

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**MODOS DE APLICAÇÃO E REAPLICAÇÃO DE
CALCÁRIO NAS CULTURAS DE MILHO E SOJA EM
PLANTIO DIRETO: EFEITO RESIDUAL**

WANDEMBERG ASSIS SILVA OLIVEIRA

Ilha Solteira – SP
Setembro/2013

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**MODOS DE APLICAÇÃO E REAPLICAÇÃO DE
CALCÁRIO NAS CULTURAS DE MILHO E SOJA EM
PLANTIO DIRETO: EFEITO RESIDUAL**

Aluno: Wandemberg Assis Silva Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira,
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP
Setembro/2013



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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Modos de Aplicação e Reaplicação de Calcário nas Culturas de Milho e Soja em Plantio Direto: Efeito Residual

AUTOR: WANDEMBERG ASSIS SILVA OLIVEIRA

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 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. AGIVALDO JOSÉ FREITAS LEAL

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul

Data da realização: 13 de setembro de 2013.

*Dedico ao meu pai **João Vicente Martins de Oliveira**, por me ensinar os rumos certos da vida, pela sua coragem, bondade, fibra, humildade, sabedoria e compreensão; tudo que sou hoje e que serei amanhã devo a você pai. À minha mãe **Dagmar Assis Silva Oliveira** pelo amor de mãe, conselhos, “puxões de orelha”, ensinamentos de vida, força de vontade e perseverança, característicos de uma pessoa que já superou e continuará superando muitos obstáculos na vida. À minha “maninha” **Jeanne Assis Oliveira** por me proporcionar o prazer e a felicidade de ser um IRMÃO, pelas brigas quando crianças, pelos segredos quando adolescentes e pelos conselhos quando adultos.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me dar força para viver cada dia que se passa. Por me conduzir sempre aos caminhos corretos e por me proporcionar os diversos momentos de felicidade em minha vida.

Ao Prof. Dr. Edson Lazarini, pela amizade, orientação, paciência e ensinamentos que tomarei como referência para o resto da vida.

Aos demais professores e funcionários pelo suporte e ensinamentos prestados (em especial aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP.

Aos colegas de estágio Luiz Henrique Marcandalli, Flávio Henrique Franzote, Felipe Kenichi Hayashi, Thiago Zago Leonel e Hugo Basile Menezello, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

À minha segunda Família, que são os companheiros da república WHYSKINÃO SÓ PINGA, onde morei durante toda a graduação. Valeu pessoal! Anderson Monteiro Manzano, Bruno Mendes Silva Alves, Gustavo Luiz Mamoré Martins, Leandro Rebuá Rodrigues, Mauricio Rotundo, Thiago Mendes Faria, Thiago Zago Leonel.

Aos frequentadores assíduos da república e grandes amigos: Henrique Franco, Alexandre Macedo Guimarães, Murici Carlos Candelária.

Aos meus amigos Carlos Eduardo Ribas Peres, Flávio Gomes de Andrade e a minha amiga Gabriela dos Santos Souza, pela companhia nos vários trabalhos realizados por esse grupo.

Aos demais colegas da turma de Pós Graduação em Agronomia UNESP de Ilha Solteira – SP.

A Usina Porto das Águas – Grupo Cerradinho Bio, pela liberação dos dias de trabalho para participação das aulas da Pós Graduação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior – CAPES, pela concessão de Bolsa.

RESUMO

Estudos que envolvam calagem e sistema plantio direto ainda são necessários para melhor embasar as recomendações desta prática nos mais diferentes solos e condições climáticas onde se utiliza deste sistema de cultivo. Neste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido na área experimental da FEPE/UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS, com o objetivo de avaliar o efeito residual de doses, modos de aplicação e reaplicação de calcário nas culturas de milho e soja em sistema plantio direto. No ano agrícola 1999/00, iniciou-se um experimento com modos de aplicação de calcário e culturas de cobertura, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial 4 x 2, ou seja, 4 modos de aplicação de calcário (incorporado, superfície, em superfície antes manejo das culturas de cobertura e sem aplicação de calcário) e 2 culturas de cobertura do solo (nilheto e aveia) antecedendo as culturas produtoras de grãos (milho e soja). Nos tratamentos onde houve aplicação de calcário, utilizou-se a dose de 1235 kg ha⁻¹, com PRNT de 91%. No ano agrícola 2002/03, não mais considerou-se as culturas de cobertura como tratamento e uma nova dose (769 kg ha⁻¹) foi reaplicada em superfície, na presença ou ausência de escarificação. No tratamento com aplicação de calcário em superfície antes do manejo das culturas de cobertura (CM), aplicou-se em superfície, 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 vezes, respectivamente a dose calculada para os demais tratamentos. Nos anos agrícolas 2003/04 e 2004/05 avaliou-se o efeito residual dos tratamentos. No ano agrícola de 2005/06, foram mantidos os modos de aplicação de calcário, utilizados na instalação do experimento e houve reaplicação de dois diferentes tipos de calcário (C1 - PRNT de 91% e C2 - PRNT de 81,9%) nas doses de 841,2 e 900,6 kg ha⁻¹ respectivamente e no tratamento CM, novamente foram reaplicadas doses do calcário C1. Em 2006/07 e 2007/08, mantiveram-se os tratamentos utilizados no ano anterior, procurando-se assim avaliar o efeito residual dos tratamentos. Na safra 2008/09, antes da semeadura das culturas de milho e soja, foi reaplicado uma nova dose de calcário com PRNT de 91,8%, sendo esta de 2070 kg/ha (para elevar o V a 70%), em dose única ou parcelada na área anteriormente cultivada com soja e a ser cultivada com milho nos 3 anos seguintes, e 464 kg/ha, (para elevar o V a 60%), em dose única ou repetida nas três safras sucessivas, na área anteriormente cultivada com milho e a ser cultivada com soja. No tratamento CM, novamente foram aplicados os múltiplos (0,5, 1,5, 2,0 e 2,5) da dose

recomendada para cada cultura, em uma única vez e em superfície. Os resultados apresentados referem-se ao ano agrícola 2010/11, onde a soja cultivar MGBR 46 Conquista foi semeada no dia 12/12, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e o milho híbrido simples 2B710, foi semeado no mesmo dia, no espaçamento de 0,9 m. Concluiu-se que a reaplicação de doses múltiplas a recomendada, a cada três anos, aplicando-se no máximo de 2000 kg ha⁻¹, não alteraram os teores foliares de macronutrientes, características agronômicas e produtividade de grãos da soja; a reaplicação de doses múltiplas a recomendada, a cada três anos, aplicando-se no máximo de 5.175 kg ha⁻¹, não alteraram as características agronômicas e produtividade de grãos do milho; as formas de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto não proporcionaram diferença nas produtividades de grãos de soja e milho; as diferentes reaplicações de calcário, mesmo sendo a cada 3 anos, não proporcionaram aumento na produtividade de grãos de soja e milho.

Palavras-chaves: *Zea mays*. *Glycine max* L.. Calagem em superfície. Cerrado.

ABSTRACT

Studies involving liming and tillage are still needed to further recommendations of this practice in many different soils and climatic conditions where this system is used for cultivation. In this context, this study was conducted at experimental area UNESP – Ilha Solteira Campus, located in Selvíria county, Mato Grosso do Sul State, Brazil, with the objective to evaluate the effect of doses, methods of application and reapplication of limestone in corn and soybean crops in no-tillage system. In crop year 1999/00, began an experiment with modes of limestone application and cover crops, using the completely randomized design with treatments arranged in a factorial 4 x 2, or 4 modes of limestone application (incorporated, surface, surface before cover crop management and without liming), 2 cover crops (millet and oats) before corn or soybeans crops. In treatments where there was limestone application, the dose used was 1,235 kg ha⁻¹ with PRNT 91%. During the growing season 2002/03, wasn't longer considered as cover crops treatment and a new dose (769 kg ha⁻¹) surface was reapplied in the presence or absence of scarification. In the treatment with limestone application on surface before cover crops management, it was applied 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 times respectively the calculated dose for the other treatments. In the years 2003/04 and 2004/05 was evaluated the residual effect of the treatments. In crop year 2005/06, were kept modes of application of limestone, used in the experiment, and there was reapplication of two different types of limestone (C1 - PRNT 91% and C2 - PRNT 81.9%) in doses of 841.2 and 900.6 kg ha⁻¹ respectively and on treatment CM doses limestone C1 were compared again. In 2006/07 and 2007/08, remained the treatments used in the previous year, thus attempting to evaluate the residual effect of the treatments. In 2008/09, before the sowing of corn and soybeans, was reapplied a new dose of limestone with PRNT of 91.8%, which was 2,070 kg ha⁻¹ (base saturation to raise to 70%), dose once or divided annually in area cultivated with soybeans in the before season and corn to be grown in the next 3 years, and 464 kg ha⁻¹ (base saturation to raise to 60%) in a dose once or repeated in three successive years, the area cultivated with corn and be cultivated with soybeans in the next 3 years and on treatment CM doses limestone were compared again. The results presented relate to the season 2010/11, where soybean cultivar MGBR 46 Conquista was sown on 12/12, spaced 0.45 m lines and 2B710

hybrid corn was sown on the same day, spaced 0.9 m. It was concluded that the replication of multiple doses recommended every three years, applying a maximum of 2,000 kg ha⁻¹, did not affect foliar nutrients, agronomic characteristics and grain yield of soybean; reapplying doses the multiple recommended every three years, applying a maximum of 5,175 kg ha⁻¹, did not alter the agronomic characteristics and grain yield of corn; forms of lime application deployment no-tillage system did not differ in productivity of soybeans and corn; different reapplication forms of limestone, even though every three years, did not increase the productivity of soybeans and corn .

Keywords : *Zea mays*. *Glycine max* L.. Liming on surface. Savannah.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MENSAL, REGISTRADA DURANTE A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO. SELVÍRIA – MS, BRASIL (2010/11).	24
Figura 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS NA ÁREA EXPERIMENTAL NOS ANOS AGRÍCOLAS 2005/06 A 2007/08.....	31
Figura 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS NA ÁREA EXPERIMENTAL NOS ANOS AGRÍCOLAS 2008/09, 2009/10 E 2010/11.....	33
Figura 4 - REGRESSÃO QUADRÁTICA COM A RESPECTIVA EQUAÇÃO AJUSTADA E O COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO PARA O TEOR FOLIAR DE K NA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO. SELVÍRIA – MS, 2010/11.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - TRATAMENTOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO, NOS ANOS AGRÍCOLAS 1999/00 A 2001/02.....	25
Tabela 2 - RESULTADO DA ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL, REALIZADA ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NO ANO AGRÍCOLA 1999/00.	26
Tabela 3 - RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DE AMOSTRAS DE SOLO, TOMADAS NA ÁREA EXPERIMENTAL A 0-10 CM DE PROFUNDIDADE, NO ANO AGRÍCOLA 2002/03, NAS ÁREAS ANTERIORMENTE OCUPADAS COM MILHO OU SOJA. SELVÍRIA – MS, 2002.....	27
Tabela 4 - TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ANO AGRÍCOLA 2002/03.....	28
Tabela 5 - RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DE AMOSTRAS DE SOLO, TOMADAS NA ÁREA EXPERIMENTAL A 0,0-0,1 M DE PROFUNDIDADE NOS TRATAMENTOS COM DIFERENTES MODOS DE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO ANTECEDENDO A CULTURA DO MILHO E DA SOJA. SELVÍRIA, MS 2008.....	32
Tabela 6 - VALORES DE F E MÉDIAS OBTIDAS NA ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS DADOS DO TEOR DE N, P, K, CA, MG E S NAS FOLHAS DE SOJA EM FUNÇÃO DA REAPLICAÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO (SELVÍRIA, MS, 2010/11).....	39
Tabela 7 - VALORES DE F E MÉDIAS DO TEOR DE N, P, K, CA, MG E S NAS FOLHAS DE SOJA EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS. SELVÍRIA - MS, 2010/11.....	40
Tabela 8 - DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO MODO DE APLICAÇÃO X REAPLICAÇÕES DE CALCÁRIO, SIGNIFICATIVO TEOR FOLIAR DE CÁLCIO, NA CULTURA DA SOJA. SELVÍRIA – MS, 2010/11.....	40
Tabela 9 - VALORES DE F E MÉDIAS OBTIDAS NA ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS DADOS PARA, ALTURA DE PLANTAS E ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA VAGEM	

(CM), NÚMERO DE RAMOS, NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA, MASSA DE MIL GRÃOS (G) E PRODUTIVIDADE (KG HA ⁻¹) DE SOJA EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS. SELVÍRIA - MS, 2010/11.....	41
Tabela 10 - VALORES DE F E MÉDIAS OBTIDAS NA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE ALTURA DE PLANTAS (CM), ALTURA DE INSERÇÃO DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA VAGEM (CM), NÚMERO DE RAMOS, MASSA DE MIL GRÃOS (G) E PRODUTIVIDADE (KG HA ⁻¹) DE SOJA EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS (SELVÍRIA, MS, 2010/11).....	43
Tabela 11 - VALORES DE F E MÉDIAS OBTIDAS NA ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS DADOS DO TEOR DE N, P, K, CA, MG E S NAS FOLHAS DE MILHO EM FUNÇÃO DA REAPLICAÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO. SELVÍRIA – MS, 2010/11.....	44
Tabela 12 - VALORES DE F E MÉDIAS DO TEOR DE N, P, K, CA, MG E S NAS FOLHAS DE MILHO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS. SELVÍRIA - MS, 2010/11.....	46
Tabela 13 - DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO MODO DE APLICAÇÃO X REAPLICAÇÕES DE CALCÁRIO, SIGNIFICATIVO TEOR FOLIAR DE NITROGÊNIO, NA CULTURA DO MILHO. SELVÍRIA – MS, 2010/11.....	46
Tabela 14 - DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO MODO DE APLICAÇÃO X REAPLICAÇÕES DE CALCÁRIO, SIGNIFICATIVO TEOR FOLIAR DE ENXOFRE, NA CULTURA DO MILHO. SELVÍRIA – MS, 2010/11.....	47
Tabela 15 - VALORES DE F E MÉDIAS OBTIDAS NA ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS DADOS DE POPULAÇÃO DE PLANTAS, ALTURA DE PLANTAS E ALTURA DE INSERÇÃO DA ESPIGA (M), MASSA DE MIL GRÃOS (G) E PRODUTIVIDADE (KG HA ⁻¹) DE MILHO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS. SELVÍRIA - MS, 2010/11.....	48
Tabela 16 - VALORES DE F E MÉDIAS OBTIDAS NA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE POPULAÇÃO DE PLANTAS, ALTURA DE PLANTAS E ALTURA DE INSERÇÃO DA	

ESPIGA (M), MASSA DE MIL GRÃOS (G) E PRODUTIVIDADE (KG HA ⁻¹) DE MILHO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS. SELVÍRIA - MS, 2010/11.....	49
--	----

Tabela 17 - DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO MODO DE APLICAÇÃO X REAPLICAÇÕES DE CALCÁRIO, SIGNIFICATIVA PARA ALTURA DE INSERÇÃO DA ESPIGA, NA CULTURA DO MILHO. SELVÍRIA – MS, 2010/11.....	50
--	----

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Sistema plantio direto	17
2.2 Cultura da soja	18
2.3 Cultura do milho	19
2.4 Correção da acidez do solo.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Histórico da área experimental	24
3.2 Avaliações realizadas	35
3.2.1 Cultura da soja	35
3.2.2 Cultura do milho	36
3.3 Análise estatística	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Cultura da soja	38
4.1.1 Estado nutricional das plantas	38
4.1.2 Características agronômicas e produtividade de grãos	39
4.2 Cultura do milho	42
4.2.1 Estado nutricional das plantas	42
4.2.2 Características agronômicas e produtividade de grãos	47
5 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos solos sob vegetação de cerrado caracteriza-se pela alta acidez, presença de alumínio em níveis tóxicos e baixa fertilidade e, por isso, é necessário corrigir a acidez pela aplicação de calcário e fornecer nutrientes, para que se possam obter boas produtividades das culturas, seja no sistema de sistema convencional ou direto.

Nas últimas décadas, com o constante crescimento da população mundial, aumentou-se a necessidade em elevar a produção de alimentos, o que tem levado a uma intensiva exploração dos solos agrícolas, com tecnologias cada vez mais baseadas no uso de máquinas e agroquímicos, propiciando aumento nos processos erosivos, na perda de fertilidade, na queda de produtividade e na ocorrência de contaminação ambiental (COLOZZI FILHO; BALOTA, 1998). No sistema de plantio convencional, sistema de exploração agrícola mais comum no país, tem-se a condição física do solo rapidamente degradada e reflexos negativos também na condição química e biológica do solo, tornando sua recuperação de alto custo e demorada (GREGO, 1994).

Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – (EMBRAPA, 1997), o sistema de plantio direto (SPD) proporciona efeitos significativos na conservação e melhoria do solo, da água, no aproveitamento dos recursos e insumos, na fertilidade do solo, no controle de plantas invasoras, na redução dos custos e na estabilidade de produção, assim como nas condições de vida do produtor rural e da sociedade.

Duas culturas de grande importância no cenário mundial são a soja e o milho. A cultura da soja é uma commodity que vem se expandindo a cada ano, tendo em relação a safra 2012, um incremento na área plantada de 10,7%, correspondendo a 27,7 milhões de hectares. É a cultura mais plantada no SPD no Brasil com 61% das áreas cultivadas sem revolvimento do solo. A produção brasileira de soja é de 81,4 milhões de toneladas, com produtividade média de 2.938 kg ha⁻¹, aumento de 10,8%, quando comparado à safra de 2012 (CONAB, 2013).

A cultura do milho no Brasil é a segunda cultura mais plantada, atrás apenas da soja, sendo que a cada três quilos de cereais colhidos, um é de milho. Atualmente possui uma área plantada de 15,8 milhões de hectares, totalizando uma produção de 80,2 milhões de toneladas, produtividade média de 5058 kg ha⁻¹, somando-se as duas safras (CONAB, 2013).

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

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito residual de doses, modos de aplicação e reaplicação de calcário nas culturas de milho e soja em sistema plantio direto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema plantio direto

As primeiras referências sobre a possibilidade de deixar de arar o solo foram feitas por Edward H. Faulkner em 1943 no livro "*Plowman's Folly*", em que o autor admitia não haver, até aquele momento, qualquer razão científica razoável para o preparo mecânico do solo e propunha o cultivo mínimo como alternativa. As ideias de Faulkner foram comprovadas por Louis Bromfield em Ohio. Agricultores americanos não estavam, naquela época, preparados para aceitar e usar os conceitos de Faulkner, Scarseth, Bromfield ou Klingham (LANDERS, 2000). Os primeiros estudos sobre o SPD foram realizados na Estação Experimental de Rothamsted na Inglaterra na mesma década de 40 quando se constatou que o preparo do solo era dispensável, desde que não houvesse competição de plantas daninhas (WIETHÖLTER, 2000).

Na safra 2011/12, a área de plantio direto no Brasil atingiu 31,8 milhões de hectares e a área total no mundo compreendia aproximadamente 120 milhões de hectares (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP, 2012).

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 no sistema plantio direto um sistema de manejo que pode superar as restrições impostas pelo ecossistema, permitindo manter ou incrementar a produtividade das culturas, embora necessite ainda de vários estudos para a obtenção de sucesso com a adoção desta nova tecnologia de produção (RESCK, 1998).

Uma das principais limitações dessa região é a baixa fertilidade natural dos seus solos, representada por elevada acidez e alta saturação por alumínio, baixa saturação por bases, baixos teores de fósforo, boro e zinco disponíveis (LOPES, 1983). Associado a deficiência de alguns nutrientes deve-se considerar a baixa quantidade de matéria orgânica, 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, constituindo em alguns dos problemas para a execução do SPD. Contudo, esses problemas são contornáveis com a realização de um manejo que possibilita as plantas

explorar um maior volume de solo, possuindo certa tolerância à seca e recuperando os nutrientes lixiviados (SPEHAR; LANDERS, 1997).

O sistema de plantio direto na palha é uma estratégia de manejo dos solos que vem sendo adotada nos cerrados para conferir sustentabilidade às atividades agrícolas da região. O princípio do plantio direto prevê o não revolvimento do solo, a utilização de coberturas vegetais mortas (palhada) para proteção do solo e a rotação de culturas (HERNANI; SALTON, 2001).

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.

Dentre as razões para a adoção desse método de manejo tem-se: controle da erosão, ganho de tempo para o plantio, economia de combustível, melhor estabelecimento da cultura, maior retenção de água no solo, economia de mão de obra e em máquinas e implementos.

Em condições de clima temperado, Voorhees e Lindstrom (1984) verificaram que, após três a quatro anos, o solo sob plantio direto apresentou maior porosidade que o preparado com arado de aiveca. Assim, em condições de plantio direto estabilizado, maiores produtividades de milho, soja e trigo, foram obtidas em relação a preparos que mobilizavam mais o solo (HERNANI, 1997; HERNANI et al., 1997; SANTOS et al., 2000).

2.2 Cultura da soja

A soja é, dentre as principais culturas, uma das que melhor se adapta ao sistema de plantio direto e, de um modo geral, os resultados de literatura indicam que os rendimentos desta cultura, ao se considerar o efeito médio de várias safras, geralmente se equivalem nos diferentes sistemas de manejo do solo, com pequena vantagem para o plantio direto (MUZILLI, 1981; LANDERS, 1995). Entretanto, superioridade no

rendimento desta cultura devido à aração ou escarificação foi relatada por Kochhann e Denardim (1997), Balbino e Oliveira (1992). Na maioria dos estudos que envolvem a grade aradora, registraram-se os piores rendimentos de soja.

O Brasil é o segundo maior produtor da cultura no mundo, encontrando-se sua produção abaixo apenas dos EUA. A produção estimada para safra 2012/13 é de 81,4 milhões de toneladas (CONAB, 2013). No Brasil, a maioria dos solos sob vegetação de cerrados tem sido diagnosticado como de baixa fertilidade natural, apresentando interferência direta na disponibilidade de nutrientes para as plantas se desenvolverem e atingirem altas produtividades. A baixa fertilidade dos solos pode ser corrigida, não se constituindo em obstáculo para o cultivo da soja nas áreas agrícolas no bioma do cerrado (KLINK; MACHADO, 2005).

Inúmeros autores obtiveram resultados positivos com a aplicação de calcário no sistema convencional de cultivo da soja, destacando-se, entre outros, Raij et al. (1994), onde constataram redução da acidez e um incremento de 43% na produção de soja com a aplicação de diferentes doses de calcário em um Latossolo Roxo na região de Ribeirão Preto - SP.

2.3 Cultura do Milho

O milho é cultivado em todo o país e é considerado como um dos principais constituintes do segmento produtivo, possuindo participação no sistema de rotação de culturas, em plantio direto, tanto como cultura principal quanto como cobertura de outono-inverno (milho safrinha) (PINAZZA, 1993).

A cultura do milho se destaca no cenário brasileiro por ocupar grande área cultivada. De acordo com a CONAB (2013), na safra 2012/2013 foram plantados 15,8 milhões de hectares, resultando numa produção estimada de 80,2 milhões de toneladas, com produtividade média de 5.058 kg ha⁻¹.

O sistema plantio direto é o sistema mais usado no cultivo do milho, principalmente nas grandes áreas. Entre os pequenos produtores ainda predomina o sistema convencional, embora, seja crescente a adoção do sistema plantio direto.

No caso da cultura do milho, Ermani et al. (1998), desenvolvendo experimento para avaliar o efeito da calagem e de diferentes sistemas de manejo sobre a produtividade da cultura, verificaram que a produtividade de milho foi incrementada

com a realização da calagem, embora o sistema de preparo do solo não tenha influenciado a produtividade de grãos.

São vários os trabalhos que demonstram aumentos consideráveis na produção de milho com a aplicação de calcário incorporado ao solo em sistema de preparo convencional (GONZALES-ERICO et al., 1979; CAMARGO et al., 1982; RAIJ et al., 1983). Mesmo os genótipos de milho com tolerância ao Al e que conseguem aprofundar seu sistema radicular em solos ácidos também, normalmente, apresentam respostas positivas à calagem (RAIJ et al., 1998).

2.4 Correção da Acidez do Solo

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, em que a ausência dessa prática pode comprometer seriamente a produtividade e o uso eficiente de adubos, 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).

Os autores ainda afirmam que esta prática aumenta o pH do solo, neutraliza o Al e Mn tóxicos 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, S, Mo e B.

Alcarde et al. (1989) salientam que para obter boa eficiência dos corretivos é necessário conhecer como eles atuam no solo e algumas de suas características. Entre estas, o teor, a natureza química dos neutralizantes e o tamanho das partículas são os fatores de maior importância, pois é a partir deles que é calculado o poder relativo de neutralização total (PRNT) desses materiais.

Na avaliação do material calcário leva-se em conta somente a efetividade química (equivalência em carbonato de cálcio) e a reatividade (medida pela separação dimensional das partículas em uma série de peneiras) que, segundo Quaggio et al. (1995), é uma avaliação incompleta, já que a efetividade das diferentes frações dimensionais das partículas têm sido determinada por incubação com amostras de solos sem plantas, em experimentos de curto período, desprezando-se as respostas de colheita

e os respectivos efeitos residuais, de fundamental importância para a otimização dos benefícios da calagem.

Trabalhando com dois tipos de calcários (sedimentar e metamórfico), aplicados em solos com diferentes propriedades físicas e químicas, Bellingieri (1983), citado por Tiritan (2001), verificou que na reatividade dos calcários, o mais importante é a granulometria, independente da origem da rocha calcária.

De acordo com Souza e Neptune (1976) quanto menor a granulometria do calcário, mais rápida é a sua reação de neutralização. No entanto, Quaggio et al. (1995) através de um experimento desenvolvido em solo ácido no Estado de São Paulo cultivado com soja e sorgo durante quatro anos, no qual foram aplicados três materiais calcários: bruto, refinado e calcinado, com teores similares de magnésio, constataram que pedra calcária com 66% das partículas passando através de uma peneira de malha 70 foi tão efetiva quanto pedra calcária com 100% de partículas passando através da mesma peneira.

Natale e Coutinho (1994) analisando a eficiência agrônômica em condições de campo de frações granulométricas de calcário dolomítico constataram que a saturação por bases do solo mostrou-se adequada para avaliar a eficiência das frações do calcário em questão e verificaram que a fração granulométrica retida entre as peneiras 4,0- 2,0 mm foi ineficiente em elevar a saturação por bases do solo no decorrer de 30 meses.

Alcarde (1986) define efeito residual de um corretivo como sendo o tempo de duração da calagem efetuada. Raij e Quaggio (1984) consideram o efeito residual de um corretivo um fator primordial no manejo dos solos ácidos e principalmente na economicidade da calagem.

A velocidade de reação do corretivo e seu efeito residual são grandezas inversas, que se contrapõem e, de acordo com Tisdale e Nelson (1985), os materiais finamente divididos reagem rapidamente no solo, mas o efeito é mantido por um período mais curto do que os materiais que contém uma razoável quantidade de partículas mais grossas, o que foi confirmado por Barros et al. (1985) nas condições brasileiras.

Inúmeros autores obtiveram resultados positivos com a aplicação de calcário no sistema convencional de cultivo da soja, destacando-se, entre outros, Raij et al. (1994), onde constataram redução da acidez e um incremento de 43% na produção de soja com a aplicação de diferentes doses de calcário em um Latossolo Roxo na região de Ribeirão Preto - SP.

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

Para o sistema convencional de cultivo ou quando da implantação do sistema plantio direto, Rheinheimer et al. (2000) salientaram que a correção da acidez pressupõe a incorporação do calcário ao solo através de aração e gradagens, objetivando-se a obtenção do máximo contato entre as partículas do corretivo aos colóides do solo.

Contudo, a aplicação superficial do corretivo da acidez do solo no sistema plantio direto permite que as partículas finas aprofundem-se no seu perfil, em razão de uma melhor estruturação. Assim, ocorre aumento do pH e neutralização do Al na subsuperfície (AMARAL et al., 2001). Blevins et al. (1978) também verificaram a eficiência da calagem superficial na neutralização da acidez do solo, causada pela adubação nitrogenada do milho cultivado no sistema plantio direto.

Com a polêmica envolvendo a aplicação de calcário em plantio direto, Souza (1997) recomenda, antes de se iniciar o SPD, a aplicação de calcário a lançar na superfície do solo e sua incorporação com arado de discos, repetindo-se a análise de solo somente após três anos de cultivo.

Kray et al. (1999) relatam que, após alguns anos de cultivo sob sistema plantio direto, surge a necessidade de reaplicação de calcário e, com ela a dúvida de aplicar o calcário na superfície, dando continuidade ao sistema, ou incorporá-lo à camada arável, seguindo a recomendação do sistema convencional, o que pode destruir características físicas favoráveis sob o ponto de vista conservacionista, desenvolvidas ao longo do tempo de cultivo no SPD.

Visando contribuir com mais informação sobre o assunto, Caires et al. (1995) desenvolveram experimento em um Latossolo Vermelho-Escuro em Ponta Grossa - PR, para as culturas de milho e soja, analisando o emprego de três doses de calcário para elevar a saturação por bases a 50%, 70% e 90%. Constataram que a calagem realizada na superfície exerceu efeito sobre o pH, Al, Ca e Mg na camada superficial (0 - 10 cm) e também nas camadas mais profundas (abaixo de 20 - 40 cm), ressaltando-se que em

SPD existem canais formados por raízes mortas que são mantidos intactos devido à ausência de preparo do solo, propiciando condições para a movimentação física do calcário em profundidade; fato também constatado por (AMARAL et al. 2001).

Diante das incontestáveis evidências quanto à ação benéfica da calagem superficial atuando nas primeiras camadas abaixo da superfície do solo, Sá (1996) salienta que o calcário colocado em superfície corrige a acidez, aumentando significativamente o pH e elevando os teores de Ca e Mg trocáveis até a profundidade de cinco centímetros e, em menor grau, nas camadas mais profundas. Esse comportamento do calcário aplicado em superfície pode ser explicado por Rheinheimer et al. (2000), em função da pequena mobilização do solo que ocorre somente na linha de semeadura, possibilitando a incorporação do calcário nesta região e, com os repetidos ciclos de cultivo, podendo auxiliar na movimentação descendente de suas partículas, mas não além da profundidade de semeadura.

Vale salientar que a calagem em superfície no plantio direto requer a adoção de critérios adequados para a estimativa correta da dose a ser aplicada, uma vez que pode ocasionar uma redução na absorção de Zn e Mn, em decorrência do aumento do pH nas camadas superficiais do solo, podendo vir até a prejudicar a produtividade das culturas (CAIRES et al., 2001).

Sá (1997), ao estudar modos de aplicação de calcário no plantio direto, encontrou resposta positiva na produtividade de grãos de dois cultivares de soja para o calcário aplicado na superfície do solo, sendo, inclusive, as produtividades obtidas no SPD maiores que as obtidas no preparo convencional, além do que, Caires et al. (2001) constataram que a aplicação de calcário na superfície do solo em sistema plantio direto melhorou a nutrição da soja, aumentando a produtividade de grãos, em decorrência de maior disponibilidade e absorção de Mg e da redução dos teores foliares de Zn e Mn.

Em trabalho efetuado por Moraes e Benez (1996), em solo Terra Roxa Estruturada, a produção dos grãos de milho também não apresentou diferenças significativas entre preparo convencional e plantio direto após um ano de safra agrícola. Resultados semelhantes foram observados por Muzilli (1983), ao estudar o comportamento e as possibilidades da cultura do milho em plantio direto no estado do Paraná. Em quatro safras consecutivas, os rendimentos de milho em plantio direto e preparo convencional foram similares, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos.

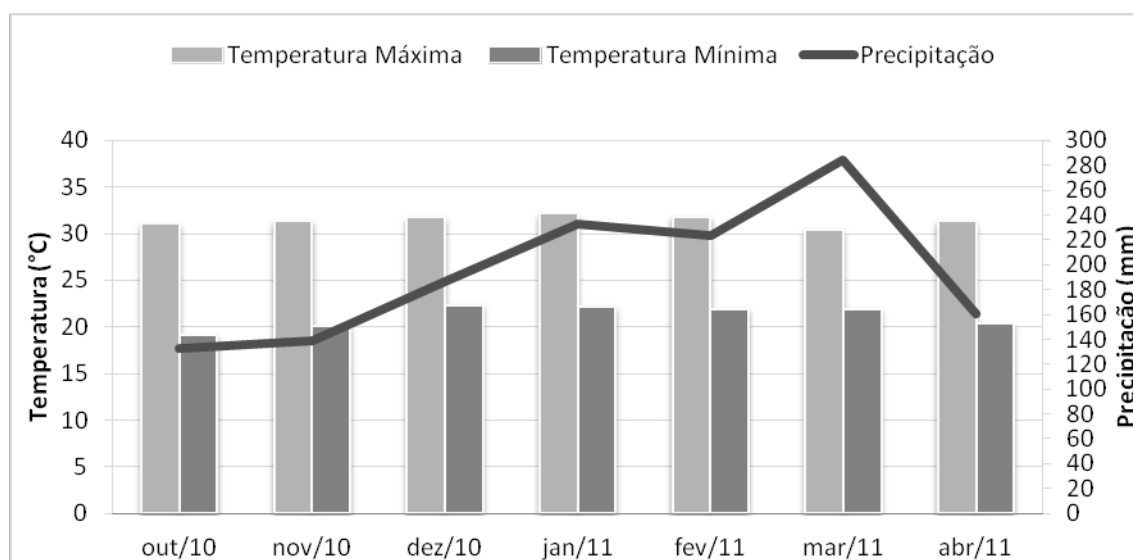
3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental da Faculdade de Engenharia/UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, apresentando como coordenadas geográficas 20°22' S e 51°22' W e altitude de 335 m, aproximadamente. 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 da área experimental, de acordo com a nomenclatura atual (Embrapa, 2006) foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (LVd).

Os dados climáticos registrados durante o período de condução do experimento, no posto meteorológico da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, localizado próximo ao local de condução do experimento, estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Precipitação e temperatura máxima e mínima mensal, registrada durante a condução do experimento. Selvíria – MS, Brasil (2010/11).



Fonte: Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão/UNESP

3.1 Histórico da área experimental

Anos agrícolas de 1999/00, 2000/01 e 2001/02

A área experimental tinha originalmente vegetação natural de cerrado e vinha sendo cultivada há vários anos, no sistema convencional, com culturas de milho, soja, feijão e algodão.

No ano agrícola 1999/00, iniciou-se um experimento com modos de aplicação de calcário e culturas de cobertura, na implantação do sistema plantio direto, tendo continuidade nos anos agrícolas seguintes. O experimento resumiu-se em:

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

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento, nos anos agrícolas 1999/00 a 2001/02.

Tratamentos	Manejo do Calcário	Cultura de Cobertura
1	Calcário incorporado (CI)	Milheto
2	Calcário incorporado (CI)	Aveia
3	Calcário em superfície (CS)	Milheto
4	Calcário em superfície (CS)	Aveia
5	Calcário em superfície antes do manejo (CM)	Milheto
6	Calcário em superfície antes do manejo (CM)	Aveia
7	Sem calcário (SC)	Milheto
8	Sem calcário (SC)	Aveia

Fonte: Próprio autor

Em julho de 1999, ou seja, antes do preparo do solo para se iniciar o experimento, foram realizadas amostragens de 0 - 20 e 20 - 40 cm para a caracterização química da área, cujos resultados obtidos encontram-se na Tabela 2. Os resultados da análise química do solo foram utilizados para cálculo da calagem na camada de 0 - 20 cm, conforme Raij et al. (1996). O preparo inicial do solo foi realizado pelo sistema convencional, realizando-se uma aração e duas gradagens. Para os tratamentos 1 e 2, o calcário foi aplicado a lanço, 50% antes da aração e 50% após a aração e antes da primeira gradagem (02/08/99), com a segunda gradagem realizada pouco antes da semeadura das culturas de cobertura do solo. Nos tratamentos 3 e 4 o calcário foi aplicado em superfície, imediatamente após a semeadura das culturas de cobertura

(17/08/99); no caso dos tratamentos 5 e 6 o calcário foi aplicado também em superfície, sendo realizado antes do manejo das culturas de cobertura (21/10/99). Nos tratamentos 7 e 8 não foi aplicado calcário.

Tabela 2. Resultado da análise química do solo da área experimental, realizada antes da instalação do experimento no ano agrícola 1999/00.

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

Fonte: Dados da pesquisa

O calcário foi distribuído manualmente, a lanço, procurando-se evitar ao máximo a deriva. Para o cálculo da quantidade de calcário a utilizar utilizou-se o método da elevação da saturação por bases (Raij et al., 1996). Desta forma, procurou-se elevar o V a 70% em todos os tratamentos onde se aplicou calcário, aplicando-se 1.235 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico metamórfico do grupo Açungui, faixa D, PRNT de 91%, PN = 102%, CaO = 39,0% e MgO = 13,0%.

No sentido transversal, foram alocados os modos de aplicação de calcário. No sentido longitudinal, a área foi primeiramente dividida em duas faixas (semeadura de aveia preta e milho) e depois, cada faixa foi subdividida para a semeadura das culturas de milho e soja.

No período de abril a novembro/01, a área foi mantida em pousio, sendo manejada mecanicamente a vegetação espontânea que surgiu. No final de novembro (28/11/01), realizou-se novamente a semeadura das culturas de milho e soja no sistema de plantio direto. A adubação das culturas de milho e soja foram realizadas segundo as recomendações de Raij e Cantarella (1996) e Mascarenhas e Tanaka (1996), respectivamente.

Anos agrícolas de 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Em agosto/02 realizou-se novamente a amostragem de solo, em cada tratamento onde houve aplicação de calcário em agosto/99 ou outubro/99 (CI, CS e CM) e nas parcelas sem aplicação do mesmo e em cada cultura produtora de grãos. A profundidade amostrada foi de 0-10 cm e as amostras simples, em mínimo de 10, em cada parcela (modos de aplicação de calcário e culturas produtoras de grãos), foram tomadas nas

entrelinhas das culturas do ano anterior. Dos resultados obtidos na análise do solo (Tabela 3), fez-se a média dos valores e calculou-se a dose de calcário a ser reaplicada, pelo método de elevação da saturação por bases, objetivando elevar o valor de V% a 70, estipulando como dose máxima 2,5 t ha⁻¹. No tratamento CM avaliaram - se doses de calcário reaplicadas em superfície. O calcário foi aplicado em 04/09/2012, na dose de 769,0 kg ha⁻¹, sendo este o mesmo calcário utilizado nas aplicações realizadas em 1999.

Tabela 3. Resultados da análise química de amostras de solo, tomadas na área experimental a 0-10 cm de profundidade, no ano agrícola 2002/03, nas áreas anteriormente ocupadas com milho ou soja. Selvíria – MS, 2002.

Tratamen- tos	P Resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V (%)
CI - MI ¹	32	28	5,4	2,2	24	19	31	0	46,0	77,0	60
CI - SO ²	32	26	5,2	2,2	24	19	34	0	46,0	80,0	58
CM – MI	22	25	5,5	2,6	24	18	28	0	45,0	73,0	62
CM – SO	24	25	5,3	3,4	21	16	31	0	40,6	71,6	57
CS – MI	32	24	6,0	2,3	37	31	20	0	70,1	90,1	78
CS - SO	27	24	5,5	3,1	27	20	25	0	49,3	74,3	66
SC - MI	22	24	5,0	3,0	18	12	31	1	33,2	64,2	52
SC - SO	18	26	5,0	2,3	21	14	34	1	37,9	71,9	53

¹MI = milho; ²SO = soja

Fonte: Dados da pesquisa

No ano agrícola 2002/03, não foi considerado como tratamento as culturas de cobertura, pelo fato de no ano agrícola 2001/02, não terem sido cultivadas. Sendo assim, os tratamentos com modos de aplicação de calcário utilizados no início do experimento (ano agrícola 1999/00) foram subdivididos em quadro, onde instalaram-se os tratamentos com reaplicação ou não de calcário e na presença ou ausência de escarificação, estando na Tabela 4, todos os tratamentos utilizados a partir do ano agrícola 2002/03. Cada parcela passou a possuir as dimensões de 4,5 m de largura e 22,5 m de comprimento (110,25 m²), sendo considerada como área útil a área central de 2,7 m de largura e 17,5 m de comprimento (47,25 m²). Nos tratamentos onde houve escarificação (com ou sem reaplicação do calcário), esta foi realizada com arado escarificador, a uma profundidade máxima de 30 cm. Objetivou-se com a escarificação promover uma descompactação superficial do solo e auxiliar na incorporação do calcário reaplicado em superfície e nos tratamentos sem reaplicação de calcário, isolar o

efeito desta operação, em função da compactação superficial que ocorre em áreas onde se utiliza plantio direto há alguns anos.

Tabela 4 - Tratamentos utilizados no ano agrícola 2002/03.

Modos de aplicação de calcário (1999/00)	Tratamentos (2002/03)	
Calcário incorporado (CI)	Com reaplicação de calcário	Com escarificação (CICSCE)
		Sem escarificação (CICSSE)
	Sem reaplicação	Com escarificação (CISCCE)
		Sem escarificação (CISCSE)
Calcário em superfície (CS)	Com reaplicação de calcário	Com escarificação (CSCSCE)
		Sem escarificação (CSCSSE) ¹
	Sem reaplicação	Com escarificação (CSSCCE)
		Sem escarificação (CSSCSE) ²
Calcário em superfície - manejo (CM)	Com reaplicação de calcário - dose 0,5 ³	Sem escarificação (SE)
	Com reaplicação de calcário - dose 1,5 ³	Sem escarificação (SE)
	Com reaplicação de calcário - dose 2,0 ³	Sem escarificação (SE)
	Com reaplicação de calcário - dose 2,5 ³	Sem escarificação (SE)
	Com reaplicação de calcário	Sem escarificação (SE)
Sem calcário (SC)	Com reaplicação de calcário	Com escarificação (SCCSCE)
		Sem escarificação (SCCSSE)
	Sem reaplicação	Com escarificação (SCSCCE)
		Sem escarificação (SCSCSE)

1 - foi considerado como dose 1,0, a dose calculada para correção do solo e aplicação em superfície, com o objetivo de comparação de doses de calcário aplicados em superfície

2 - foi considerado como dose 0, a não aplicação da dose calculada para correção do solo, com objetivo de comparação de doses de calcário aplicadas em superfície.

3 - valores que multiplicaram a dose calculada e utilizada no tratamento CSCSSE, com objetivo de comparação de doses de calcário aplicadas em superfície.

Fonte: Próprio autor

A reaplicação do calcário nos respectivos tratamentos foi realizada no início de setembro/02. Após a aplicação dos tratamentos, realizou-se a semeadura do milheto em toda área experimental, como cultura de cobertura, de maneira semelhante à realizada nos anos agrícolas 1999/00 e 2000/01. Na segunda quinzena de novembro, o milheto foi manejado quimicamente e então semearam - se a soja e o milho no sistema direto. Para efeito de rotação de cultura, no local onde se cultivou soja, nos anos agrícolas 1999/00 à 2001/02, semeou-se milho e vice-versa.

No ano agrícola de 2003/04, visando cobertura do solo, semeou-se no dia 16/10/03 a cultura do milheto no espaçamento de 0,17 m entre linhas, com a semeadora

apropriada para o sistema de plantio direto. A semeadura das culturas de soja e milho foi realizada no dia 19/12/03 com semeadora/adubadora apropriada para o sistema de plantio direto, nos espaçamentos de 0,45 e 0,90 m na entrelinha, respectivamente.

No ano agrícola 2004/05 repetiu-se a semeadura do milheto na primavera, como cultura de cobertura, e a instalação das culturas de milho e soja sobre a palhada.

Os cálculos para a adubação química das culturas produtoras de grãos foram baseados nas recomendações de Mascarenhas e Tanaka (1996) para a cultura da soja e Raij e Cantarella (1996) para a cultura do milho, optando-se pela utilização de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16, no sulco de semeadura. Esta formulação foi aplicada em toda área visando manter homogênea a quantidade de fósforo e potássio adicionados no local.

Anos agrícolas de 2005/06, 2006/07 e 2007/08

No ano agrícola 2005/06, mantiveram-se os modos de aplicação de calcário, utilizados na instalação do experimento (calcário incorporado (CI), calcário superfície e sem calcário (SC)) e reaplicaram-se dois diferentes tipos de calcário, sendo um classificado como metamórfico do grupo Açungui, faixa D, com PRNT de 91% (mesmo calcário utilizado em 1999 e 2002), e o outro, dolomítico, faixa C e com PRNT de 81,9%. As doses para elevar a saturação por bases para 60% foram de 841,2 e 900,6 kg ha⁻¹, respectivamente.

Nas parcelas onde foram reaplicados doses de calcário (kg ha⁻¹) em superfície (CM – instalação do experimento), foi reaplicado novamente 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 e 2,5 vezes a dose do calcário PRNT 81,9% necessária para elevar o V% a 60 (Tabela 4). Este trabalho teve como objetivo comparar doses de calcário aplicadas em superfície, após a implantação do sistema plantio direto.

As aplicações dos diferentes calcários e doses ocorreram no dia 19/10/05, sendo realizada a escarificação em área total no dia 21/10/05, sendo que, no dia 27/10/05 semeou-se a cultura do milheto como cobertura para fins de produção de palha. A dessecação do milheto foi realizada no dia 13/12/05 e a semeadura da cultura da soja e do milho foi realizada no dia 22/12/05, utilizando-se 300 kg ha⁻¹ como adubação de semeadura, da fórmula 04-20-20.

Para efeito de rotação de culturas, o milho foi semeado em área ocupada anteriormente por soja por três anos agrícolas e vice-versa com a soja.

No ano agrícola de 2006/07, semeou-se o milho em outubro com a semeadora apropriada para o sistema plantio de direto. A dessecação ocorreu em dezembro e o milho e soja foram semeados em 27/12/06, utilizando-se como adubação de semeadura 250 kg ha⁻¹ do fórmula 08-28-16.

Para a safra 2007/08, as culturas de milho, milho e soja foram novamente instaladas como nos anos anteriores, a fim de ser avaliar o efeito residual de modos de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto, bem como o efeito residual da terceira reaplicação do insumo (com diferentes características químicas) após o estabelecimento do sistema, nas características agrônômicas e produtividade das culturas produtoras de grãos.

Na Figura 2 está representada a distribuição dos tratamentos na área experimental nos anos agrícolas de 2005/06 a 2007/08.

Anos agrícolas de 2008/09 e 2009/10 e 2010/11.

Em outubro de 2008 realizou-se a amostragem do solo, onde foram coletados 15 pontos de em cada tratamento com os modos de aplicação de calcário (CI, CS e SC), na profundidade de 0 a 10 cm e na Tabela 5 encontram-se os resultados obtidos na análise destas amostras. O cálculo da dose de calcário a ser reaplicado foi realizado para a cultura da soja, objetivando elevar o V% para 60, tomando-se como referência o menor V% obtido na análise de solo para a área que estava com milho (54%). Para a cultura do milho objetivou-se elevar o V% a 70 e tomando-se como referência o menor V% obtido na análise de solo para a área com soja (45%). Desta forma, a cultura da soja foi semeada no ano agrícola 2008/09 onde era milho no ao agrícola anterior e a cultura do milho foi implantada onde havia soja.

Na área anteriormente com soja, que foi semeado o milho, aplicou – se 2.070 kg ha⁻¹ de calcário e para a área anteriormente com milho, onde foi semeada a soja, aplicou-se 464 kg ha⁻¹ de calcário com PRNT de 91,8%. Dois novos tratamentos foram instalados, onde na cultura do milho a dose total foi parcelada em 1/3 a cada um dos três anos seguintes (2008/09, 2009/10 e 2010/11) e na cultura da soja, a dose recomendada por ser relativamente pequena, foi reaplicada anualmente nas safras 2008/09, 2009/10 e 2010/11. No tratamento CM, novamente foram reaplicadas doses de calcário em superfície, ou seja, 0,5, 1,5, 2,0 e 2,5 vezes a dose recomendada para cada cultura (soja ou milho), em uma única vez .

Figura 2 - Distribuição dos tratamentos na área experimental nos anos agrícolas 2005/06 a 2007/08.

CICI C2 ²	CICS C1 ¹	CSSCI C2	CSSC SC ³ (D0)	CMCS C1 (D 0,5)	CMCS C1 (D 2,0)	SCSCI C2	SCSC SC
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA
CISCI C2	CISC SC	CSCI C2	CSCS C1 (D 1,0)	CMCS C1 (D 1,5)	CMCS C1 (D 2,5)	SCCI C2	SCCS C1
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA
CISC SC	CISCI C2	CSCS C1 (D 1,0)	CSCI C2	CMCS C1 (D 2,5)	CMCS C1 (D 1,5)	SCCS C1	SCCI C2
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO
CICS C1	CICI C2	CSSC SC (D0)	CSSCI C2	CMCS C1 (D 2,0)	CMCS C1 (D 0,5)	SCSC SC	SCSCI C2
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO
CICI C2	CICS C1	CSSCI C2	CSSC SC (D0)	CMCS C1 (D 0,5)	CMCS C1 (D 2,0)	SCSCI C2	SCSC SC
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO
CISCI C2	CISC SC	CSCI C2	CSCS C1 (D 1,0)	CMCS C1 (D 1,5)	CMCS C1 (D 2,5)	SCCI C2	SCCS C1
MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO	MILHO
CISC SC	CISCI C2	CSCS C1 (D 1,0)	CSCI C2	CMCS C1 (D 2,5)	CMCS C1 (D 1,5)	SCCS C1	SCCI C2
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA
CICS C1	CICI C2	CSSC SC (D0)	CSSCI C2	CMCS C1 (D 2,0)	CMCS C1 (D 0,5)	SCSC SC	SCSCI C2
SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA

¹ – C1 - Calcário 1 – PRNT 81,9% - 2005/06

² – C2 - Calcário 2 – PRNT 91% - 2005/06

³ – SC - Sem calcário reaplicado no ano agrícola 2005/06

CICI – Calcário Incorporado (1999/00) e Calcário Incorporado – com escarificação (2002/03)

CICS – Calcário Incorporado (1999/00) e Calcário Superfície (2002/03) – Sem escarificação

CISCI – Calcário Incorporado (1999/00) e Sem Calcário (2002/03) – Com escarificação

CISC – Calcário Incorporado (1999/00) e Sem Calcário (2002/03)

CSCI – Calcário Superfície (1999/00) e Calcário Incorporado – escarificação (2002/03)

CSCS – Calcário Superfície (1999/00) e Calcário Superfície (2002/03) – Sem escarificação

CSSCI – Calcário Superfície (1999/00) e Sem Calcário (2002/03) – Com escarificação

CSSC – Calcário Superfície (1999/00) e Sem Calcário (2002/03)

SCCI – Sem Calcário (1999/00) e Calcário Incorporado (2002/03)

SCCS – Sem Calcário (1999/00) e Calcário Superfície (2002/03) – Sem Escarificação

SCSCI – Sem Calcário (1999/00) e Sem Calcário (2002/03) – Com Escarificação

SCSC – Sem Calcário (1999/00) e Sem Calcário (2002/03).

Fonte: Próprio autor

Os tratamentos referentes aos anos agrícolas de 2008/09, 2009/10 e 2010/11 estão representados na Figura 3.

Antes da semeadura da soja e do milho realizou-se o manejo químico da área, empregando-se herbicida à base de glyphosate na dose 1.440 g i.a. ha⁻¹. Manteve-se um período de carência por 7 dias após a aplicação do herbicida, para posterior instalação das culturas produtoras de grãos.

No dia 05/12/08 foi realizada manualmente a aplicação à lanço do calcário na área. Como se trata de uma área sob o sistema de plantio direto, não houve qualquer preparo de solo na área do experimento. Sendo assim, no dia 06/12/08 realizou-se a semeadura das culturas de soja e milho, com o auxílio de uma semeadora - adubadora de precisão, para plantio direto, com 7 linhas com disco de corte frontal para corte de cobertura morta e haste para deposição do adubo.

Tabela 5. Resultados da análise química de amostras de solo, tomadas na área experimental a 0,0-0,1 m de profundidade nos tratamentos com diferentes modos de aplicação de calcário antecedendo a cultura do milho e da soja. Selvíria, MS 2008.

	P resina mg dm⁻³	M.O. g dm⁻³	pH CaCl₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
				mmol_c dm⁻³							(%)	
MI – CI	16	18	5,2	5,5	23	16	34	1	45	79	57	2
MI – CS	12	18	5,4	3,6	23	17	28	1	44	72	61	2
MI – SC	9	18	5,1	5,4	20	13	32	1	38	71	54	2
SO – CI	18	23	6,0	5,1	24	19	23	1	48	71	68	10
SO – CS	17	19	5,3	4,4	24	16	32	1	44	76	58	5
SO – SC	11	19	4,4	5,3	16	13	42	1	34	76	45	6

MI = milho; SO = soja

CI = calcário incorporado; CS = Calcário superfície; SC = Sem calcário

Fonte: Dados da pesquisa

Para o milho, utilizou-se o espaçamento entre linhas de 0,90 m, com 5,4 sementes por metro de linha. As sementes foram tratadas com inseticida imidacloprido (150 g i.a L⁻¹), na dose de 300 mL p.c. 60000 sementes⁻¹. Foi utilizado o híbrido simples AG 8088.

Figura 3 - Distribuição dos tratamentos na área experimental nos anos agrícolas 2008/09, 2009/10 e 2010/11.

CI-R1 MILHO	CI-R2 MILHO	CS-R3 MILHO	CS-R4 (D0) MILHO	CM (D 0,5) MILHO	CM (D 2,0) MILHO	SC-R3 MILHO	SC-R4 MILHO
CI-R3 MILHO	CI-R4 MILHO	CS-R1 (D 1,0) MILHO	CS-R2 MILHO	CM (D 1,5) MILHO	CM (D 2,5) MILHO	SC-R1 MILHO	SC-R2 MILHO
CI-R4 SOJA	CI-R3 SOJA	CS-R2 SOJA	CS-R1 (D 1,0) SOJA	CM (D 2,5) SOJA	CM (D 1,5) SOJA	SC-R2 SOJA	SC-R1 SOJA
CI-R2 SOJA	CI-R1 SOJA	CS-R4 (D0) SOJA	CS-R3 SOJA	CM (D 2,0) SOJA	CM (D 0,5) SOJA	SC-R4 SOJA	SC-R3 SOJA
CI-R1 SOJA	CI-R2 SOJA	CS-R3 SOJA	CS-R4 (D0) SOJA	CM (D 0,5) SOJA	CM (D 2,0) SOJA	SC-R3 SOJA	SC-R4 SOJA
CI-R3 SOJA	CI-R4 SOJA	CS-R1 (D 1,0) SOJA	CS-R2 SOJA	CM (D 1,5) SOJA	CM (D 2,5) SOJA	SC-R1 SOJA	SC-R2 SOJA
CI-R4 MILHO	CI-R3 MILHO	CS-R2 MILHO	CS-R1 (D 1,0) MILHO	CMCS C1 (D 2,5) MILHO	CMCS C1 (D 1,5) MILHO	SC-R2 MILHO	SC-R1 MILHO
CI-R1 MILHO	CI-R2 MILHO	CS-R4 (D0) MILHO	CS-R3 MILHO	CMCS C1 (D 2,0) MILHO	CMCS C1 (D 0,5) MILHO	SC-R4 MILHO	SC-R3 MILHO

*Reaplicação 1: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário), calcário 2002/03, calcário 2005/06 e calcário 2008/09 (dose total);

*Reaplicação 2 (soja): Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário), calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09 (dose total), calcário 2009/10 (dose total) e calcário 2010/11 (dose total);

*Reaplicação 2 (milho): Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário), calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09 (1/3), calcário 2009/10 (1/3) e calcário 2010/11 (1/3);

*Reaplicação 3: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário) e calcário 2005/06;

*Reaplicação 4: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário).

Fonte: Próprio autor

Para soja, o espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,45 m, com 16 sementes por metro de linha. As sementes foram tratadas com o fungicida à base de carboxin (200 g i.a. L⁻¹) e thiram (200 g i.a. L⁻¹), na dose de 250 mL p.c. 100 kg⁻¹ de sementes. Foi utilizada a variedade BRSMG - 68 (Vencedora).

Na adubação de semeadura foram utilizados 300 kg ha⁻¹ da fórmula 04-20-20, na linha de semeadura. Esta formulação foi utilizada para as culturas de milho e soja visando manter homogênea a quantidade de fósforo e potássio adicionados no local.

Para o ano agrícola 2009/10, no dia 05/10/09 foi realizada a semeadura do milheto em toda área experimental, sendo utilizado o híbrido BRS 1501, com um espaçamento de 0,34 m entrelinhas e utilização de 20 kg ha⁻¹.

Quanto à aplicação de calcário (parcelamento), esta foi realizada no dia 24/10/09, sendo que foi utilizado dose total para a soja e dose parcelada no milho, ambos para reaplicação 2 (R2).

A dessecação da cultura do milheto foi realizada na data 20/11/09 sendo utilizado os herbicidas glyphosate na dose de 1.440 g i.a. ha⁻¹ e 2,4 D na 670 g i.a. ha⁻¹. No dia 25/11/09, o milheto foi manejado mecanicamente com rolo faca.

No dia 19/12/09 foi realizada a semeadura da soja e do milho, sendo que para a soja, foi utilizada a variedade MG/BR 46 Conquista, instalada em um espaçamento entrelinhas de 0,45 m com a densidade de semeadura de 16 sementes m⁻¹ de sulco. As sementes foram tratadas com o fungicida à base de carboxin (200 g i.a. L⁻¹) e thiram (200 g i.a. L⁻¹), na dose de 250 mL p.c. 100 kg⁻¹ de sementes e a inoculação foi realizada com inoculante turfoso visando colocar 600 mil células semente⁻¹.

Quanto ao milho foi utilizado o híbrido simples 2B710 com densidade de semeadura 5,4 sementes m⁻¹ de sulco e um espaçamento entrelinhas de 0,90 m. As sementes foram tratadas com inseticida imidacloprido (150 g i.a. L⁻¹), na dose de 300 mL p.c. 60000 sementes⁻¹. Como adubação, foi utilizado a fórmula 08-28-16, aplicando-se no sulco de semeadura 300 kg ha⁻¹, em ambas culturas.

Para o ano agrícola 2010/11, antes da semeadura da soja e do milho realizou-se o manejo químico da área que estava sendo cultivada com milheto, empregando-se herbicida a base de glyphosate na dose de 1.440 g i.a ha⁻¹. Manteve-se um período de carência por 7 dias após a aplicação do herbicida, para posterior instalação das culturas produtoras de grãos.

A aplicação de calcário (parcelamento), foi realizada no dia 24/10/10, utilizando-se dose total para a soja (464 kg ha⁻¹ PRNT de 91,8%) e dose parcelada no milho (690 kg ha⁻¹ PRNT de 91,8%), ambos para reaplicação 2 (R2).

No dia 12/12/10 foi realizada a semeadura da soja e do milho, sendo que para a soja, foi utilizada a variedade MG/BR 46 Conquista, instalada em um espaçamento entrelinhas de 0,45 m com a densidade de semeadura de 16 sementes m⁻¹ de sulco. As

sementes foram tratadas com o fungicida à base de carboxin (200 g i.a. L⁻¹) + thiram (200 g i.a. L), na dose de 250 mL p.c. 100 kg⁻¹ de sementes e a inoculação foi realizada com inoculante turfoso visando colocar 600 mil células semente⁻¹.

Quanto ao milho foi utilizado o híbrido simples 2B710 com densidade de semeadura 5,4 sementes m⁻¹ de sulco e um espaçamento entrelinhas de 0,90 m, tratadas com inseticida imidacloprido (150 g i.a. L⁻¹), na dose de 300 mL p.c. 60000 sementes⁻¹. Os cálculos para a adubação química das culturas foram baseados nas recomendações de Mascarenhas; Tanaka (1996) para a cultura da soja e Raij e Cantarella (1996) para a cultura do milho, optando-se pela utilização de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 04-20-20, no sulco de semeadura. Esta formulação foi aplicada em toda área visando manter homogênea a quantidade de fósforo e potássio adicionados no local.

Na data de 05/01/11 quando o milho apresentava 7 folhas com colar completamente visível foi realizada a adubação em cobertura, utilizando 150 kg ha⁻¹ de uréia, sendo que nessa mesma data foi realizada a aplicação de inseticidas no milho, metomil (215 g i.a. L⁻¹) + triflumurom (480 g i.a. L⁻¹), na dose de 0,6 + 0,05 L p.c. ha⁻¹, respectivamente.

Quanto ao manejo de plantas daninhas na cultura do milho, foi realizada na data de 10/01/11 a aplicação de nicossulfuron (40 g i.a. L⁻¹) na dose 0,5 L p.c. ha⁻¹ + atrazine (500 g i.a. L⁻¹) na dose 2,0 L p.c. ha⁻¹. Na cultura da soja, o manejo de plantas daninhas foi realizado no dia 21/01/11, através do uso do herbicida fenoxaprope-p-etílico (110 g i.a. L⁻¹) na dose de 1,0 L p.c. ha⁻¹.

No dia 20/02/11 foi realizada a aplicação de fungicida e inseticida na cultura da soja, sendo que foi utilizado os produtos azoxistrobina (200 g i.a. L⁻¹) + ciproconazol (200 g i.a. L⁻¹) na dose 0,3 L p.c. ha⁻¹ + o inseticida cypermetrina (250 g i.a. L⁻¹) na dose de 200 mL p.c. ha⁻¹.

3.2 Avaliações Realizadas

3.2.1 Cultura da soja

Estado nutricional das plantas: no dia 13/02/2011 foram coletados 30 trifólios por parcela, sendo estes o terceiro trifólio desenvolvido na haste principal, do ápice para a base. Em seguida as folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar por 48

hs e moídas em moinho tipo Wiley. O material obtido foi acondicionado em sacos plásticos e utilizados para a determinação de N, P, K, Ca, Mg e S segundo metodologia de Malavolta et al. (1997).

Altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta: Quando as plantas atingiram o estágio R8 (27/04/2011) coletaram-se na área útil de cada parcela, duas amostras aleatórias de 5 plantas seguidas na linha de semeadura. Posteriormente foram realizadas as seguintes avaliações: altura de plantas, altura de inserção das primeiras vagens, número de vagens e ramos por planta. A altura das plantas e da inserção da primeira vagem foram determinadas com o auxílio de uma trena, medindo-se, respectivamente, a distância entre o colo ao ápice da planta e do colo à inserção da primeira vagem. O número de vagens por planta foi obtido pela razão entre o número de vagens obtidas em cada amostra e o número de plantas amostradas. O número de ramos por planta foi avaliado contando todas as ramificações que apresentasse vagem, em cada planta e posteriormente fez-se a média do número de ramificações na amostra de 5 plantas.

Produtividade de grãos: Em 27/04/2011 quando a cultura atingiu estágio R8, realizou-se a colheita da área útil das parcelas que correspondeu a 2 linhas no centro da parcela com 3 m de comprimento (2,7 m²). Após arranquio as plantas foram levadas para secagem ao sol durante dois dias, sendo trilhadas mecanicamente por uma trilhadora estacionária e os grãos obtidos foram abanados para retirar impurezas e acondicionados em saquinhos de papel identificados, sendo pesados posteriormente em laboratório em balança de precisão (0,01 g) e os dados transformados em kg ha⁻¹. Em seguida, 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 produtividade obtida a 13% de umidade (base úmida).

Massa de mil grãos: foi avaliada pela contagem de mil grãos, da produtividade obtida em cada repetição. Em seguida estes grãos foram pesados em balança de precisão (0,01 g) e realizada a correção dos dados a 13% de umidade (base úmida).

3.2.2 Cultura do milho

Análise foliar: no dia 11/02/2011 foram coletas o terço médio com nervura de 15 folhas da base da espiga por parcela de acordo com metodologia de Raij et al. (1997).

Esse material foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante 48 hs e moído em moinho tipo Wiley. O material obtido foi acondicionado em sacos plásticos e foram utilizados para a determinação de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia de Malavolta et al. (1997).

Altura de plantas e de inserção da espiga: No dia 02/05/11 com o auxílio de uma régua graduada de madeira (3,0 m de comprimento), mediu-se a distância do solo à base da espiga e do solo à inserção da última folha, em 5 plantas em sequência de duas linhas, na área útil da parcela.

Massa de mil grãos e produtividade: Na área útil de cada parcela, coletaram-se as espigas das plantas em 2 linhas com 3,0 m de comprimento para cada repetição, onde estas foram trilhadas e os grãos pesados em balança de precisão. Após a pesagem foi determinada a umidade através de aparelho digital e os dados transformados em produtividade por hectare a 13% de umidade (base úmida). Nos grãos obtidos, também foi avaliado a massa de 1000 grãos, sempre corrigindo as pesagens para 13% de umidade.

3.3 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2000) através de análise de variância, com aplicação do Teste F. Para os tratamentos com modos de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto (CI, CS e SC), na presença de reaplicação de calcário (2002/03), C1 e C2 (2005/06), (2008/09 dose total, na cultura da soja e milho), ou (2008/09, 1/3 da dose + 2009/10, 1/3 da dose + 2010/11, 1/3 da dose na cultura do milho) e (2008/09, dose total + 2009/10, dose total + 2010/11, dose total na cultura da soja) ou sem calcário (SC), a comparação entre médias foi realizada através do Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os tratamentos onde ocorreram aplicação de diferentes doses de calcário, as médias foram comparadas por meio da análise de regressão polinomial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cultura da soja

4.1.1 Avaliação do estado nutricional

De acordo com a Tabela 6, verifica-se que houve alteração nos teores de K e Mg, ocorrendo desvio de regressão significativo, com os dados dos respectivos nutrientes não se ajustando a uma função linear ou quadrática. Verificou-se também que os teores de nutrientes encontrados são considerados médios ou suficientes para a cultura da soja, de acordo com Embrapa (2011). Tal resultado pode ser devido às aplicações de calcário e também das adubações de cobertura que foram realizadas na condução do ensaio, uma vez que o mesmo vem sendo conduzido a mais de 10 anos agrícolas na mesma área experimental.

Estudos realizados por Lima et al. (2004) também verificaram que a cultura da soja respondeu positivamente à aplicação de calcário para teores foliares de cálcio e magnésio. Resultados semelhantes também foram encontrados por Mariano (2008), nessa mesma área experimental. Segundo Caires & Fonseca (2000), a aplicação de calcário em superfície aumentou os teores de P e Mg, citando que provavelmente o aumento de P foi devido ao aumento do pH e do Mg devido aos teores de magnésio presentes no calcário utilizado, no caso o dolomítico. Dessa forma estas mesmas justificativas podem ser relacionadas com o presente ensaio, onde os teores encontrados são considerados altos para o cultivo da soja em condições do cerrado.

Verifica-se que houve diferença significativa para o teor foliar de Ca em função dos modos de aplicação do calcário (Tabela 7). O melhor resultado foi proporcionado pelo tratamento calcário incorporado. Observou-se também diferença significativa para os teores foliares de P, K e Ca em função das reaplicações de calcário.

A reaplicação 2 de aplicação de calcário (calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09, calcário 2009/10 e calcário 2010/11) proporcionou o maior teor foliar de fósforo para a cultura da soja. Já para os nutrientes potássio e cálcio a reaplicação 4 (calcário apenas na implantação do experimento) proporcionou melhores resultados de teores foliares para a cultura. Contudo, os teores foliares de fósforo, potássio e cálcio são considerados altos para a cultura da soja, quando cultivada no estado do Mato Grosso do Sul (EMBRAPA, 2011).

Tabela 6 - Valores de F e médias obtidas na análise de regressão dos dados do teor de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas de soja em função da reaplicação de doses de calcário (Selvíria, MS, 2010/11).

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
Dose 0	51,17	3,58	32,00	28,37	5,93	3,12
Dose 232 (0,5)	49,07	3,55	22,62	14,75	5,43	3,01
Dose 464 (1,0)	52,88	3,70	27,37	16,56	5,62	2,55
Dose 696 (1,5)	51,39	4,31	27,50	24,25	5,62	2,97
Dose 928 (2,0)	47,70	3,93	28,37	19,12	5,56	3,22
Dose 1160 (2,5)	49,45	3,58	22,87	13,81	5,31	2,71
Teste F						
Reg. Linear	0,58 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,95 ^{ns}	1,85 ^{ns}	10,68 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Reg. Quadrática	0,28 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Desvios Regressão	0,91 ^{ns}	0,86 ^{ns}	4,44 *	1,99 ^{ns}	3,80 *	0,91 ^{ns}
CV %	8,78	16,08	14,69	46,83	3,60	22,43

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo

Fonte: Dados da pesquisa

Com relação ao desdobramento da interação entre modos de aplicação de calcário e a reaplicação de calcário (Tabela 8), observa-se que na reaplicação 4 o maior teor de cálcio foi observado quando se aplicou calcário em superfície, sendo que os outros dois modos não diferiram entre si. Tal resultado mostra que o calcário aplicado em superfície pode manifestar resultados ao longo dos anos, de forma mais lenta que um calcário que está sendo incorporado. Segundo Embrapa (2011) os resultados de teores foliares para cálcio são altos para a cultura da soja cultivada no Estado do Mato Grosso do Sul.

4.1.2 Características Agronômicas da Planta

Na Tabela 9 encontram-se as médias e os valores de F obtidos na análise de regressão dos dados para altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de ramos, número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de grãos de soja, em função das doses de calcário aplicadas em superfície. Observa-se que não houve diferença significativa para nenhuma das características agronômicas da soja. Entretanto, para as doses mais altas de (2,0 e 2,5) observa-se um incremento de produtividade de aproximadamente 10 sacas, no entanto, não significativo

estatisticamente. Corrêa (2006) e Oliveira (2009), realizando o mesmo trabalho, também encontraram resultados semelhantes.

Tabela 7 - Valores de F e médias do teor de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas de soja em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2010/11.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
Incorporado	48,09	3,84	25,00	16,32	5,81	3,30
Superfície	52,97	3,90	26,81	19,45	5,73	3,09
Sem calcário	50,37	3,85	26,06	15,79	5,59	3,44
Reaplicação 1 ¹	50,84	3,58 b	24,08 b	15,83	5,62	2,82
Reaplicação 2 ²	51,67	4,16 a	24,87 b	16,00	5,79	3,55
Reaplicação 3 ³	49,22	3,84 ab	25,20 b	16,10	5,66	3,49
Reaplicação 4 ⁴	50,17	3,87 ab	29,66 a	20,83	5,77	3,25
Teste F						
Manejo (M)	2,39 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,91 ^{ns}	5,42 ^{**}	2,77 ^{ns}	0,62 ^{ns}
Reaplicação (R)	0,32 ^{ns}	2,85 [*]	5,24 ^{**}	6,15 ^{**}	1,09 ^{ns}	1,69 ^{ns}
M x R	0,85 ^{ns}	2,23 ^{ns}	1,29 ^{ns}	3,53 ^{**}	0,61 ^{ns}	1,88 ^{ns}
CV %	12,50	12,57	14,66	19,73	4,66	26,86

^{**}, ^{*} - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – não significativo
Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

¹ Reaplicação 1: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06 e calcário 2008/09;

² Reaplicação 2: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário), calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09 (dose total), calcário 2009/10(dose total), calcário 2010/11 (dose total);

³ Reaplicação 3: Calcário 1999/00 e calcário 2005/06;

⁴ Reaplicação 4: Calcário 1999/00;

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 8 - Desdobramento da interação modo de aplicação x reaplicações de calcário, significativa para o teor foliar de cálcio, na cultura da soja. Selvíria – MS, 2010/11.

	Reaplicação 1	Reaplicação 2	Reaplicação 3	Reaplicação 4
Incorporado	16,43 a A	15,56 a A	15,25 a A	18,06 a B
Superfície	16,56 a A	16,75 a A	16,12 a A	28,37 a A
Sem Calcário	14,50 a A	15,68 a A	16,93 a A	16,06 a B

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

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 9 - Valores de F e médias obtidas na análise de regressão dos dados para, altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem (cm), número de ramos, número de vagens por planta, massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de soja em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2010/11.

Tratamento	Altura planta (cm)	Altura inserção (cm)	Número de Ramos	Número vagens/planta	Massa mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Dose 0	78,00	18,60	2,75	63,50	185,40	2861
Dose 232 (0,5)	74,35	18,35	2,50	55,95	190,05	2997
Dose 464 (1,0)	72,10	16,15	3,50	82,90	185,95	2846
Dose 396 (1,5)	74,50	15,25	2,75	65,70	189,30	2845
Dose 928 (2,0)	80,25	15,65	3,25	79,85	188,72	3436
Dose 1160 (2,5)	80,50	17,60	2,25	53,45	192,92	3180
Teste F						
Regressão Linear	0,54 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,80 ^{ns}
Regressão Quadrática	1,12 ^{ns}	3,46 ^{ns}	3,03 ^{ns}	2,90 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Desvios de Regressão	0,16 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,73 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,75 ^{ns}
CV %	13,81	14,82	25,44	27,86	5,85	17,14

ns - não significativo

Fonte: Dados da pesquisa

Em relação à altura de plantas, Silveira Neto et al. (2005) citam como 60 cm a altura de planta mínima desejável para a colheita mecanizada sem perdas, estando os valores obtidos neste experimento acima deste valor mínimo para colheita. A altura de planta na soja é condicionada pela duração do período vegetativo (Destro et al., 2001), contudo, estresses hídricos nesse período, antecipam o florescimento, podendo dessa forma influenciar essa característica da cultura.

. De acordo com Embrapa (2000), a altura de planta da variedade Conquista MG/BR 46 situa-se entre 75 a 80 cm. Portanto, verifica-se que os valores obtidos no presente trabalho estão de acordo com valores esperados pelas características da variedade, sendo ainda esses valores são de uma boa métrica para a colheita mecanizada.

Apesar da alta tecnologia empregada atualmente no sistema de corte das colheitadeiras, a altura de inserção da primeira vagem é uma característica importante em sistemas mecanizados de cultivo de soja, pois interfere significativamente no rendimento e eficiência da colheita mecanizada em extensas áreas. De acordo com Carvalho et al. (2010), a cultivar escolhida para o cultivo em uma determinada região, deve apresentar uma altura de inserção da primeira vagem de pelo menos 10 cm a 12

cm. De acordo com Delavale (2002), a altura de inserção das primeiras vagens é uma característica genética da planta e pode ser influenciada pela fertilidade do solo, e principalmente, população de plantas. Assim, observa-se que não houve diferença significativa para esta característica agrônômica, provavelmente pelas condições adequadas de fertilidade entre os tratamentos.

Os modos de aplicação de calcário não influenciaram significativamente a produtividade da cultura da soja (Tabela 10), dados também encontrados por Rheinheimer (2000) realizando trabalhos semelhantes. Outros pesquisadores como Pires et al. (2003) mostram que a aplicação de calcário tanto no sulco de semeadura como em superfície em área total não proporcionou incremento na produtividade de grãos da cultura do milho. Resultados semelhantes também foram obtidos por Pöttker e Ben (1998), Caires et al. (2000) e Moreira et al. (2001), que verificaram que a calagem, em SPD, não incrementou a produtividade das culturas testadas. Na cultura da soja, Lima et al. (2009) mostraram que a calagem superficial não afetou as características agrônômicas da cultura.

4.2 Cultura do Milho

4.2.1 Avaliação do estado nutricional

De acordo com a Tabela 11, houve alteração nos teores de N, K, e S, entretanto, para N e S, ocorreu desvio de regressão significativo, com os dados dos respectivos nutrientes não se ajustando a uma função linear ou quadrática. Para o potássio (K), verifica-se que os valores encontrados ajustaram-se a uma função quadrática com ponto de máximo em $3,72 \text{ t ha}^{-1}$ em função das doses de calcário utilizadas (Figura 4).

O menor teor de K encontrado foi com a dose de $5,17 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário. Montezano (2009) em experimento de mesmo gênero, obteve o menor teor foliar desse macronutriente com a aplicação de 3 t ha^{-1} de calcário. Provavelmente isso se deve ao fato de que altas concentrações de Mg^{2+} no solo podem inibir competitivamente a absorção de K, causando, às vezes, deficiência desse nutriente (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Tabela 10 - Valores de F e médias obtidas na análise de variância dos dados de altura de plantas (cm), altura de inserção de inserção da primeira vagem (cm), número de ramos, massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de soja em função dos tratamentos (Selvíria, MS, 2010/11).

Tratamento	Altura planta (cm)	Altura Inserção (cm)	Número de Ramos	Massa 1000 grãos (g)	Número de vagens	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Incorporado	74,35 b	18,11	2,55 b	190,21	58,61 b	3058
Superfície	73,55 b	16,88	3,17 a	186,27	79,41 a	3007
Sem calcário	81,50 a	17,52	2,73 ab	193,03	64,05 b	2915
Reaplicação 1 ¹	75,90	17,18	2,85	188,96	66,36	2972
Reaplicação 2 ²	75,90	17,61	2,56	192,55	67,56	3059
Reaplicação 3 ³	76,53	17,08	3,00	187,19	68,63	3056
Reaplicação 4 ⁴	77,53	18,15	2,86	190,65	66,86	2887
Teste F						
Manejo (M)	6,28**	0,82 ^{ns}	4,41**	2,34 ^{ns}	6,95**	0,57 ^{ns}
Reaplicação (R)	0,14 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,54 ^{ns}
M x R	1,68 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,53*	1,62 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,63 ^{ns}
CV %	9,13	15,40	21,65	4,67	24,29	12,74

**, * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo
Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 1% e 5% de probabilidade.

¹Reaplicação 1: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário), calcário 2002/03, calcário 2005/06 e calcário 2008/09 (dose total);

²Reaplicação 2: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário), calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09 (dose total), calcário 2009/10(dose total), calcário 2010/11 (dose total);

³Reaplicação 3: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário) e calcário 2005/06;

⁴Reaplicação 4: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário).

Fonte: Dados da pesquisa

Nota-se que a aplicação de diferentes doses de calcário não alterou os teores foliares de P, Ca e Mg. Resultado semelhante também foi obtido por Mariano (2008), realizando ensaios nessa mesma área de pesquisa. Entretanto, em estudos realizados por Gonçalves (2003), Tissi (2004) e Kusman et al. (2002), a calagem proporcionou acréscimos significativos de Mg nas folhas de milho. Segundo Oliveira (2004) o intervalo de concentrações foliares adequadas de Mg para a cultura do milho estão entre 1,5 e 5,0 g kg⁻¹, portanto, as concentrações obtidas no experimento estão todas dentro do intervalo considerado adequado, até mesmo no tratamento com dose zero de calcário.

Estudos realizados por Caires et al. (1998) e Moreira et al. (2001) mostraram que não houve variação nutricional da cultura do milho, em diferentes sistemas de cultivo, devido a aplicação de doses de calcário.

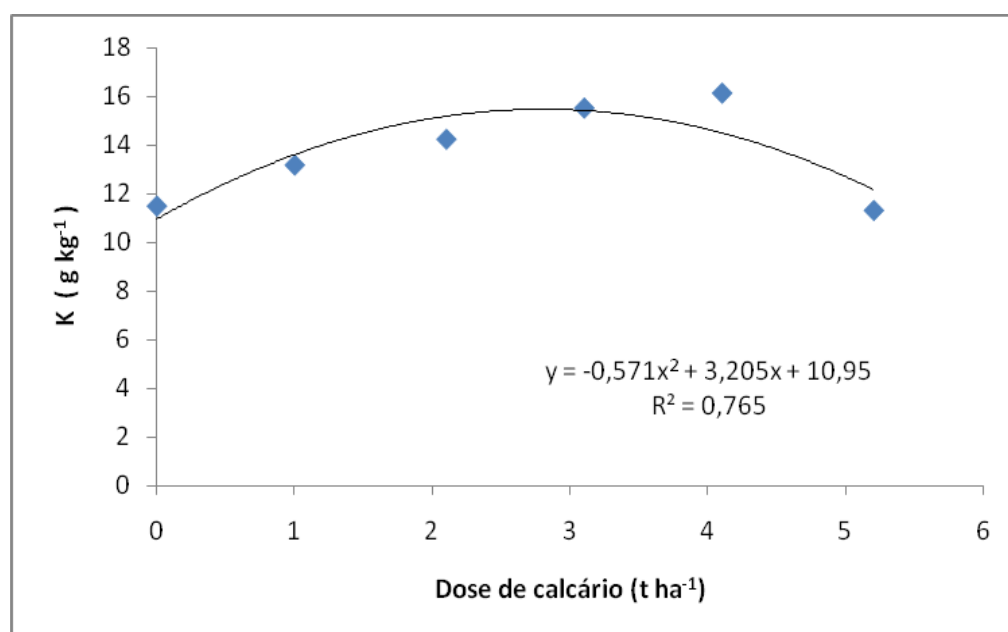
Tabela 11 - Valores de F e médias obtidas na análise de regressão dos dados dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas de milho em função da reaplicação de doses de calcário. Selvíria – MS, 2010/11.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
Dose 0	32,79	4,32	11,48	5,67	4,26	2,45
Dose 1035 (0,5)	31,88	4,30	13,16	5,43	4,46	2,41
Dose 2070 (1,0)	34,66	4,50	14,22	6,06	4,21	2,91
Dose 3105 (1,5)	33,49	4,64	15,50	6,14	5,10	2,63
Dose 4140 (2,0)	32,34	4,93	16,11	5,82	4,74	2,50
Dose 5175 (2,5)	32,83	4,46	11,30	5,71	4,89	2,64
Teste F						
Regressão Linear	0,00 ^{ns}	2,28 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,50 ^{ns}	4,44 ^{ns}	1,25 ^{ns}
Regressão Quadrática	2,76 ^{ns}	0,86 ^{ns}	9,32 **	1,94 ^{ns}	0,06 ^{ns}	2,67 ^{ns}
Desvios de Regressão	3,90 *	0,88 ^{ns}	1,13 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,26 ^{ns}	3,59 *
CV %	3,48	9,60	12,75	8,40	12,02	8,12

**, * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 4. Regressão quadrática com a respectiva equação ajustada e o coeficiente de determinação para o teor foliar de K na cultura do milho em função da aplicação de doses de calcário. Selvíria – MS, 2010/11.



Fonte: Dados da pesquisa

Pires et al. (2003) ao avaliarem a alteração de atributos químicos do solo e o estado nutricional e as características agrônômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em SPD, não verificaram diferenças nos teores foliares de macronutrientes e relacionaram estes resultados com os baixos teores de alumínio trocável no solo e à boa condição de fertilidade da área experimental.

Verifica-se que houve diferença significativa para os teores foliares de P, Ca e Mg em função de modos de aplicação do calcário (Tabela 12). Não houve diferença significativa para os teores foliares de N, K e S em função de modos de aplicação de calcário ou reaplicação de calcário, porém a interação entre modos de aplicação de calcário e reaplicação foi significativa para os teores de N e S.

Para os teores de P, Ca e Mg o tratamento sem calcário proporcionou os maiores teores foliares dos nutrientes. Uma possível explicação para o resultado encontrado deve-se às condições adequadas de fertilidade do solo onde não foi aplicado calcário na implantação do sistema de plantio direto em relação aos demais tratamentos utilizados.

Os teores foliares dos macronutrientes avaliados no experimento encontram-se adequados para o cultivo da cultura do milho (SOUSA; LOBATO, 2004).

Na Tabela 13 encontra-se o desdobramento da interação de modos de aplicação de calcário e as reaplicações do insumo, significativa para o teor de N. De acordo com a análise dos dados, verifica-se que as reaplicações 1, 3 e 4 de calcário apresentaram os maiores teores de nitrogênio foliar quando se aplicou calcário em superfície. A reaplicação 2 proporcionou maior resultado quando comparada à não aplicação de calcário. Uma explicação para tal dado pode ser devido ao residual de calcário proporcionado pelas aplicações nos anos anteriores.

Em relação a aplicação de calcário incorporado e superfície não se verificou diferença significativa para as reaplicações de calcário. O tratamento sem a aplicação de calcário apresentou menores resultados com a interação da reaplicação 1, sendo que os outros tipos (que obtiveram os maiores resultados) não diferiram.

Tabela 12 - Valores de F e médias dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas de milho em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2010/11.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
Incorporado	31,04	4,34 b	14,03	5,72 b	4,26 b	2,68
Superfície	33,83	4,45 ab	13,62	5,92 ab	4,28 b	2,68
Sem calcário	32,31	4,70 a	13,78	6,17 a	4,78 a	2,68
Reaplicação 1 ¹	31,47	4,44	13,47	6,07	4,61	2,67
Reaplicação 2 ²	32,15	4,49	14,93	5,83	4,33	2,63
Reaplicação 3 ³	33,43	4,49	13,34	5,89	4,32	2,74
Reaplicação 4 ⁴	32,52	4,57	13,51	5,95	4,50	2,67
Teste F						
Manejo (M)	2,20 ^{ns}	5,64 **	0,08 ^{ns}	3,27 *	6,43 **	0,00 ^{ns}
Reaplicação (R)	0,56 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,35 ^{ns}
M x R	3,16 *	0,93 ^{ns}	1,38 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,68 *
CV %	11,57	6,79	20,17	8,32	10,47	9,95

**, * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo
Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

¹Reaplicação 1: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06 e calcário 2008/09;

²Reaplicação 2: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09 (1/3 da dose), calcário 2009/10 (1/3 da dose), calcário 2010/11 (1/3 da dose);

³Reaplicação 3: Calcário 1999/00 e calcário 2005/06;

⁴Reaplicação 4: Calcário 1999/00;

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 13 - Desdobramento da interação modo de aplicação x reaplicações de calcário, significativa para o teor foliar de nitrogênio, na cultura do milho. Selvíria – MS, 2010/11.

	Reaplicação 1	Reaplicação 2	Reaplicação 3	Reaplicação 4
Incorporado	32,49 a AB	26,37 a B	33,04 a A	32,28 a A
Superfície	34,66 a A	33,89 a A	33,95 a A	32,79 a A
Sem Calcário	27,26 b B	36,17 a A	33,30 ab A	32,49 ab A

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

Fonte: Dados da pesquisa

Com relação ao desdobramento da interação modos de aplicação e reaplicação de calcário, significativos para os teores de enxofre (S) (Tabela 14), verifica-se diferença apenas para a reaplicação 1, onde o maior teor de enxofre foi encontrado com a aplicação de calcário em superfície. Já para os modos de aplicação do insumo, os resultados mostram que o tratamento sem a aplicação de calcário diferiu em relação às

reaplicações, com o menor valor para a reaplicação 1. Os resultados obtidos no experimento para os teores foliares de enxofre são considerados médios por (SOUSA; LOBATO, 2004), e semelhantes aos observados (MARIANO, 2008).

Tabela 14 - Desdobramento da interação modo de aplicação x reaplicações de calcário, significativo para o teore foliar de enxofre, na cultura do milho. Selvíria – MS, 2010/11.

	Reaplicação 1	Reaplicação 2	Reaplicação 3	Reaplicação 4
Incorporado	2,74 a AB	2,49 a A	2,70 a A	2,78 a A
Superfície	2,90 a A	2,72 a A	2,64 a A	2,45 a A
Sem Calcário	2,37 b B	2,68 ab A	2,88 a A	2,79 ab A

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

Fonte: Dados da pesquisa

4.2.2 Características Agronômicas da planta

Verifica-se que o Teste F foi significativo para regressão linear para a variável altura de plantas (Tabela 15), porém o modelo linear apresentou um R^2 não expressivo. Para os demais componentes de produção do milho avaliados no experimento, nenhum foi significativo em função das doses de calcário utilizadas.

Para o componente de produção altura de plantas, Benez (1981) afirma que o porte das plantas de milho sofre pequena influência do tipo de cultivo empregado, pois além do sistema de cultivo, outros fatores influenciam determinantemente no crescimento da planta. O simples fato de a planta apresentar maior altura não significa necessariamente num aumento em sua produtividade. Quanto à massa de mil grãos, os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por (GONÇALVES, 2003).

No caso da produtividade de grãos, observou-se uma maior média quando se aplicou 2 vezes a dose de calcário, porém a mesma não diferiu significativamente das demais. As produções obtidas podem ser consideradas elevadas, em torno de 6.600 kg ha⁻¹, estando muito acima da média nacional (4.238 kg ha⁻¹) para o ano agrícola 2010/11, segundo dados estimados (CONAB, 2011). Ainda em relação à produtividade, os resultados encontrados se mostram semelhantes aos obtidos por (MIRANDA; MIRANDA, 2007).

Tabela 15 - Valores de F e médias obtidas na análise de regressão dos dados de população de plantas, altura de plantas e altura de inserção da espiga (m), massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2010/11.

Tratamento	População (plantas ha ⁻¹)	Altura planta (cm)	Altura espiga (cm)	Massa mil grãos (g)	Produtividade-de (kg ha ⁻¹)
Dose 0	64583	206,75	107,00	259,72	6637
Dose 1035 (0,5)	60416	201,25	105,50	267,82	5130
Dose 2070 (1,0)	67708	211,25	109,75	268,20	6586
Dose 3105 (1,5)	75000	212,00	108,50	269,77	6944
Dose 4140 (2,0)	65625	207,00	107,50	281,15	7205
Dose 5175 (2,5)	69791	214,50	110,50	269,70	7148
Teste F					
Regressão Linear	2,09 ^{ns}	6,90 [*]	0,88 ^{ns}	1,61 ^{ns}	2,46 ^{ns}
Regressão Quadrática	0,46 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Desvios de Regressão	1,66 ^{ns}	3,34 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,38 ^{ns}
CV %	12,04	2,47	5,22	6,38	19,86

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo

Fonte: Dados da pesquisa

Uma hipótese para o resultado encontrado no presente trabalho deve-se ao fato de que o solo ainda apresentava condições adequadas ao desenvolvimento normal das plantas, mesmo que a análise de solo indicasse a necessidade de reposição de calcário.

Nota-se que não ocorreu diferença significativa para os componentes de produção analisados (Tabela 16).

Em relação à produtividade, verificou-se a não diferença significativa entre os tratamentos com modos de aplicação de calcário. Possivelmente as áreas que não houve aplicação de calcário, desde 1999/00 encontraram-se em condições adequadas de fertilidade do solo em relação aos demais tratamentos. Valores semelhantes foram encontrados por Oliveira (2009) e Franzote (2010) na mesma área de desenvolvimento deste experimento.

É importante destacar a relação direta entre a massa de mil grãos e produtividade, pois o tratamento que proporcionou maiores valores de massa de mil grãos também resultou em produtividades mais elevadas, assim como no tratamento com menores valores de massa de mil grãos e menores produtividade. Este fato também foi observado

por Delavale (2002). A calagem, independente do modo de aplicação, ocasionou acréscimos na produção de grãos, da ordem de 13% (KUSMAN et al., 2002).

Estudos realizados por Pires et al. (2003) apontam que a aplicação de calcário tanto no sulco de semeadura como em superfície em área total não proporcionou incremento na produtividade de grãos da cultura do milho. Resultados semelhantes também foram obtidos por Pöttker e Ben (1998), Caires et al. (2000) e Moreira et al. (2001), que verificaram que a calagem, em SPD, não incrementou a produtividade das culturas testadas. Portanto, provavelmente este sistema propicia uma melhor ciclagem de nutrientes no solo e uma menor resposta das culturas a calagem.

Tabela 16 - Valores de F e médias obtidas na análise de variância dos dados de população de plantas, altura de plantas e altura de inserção da espiga (m), massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2010/11.

Tratamento	População (plantas ha ⁻¹)	Altura planta (cm)	Altura espiga (m)	Massa mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Incorporado	65083	206,56	104,37	267,19	7067
Superfície	66125	208,93	107,87	264,65	6707
Sem calcário	69541	205,25	106,31	270,05	7068
Reaplicação 1 ¹	68041	209,33	108,08	269,95	6686
Reaplicação 2 ²	66291	207,25	107,16	270,00	6975
Reaplicação 3 ³	64916	205,00	104,66	266,20	6870
Reaplicação 4 ⁴	68375	206,08	104,83	263,05	7258
Teste F					
Manejo (M)	1,75 ^{ns}	1,67 ^{ns}	2,31 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,94 ^{ns}
Reaplicação (R)	0,64 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,93 ^{ns}
M x R	1,40 ^{ns}	1,81 ^{ns}	4,63 ^{**}	0,09 ^{ns}	1,53 ^{ns}
CV %	10,46	2,79	4,34	6,04	12,32

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns – não significativo

¹ Reaplicação 1: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06 e calcário 2008/09;

² Reaplicação 2: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09 (1/3 da dose), 2009/10 (1/3 da dose) e 2010/11 (1/3 da dose);

³ Reaplicação 3: Calcário 1999/00 e calcário 2005/06;

⁴ Reaplicação 4: Calcário 1999/00;

Fonte: Dados da pesquisa

Com relação a altura da espiga e a influência dos modos de aplicação de calcário e os tipos de aplicação, verifica-se no desdobramento da interação (Tabela 17), que a reaplicação 2 (reaplicação 2: calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06,

calcário 2008/09 (1/3 da dose), 2009/10 (1/3 da dose) e 2010/11 (1/3 da dose) apresenta diferença significativa, em relação aos modos de aplicação do insumo, obtendo-se maiores valores para altura de inserção da espiga quando se faz aplicação em superfície do calcário.

A variável altura de inserção da espiga tem uma grande importância, influenciando as perdas na operação de colheita mecanizada e no acamamento da planta. Isso ocorre porque a alta relação inserção/estatura pode diminuir o centro de gravidade da planta, provocando o acamamento, ou seja, deve se trabalhar uma altura ótima de inserção das espigas, para que não ocorra o acamamento e também perdas de espigas na colheita (Li et al., 2007).

Portanto, em condições de cerrado, em solos sob sistema plantio direto, a resposta do milho a calagem pode ser inferior a recomendação de Raij et al. (1996), onde há a recomendação da elevação da saturação por bases a 70%. Vale ressaltar que esta recomendação foi definida considerando os solos do Estado de São Paulo e o sistema convencional de preparo do solo, com revolvimento anuais.

Tabela 17 - Desdobramento da interação modo de aplicação x reaplicações de calcário, significativa para altura de inserção da espiga, na cultura do milho. Selvíria – MS, 2010/11.

	Reaplicação 1	Reaplicação 2	Reaplicação 3	Reaplicação 4
Incorporado	106,25 a A	98,75 aB	106,00 a A	106,50 a A
Superfície	109,75 a A	114,00 aA	100,75 a A	107,00 a A
Sem Calcário	108,25 a A	108,75 aA	107,25 a A	101,00 a A

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

5 CONCLUSÕES

- o residual da reaplicação de doses múltiplas a recomendada, a cada três anos, aplicando-se no máximo de 2000 kg ha⁻¹, não alteraram os teores foliares de macronutrientes, características agronômicas e produtividade de grãos da soja;
- o residual da reaplicação de doses múltiplas a recomendada, a cada três anos, aplicando-se no máximo de 5.175 kg ha⁻¹, não alteraram as características agronômicas e produtividade do grãos do milho;
- as formas de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto não diferiram quanto a produtividade de grãos de soja e milho, cultivados após 13 anos da implantação dos tratamentos.
- as diferentes reaplicações de calcário, mesmo sendo a cada 3 anos, não proporcionaram aumento na produtividade de grãos de soja e milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J. C. **A Avaliação de qualidade dos corretivos de acidez dos solos.** CAMPINAS: FUNDACAO CARGILL, 1986. 40 p.
- AMARAL, A. S. et al. Movimentação vertical do calcário na superfície do solo no sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2001. p.114.
- BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, E.F. Efeito de sistemas de preparo do solo no rendimento de grãos de trigo, soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, Londrina, 1991. **Anais.** Londrina: SBEA, 1992. p.1354-1360.
- BARROS, U. V.; FIGUEIREDO, J. P.; SANTINATO, R.; SILVA, O. A. Estudo comparativo do calcário dolomítico e do calcário calcinado no plantio do cafeeiro em solo Lva cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambú. **Anais...** Caxambú: 1985. p.105-106.
- BELLINGIERI, P. A. **Avaliação em laboratório da eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários, na neutralização da acidez do solo.** Piracicaba – SP. 1983. 99f. Tese (Doutorado)- Escola Superior Luiz de Queiroz- ESALQ, Universidade de São Paulo- USP, 1983.
- BENEZ, S. H. Semeadura direta e seus efeitos nas produções de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11, 1981, Brasília. **Anais do XI CONBEA...** Brasília, v.1, 1981.
- BLEVINS, R. L.; MURDOC, L. W.; THOMAS, G. W. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.2, p.322-326, 1978.
- CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.161-169, 2000.
- CAIRES, E. F., CHUERI, 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. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: SBCS/UFV, 1995.
- 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 Ciências do Solo**, Viçosa, v.22, p. 27-34, 1998.

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 Ciências do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1029-1040, 2001.

CAMARGO, A.P.; RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; ROCHA, T.R.; NAGAI, V. & MASCARENHAS, H.A.A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.17, p.1007-1012, 1982.

CARVALHO, E.R., REZENDE, P.M. DE, OGOSHI, F.G.A., BOTREL, E.P., ALCANTARA, H.P. DE, SANTOS, J.P. Desempenho de cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill] em cultivo de verão no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, p.892-899, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Grãos, Safra 2012/2013. Décimo Primeiro Levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_10_43_44_boletim_portugues_agosto_2013_port.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2013.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E.L. Plantio direto: microrganismos e processos. 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.31-32.

CORRÊA, P. C. **Reaplicação de calcário na cultura de soja em plantio direto** 2006. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2006.

CRUZ, J. C. et al. **Cultivo do Milho**. Sistemas de Produção 1. Out. de 2012. 8ª Edição. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/manejomilho.htm>. Acesso em: ago. 2013.

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

DESTRO, D., PIPOLO, V.C., KIIHL, R.F. Photoperiodic and genetic control of the long juvenile period in soybean: a review. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1, p.72-92, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 261p. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/SP15-VE.pdf>>. Acesso em 13 ago. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. Rio de Janeiro. Embrapa, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milho**: informações técnicas. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1997. 222p. (Circular técnica, 5).

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

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

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

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. FEBRAPDP, 2012. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 13 ago. 2013.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos:UFSCar, 2000. p.255-258.

FRANZOTTE, F. H. **Modos e aplicação e reaplicação de calcário nas culturas de milho e soja em plantio direto**: efeito residual. 2010. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)– Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

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.

GONZALES-ERICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMANN, G.C. & SOARES, W.V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.43, p.1155-1158, 1979.

GREGO, C. R. Resistência mecânica de um Latossolo Vermelho-Escuro sob sistema de plantio direto e convencional, com diferentes quantidades de resíduos de culturas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 1994, Guaratinguetá. **Resumos...** Guaratinguetá: UNESP/FEG, 1994. p.229.

HERNANDEZ, F. B. T. et al. **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. Manejo e conservação de recursos naturais da região Oeste do Brasil. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). **Milho: informações técnicas**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1997. p.39-67.

HERNANI, L. C. ; SALTON, J. C. Manejo e conservação do solo. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p. 76-102.

HERNANI, L.C.; Salton, J.C.; Fabrício, A.C.; Dedeczek, R.; Alves Júnior, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.4, p.667-676, 1997.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Revista Megadiversidade**, v. 01, n. 01, p. 147-155, 2005.

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

KRAY, C. H.; ANGHINONI, I.; COSTA, A. L.; KLEPKER, D.; CASSOL, L. C. Atributos físicos do solo afetados pelo manejo da calagem no sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999. **Resumos...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999.

KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M.; CAIRES, E. F. Crescimento radicular e nutrição do milho em resposta ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11, 2002, Maringá. ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Maringá: Universidade Estadual de Maringá/Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, 2002.

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

LANDERS, J.N. **Situação do plantio direto**. In: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO POR TUTORIA À DISTÂNCIA. Módulo 1. Brasília, DF: ABEAS / UnB, 2000. 93 p.

LI, Y. et al. The genetics relationships among plant-height traits found using multiple trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome**; Toronto, v.50, n.4, p.357-364, 2007.

LIMA, D. V.; KLIEMANN, H. J.; MORAES, M. F.; LEANDRO, W. F. Relações entre doses de calcário e manganês na nutrição mineral da soja na região de Rio Verde-GO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34, n.2, p.65-73, 2004.

LIMA, E. do V. et al. Características agronômicas, produtividade e qualidade fisiológica da soja "safrinha" sob semeadura direta, em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.30, n.1, p.68-80, 2009.

LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo**. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1983. 162 p.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R. Soja. In: RAIJ, B van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.202-3.

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

MARIANO, E. **Modos de aplicação e reaplicação de calcário nas culturas de milho e soja em plantio direto: efeito residual**. 2008. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)– Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. **Efeito residual de calcário para o milho sob plantio direto e convencional em solo de cerrado**. Embrapa: Planaltina, 2007. (Comunicado Técnico 133).

MONTEZANO, Z. F. **Aplicação de doses de calcário em área de rotação soja-milho em plantio direto no Cerrado para fins de definição de doses variadas**. Piracicaba, SP. 2009. 110f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2009.

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada e na produção do milho para um ano de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal - SP, v.16, n.2, p.31- 41, 1996.

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.

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

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.7, n.1, p. 95 -102, 1983.

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

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M. Avaliação da eficiência agronômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.18, p.55- 62, 1994.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. p.245-256.

OLIVEIRA, W. A. F. **Modos e aplicação e reaplicação de calcário nas culturas de milho e soja em plantio direto**: efeito residual. 2009. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)– Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual paulista, Ilha Solteira, 2009.

PINAZZA, L. A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BÜLL, L. T., CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.1-10.

PIRES, F.R. et al. Alteração de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agronômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.121-131, 2003.

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

QUAGGIO, J. A.; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Agronomic efficiency of limestone with different acid-neutralizing capacity. **Plant Soil Interactions At Low Ph, Brisbane**, Australia, v. 3, n. 1, p. 491-496, 1995.

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

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

RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P.; CANTARELLA, H. & SILVA, N.M. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. **Bragantia**, v.42, p.149-156, 1983.

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

RAIJ, B. van; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A. & PETTINELLI JR., A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:101-108, 1998.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p.323- 346.

RAIJ, B. van et al. **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.32-33.

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

SILVEIRA NETO, A.N., OLIVEIRA, E., OLIVEIRA, A.B., GODOI, C.R.C., PRADO, C.L.O., PINHEIRO, J.B. 2005. Desempenho de linhagens de soja em diferentes locais e épocas de semeadura em Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35: 103-108.

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 ...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p.63-81.

Santos, H.P. dos; Lhamby, J.C.B.; Prestes, A.M.; Lima, M.R. de. Efeito de manejo de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento e doenças de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.12, p.2355-2361, 2000.

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

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. 416p.

SOUZA, E. A.; NEPTUNE, A. M. L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L. à adubação e calagem. **Científica**, São Paulo - SP, v. 4, p. 274-281, 1976.

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

TIRITAN, C. S. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta do milho à calagem superficial e incorporada em região de inverno seco..** 2001. 108f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers**. 3.ed. New York: Macmillan Publishing, 1985. 694p.

TISSI, J.A.; CAIRES, E.F.; PAULETTI, V. Efeitos da calagem em semeadura direta de milho. **Bragantia**. Campinas, v. 63, n. 03, p. 405-413, 2004.

VOORHEES, W.B.; LINDSTROM, M.J. Long-term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic compaction. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, n.1, p.152-156, 1984.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto no sul do Brasil. In: **Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo**, 24. Santa Maria: UFSM, 2000. CD-ROM...UFSM, 2000.