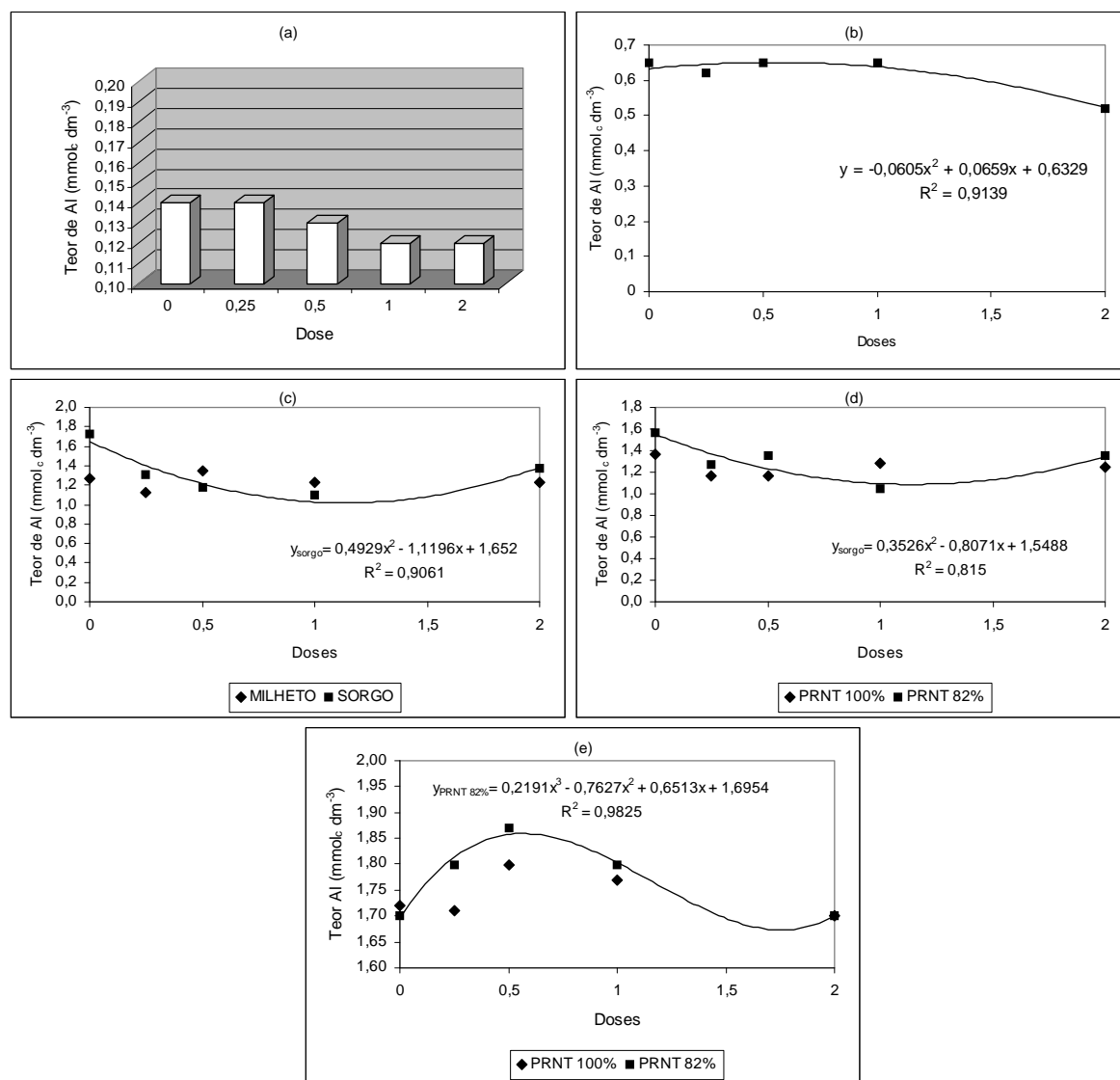


Figura 25. Teores médios de Al no solo nas camadas de 0,0 – 0,05m(a); 0,05 – 0,10m(b); 0,10 – 0,20m(c,d); 0,20 – 0,40m(e), em função de doses de calcário aplicadas na superfície do solo na implantação do SPD. Selvíria – MS, 2007.

Com relação ao V(%), observa-se na Tabela 20 que os valores foram influenciados pelos tratamentos de forma semelhante à verificada na SB, com exceção da camada 0,05 – 0,10m, onde verificou-se efeito das interações cobertura do solo e calagem, e cobertura do solo e doses de calcário. A semelhança observada deve-se ao fato de que a saturação por bases está diretamente relacionada aos valores de SB, tendo em vista que o V(%) é a porcentagem de cargas negativas do solo que estão sendo ocupadas pelas bases trocáveis (K, Ca e Mg), portanto, alterações na disponibilidade destas bases irá refletir no V(%) do solo.

Na Tabela 51, verifica-se que na camada de 0,0 – 0,05 m houve diferença significativa entre os calcários para os valores de V(%). Nota-se que com as doses de 0,25 e 0,50 o calcário

mais fino proporcionou maiores valores de V(%), diferindo significativamente do calcário mais grosso. Com as demais doses não observou-se tal efeito. No entanto, observa-se na Figura 26a, que houve aumento significativo do V(%), conforme aumentou-se as doses de calcário aplicadas, sendo este efeito mais evidente com aplicação do calcário com PRNT de 100%. A diferença obtida entre os calcários com a aplicação das menores doses, possivelmente foi devido a granulometria dos insumos. Como o calcário de PRNT de 100%, em sua maior parte, é constituído de partículas mais finas, é possível que a quantidade de calcário aplicada tenha reagido no solo mais rapidamente em relação ao calcário com PRNT de 82%.

No cálculo das doses de calcário a serem aplicadas no solo, pretendeu-se elevar o V(%) a 60 conforme recomendações de Raij et al. (1996), entretanto, a dose única (dose 1,0) que foi a calculada para atingir a saturação por bases desejada, ultrapassou o valor pretendido em ambos calcários. A dose que mais se aproximou do valor desejado foi a 0,25 do calcário com PRNT de 82%. Até mesmo onde não aplicou-se calcário, o valor do V(%) na camada de 0,0 – 0,05m foi superior a 60, induzindo a um possível efeito proporcionado pelas culturas de cobertura do solo.

Na camada de 0,05 – 0,10m (Tabela 52), verificou-se menor valor de saturação por bases (55%) quando na área cultivada com sorgo aplicou-se o calcário com PRNT de 82%, diferindo significativamente da área cultivada com milho (59,9 %). Em relação à aplicação das doses, houve efeito significativo entre as coberturas do solo na presença da dose 0,25, proporcionando maior valor de V(%) na área cultivada com milho (63,2 %), diferindo da área cultivada com sorgo (51,9 %). Entre as doses houve efeito significativo, quando estas foram aplicadas na área com sorgo, onde ocorreu um aumento no V(%), conforme aumentou-se as doses aplicadas (Figura 26b).

A saturação por bases na camada de 0,10 – 0,20m (Tabela 53) foi maior com a aplicação da dose 1,0 do calcário com PRNT de 82%, atingindo aproximadamente o V(%) desejado (60%). Entre as doses, nota-se na Figura 26c, que a dose 1,0 do calcário mais grosso foi a que proporcionou maior V(%), obtendo um efeito quadrático. O efeito do calcário mais grosso também foi verificado na camada de 0,20 – 0,40m (Tabela 53 e Figura 26d). Através destes resultados, pode-se inferir que o calcário mais grosso proporciona melhores efeitos no subsolo, mediante avaliação realizada após 12 meses. É possível que o calcário mais fino tenha proporcionado efeitos semelhantes no subsolo, porém este deve ter sido menos duradouro, devido sua reação no solo ser mais rápida. Mello et al. (2003), estudando o efeito nos atributos químicos do solo decorrentes da granulometria de calcário (PRNT de 56% e

PRNT de 90%) constataram que doses mais elevadas de calcário com maior granulometria mostrou efeito residual mais prolongado no solo.

Assim como na camada de 0,05 – 0,10m, a dose 0,25 proporcionou maior V(%), na camada de 0,20 – 0,40m, na área cultivada com milho (Tabela 54 e Figura 26e). Os resíduos desta cultura em função das doses de calcário, aumentaram os teores de K e Mg nesta profundidade, o que proporcionou este efeito no V(%) do solo, demonstrando ser uma excelente opção como cultura de sucessão à soja no SPD, pois além de proporcionar boa cobertura do solo, alterou positivamente os atributos químicos do solo, principalmente na presença da calagem.

Tabela 51. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, e valores médios obtidos no tratamento culturas de cobertura, para os valores de V(%) no solo, na camada de 0,0 – 0,05m. Selvíria – MS, 2007.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	67,0 a	68,6 a	70,3 a	73,4 a	74,5 a
PRNT 82%	64,6 a	60,9 b	61,7 b	75,0 a	77,3 a
DMS Tukey 5%	5,89				
Milho	70,6 a				
Sorgo	68,4 a				
DMS Tukey 5%	2,63				

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 52. Desdobramento das interações significativas entre os tratamentos culturas de cobertura e doses de calcário, e culturas de cobertura e tipos de calcário para os valores de V (%) no solo, na camada de 0,05 – 0,10m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0	PRNT 100%	PRNT 82%
Milho	58,0 a	63,2 a	54,2 a	62,3 a	54,0 a	56,8 a A	59,9 a A
Sorgo	55,7 a	51,9 b	56,0 a	61,0 a	60,9 a	59,2 a A	55,0 b A
DMS Tukey 5%							
Cal. d. Dos.	7,21						
Cob. d. Cal.	4,56						
Cal. d. Cob.	4,56						

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 53. Desdobramento da interação significativa entre os tratamentos tipos e doses de calcário, para os valores de V(%) do solo, na camada de 0,10 – 0,20m. Selvíria – MS, 2007.

Calagem/Doses	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
PRNT 100%	51,5 a	52,4 a	51,0 a	50,0 b	49,2 a
PRNT 82%	50,0 a	53,4 a	51,0 a	58,3 a	46,8 a
DMS Tukey 5%			7,61		
Cal. d. Dos.					

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 54. Desdobramento das interações significativas entre culturas de cobertura e doses e tipos e doses de calcário, para os valores de V (%) do solo, na camada de 0,20 – 0,40m. Selvíria – MS, 2007.

	0,0	0,25	0,50	1,0	2,0
Milheto	49,6 a	49,8 a	41,5 a	45,8 a	49,8 a
Sorgo	51,3 a	40,4 b	47,2 a	47,2 a	47,5 a
DMS Tukey 5%					
Cob. d. Dos.			5,84		
PRNT 100%	52,0 a	46,9 a	43,9 a	39,5 b	50,4 a
PRNT 82%	46,9 a	43,2 a	44,8 a	53,5 a	50,0 a
DMS Tukey 5%					
Cal. d. Dos.			5,84		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

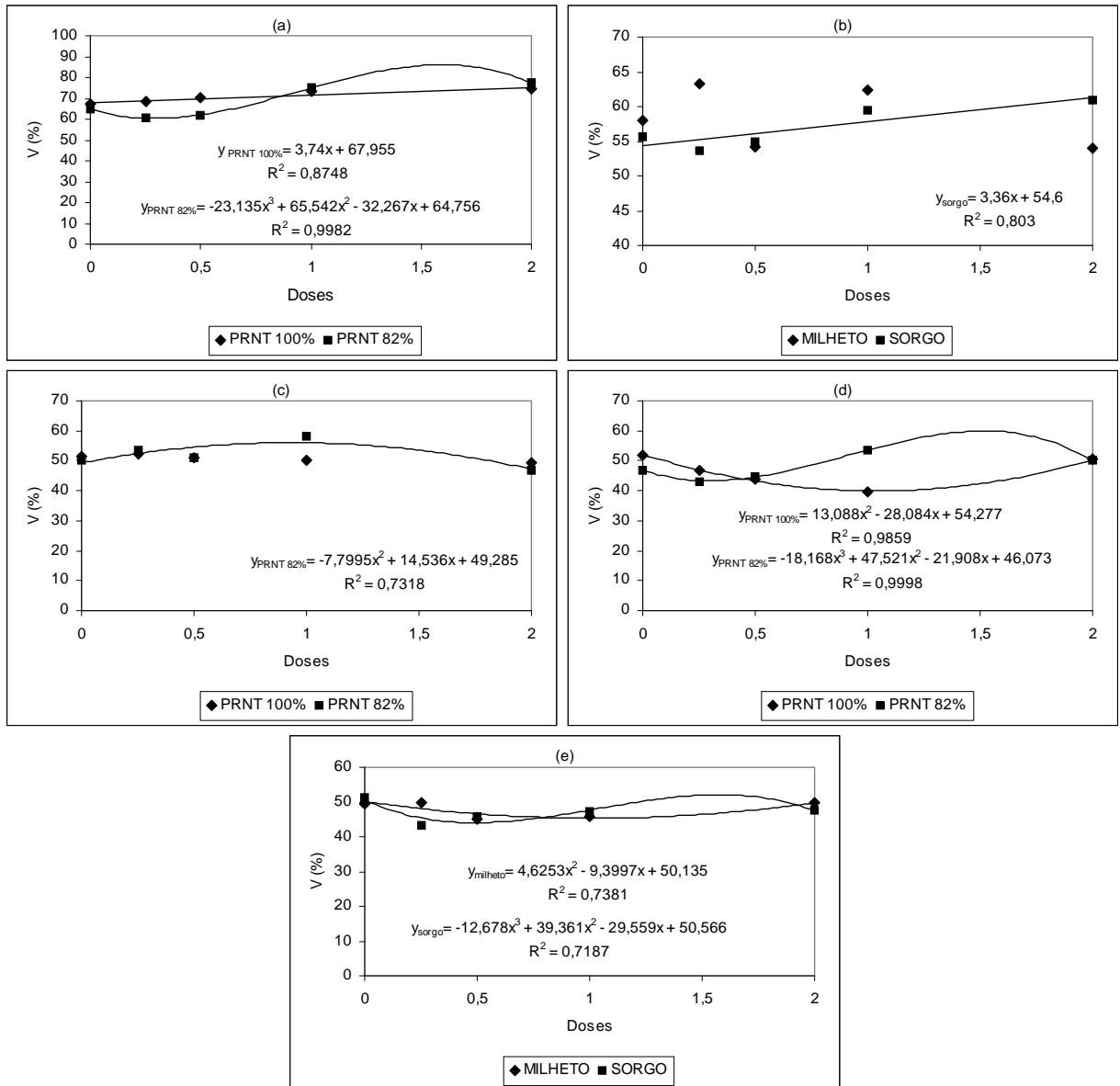


Figura 26. Valores médios de V(%) em função de doses e tipos de calcário nas camadas de 0,0 – 0,05m(a), 0,10 – 0,20m(c), 0,20 – 0,40m(d) e em função de doses e culturas de cobertura nas camadas de 0,05 – 0,10m(b) e 0,20 – 0,40m(e). Selvíria – MS, 2007.

5 CONCLUSÕES

- O sorgo produz maior massa seca da parte aérea e maior porcentagem de cobertura do solo, em relação ao milho;
- A decomposição da palhada do milho é mais lenta em relação à do sorgo;
- Cultivo de soja em sucessão ao sorgo apresenta redução na altura da planta, na altura de inserção da primeira vagem, no número de vagens e na massa de 1000 grãos;
- Aplicação superficial de calcário com PRNT de 100%, na implantação do SPD, proporciona aumento no número de vagens por planta e na produtividade de grãos de soja, em relação ao calcário com PRNT de 82%;
- Doses de calcário de 0,25, 0,50, 1,0 e 2,0 vezes o valor calculado para elevar o V% a 60 aplicadas na superfície do solo, independente da granulometria, reduz os teores de Fe, Zn e Mn nos tecidos foliares da soja, após 9 meses da aplicação;
- Calagem superficial na implantação do SPD, independente da dose e da granulometria promove elevação dos teores de Ca, Mg e K e reduz a acidez do solo até a camada de 0,05 – 0,10m;
- A dose inteira (dose 1,0) do calcário com PRNT de 82%, aplicada em superfície na implantação do SPD, após 12 meses altera benéficamente os valores de pH, K, Ca, Mg, Al e V(%) na camada de 0,20 – 0,40m;
- Nas condições apresentadas, o milho e a dose 1,0 (922 kg ha⁻¹) do calcário com PRNT de 82% são as melhores opções para a implantação do sistema plantio direto.

REFERÊNCIAS

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de Cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, p.923-934, 2005.

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, p.25-36, 2001.

ALMEIDA, J.A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas de fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, p.985-1002, 2003.

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, MG, v.19, p.127-132, 1995.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.241-248, 2002.

AMARAL, A. S. **Reaplicação de calcário no plantio direto consolidado**. 1998, 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.36, n.4, p.695-702, 2001.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de Plantas de cobertura e do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v.28, p.115-123, 2004.

ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; NOVAIS, R.F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolo e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.1003-1011, 2003.

BARIZON, R. R. M. **Calagem na superfície para a cultura da soja, em semeadura direta sobre *Brachiaria brizantha***. 2001, 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

BARTZ, H. R. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistema 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 Estadual de Santa Maria, Pallotti, 1998. p.52-81.

BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C.; SOUZA, E.C.A. Eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários na neutralização da acidez dos solos, avaliadas em laboratório. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 46, n.2, p. 303-317, 1989.

BOHNEN, H. Acidez do solo: origem e evolução. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 9-19 (Boletim, 4).

BOLAN, N. S.; HEDLEY, M. J.; WHITE, R. E. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. In: WRIGHT, R. J.; BALIGAR, V.

C.; MURRAN, R. P. (Ed.). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1991. p.169-179.

BORKERT, C.M., GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J.E. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n.1, p.143-153, 2003.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; Redução da acidez e movimentação de bases do solo pelo uso de calcário e gesso na superfície e resposta da soja e do milho cultivados em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ed. especial, p.30-31, 1996.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. 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, MG, v.22, p.27-34, 1998.

CAIRES, E. F. FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função da alteração 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, MG, v.23, p.315-327, 1999.

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-ROM.

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

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.213-220, 2000.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; FELDHAUS, I.C. & BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.1029-1040, 2001.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIU, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações química do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v.27, p.275-286, 2003a.

CAIRES, E. F.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Produtividade e qualidade da soja em função da calagem na superfície em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.283-290, 2003b.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.30, p.87-98, 2006.

CALEGARI, A., MONRADO, A.; BILISANI, E. A.; COSTA, M. B. B. ; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. 1993. Aspectos gerais da adubação verde. In COSTA, M. B. B. (Coord.). **adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p. 1-56. 1993.

CALEGARI, A. Rotação de culturas e uso de plantas de cobertura: dificuldade para sua adoção. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2001, **Anais...** Federação Brasileira de Plantio Direto na palha, 2001. p. 145-152.

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

CAMARGO, O. A. ; CASTRO, O. M. ; VIEIRA, S. R.; QUAGGIO, J. A. Alteração dos atributos químicos do horizonte superficial de um Latossolo e um Podzólico com a calagem. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n.1/2, p. 1-8, 1997.

CARGNELUTTI, A. F.; REINERT, D. J.; BORGES, D. F. Recuperação da estabilidade estrutural induzida pelo plantio direto, de solo que recebeu preparo convencional por dois anos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Trabalhos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.

CARVALHO, A. M. et al. Efeitos de espécies vegetais sobre o rendimento de milho em diferentes sistemas de manejo no Cerrados do Brasil Central. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14, 1999, Temuco. **Resumos Expandidos...** Temuco: s.n., 1999. CD ROM.

CARVALHO, A.M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2000. 20p. (Boletim de Pesquisa, 11).

CARVALHO, M. A. C.; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.11, p. 1141-1148, 2004.

CASSIOLATO, M. E.; MEDA, A. R.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. OLIVEIRA, J. C. Evaluation of oat extracts on the efficiency of lime in soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.43, p.533-536, 2000.

CERETTA, C. A.; C. J. BASSO; M. G. HERBES; N. POLLETO; M. J. SILVEIRA. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de coberturas de solo e milho sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Goiânia, v.32, n.1, p.49-54. 2002.

CERVI, E.U. A revolução da palha. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.73, p.8-12, 2003.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, p.53-60, 2001.

CHEPKWONY, C.K.; HAYNES, R.J.; SWIFT, R.S.; HARRISON, R. Mineralization of soil organic P induced by drying and rewetting as a source of plant-available P in limed and unlimed samples of an acid soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.234, p.83-90, 2001.

CHIEN, S.H.; MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fertilizer Research**, The Hague, v.41, p.227-234, 1995.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Brasília, DF, v.28, p.317-326, 2004.

COELHO, A. M. **Eficiência de calcário de diferentes granulometrias na correção da acidez do solo**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2004. 4p. (Boletim de Pesquisa, 100).

CORDEIRO, L. A. M.; SOUZA, C. M. Características agrônomicas da cultura da soja (cv. CAC-1) semeada sobre palhada de diferentes espécies de cobertura morta em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Resumos Expandidos...** Brasília: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados/EMBRAPA, 1999. 1 CD ROM.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, p.1231-1237, 2004.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja-trigo em sistema de plantio direto**. 2000. 146 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

DELAVALE, F. G. **Culturas de cobertura do solo e calagem na implantação do plantio direto para as culturas de milho e soja**. 2002. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa.. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: Região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, Fundação Meridional, 2004. 239p.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.897-904, 2001.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – FEBRAPDP. **Evolução do plantio direto no Brasil**. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br>, Acesso em: 28 jan. 2008.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.57, n.1, p.25-29, 2000.

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

FRANCHINI, J. C.; MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por métodos biológicos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, p.357-360, 2001.

FRANCHINI, J. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Organic composition of green manures during growth and its effect on cation mobilization in an acid oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.34, p.2045-2058, 2003.

FUCKS, L. F.; REINERT, D. J.; CAMPOS, B. C.; BORGES, D. F.; SAPINI, C. Degradação da estabilidade estrutural pela aração e gradagem de solo sob plantio direto por quatro anos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.196-197.

GONÇALVES, J. L. M.; FIRME, D. J.; NOVAIS, R. F.; RIBEIRO, A. C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.9, p.107-111, 1985.

GONÇALVES, J. R. P. **Variações nas propriedades químicas do solo, no desenvolvimento e produção do milho sob cultivo convencional e semeadura direta em função da aplicação de calcário dolomítico com diferentes granulometrias e doses.** 2003, 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

HARBY, V. A.; ANDERSON, W.B. ; WELCH, C.D. Effect of limestone variables on amendment of acid soils and production of corn and costal bermudagrass. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.43, n.2, p. 343-347. 1979.

HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C. ; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. ; FONTES, C.Z. **Sistema de plantio direto.** Brasília: Embrapa-Agropecuária Oeste, 1998. p.38-49.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETT, 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.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, p.145-154, 1999.

HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1995, Castro – PR. Castro: Fundação ABC, 1995. p. 21-36.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Mecanização do plantio direto problemas e soluções**. Londrina: IAPAR, 2001. 19p. (Informe de Pesquisa,137).

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO BRASIL, 1, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-267.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. 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.

LIMA, E. V. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta da soja à cobertura vegetal e à calagem superficial na implantação do sistema de semeadura direta**. 2001, 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

LIMA, E. V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. 2004, 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos de química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001. 182p.

MAGALHÃES, P.C.; DURAES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2000. 46p. (Circular Técnica, 3).

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., TANAKA, R. Soja. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.202-203.

MATEUS, G.P. **Utilização agropecuária do sorgo de guiné e efeitos na cultura da soja e nos atributos químicos do solo**. 2003. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISOLI, E. Palhada do sorgo de guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em área de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.6, p.539-542, 2004.

MEDA, A. R.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M.; CASSIOLATO, M. E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez subsuperficial do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.647-654, 2002.

MEDINA, P. F. **Produção de sementes de cultivares precoces de soja, em diferentes épocas e locais do Estado de São Paulo**. 1994, 173 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

MELLO, J. C. A. **Granulometria e doses de calcário dolomítico em sistema de plantio convencional e direto, cultivado com milho**. 2001, 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

MELLO, J. C. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; BÜLL, L. T. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo Distroférico decorrentes da granulometria de doses de calcário em sistema plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, p.553-561, 2003.

MENEZES, L. A. S. **Alteração de propriedades químicas e físicas do solo em função da fitomassa de plantas de cobertura.** 2002, 73 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C.; REIN, T. A.; GOMES, A. C. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, n.6, p.563-572, 2005.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito do material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.17, p.411-416, 1993.

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-SOLI INTERACTIONS AT LOW pH, 4, 1996, Belo Horizonte. **Abstract...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, CPAC/EMBRAPA, 1996. p.8.

MORAES, R.N.S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto.** 2001. 90 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I. ; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.71-81, 2001.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CARVALHO, M. P. Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, p. 167-175, 2007.

MUZZILI, O. O plantio direto no Brasil. In: _____. **Atualização em plantio direto.** Piracicaba: FEALQ, 1986.

MUZILLI, O. O plantio direto como alternativa no manejo e conservação do solo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, CPATSA/EMBRAPA, 1994. p.178.

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

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeito no feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.8, p.1079-1087, 2002.

PACE, L.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; ROSOLEM, C. A. Desenvolvimento radicular e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão submetidos à compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Resumos Expandidos...** Brasília: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados/EMBRAPA, 1999. CD ROM.

PELÁ, A.; SILVA, M. S.; COSTA, L. A.; SILVA, C. J.; ZUCARELI, C.; DECARLI, L. D.; MATTER, U. F. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.53, n.1, p.26-33, 1999.

PEREIRA, J. A. R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no cerrado**. 1990. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1990.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.885-895, 2001.

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

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n.3, p. 375-383, 1993.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

QUEIROZ, E. F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E.; PEREIRA, L. A. G.; BIANCHETTI, A.; TERAZAWA, F.; PALHANO, J. B.; YAMASHITA, J. Recomendações técnicas para a colheita mecânica. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 701-710.

RAIJ, B. van. Estudo de materiais calcários usados como corretivos do solo no Estado de São Paulo. IV O poder relativo de neutralização total. **Bragantia**, Campinas, v.36, n.12, p.139-145, 1977.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. van, QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 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. 32-3.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, p.797-805, 2000.

SÁ, J. C. M. Calagem em solo sob plantio direto da região dos Campos Gerais, Centro Sul do Paraná. In: SÁ, J. C. M. (Coord.). **Curso sobre manejo do solo no sistema plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1995. p.73-107.

SÁ, J. C. M. Efeito de métodos de calagem em um Lea argiloso sob longo período em plantio direto com elevada acidez. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, edição especial, p.32-33, 1996.

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.

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

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, DF, v.33, p.289-295, 1998.

SILVA, R. H. **Crescimento radicular e nutrição da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em função da cultura anterior e da compactação em latossolo vermelho escuro**. 1998, 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.253-260, 2001.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

SORATTO, R. P. **Aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema de plantio direto**. 2005. 173 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

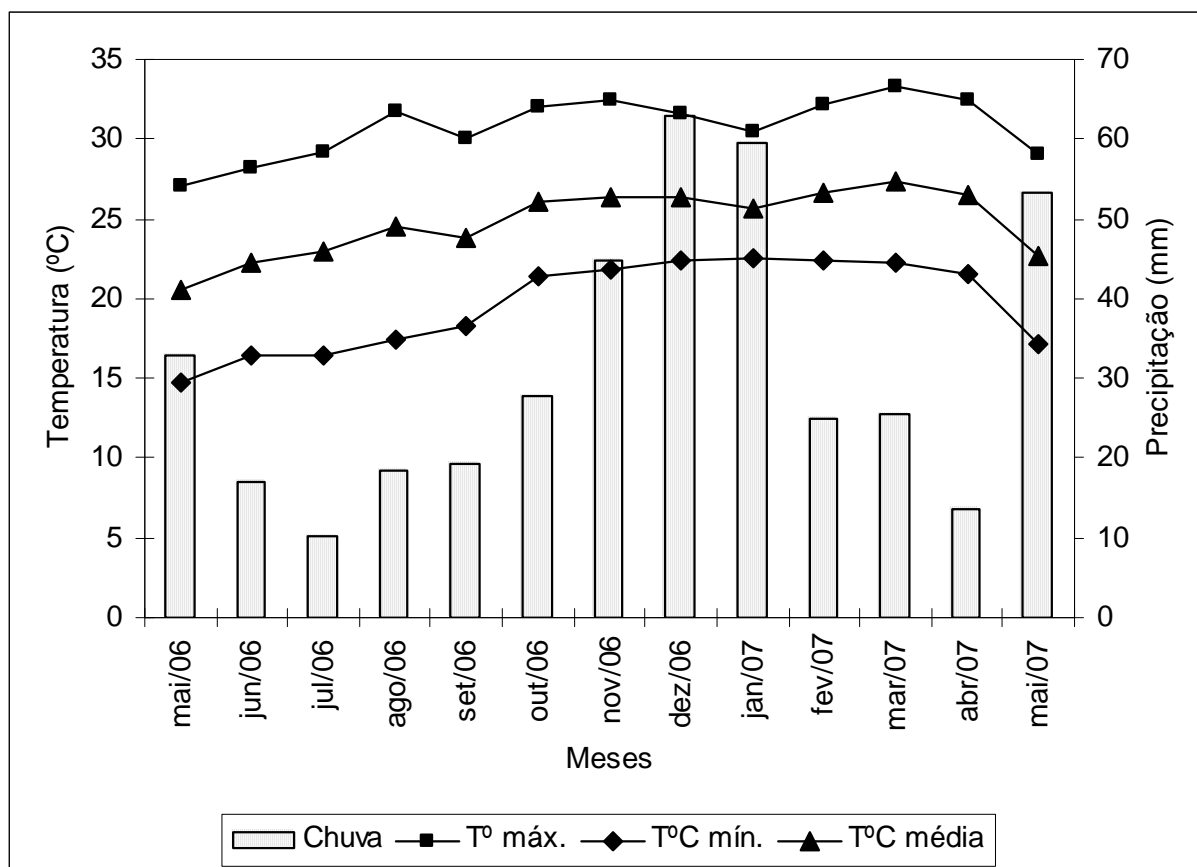
SOUZA, C.N.; SOUZA, I.T.; PASQUAL, M. Extração e ação de sorgoleone sobre o crescimento de plantas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.2, p.331-338, 1999.

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.127-31.

SPEEDING, C.R.W., LARGE, R.V. Apoit quadrat method for the description of pasture in terms of height and density . **Journal Britanica Gras. Society**, Amsterdam, v.12, p.229-234, 1957.

YOKOMIZO, G. K. **Interação genótipos x ambientes em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão**. 1999. 170 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

APÊNDICE



Apêndice 1. Temperaturas máxima, mínima e média e precipitação mensal durante o período de condução do experimento. Selvíria, MS – 2006/07.