



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUCESSÃO DE CULTURAS EM
PLANTIO DIRETO IRRIGADO: AVALIAÇÕES TÉCNICA E ECONÔMICA**

RODRIGO ANSELMO TARSITANO

Ilha Solteira

2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUCESSÃO DE CULTURAS EM
PLANTIO DIRETO IRRIGADO: AVALIAÇÕES TÉCNICA E ECONÔMICA**

RODRIGO ANSELMO TARSITANO

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia -
UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, para
obtenção do título de Doutor em Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

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

T193a	Tarsitano, Rodrigo Anselmo. Aplicação de calcário e gesso em sucessão de culturas em plantio direto irrigado : avaliações técnica e econômica / Rodrigo Anselmo Tarsitano. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2013. 90 f. : il. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2013 Orientador: Edson Lazarini Inclui bibliografia 1. Milho. 2. Soja. 3. Feijão. 4. Características agronômicas. 5. Atributos químicos do solo. 6. Valor da produção.
-------	---



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

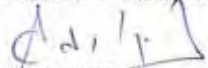
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUCESSÃO DE CULTURAS EM PLANTIO DIRETO IRRIGADO: AVALIAÇÕES TÉCNICA E ECONÔMICA

AUTOR: RODRIGO ANSELMO TARSITANO

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR 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. MARCO EUSTAQUIO DE SA

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


Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

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


Prof. Dr. HELDER BARBOSA PAULINO

Campus Avançado de Jataí / Universidade Federal de Goiás


Profa. Dra. NELI CRISTINA BELMIRO DOS SANTOS

Pólo Regional do Extremo Oeste / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Data da realização: 07 de outubro de 2013.

DEDICO

*A minha filha Maria Clara Garcia Tarsitano,
um presente de Deus*

OFEREÇO

*Aos meus pais Cidinha e Fernando
aos meus irmãos Daniel e Fernanda, a minha esposa
Raffaela e ao meu primo Kadu (in memoriam)*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelas Bênçãos recebidas, desde o momento em que fui concebido, sem as quais eu nada seria.

A toda minha família, em especial, aos meus avós Horácio, Nancy e Carmem e a minha tia Wilma, Professora Titular do Curso de Medicina da USP de Ribeirão Preto, que para mim é um exemplo, sobretudo pela sua competência e dedicação.

Ao Professor Dr. Edson Lazarini, amigo e orientador dessa pesquisa, por ter acreditado em mim, agradeço sua compreensão, apoio e atenção.

À UNESP Câmpus de Ilha Solteira e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de retornar aos estudos e atualizar conhecimentos e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Helder Barbosa Paulino, Dr^a Neli Cristina B. dos Santos, Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá e ao Prof. Dr. Marcelo Carvalho M. Teixeira Filho, pelas valiosas sugestões e contribuições ao trabalho.

A todos os docentes, que durante o curso, contribuíram para minha formação científica e profissional.

Ao saudoso professor e amigo Cory, que de alguma forma esteve presente durante esta caminhada.

Ao Irineu Brasileiro pela sua ajuda imprescindível na elaboração das planilhas e aos funcionários da FEP, pelo auxílio nos trabalhos de campo.

A todos os funcionários da biblioteca pela colaboração, de forma especial ao João Josué e a Sandra.

Aos amigos de curso pela amizade e pelo agradável convívio, em especial ao Leandro, Stella, João, Eigon, Alexandre, Paulino, Admar e ao Luiz Gustavo pela colaboração nas análises de campo e de laboratório.

Enfim, a todos que, de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho, o meu

MUITO OBRIGADO.

APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM SUCESSÃO DE CULTURAS EM PLANTIO DIRETO IRRIGADO: AVALIAÇÕES TÉCNICA E ECONÔMICA

RESUMO

A acidez do solo é um dos fatores que limitam a produção das culturas em solos altamente intemperizados, como a maioria dos solos que ocorrem no Brasil e sua omissão pode comprometer seriamente a produtividade e o uso eficiente de fertilizantes. O trabalho teve por objetivo avaliar economicamente a aplicação de calcário e/ou gesso e sua influência nos atributos químicos do solo, características agronômicas e produtividade das culturas de milho, soja, feijão e milho, cultivadas em sucessão em uma área irrigada por pivô central em sistema de plantio direto. O experimento foi instalado no ano de 2011 na área experimental da UNESP - Câmpus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS. O delineamento experimental foi blocos casualizados, com parcelas de 28 m² dispostas em esquema fatorial 4 x 4, com 4 repetições. Como tratamentos foram utilizados quatro doses de calcário (0; 2,0; 4,0 e 6,0 t ha⁻¹) e quatro doses de gesso (0; 1,5; 3,0 e 4,5 t ha⁻¹) aplicados em superfície. A sucessão de culturas utilizada foi milho, soja, feijão e milho, respectivamente com cultivo de primavera/verão e outono inverno. Foram avaliados os atributos químicos do solo (MO, K, Ca, Mg, H, H+Al, S, Cu, Mn e Zn) em diferentes profundidades (0,0 – 0,05, 0,05 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m), ao final do primeiro ano após a aplicação do calcário e/ou gesso; características agronômicas; produtividade de grãos e análise econômica através da técnica da orçamentação parcial. Verificou-se aumento no valor de pH de forma linear até 0,20 m de profundidade em função das doses de calcário e na camada de 0,20 a 0,40 m, em função das doses de gesso. O calcário aumenta o teor de Ca até a profundidade de 0,10 m e de Mg até 0,40 m e o gesso aumenta o teor de Ca apenas na camada de 0,10 a 0,20 m e o teor de Mg de forma linear em função das doses até a profundidade de 0,40 m. A saturação por bases tem aumento devido a aplicação de calcário até a profundidade de 0,40 m enquanto a aplicação de gesso, altera positivamente o V% apenas na camada de 0,10 a 0,20 m. O gesso aumenta o teor de S

em todas profundidades avaliadas. A aplicação das doses de calcário diminuiu o teor de Mn e de Zn no solo, somente na camada de 0,0 a 0,05 m de profundidade, mas continuaram dentro da faixa considerada muito alta e média respectivamente. Não houve diferença significativa para nenhum dos componentes de produção das culturas do milho, soja e feijão em função da aplicação de calcário e/ou gesso. Economicamente a cultura da soja respondeu a aplicação de calcário e/ou gesso. Os acréscimos de produtividade para soja foram positivos para todos os tratamentos, variando de 132 kg ha⁻¹ para o tratamento em que se aplicou 2 t ha⁻¹ de calcário e 4,5 t ha⁻¹ de gesso a 1.348 kg ha⁻¹ para 2 t ha⁻¹ de calcário e 0 t ha⁻¹ de gesso. A maior margem de ganho, obtida pela soja, de R\$954,75 ha⁻¹ foi quando se aplicou 2 t ha⁻¹ de calcário e 0 t ha⁻¹ de gesso.

Palavras-chave: Milho. Soja. Feijão. Características agronômicas. Atributos químicos do solo. Valor da produção.

LIMESTONE AND GYPSUM APPLICATION IN SUCCESSION OF IRRIGATED NO-TILLAGE SYSTEM: TECHNIQUE AND ECONOMIC ANALYSIS

ABSTRACT

The soil acidity is one of the factors that limit the cultivation production in highly weathered soils, as most of the soils that happen in Brazil. The limestone is an essential practice in the case of most of the Brazilian acid soils and its omission can jeopardize the productivity and the fertilizer efficient use seriously. In this sense, the correct handling of this practice it is, fundamental to elevate the productive capacity of these soils. This study has the objective to evaluate technique and economically the effect of the limestone and/or gypsum application about the soil chemical attributes, agronomic characteristics and productivity of corn, soybean, bean and corn, crops cultivated in succession in an area irrigated by central pivot in no-tillage system. The experiment was installed in 2011 in the UNESP experimental field – Ilha Solteira campus, located in the city of Selvíria/MS. The experimental design was in randomized blocks with treatments arranged in a 4 x 4 factorial scheme with 4 repetitions. The experimental design was it of randomized blocks, with portions of 28m² arranged in a 4 x 4 factorial scheme with 4 repetitions. As treatments were used four limestone doses (0; 2,0; 4,0 and 6,0 t ha⁻¹ and four doses of gypsum (0; 1,5; 3,0 and 4,5 t ha⁻¹) applied in surface. The succession of cultivation used was corn, soybean, bean and corn respectively in spring/summer and fall/winter. They were appraised the soil chemical attributes (MO, K, Ca, Mg, H, H+Al, S, CU, Mn e Zn) in different depths (0,0 - 0,05, 0,05 - 0,10, 0,10 - 0,20 and 0,20 - 0,40 m), at the end of the first and the second year after the application of limestone and gypsum; agronomic characteristics; grain productivity being also accomplished economic analysis through the economic analysis. It was utilized the technique of partial budgeting technique. Increasing was verified in the pH value in a lineal way to 0,20 m of depth in function of the limestone doses and in the layer from 0,20 to 0,40 m, in function of the gypsum doses. The limestone increases the Ca tenor to the depth of 0,10 m and of Mg up to 0,40 m, in a lineal way and the gypsum just increases the Ca tenor in the layer from 0,10 to 0,20 m and the Mg tenor in a lineal way in function of

the doses to the depth of 0,40 m. The saturation for bases has increased due to limestone application to the depth of 0,40 m while the gypsum application, alters V% positively just in the layer from 0,10 to 0,20 m and the gypsum increases the S tenor in all evaluated depths. The limestone dose application reduced the Mn and Zn tenors in the soil, only in the layer from 0,0 to 0,05 m of depth, but they continued inside of the strip considered very high and average respectively. There was no significant difference for none of production components of the corn, soybean and bean cultivations in function of limestone e/or gypsum application. Economically the soybean cultivation answered the limestone e/or gypsum application. The productivity increments for soybean were positive for all the treatments, varying of 132 kg ha⁻¹ for the treatment that 2 t was applied ha⁻¹ of limestone and 4,5 t ha⁻¹ of gypsum to 1.348 kg ha⁻¹ for 2 t ha⁻¹ of limestone and 0 t ha⁻¹ of gypsum. The largest gained margin, obtained by the soybean, R\$954, 75 ha⁻¹ when 2 t was applied ha⁻¹ of limestone and 0 t ha⁻¹ of gypsum.

Keywords: Corn; Soybean; Bean; Agronomic Characteristics; Soil Chemical Attributes; Production Value.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados da análise química da amostra de solo da área experimental. Selvíria-MS, 2010.	28
Tabela 2	Teores de argila, silte e areia total no solo da área experimental. Selvíria-MS, 2010	28
Tabela 3	Tratamentos e doses de calcário e Gesso aplicados em superfície em plantio direto em 2011.	31
Tabela 4	Valores de F e médias dos teores de matéria orgânica – MO (g dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.	38
Tabela 5	Valores de F e médias dos valores de pH (CaCl_2) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.	40
Tabela 6	Valores de F e médias dos teores de Potássio – K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.	42
Tabela 7	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de K na profundidade de 0,0 a 0,05 m. Selvíria-MS, 2012.	43
Tabela 8	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de K na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.	43
Tabela 9	Valores de F e teores médios de Cálcio – Ca ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.	45

Tabela 10	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Ca na profundidade de 0,05 a 0,10 m. Selvíria-MS, 2012.	46
Tabela 11	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Ca na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria-MS, 2012.	46
Tabela 12	Valores de F e teores médios de magnésio – Mg (mmol _c dm ⁻³) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selviria-MS, 2012.	48
Tabela 13	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Mg na profundidade de 0,00 a 0,05 m. Selvíria-MS, 2012.	49
Tabela 14	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Mg na profundidade de 0,05 a 0,10 m. Selvíria-MS, 2012.	49
Tabela 15	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Mg na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria-MS, 2012.	49
Tabela 16	Valores de F e teores médios de Hidrogênio + Alumínio (H+Al em mmol _c dm ⁻³) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selviria-MS 2012.	51
Tabela 17	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de H+Al na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.	52
Tabela 18	Valores de F e médias de valores da Saturação por Bases (%) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selviria-MS, 2012.	53
Tabela 19	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o V% na profundidade de 0,00 a 0,05 m. Selvíria-MS, 2012.	54

Tabela 20	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para V% na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.	54
Tabela 21	Valores de F e médias de valores de Enxofre-S (mg dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.	56
Tabela 22	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de S (mg dm^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.	57
Tabela 23	Valores de F e médias dos teores de Cobre-Cu (mg dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.	58
Tabela 24	Valores de F e médias dos teores de Manganês-Mn (mg dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.	60
Tabela 25	Valores de F e médias dos teores de Zinco-Zn (mg dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.	61
Tabela 26	Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Zn (mg dm^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.	62
Tabela 27	Valores de F e médias de altura de plantas e inserção da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e produtividade de milho em função de doses de calcário e gesso. Selvíria – MS, 2011.	64

Tabela 28	Valores de F e médias de altura de plantas, inserção da espiga, tamanho de espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade de milho em função de doses de calcário e gesso. Selvíria – MS, 2012/13.	65
Tabela 29	Valores de F e médias de altura de plantas, inserção de vagem, número de vagens, número de vagens chochas e produtividade de grãos de soja em função de doses de calcário e gesso. Selvíria – MS, 2011/12.	68
Tabela 30	Valores de F e médias de altura de plantas, altura da primeira vagem, número de vagens, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de feijão em função de doses de calcário e gesso. Selvíria – MS, 2012.	70
Tabela 31	Custos do calcário/gesso ha^{-1} e da sua aplicação nas culturas de milho, soja e feijão, para cada tratamento em Selviria-MS, 2013.	72
Tabela 32	Produtividades médias de grãos de soja (kg ha^{-1}) e acréscimos ou decréscimos em relação a testemunha (ausência de calcário e gesso - C0,0 G0,0), da produtividade, no valor da produção, no custo total/cultivo e nas margens de ganho, para cada tratamento em Selviria-MS, 2011/12.	74

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01** Precipitação e temperaturas máximas e mínimas mensais – safra 2011/12. Selvíria – MS, 2012. 29
- Figura 02** Precipitação e temperaturas máximas e mínimas mensais – safra 2012/13. Selvíria – MS, 2013. 29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Sistema Plantio Direto	19
2.2	Calagem e/ou Gesso	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Local de Execução do Experimento	28
3.2	Delineamento Experimental	30
3.3	Sucessão de Culturas Utilizadas	30
3.4	Avaliações	32
3.4.1	Atributos Químicos do Solo	32
3.4.2	Cultura do milho outonal 2011 e safra 2012/13	33
3.4.3	Cultura da Soja Safra 2011/12	33
3.4.4	Cultura do Feijão Safra 2012	34
3.4.5	Análise Econômica	35
3.5	Análise Estatística	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Atributos Químicos do Solo	37
4.2	Características Agronômicas das Culturas Estudadas	63
4.2.1	Cultura do Milho Safras 2011 e 2012/13	63
4.2.2	Cultura da Soja safra 2011/12	66
4.2.3	Cultura do Feijoeiro safra 2012	69
4.3	Análise Econômica	71
5	CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO)¹ estimou a produção mundial de grãos em 2,479 bilhões de toneladas em 2013, mais de 7% de aumento em relação ao ano anterior. O Brasil ocupa a 5ª posição, a China, detém a liderança, seguida dos EUA, União Européia e a Índia. Ainda segundo a FAO/ONU o Brasil será o maior produtor de alimentos do mundo, considerando que temos disponível e ainda não explorada, mais de 90 milhões de hectares, clima propício para a agricultura e os avanços tecnológicos.

No Brasil, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2013), o décimo levantamento realizado em julho/2013, a produção da safra 2012/13 foi estimada em 185,05 milhões de toneladas, 11,4% superior à safra anterior. Em relação a área cultivada foi estimada em 53,23 milhões de hectares. A cultura da soja se destaca, ocupando mais da metade da área total cultivada (52%), o milho ocupa quase 30% e o feijão com 5,75% são as 3 principais, totalizando 87,75% da área total cultivada com grãos.

A sustentabilidade envolve desenvolvimento econômico, social e respeito ao equilíbrio e às limitações dos recursos naturais. De acordo com o relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela ONU em 1983, o desenvolvimento sustentável visa "ao atendimento das necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às próprias necessidades". O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) desenvolve e estimula as boas práticas agropecuárias privilegiando os aspectos sociais, econômicos, culturais, bióticos e ambientais.

O Programa Agricultura de Baixo Carbono, criado em 2010 pelo governo federal, dá incentivos e recursos para produtores rurais que adotarem técnicas agrícolas sustentáveis. Para difundir uma nova agricultura sustentável, que reduza o aquecimento

¹ Informação divulgada no relatório trimestral da FAO em: <https://www.fao.org.br>

global e a liberação de gás carbônico na atmosfera, o Programa ABC incentiva seis iniciativas, entre elas o plantio direto na palha que dispensa o revolvimento do solo e evita a erosão com a semeadura direta na palha da cultura anterior (BRASIL – MAPA, 2012).

O sistema plantio direto tem se destacado como uma das estratégias para a sustentabilidade da agricultura em regiões tropicais e subtropicais, contribuindo para minimizar perdas de solo e de nutrientes por erosão. No Brasil, esse sistema tem apresentado rápido crescimento em área cultivada, ocupando atualmente mais de 27 milhões de hectares (CAIRES, 2013).

A acidez do solo é um dos fatores que limitam a produção das culturas em solos altamente intemperizados, como a maioria dos solos que ocorrem no Brasil. Os problemas com a acidez ocorrem, principalmente em decorrência de uma baixa capacidade de troca de cátions, baixa saturação por bases, elevados teores de alumínio, manganês e em algumas situações o ferro, além de afetar direta e indiretamente a disponibilidade de outros nutrientes essenciais, podendo provocar distúrbios fisiológicos nas plantas e influenciar o rendimento das culturas. A correção da acidez dos solos, portanto, é uma prática fundamental para elevar a capacidade produtiva destes solos (HOLZSCHUH, 2007) e aumentar a eficiência do uso dos fertilizantes pelas culturas.

A calagem é uma prática essencial no caso da maioria dos solos ácidos brasileiros, onde a omissão da mesma pode comprometer seriamente a produtividade e o uso eficiente de adubos (CAMARGO et al., 1997), sendo uma prática agrícola que afeta positivamente várias características químicas, físicas e biológicas do solo, os quais apresentam efeitos aditivos à produtividade das culturas (QUAGGIO et al., 1993).

Nas planilhas de custos de produção de soja, milho e feijão, para várias regiões do país, publicadas no Agrianual 2013, as despesas com o calcário e sua aplicação fazem parte, mas em nenhuma considera o uso do gesso. Para as culturas da soja e milho o sistema de cultivo utilizado é o plantio direto, somente para o caso do feijão na região sudoeste do estado de São Paulo o preparo do solo, considerado pelo Agrianual é o convencional: aração e duas gradagens. Para safra 2012/13, tanto a cultura da soja, quanto a do milho e feijão apresentaram retornos financeiros positivos expressivos, maiores para o feijão e soja.

Souza, Lobato e Rein (2005) consideram que o uso do gesso agrícola pode melhorar o ambiente radicular em profundidade, verificado para a maioria das culturas anuais, como para o milho e soja. Essas respostas são atribuídas à melhor distribuição

das raízes das culturas em profundidade no solo, o que proporciona às plantas o aproveitamento de maior volume de água quando ocorre veranico.

Na bibliografia existem vários trabalhos sobre plantio direto e o uso de calcário, porém não esgotam o assunto, quanto ao uso do gesso o número de publicações é menor. Mais escassas também são questões relacionadas às implicações da manutenção de subsolo ácido sobre o desenvolvimento e sobre a produção das culturas no sistema de plantio direto. Sendo assim, estudar a aplicação de calcário e/ou gesso em sistema de plantio direto com culturas irrigadas é extremamente relevante visando maior produtividade e lucratividade ao produtor rural.

Em sistemas irrigados, ou não, há sempre necessidade de obtenção de elevadas produtividades das culturas, buscando a máxima eficiência econômica em função do incremento de tecnologia utilizada. Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a aplicação de calcário e/ou gesso e sua influência nos atributos químicos do solo, características agronômicas e produtividades das culturas de milho, soja, feijão e milho e índices econômicos, semeadas em sucessão em uma área irrigada por pivô central, em sistema plantio direto. Além disso, analisar os acréscimos nos custos e nos valores da produção para cada tratamento estudado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Quando se realiza uma revisão de literatura sobre plantio direto e/ou calagem, verifica-se que existem muitos trabalhos, podendo-se obter muitas informações sobre a utilização do sistema e/ou corretivo. Com relação à mensagem são mais escassas as informações, principalmente quando se associa essa prática ao sistema plantio direto.

2.1. Sistema Plantio Direto

O plantio direto foi utilizado de forma pioneira em lavouras do Kentucky, com o acompanhamento do Professor Shirley Phillips no início da década de 60, seguindo uma tendência de redução da intensidade de preparo do solo verificada nos Estados Unidos. Foi introduzido no Sul do Brasil, aproximadamente dez anos depois, visando principalmente o controle da erosão verificada nos solos desta região. Na década de 70, com a expansão da mecanização agrícola, a adoção do sistema preparo convencional e abertura de novas áreas para o cultivo da soja, a taxa de perda de solo alcançou valores muitas vezes superiores aos limites toleráveis, ameaçando severamente a sustentabilidade da atividade e comprometendo a qualidade ambiental. O sistema plantio direto se mostrou eficiente em reduzir as perdas de solo, principalmente, com valores de controle superiores a 90% e de reduzir a contaminação dos recursos hídricos com sedimentos agrícolas. Após um período de maturação e adaptação, o sistema plantio direto, a partir da década de 90 alcançou uma taxa de incremento de 1,5 milhões de ha⁻¹ano, de modo que o país passou a dividir com os Estados Unidos a liderança mundial na adoção do sistema (AMADO, 2009).

O Sistema Plantio Direto (SPD) é conceituado como a forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente. Fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente com palha e na rotação de culturas. A adoção desse sistema de produção exige o atendimento de seus fundamentos e a inclusão de uma perspectiva de visão e de planejamento, mais ampla que a adotada pela maioria dos produtores rurais. A prática do plantio direto está

diretamente relacionada com a rotação de culturas e a formação de palha na cobertura do solo. A falta de palha tem sido um dos problemas encontrados em alguns locais onde este sistema é usado (HECKLER; SALTON, 2002).

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

Deve-se destacar também que o avanço do sistema de plantio direto sobre o cerrado brasileiro, ocorreu em cima de grandes áreas, pela redução nos custos nos preparo do solo e possibilitar aumentar áreas agricultáveis (safra e entressafra).

Vários autores utilizam os termos plantio direto (MUZILLI, 1991; RESCK, 1998; GAZZONI 2012), outros se referem a sistema de plantio direto (SPD) (EMBRAPA, 2001; KLUTHCOUSKI et al., 2000; CAIRES, 2013, HECKLER; SALTON, 2002).

Denardin et al. (2012) conceituaram e fundamentaram o “sistema plantio direto”, contextualizando-o no âmbito do conservacionismo, da conservação do solo e da agricultura conservacionista, expondo seus efeitos sobre a fertilidade do solo e apresentando requisitos para sua implementação, alicerçados na estruturação e manejo de modelos de produção diversificados, em rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas. Diferenciam e discutem os termos plantio direto do sistema plantio direto. Para esses autores plantio direto é apenas um processo componente do “sistema plantio direto”, pois “sistema plantio direto” apregoa reduzir ou suprimir mobilizações intensas de solo, manter os resíduos culturais na superfície do solo, ampliar a biodiversidade mediante diversificação de espécies estruturadas em variados modelos de produção em rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas, implementar o processo colher-semear, manter o solo permanentemente coberto e aportar ao solo material orgânico em quantidade, qualidade e frequência compatíveis com a demanda biológica do solo.

Segundo 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.

O SPD pressupõe a existência de adequada quantidade de resíduos culturais sobre a superfície do solo. Para isso é necessário o cultivo de espécies capazes de produzir grande quantidade de matéria seca, crescimento rápido, resistência à seca e ao frio, não infestar áreas, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo, elevada capacidade de reciclar nutrientes, fácil produção de sementes, elevada relação C/N, entre outras (EMBRAPA, 2001).

O 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. 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 (MUZILLI, 1991).

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

Oliveira et al. (2009), analisaram o efeito da introdução do uso do sistema plantio direto (SPD) no cultivo de milho grão em regime de sequeiro, em condições de Cerrado, por agricultores familiares de três assentamentos de reforma agrária do município de Unaí, MG. As principais limitações para a condução das lavouras desses agricultores relacionam-se ao manejo da fertilidade, precariedade de acesso à mecanização, para preparo de solo, e alta infestação de plantas daninhas. O SPD foi testado junto a esses agricultores, buscando-se limitar os efeitos desses problemas. Ele mostrou-se promissor para viabilizar, técnica e economicamente, a produção de milho dos assentados. O plantio direto eliminou a dependência de maquinário para preparo de solo e reduziu a carga de trabalho para controle de plantas daninhas. As produtividades alcançadas possibilitaram a valorização de fatores escassos, tais como a terra e,

sobretudo, a mão-de-obra familiar. Evidenciou-se, também, a necessidade de se conduzir mais estudos sobre o uso de plantas de cobertura nesses sistemas de produção.

Os autores acima estimaram alguns indicadores econômicos, comparando um grupo com plantio direto e outro com cultivo convencional. Os resultados médios das relações benefício/custo, considerando os 2 anos de estudos, foram de 1,14 para o SPD e de 0,85 para o plantio convencional, mostrando sua viabilidade técnica e econômica, na produção de milho.

Para Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha² e CONAB (2013), a área cultivada no sistema plantio direto aumentou de 17,35 milhões de hectares em 2000/01 para 31,81 milhões de hectares em 2011/12, ou seja, crescimento de 83,34% neste período.

Segundo Gazzoni (2012), o plantio direto contribui para o aumento da produção brasileira de grãos e em 2012 estimou-se que o Brasil já tenha passado dos 35 milhões de hectares destinados ao plantio direto, o que corresponde a 70% da área total plantada com grãos no país. Caires (2013), apresenta uma estimativa menor, ou seja, de 27 milhões de hectares.

Denardin et al. (2012) consideraram que dos 37,6 milhões de hectares cultivados no verão, apenas 10,4 milhões de hectares são cultivados na safra agrícola de inverno. Portanto a área cultivada em rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas, ou seja, com pelo menos 2 safras por ano agrícola, e consequentemente, com a possibilidade de estar sendo manejada sob sistema plantio direto (preconiza diversificação de espécies) não ultrapassa 10,4 milhões de hectares.

2.2 Calagem e Gessagem

O calcário é um recurso abundante no Brasil, que possui diversas reservas espalhadas principalmente pelos Estados do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Minas Gerais. A importância da técnica da calagem é bem relatada em diversas publicações relacionadas à agropecuária brasileira. Os benefícios obtidos são muitos como: elevação do pH do solo e a neutralização do alumínio tóxico, o qual é prejudicial ao desenvolvimento das raízes das plantas; o fornecimento de cálcio e magnésio às plantas; o melhor aproveitamento de nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e

² http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.I.pdf

molibdênio, entre outros, que em conjunto, resultam em aumento da produtividade das culturas (SANTOS; RESENDE, 2009).

Nas planilhas de custos de produção da soja, para várias regiões do Brasil, estimadas no Agrianual (2013), verifica-se que a quantidade de calcário e a sua aplicação, representaram apenas cerca de 3,5% do custo total da safra 2012/13, as estimativas para a cultura do milho são ainda menores que 2%.

Apesar de custo baixo, Santos e Resende (2009) relataram que ainda é comum a negligência quanto ao seu uso, no que se refere à adoção da técnica, à definição das doses e às formas de aplicação.

A aplicação de calcário no sistema de plantio direto, é realizada em superfície, com isso espera-se uma ação muito mais lenta e restrita as camadas superficiais do solo, por apresentar baixa solubilidade em água.

Caires (2012) relatou que no Brasil, vários estudos com calagem em Latossolos ácidos demonstraram a eficiência do calcário aplicado na superfície para a produção de grãos de culturas no sistema plantio direto. Merece destaque, no entanto, as altas produtividades das culturas obtidas na ausência de calagem, em solos com elevada acidez (pH baixo e alumínio trocável alto) nesse sistema. As explicações para esses altos rendimentos de grãos em solos ácidos sob plantio direto têm sido relacionadas com os seguintes fatores: (i) menor toxicidade do Al para as plantas, (ii) concentrações suficientes de cátions trocáveis e (iii) maior umidade disponível no solo.

No sistema plantio direto implantado, a correção da acidez do solo é feita por meio da aplicação de calcário na superfície e sem incorporação ao solo. A calagem superficial normalmente não tem efeito rápido na redução da acidez do subsolo, particularmente em solos com cargas variáveis. Porém, dependendo dos critérios empregados na recomendação de calagem, a aplicação superficial de calcário também pode, ao longo dos anos, amenizar os efeitos nocivos da acidez em camadas mais profundas do solo. Isto é particularmente importante porque a acidez nas camadas subsuperficiais, em casos de níveis tóxicos de Al e/ou deficiência de Ca, pode comprometer a penetração de raízes e a nutrição das plantas, deixando as culturas suscetíveis ao estresse hídrico (CAIRES, 2013).

A calagem na superfície em plantio direto deve ser recomendada somente para solo com pH (CaCl_2) inferior a 5,6 ou saturação por bases inferior a 65%, na camada de 0–5 cm. O método da elevação da saturação por bases para 70%, em amostra de solo coletada na profundidade de 0–20 cm, apresenta estimativa adequada para a

recomendação de calcário na superfície nesse sistema. A dose de calcário, calculada por esse método, pode ser distribuída sobre a superfície do solo em uma única aplicação ou de forma parcelada durante até três anos (CAIRES, 2013).

A reação do calcário, entretanto, é geralmente limitada ao local de sua aplicação no solo. A calagem não tem um efeito rápido na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sais através do perfil do solo (CAIRES et al., 2003).

Em geral, o tempo médio de reação dos corretivos na camada de solo de 0 a 20 cm de profundidade, varia de dois a três anos, dependendo de como são aplicados e dos atributos químicos do solo, como textura e conteúdo de matéria orgânica, entre outros (BARBOSA FILHO et al., 2005).

Pottker (2000) observou que, após três anos da aplicação do corretivo, os efeitos da calagem superficial ficaram restritos ao local de aplicação, com mudanças significativas na camada de 5 cm e pouco efeito na camada de 5-10 cm. Caires et al. (2000) observaram efeitos significativos da calagem no aumento de pH, Ca + Mg trocáveis e saturação por bases apenas na camada de 0-10 cm após um ano da aplicação do corretivo.

Visando em contribuir com mais informações sobre o assunto, Caires et al. (1999) desenvolveram um experimento em um Latossolo Vermelho-Escuro em Ponta Grossa - PR, para as culturas de milho, trigo e soja, e constataram que a calagem realizada na superfície exerceu efeito sobre o pH, Al, Ca e Mg na camada superficial (0 - 10 cm) e subsuperficiais, 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). O calcário aplicado na superfície, em sistema plantio direto, apresentou eficiência na correção da acidez das camadas superficiais e subsuperficiais do solo, não exercendo influência na produção de milho, trigo e soja, em solo com elevada acidez. Somente a cultura do milho apresentou aumento de produção com a aplicação de gesso em decorrência do fornecimento de enxofre, da melhoria do teor de cálcio trocável em todo o perfil do solo, da redução da saturação por alumínio e do aumento da relação Ca/Mg do solo.

Barbosa Filho et al. (2005), estudaram na Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás, GO, os efeitos de doses de calcário aplicadas na superfície e incorporadas ao solo sobre os atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro irrigado e da soja, em um solo classificado como Latossolo Vermelho

distroférico, tendo sido cultivado anteriormente, por quatro anos, sob SPD. A aplicação de calcário na dose calculada para elevar a saturação por bases a 60%, independentemente do sistema de aplicação (superficial ou incorporado ao solo), aumentou o pH e elevou os teores de Ca e Mg trocáveis das camadas de 0-10 e de 10-20 cm de profundidade, após 24 meses da calagem. A ação corretiva da acidez pela calagem, é mais acentuada na camada de 0-10 cm de profundidade independentemente se incorporado ou não ao solo e aumentou o rendimento médio de grãos do feijão e da soja em sucessão, devido ao seu efeito residual.

Para avaliar modos de aplicar o calcário na implantação do sistema plantio direto e o efeito de culturas de cobertura precedentes sobre a necessidade de adubação nitrogenada da cultura do milho, durante diferentes anos agrícolas, Leal et al. (2013) verificaram que a aplicação de calcário em diferentes modos, na implantação do sistema plantio direto, não alterou a produtividade de grãos e, praticamente, não alterou o teor foliar de nutrientes e as características agronômicas do milho em solo com pH médio e saturação por bases adequada.

Considerando a importância da calagem, como prática na maioria dos solos ácidos brasileiros, verifica-se a necessidade de que sejam definidos alguns pontos como: a) melhor forma de aplicar o calcário em SPD, capaz de atingir seus objetivos e economizar em operações mecanizadas; b) período residual do calcário aplicado sob SPD; c) a cultura de entressafra a ser utilizada para manutenção da cobertura do solo; Assim, é de fundamental importância o desenvolvimento de pesquisas que busquem compreender os mecanismos que interagem para a definição de tecnologias que possibilitem obter a sustentabilidade ambiental e econômica do sistema (LEAL, 2008).

Nos solos com baixa fertilidade natural e elevada acidez, o suprimento de elementos essenciais não é adequado para a obtenção de rendimentos satisfatórios. Somado a isso, os riscos de deficiência hídrica são elevados, visto que, o desenvolvimento das raízes se concentra na camada superficial, maior quantidade de nutrientes e matéria orgânica (ROSSATO et al., 2007).

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sulfato de cálcio) um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados que ocorre em forma similar, ao calcário, também em jazidas, pode ser usado na melhoria do ambiente radicular em profundidade. Esse produto, quando aplicado ao solo, depois da dissolução, devido a sua rápida mobilidade na camada arável, irá fixar-se abaixo dessa camada, favorecendo o aprofundamento das

raízes e permitindo às plantas superar veranicos e usar com eficiência os nutrientes do solo (SOUZA, LOBATO; REIN, 2005).

Para minimizar o problema de deficiência hídrica nos veranicos, tem sido utilizado o gesso, produto que apresenta uma alta mobilidade no perfil, e pode ser lixiviado, enriquecendo de nutrientes as camadas subsuperficiais e reduzindo a saturação por Al^{+3} em profundidade. Há também a possibilidade de aumentar o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade com a aplicação de calcário e gesso (ALCARDE et al., 2003).

Souza, Lobato & Rein (2005) relataram que a calagem não corrige a acidez e a deficiência de cálcio da subsuperfície em tempo razoável para evitar que o agricultor corra risco de perda de produtividade devido aos veranicos. As raízes das plantas só crescem onde o calcário foi incorporado e, conseqüentemente, onde tem acesso a um pequeno volume de água, consideraram que o uso do gesso agrícola pode melhorar o ambiente radicular em profundidade. Este resultado está condicionado a que não ocorram impedimentos de ordem física (camadas compactadas) para o enraizamento profundo, caso contrário, terá que ser resolvido com preparo adequado do solo.

Segundo Ritchey et al. (1980) os efeitos do gesso na melhoria das condições de acidez do subsolo, mostraram diminuição da saturação por alumínio e aumento dos teores de cálcio em profundidade pela ação do gesso.

Neis et al. (2010), estudando o efeito da aplicação de doses de gesso agrícola em alguns atributos químicos do solo e no rendimento de grãos de soja, em uma área sob plantio direto sem revolvimento do solo e com revolvimento, na região sudoeste de Goiás, constataram que os maiores teores de sulfato no solo, no plantio direto sem revolvimento, encontram-se na camada superficial. No plantio direto com revolvimento do solo, o maior teor ocorreu na camada de 20–40 cm. O plantio direto sem revolvimento apresentou maior rendimento de grãos de soja em relação ao plantio direto com revolvimento, independentemente da dose de gesso aplicada. Não houve resposta, em termos de rendimento de grãos de soja, às doses de gesso aplicadas tanto em plantio direto sem revolvimento quanto em plantio direto com revolvimento.

Farinelli e Loboda (2005) verificaram que os componentes de produção, produtividade de vagens e germinação do amendoim, responderam positivamente ao aumento das doses de gesso agrícola aplicado em cobertura, no florescimento da cultura, no município de Jaboticabal-SP em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, distrófico.

Para se fazer recomendação de gesso para culturas anuais, a amostragem do solo deve ser realizada nas profundidades de 20 a 40 e de 40 a 60 cm, após encaminhar as amostras para análise química e também para determinação do teor de argila. Se nos resultados a saturação de alumínio for maior que 20% ou o teor de cálcio for menor que $0,5 \text{ cmol dm}^{-3}$, há possibilidade de resposta ao gesso e este deve ser aplicado ao solo (SOUZA; LOBATO; REIN, 2005).

Portanto, embora as áreas sob sistema plantio direto tenha tido um grande acréscimo nos últimos anos, ainda faltam pesquisas, principalmente no que se refere à aplicação de calcário (superficial) em áreas que apresentam solos ácidos, clima e água disponível para irrigação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de Execução do Experimento

O experimento foi desenvolvido de 2011 a 2013 na área experimental da UNESP - Câmpus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, apresentando como coordenadas geográficas 20°22' S e 51°22' W e altitude média 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 25°C, 1.330 mm e 66 %, respectivamente (CENTURION, 1982).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise química de uma amostra de solo da área experimental, coletada a 0 – 0,20 m de profundidade em novembro de 2010, antes da instalação do experimento e na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise granulométrica do solo.

Tabela 1- Resultados da análise química do solo da área experimental. Selvíria-MS, 2010.

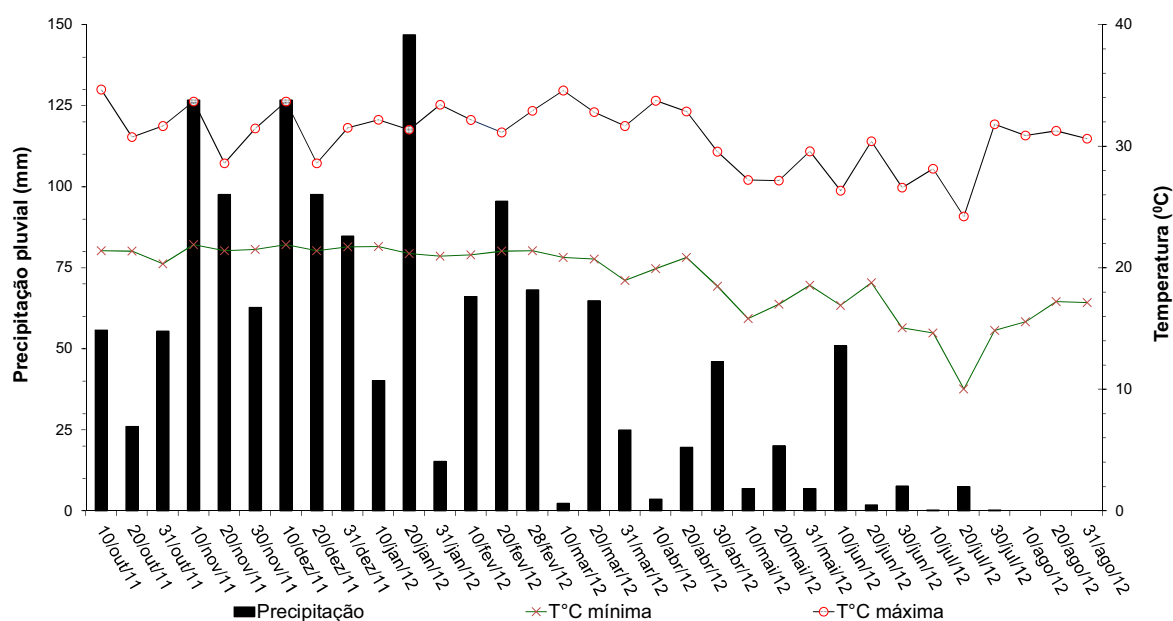
Prof. m	P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	V	S	Cu	Mn	Fe	Zn
0-0,2	8	24	4,7	2	12	9	34	3	40	2,7	0,7	31,5	24	0,5

Tabela 2- Teores de argila, silte e areia total no solo da área experimental. Selvíria-MS, 2010.

Profundidade (m)	Argila	Silte	Areia total
0 – 0,20	484	100	416
0,20 – 0,40	525	101	374

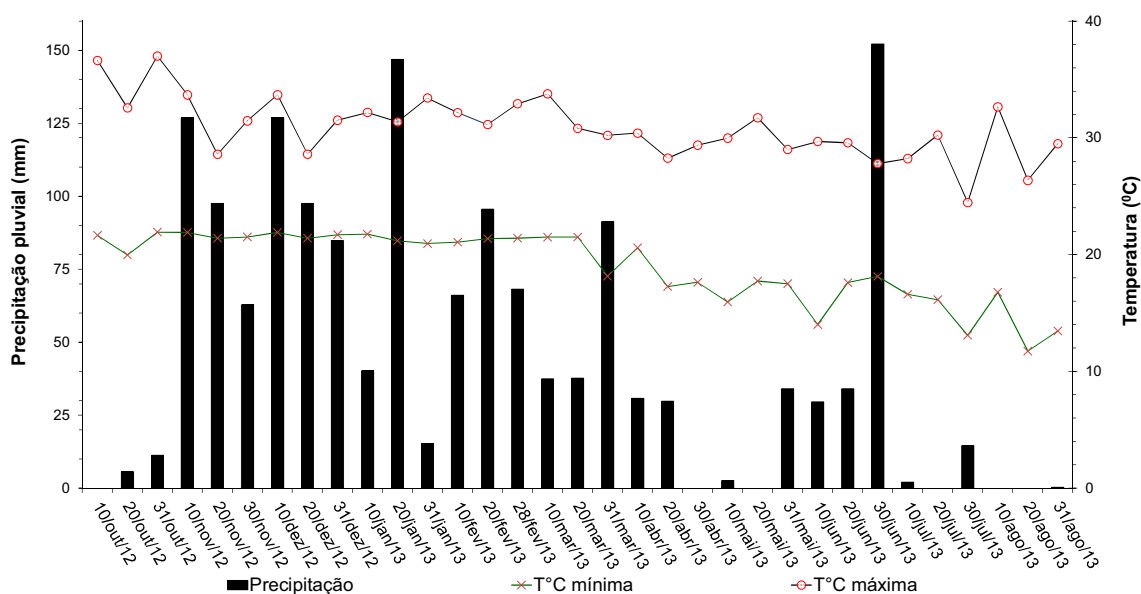
Nas Figuras 1 e 2 encontram-se os dados médios mensais de precipitação e temperaturas máximas e mínimas mensais, safras 2011/12 e 2012/13 em Selvíria, MS.

Figura 1- Precipitação e temperaturas máximas e mínimas mensais – safra 2011/12.
Selvília – MS, 2012.



Fonte: Posto Agrometeorológico da FEPE/Câmpus de Ilha Solteira, 2012.

Figura 2- Precipitação e temperaturas máximas e mínimas mensais – safra 2012/13.
Selvília – MS, 2013.



Fonte: Posto Agrometeorológico da FEPE/Câmpus de Ilha Solteira, 2013.

3.2 Delineamento Experimental

O experimento foi desenvolvido no delineamento em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial 4x4, com 4 repetições. As parcelas apresentaram 3,5 metros de largura e 8 metros de comprimento, perfazendo uma área total de 28,0 m².

Como tratamentos foram utilizados quatro doses de calcário dolomítico com PRNT de 90% (0; 2,0; 4,0 e 6,0 t ha⁻¹) e quatro doses de gesso (0; 1,5; 3,0 e 4,5 t ha⁻¹), aplicados sem incorporação ao solo, de acordo com a Tabela 3.

Foi realizada uma amostragem do calcário e do gesso a ser utilizados, onde determinou-se o teor de água nesses insumos para aplicação correta da quantidade, considerando o insumo com 0% de teor de água.

3.3 Sucessão de Culturas Utilizadas

Na área do experimento, o sistema de plantio direto foi introduzido no ano de 2008 com o plantio da soja em novembro após a colheita do feijão. Em julho de 2009 foi semeada a cultura do milho e em novembro a cultura da soja. Em junho de 2010 foi realizada a semeadura do milho + braquiária e em novembro de 2010 a soja.

Após a colheita da soja, realizou-se a dessecação das plantas daninhas e no dia 03/06/2011, semeou-se o milho octonal, híbrido 2B 707 Hx, utilizando-se uma semeadora apropriada para o sistema plantio direto e equipada com sistema tipo haste (botinha) para distribuição do fertilizante, utilizando-se como adubação, 150 kg ha⁻¹ da fórmula 04 – 30 – 10 e espaçamento de 0,45 m. A densidade de semeadura foi de 5,4 sementes por metro de sulco e a germinação ocorreu 6 dias após a semeadura, ou seja, no dia 09/06/2011. A adubação em cobertura foi realizada 12 dias após a germinação (21/06/2011), com 90 kg ha⁻¹ de N utilizando-se uréia como fonte. A aplicação do calcário e/ou gesso, manualmente e em superfície, foi realizada 20 dias após a germinação do milho (29/06/2011). A segunda adubação em cobertura foi realizada 39 dias após a germinação (18/07/2011) com 45 kg ha⁻¹ N e o manejo fitossanitário foi realizado de acordo com as necessidades da cultura.

Tabela 3- Tratamentos e doses de calcário e gesso aplicados em superfície em plantio direto em 2011.

Tratamentos	Quantidade de calcário (t/ha)	Quantidade de gesso (t/ha)
01 - C0,0 G0,0	0	0
02 - C0,0 G1,5	0	1,5
03 - C0,0 G3,0	0	3,0
04 - C0,0 G4,5	0	4,5
05 - C2,0 G0,0	2,0	0
06 - C2,0 G1,5	2,0	1,5
07 - C2,0 G3,0	2,0	3,0
08 - C2,0 G4,5	2,0	4,5
09 - C4,0 G0,0	4,0	0
10 - C4,0 G1,5	4,0	1,5
11 - C4,0 G3,0	4,0	3,0
12 - C4,0 G4,5	4,0	4,5
13 - C6,0 G0,0	6,0	0
14 - C6,0 G1,5	6,0	1,5
15 - C6,0 G3,0	6,0	3,0
16 - C6,0 G4,5	6,0	4,5

C0,0 = CALCÁRIO TESTEMUNHA

C2,0 = CALCÁRIO 2,0t ha⁻¹

C4,0 = CALCÁRIO 4,0t ha⁻¹

C6,0 = CALCÁRIO 6,0t ha⁻¹

G0,0 = GESSO TESTEMUNHA

G1,5 = GESSO 1,5t ha⁻¹

G3,0 = GESSO 3,0t ha⁻¹

G4,5 = GESSO 4,5t ha⁻¹

A colheita do milho ocorreu em 01/11/2011 e a semeadura da soja variedade BRS Valiosa RR foi realizada no dia 03/12/2011, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e com 16 sementes por metro de sulco. A adubação de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 00 – 20 – 20, baseando-se na recomendação de Rajj et al. (1996), levando-se em consideração os resultados da análise de solo. O tratamento e inoculação das sementes e manejo fitossanitário foram realizados de acordo com a Embrapa (2010).

A colheita da soja ocorreu em 11/04/2012 e a semeadura da cultura do feijão, cultivar Alvorada, foi realizada em 01/05/2012, no espaçamento de 0,45 m com 17 sementes por metro. A adubação de semeadura foi de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 08 – 28 – 16. A germinação ocorreu 5 dias após a semeadura, mas devido a problemas no tratamento fitossanitário foi necessário realizar a dessecação das plantas existentes e apenas 3 meses depois foi possível realizar uma nova semeadura em 02/08/2012, utilizando a mesma cultivar e 130 kg ha⁻¹ da fórmula 08 – 28 – 16 como adubação no sulco de semeadura. Procurou-se realizar a semeadura no mesmo local utilizado anteriormente, objetivando aproveitar o resíduo da adubação anterior. A germinação ocorreu em 10/08/2012 e a adubação nitrogenada em cobertura foi realizada em 30/08/2012, com 45 kg ha⁻¹ utilizando-se uréia como fonte. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com as necessidades da cultura. A colheita da cultura do feijão ocorreu em 25/10/2012.

Na sequência foi realizada uma nova semeadura da cultura milho encerrando assim o ciclo de sucessão das culturas. Foi realizada a dessecação das plantas daninhas existentes na área experimental no dia 30/10/2012. A semeadura do milho ocorreu em 14/11/2012, utilizando-se o espaçamento de 0,90 m entrelinhas, híbrido DKB 390 YG, 5,4 sementes por metro sulco e 300 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16, no sulco de semeadura. A germinação ocorreu em 19/11/2012 e a adubação em cobertura foi realizada no dia 06/12/2012, aplicando-se 90 kg ha⁻¹ de N utilizando-se a uréia como fonte, e a colheita foi realizada no dia 06/04/2013.

3.4 Avaliações

3.4.1 Atributos Químicos do Solo

Em maio/2012, praticamente um ano após a aplicação do calcário e/ou gesso, foram coletados na área experimental, uma amostra composta por parcela para cada profundidade (0 - 0,05; 0,05 - 0,10; 0,10 - 0,20; 0,20 - 0,40 m). Cada amostra composta por parcela, para cada profundidade, foi obtida através da amostragem em dois pontos na área central da parcela, sendo que, em cada ponto, foi coletada uma amostra na linha da cultura e uma em cada entre linha adjacente. Todas as amostras obtidas para cada profundidade, em um total de seis, foram homogeneizadas e então se separou a amostra composta que foi analisada em laboratório para a determinação, segundo metodologia

de Raij e Quaggio (1983), dos valores de pH, teores de MO, K, Ca, Mg, Al, H+Al, S, Cu, Mn e Zn e posteriormente, calculou-se os valores de SB (soma de bases), T (CTC) e V%. Para as amostragens, foi utilizado um trado de caneca com diâmetro aproximado de 8,5 cm.

3.4.2 Cultura do milho outonal 2011 e safra 2012/13

Altura de plantas e da espiga, número de fileiras e de grãos por espiga: Altura de plantas e das espigas foram avaliadas com o auxílio de uma régua de campo (3,0 m de comprimento), onde mediu-se a distância do solo à base da espiga e do solo à inserção da última folha, em 5 plantas seguidas em uma das 2 linhas centrais de cada parcela. O número de fileiras e de grãos foi avaliado através da contagem do número de fileiras de grãos e do número de grãos por fileira em 3 espigas provenientes da amostragem realizada para avaliação da produtividade de grãos.

A massa de 1000 grãos foi estimada através da contagem e pesagem de três repetições de 100 grãos, da produção obtida em cada parcela. Essa avaliação foi simultânea a pesagem dos grãos para determinação da produtividade e corrigiu-se a pesagem em função da umidade, com posterior pesagem em balança de precisão.

Produtividade de grãos: Foi realizada a coleta de todas as espigas das plantas presentes nas duas linhas centrais de cada parcela, em 3,0 m de comprimento. Após secagem, as espigas foram trilhadas mecanicamente e os grãos obtidos foram pesados. Em seguida, retirou-se uma amostra dos grãos e determinou-se a umidade através de aparelho portátil e corrigiu-se a pesagem para 13% de umidade (base úmida). Os resultados obtidos foram utilizados para o cálculo da produtividade de grãos ha⁻¹.

3.4.3 Cultura da soja safra 2011/12

Altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por planta: quando as plantas atingiram o estágio R8 coletou-se na área útil de cada parcela, uma amostra aleatória de 5 plantas seguidas em uma das 3 linhas centrais da parcela. Essas plantas, após identificação, foram levadas ao laboratório onde realizaram-se as avaliações de altura de plantas, altura de inserção da

primeira vagem, número de vagens por planta e número de grãos por planta. A altura de planta e da inserção da primeira vagem foram determinadas com o auxílio de uma trena, onde mediu-se, respectivamente, do 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 total e o número de plantas amostradas por parcela. As vagens obtidas foram debulhadas e os grãos contados. Em seguida, determinou-se, o número de grãos por planta, através da razão entre o número de grãos total e o número de plantas amostradas. A massa de 1000 grãos foi avaliada, através da contagem de 1000 grãos, da produção de grãos obtida em cada parcela, com posterior pesagem em balança de precisão e correção da pesagem para 13% em base úmida.

Produtividade de grãos: Foi realizada a colheita de todas as plantas presentes nas três linhas centrais de cada parcela, com 3,0 m de comprimento. Após secagem em terreiro, estas plantas foram trilhadas mecanicamente e os grãos obtidos foram pesados. Em seguida, retirou-se uma amostra dos grãos obtidos, determinou-se a umidade através de aparelho portátil e corrigiu-se a pesagem para 13% de umidade (base úmida). Os resultados obtidos foram utilizados para o cálculo da produtividade de grãos ha^{-1} .

3.4.4 Cultura do feijão safra 2012

Altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e número de grãos por planta: quando as plantas atingiram o estágio de maturidade fisiológica foi coletada na área útil de cada parcela, uma amostra aleatória de 5 plantas seguidas em uma das 3 linhas centrais de semeadura, que foram levadas ao laboratório para as seguintes avaliações: altura das plantas e da inserção da primeira vagem foram determinadas com o auxílio de uma trena, onde mediu-se respectivamente, do 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 total e o número de plantas amostradas por parcela; o número de grãos por planta foi obtido através da razão entre o número total de grãos obtido na amostra de 5 plantas e o número total de plantas amostradas por parcela, o número de grãos por vagem foi obtido através da razão entre o número total de grãos pelo número total de vagens obtidas.

A massa de 100 grãos foi determinada utilizando-se 4 amostras de 100 grãos, obtidos na avaliação da produtividade de grãos, os quais foram pesados em balança de precisão e corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

Produtividade de grãos: Foi realizada a colheita de todas as plantas presentes nas três linhas centrais de cada parcela, com 3,0 m de comprimento. Após secagem em terreiro, estas plantas foram trilhadas mecanicamente e os grãos obtidos foram pesados. Em seguida, retirou-se uma amostra dos grãos obtidos, determinou-se a umidade através de aparelho portátil e corrigiu-se a pesagem para 13% de umidade (base úmida). Os resultados obtidos foram utilizados para o cálculo da produtividade de grãos ha^{-1} .

3.4.5 Análise Econômica

Com relação à análise econômica, utilizou-se a técnica da orçamentação parcial, detalhada em Noronha (1987). A orçamentação consiste em determinar quanto vai custar a decisão que se pretende tomar e quais serão os resultados financeiros esperados com as decisões implementadas. Esta técnica é utilizada para analisar decisões que envolvem modificações marginais, isto é, procura-se comparar e analisar os custos adicionais com os benefícios adicionais da decisão. É um método eficaz na análise de benefício-custo, esperando que os benefícios adicionais sejam maiores que os custos adicionais envolvidos na análise. A melhor alternativa será aquela que oferecer maiores benefícios líquidos ou margens de ganho maiores.

Para a realização da análise econômica, nesta pesquisa, foram determinados, para cada tratamento, as receitas e os custos adicionais da aplicação de calcário e gesso. Os acréscimos (ou decréscimos) de receitas obtidos em cada tratamento foram obtidos multiplicando-se a produtividade adicional obtida com cada tratamento, para cada cultura, pelo preço médio dos últimos 5 anos recebido pelos produtores no estado de São Paulo (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA- IEA 2013). Para determinar os custos adicionais da aplicação do calcário e do gesso foram utilizados os preços médios pagos pelos produtores em 2013, entregue na região estudada de R\$105,00/tonelada do calcário dolomítico e de R\$90,00/tonelada do gesso, o custo da aplicação estimado em R\$ 60,00 a hora máquina (aluguel), sendo o coeficiente técnico de $0,25 \text{ HM ha}^{-1}$, ou seja, R\$15,00 ha^{-1} . Para determinar o valor da produção foram considerados os preços médios recebidos pelos produtores nos últimos 5 anos, em sacos de 60 kg, sendo para o

grão do milho em 2009 de R\$19,00; 2010 R\$15,00; 2011 R\$26,50; 2012 R\$23,00 e 2013 R\$24,00, preço médio de R\$21,50; para a soja de R\$44,00 em 2009; R\$34,00 em 2010; R\$42,00 em 2011; R\$52,00 em 2012 e R\$55,00 em 2013, preço médio de R\$47,00 e para o feijão em 2009 o valor de R\$80,00; 2010 o valor de R\$90,00; 2011 o valor de R\$80,00; 2012 o valor de R\$150,00 e em 2013 o valor de R\$190,00, o preço médio foi de R\$120,00. O valor da produção foi obtido, para cada tratamento e cultura, pelo acréscimo ou decréscimo na produtividade obtida multiplicada pelo preço médio. A margem de ganho foi obtida, para cada tratamento, pela subtração do acréscimo ou decréscimo do valor da produção pelo acréscimo nos custos com o calcário dolomítico/gesso.

3.5 Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2003) através de análise de variância, com aplicação do teste F, sendo as médias comparadas por meio da análise de regressão polinomial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos Químicos do Solo

Na Tabela 04 encontram-se, para todos os tratamentos estudados, os resultados dos teores de matéria orgânica – MO (g dm^{-3}) obtidos nas análises de solo de amostras retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m.

Verifica-se que os teores de MO nas profundidades estudadas, não diferiram estatisticamente entre si, em função das diferentes doses de calcário e/ou gesso utilizados.

A área do experimento está sendo cultivada, no sistema plantio direto, desde o ano de 2008, e os teores de matéria orgânica se encontram abaixo do teor inicial encontrado antes da instalação do mesmo (24 mg dm^{-3}), mesmo na profundidade superficial, na qual foram verificados os maiores teores de matéria orgânica do solo.

Alvares et al. (1999) citaram como teores médios de matéria orgânica no solo, os compreendidos entre 20,1 a 40,0 g/dm^{-3} , para amostras tomadas na camada de 0,0 – 0,20 m de profundidade. Desta forma, verifica-se que somente na camada de 0,0 – 0,05 e nos tratamentos sem aplicação ou aplicação de 2,0 t ha^{-1} , obteve-se teores que se encontram dentro desta faixa.

Observa-se que conforme aumenta a profundidade diminui o teor de MO, demonstrando o acúmulo da MO na superfície do solo.

Leal (2008), na mesma localidade, em seu estudo verificou que os teores de matéria orgânica foram influenciados pelas culturas de cobertura. Na camada de 0,0 - 0,05 m foram obtidas as maiores médias dos teores de matéria orgânica ($16,77 \text{ g dm}^{-3}$) e na camada mais profunda 0,2 – 0,4 m os menores, como era esperado devido ao acúmulo de palha sobre o solo graças ao não revolvimento deste, após a instalação do sistema plantio direto.

Tabela 4- Valores de F e médias dos teores de matéria orgânica – MO (g dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	23,1	17,7	14,5	11,9
2t	20,5	15,6	13,5	11,1
4t	19,7	17,6	13,6	12,4
6t	19,8	16,8	13,8	12,0
Doses de gesso (t/ha)				
0t	22,1	16,1	13,1	11,4
1,5t	19,8	17,2	13,6	11,9
3,0t	21,3	16,7	14,0	12,0
4,5t	19,7	17,6	14,6	12,0
Teste F				
Calagem	1,326ns	0,995ns	0,358ns	0,604ns
Gessagem	0,746ns	0,454ns	0,655ns	0,225ns
C x G	1,072ns	0,814ns	0,642ns	1,075ns
C.V.	26,52	23,46	22,34	23,46
Regressão				
Calagem R.L.	3,521ns	0,139ns	0,454ns	0,125ns
Calagem R.Q.	0,446ns	0,785ns	0,612ns	0,294ns
Gessagem R.L.	0,83ns	0,956ns	1,949ns	0,481ns
Gessagem R.Q.	0,8ns	0,007ns	0,014ns	0,180ns

ns = não significativo.

Os valores de pH (CaCl_2) para cada profundidades constam na Tabela 5. Verifica-se, através do teste F, que houve efeito dos tratamentos com calcário nas profundidades de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m. Os resultados obtidos nas profundidades 0,0 – 0,05, 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, ajustaram-se a uma função linear crescente em função das doses de calcário utilizadas, ou seja, um ano após aplicação do corretivo nessas profundidades, o pH aumentou em função das doses de calcário. Comparando-se valores obtidos com o valor encontrado na amostra do solo retirada antes da instalação do experimento (Tabela 1), na profundidade de 0,0 – 0,20 m, observa-se um aumento no valor do pH, indicando que mesmo a aplicação ocorrendo em superfície, já no primeiro ano, com doses de $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ ou mais, houve alteração no pH do solo até a profundidade de 0,0 – 0,20 m.

Na profundidade, 0,20 – 0,40 m, não se observa efeito dos tratamentos com calcário, no entanto, verifica-se que os valores de pH aumentaram em função das doses de gesso utilizadas. Apesar do gesso não ser considerado um corretivo de acidez, observa-se elevação do pH nessa camada mais profunda, em função das doses utilizadas, enfatizando a característica do gesso em deslocar-se no perfil do solo e agir em profundidade, neutralizando o alumínio trocável.

Raij et al. (1996) consideram para a profundidade de 0,0 – 0,20 m, valores de pH (CaCl_2) entre 5,1 a 5,5 e 5,6 a 6,0, como sendo solos de acidez média e baixa respectivamente. Portanto verifica-se que somente nas profundidades de 0,0 – 0,05 m, onde houve aplicação de calcário, tem-se valores considerados de acidez média.

Analisando solos da região Centro-Sul do Paraná, Caires (2013), também se verificou que a aplicação superficial de calcário dolomítico em sistema plantio direto, aumentou o pH e os teores de Ca e Mg trocáveis e reduziu o teor de Al^{3+} trocável em todo perfil do solo.

Tabela 5- Valores de F e médias dos valores de pH (CaCl_2) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	5,0	4,7	4,7	4,9
2t	5,1	4,9	4,8	5,1
4t	5,3	5,3	4,9	5,0
6t	5,3	5,3	5,1	4,9
Doses de gesso (t/ha)				
0t	5,2	5,0	4,9	4,9
1,5t	5,1	5,0	4,8	4,8
3,0t	5,1	5,1	4,7	5,1
4,5t	5,3	5,1	4,9	5,1
Teste F				
Calagem	2,201ns	7,584**	5,902**	0,537ns
Gessagem	0,413ns	0,266ns	0,282ns	2,761ns
C x G	1,045ns	1,008ns	1,004ns	0,397ns
C.V.	7,61	8,5	5,65	7,64
Regressão				
Calagem R.L.	5,375* ¹	20,471** ²	17,459** ³	0,008ns
Calagem R.Q.	0,004ns	0,444ns	0,254ns	1,557ns
Gessagem R.L.	0,371ns	0,344ns	0,218ns	4,463* ⁴
Gessagem R.Q.	0,844ns	0,245ns	0,594ns	0,069ns

¹ $y = 5,011964 + 0,077321x$

² $y = 4,682321 + 0,164107x$

³ $y = 4,660714 + 0,097321x$

⁴ $y = 4,852500 + 0,090000x$

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade ns = não significativo

Os teores de Potássio (K), obtidos na análise do solo nas diferentes profundidades estão apresentados na Tabela 6. Verifica-se que os maiores teores de K encontram-se na profundidade de 0,05 a 0,10 m para os tratamentos com calcário e gesso, com exceção onde foi utilizado 4 t ha⁻¹ de calcário.

Houve interação significativa entre as doses de calcário e de gesso nas profundidades de 0,00 a 0,05 e 0,20 a 0,40 m. Verifica-se, na Tabela 7, referente ao desdobramento da interação significativa de calcário x doses de gesso, na profundidade de 0,00 a 0,05 m, que o maior teor de K (8,7 mmol_c dm⁻³) foi obtido quando se utilizou 4 t ha⁻¹ de calcário e 1,5 t ha⁻¹ de gesso.

Na profundidade de 0,20 a 0,40 m também houve interação significativa entre as doses de calcário e de gesso, onde os dados obtidos no desdobramento estão apresentados na Tabela 8. Os maiores teores foram obtidos com as doses de 4,0 t ha⁻¹ de calcário e 1,5 t ha⁻¹ de gesso ou 6,0 t ha⁻¹ de calcário e 3,0 t ha⁻¹ de gesso.

Os maiores teores encontrados na profundidade de 0,05 a 0,10 m de profundidade, pode estar associado ao local da deposição do fertilizante, na operação de semeadura, ou seja, geralmente até a profundidade de 0,10 m.

Observa-se também na Tabela 6, que na profundidade de 0,10 a 0,20 m, os teores de K ajustaram-se a uma função linear decrescente para as doses de calcário utilizadas.

Tabela 6- Valores de F e médias dos teores de Potássio – K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	4,3	5,9	4,4	3,3
2t	4,4	6,1	3,7	3,0
4t	5,7	5,4	3,3	3,2
6t	4,6	5,3	3,5	3,0
Doses de gesso (t/ha)				
0t	4,6	5,6	3,7	3,0
1,5t	5,4	6,0	3,8	3,2
3,0t	4,2	5,3	3,5	3,2
4,5t	5,0	5,8	3,9	3,2
Teste F				
Calagem	2,463ns	0,845ns	4,223*	0,474ns
Gessagem	1,457ns	0,494ns	0,495ns	0,0237ns
C x G	2,678*	1,236ns	1,562ns	2,385*
C.V.	34,65	30,8	26,45	26
Regressão				
Calagem R.L.	1,875ns	1,343ns	10,823** ¹	0,664ns
Calagem R.Q.	0,695ns	0,600ns	1,461ns	0,067ns
Gessagem R.L.	0,001ns	0,000ns	0,054ns	0,441ns
Gessagem R.Q.	0,004ns	0,004ns	0,176ns	0,255ns

$$^1 y = 4,332321 - 0,273393x$$

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela 7- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de K na profundidade de 0,0 a 0,05 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	4,7aA	4,1bA	3,8aA	4,5aA
2t	5,6aA	4,3bA	4,1aA	3,6aA
4t	3,9aB	8,7aA	4,4aB	5,8aAB
6t	4,0aA	4,2bA	4,4aA	6,0aA
DMS	3,11			

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

Tabela 8- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de K na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	3,1aA	3,7abA	2,9aA	3,6aA
2t	3,5aA	2,9abA	3,0aA	2,7aA
4t	3,0aA	3,9aA	3,1aA	2,9aA
6t	2,4aAB	2,2bB	3,9aA	3,7aAB
DMS	1,54			

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

Com relação aos teores de Ca (Tabela 9), observa-se que na profundidade de 0,0 a 0,05, os resultados ajustaram-se a uma função linear crescente, em relação às doses de calcário utilizadas, onde verifica-se que entre as doses de 2,0 e 4,0 t ha⁻¹, há um maior aumento no teor de Ca. Os teores observados para o cálcio encontram-se acima do teor obtido na amostra antes da instalação do experimento (Tabela 1) e principalmente na profundidade superficial esse teor aumenta em função das doses de calcário utilizadas.

Na Tabela 10, relativa ao desdobramento da interação calcário x gesso, verifica-se que os teores de Ca, em função das doses de calcário, somente foram influenciados quando se utilizou também 4,5 t ha⁻¹ de gesso, neste caso, os maiores teores de Ca foram obtidos com as doses de 0,0 e 4,0 t ha⁻¹ de calcário, diferindo da dose de 2,0 t ha⁻¹. Na dose 0 de calcário, verifica-se que quando se utilizou 4,5 t ha⁻¹ de gesso teve-se um aumento do teor de Ca.

Para a profundidade de 0,10 a 0,20 m, também se obteve interação significativa entre calcário e gesso (Tabela 11). Observa-se um comportamento semelhante dos teores de Ca, comparado ao apresentado na Tabela 10, referente à profundidade de 0,05 a 0,10 m.

Na profundidade de 0,20 a 0,40 m, não se observa efeito dos tratamentos nos teores de cálcio no solo, evidenciando que em maiores profundidades, necessita-se de maior tempo, após aplicação, para que haja possíveis alterações nos atributos químicos do solo. O gesso por possuir maior solubilidade, poderá agir em maior profundidade, mas isso não foi observado dentro do primeiro ano após a aplicação do calcário e do gesso.

Tabela 9- Valores de F e teores médios de Cálcio – Ca ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	29,3	39,2	32,5	24,4
2t	30,2	42,8	29,4	24,6
4t	44,8	52,9	30,5	27,7
6t	42,5	50,8	33,8	29,0
Doses de gesso (t/ha)				
0t	33,9	40,6	29,1	24,9
1,5t	37,5	42,8	27,3	24,1
3,0t	34,1	47,6	32,6	27,9
4,5t	41,3	54,3	37,3	28,9
Teste F				
Calagem	5,39**	3,001*	0,645ns	0,982ns
Gessagem	1,038ns	2,690ns	3,328ns	1,010ns
C x G	1,719ns	2,309*	2,131*	1,453ns
C.V.	37,6	31,9	30,64	34,88
Regressão				
Calagem R.L.	11,542** ¹	7,022* ²	0,041ns	2,324ns
Calagem R.Q.	0,0292	0,014ns	1,892ns	0,394ns
Gessagem R.L.	1,507ns	7,720** ³	7,672** ⁴	2,355ns
Gessagem R.Q.	0,279ns	0,348ns	1,774ns	0,155ns

¹ $y = 27,780179 + 3,960893x$

² $y = 38,872500 + 3,308750x$

³ $y = 39,433125 + 4,589375x$

⁴ $y = 27,056250 + 2,993750x$

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns = não significativo.

Tabela 10- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Ca na profundidade de 0,05 a 0,10 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	32,3aB	28,5aB	33,0aB	63,0aA
2t	34,5aA	55,8aA	47,0aA	34,0bA
4t	41,8aA	46,5aA	58,3aA	65,0aA
6t	53,8aA	40,5aA	52,3aA	55,0abA
DMS	27,8			

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

Tabela 11- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Ca na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	34,8aAB	20,8aB	29,5aAB	45,0aA
2t	24,0aA	36,5aA	31,8aA	25,5bA
4t	28,8aA	23,8aA	36,0aA	33,5abA
6t	28,8aA	28,0aA	33,3aA	45,0aA
DMS	18,2			

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

Os teores de Mg no solo (Tabela 12) foram influenciados pelas doses de calcário e gesso, obtendo-se interação significativa para as profundidades 0,0 a 0,05, 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. Para a profundidade de 0,20 a 0,40 m, obteve-se apenas efeito das doses de calcário e observa-se um ajuste linear crescente, ou seja, a medida que aumentou-se a dose de calcário, obteve-se aumento do teor de Mg nessa profundidade do solo.

Os teores observados estão acima do teor obtido na análise do solo amostrado antes da instalação do experimento e podem ser considerados altos, de acordo com Raij et al. (1996).

Na Tabela 13 observa-se, na profundidade de 0,05 a 0,10 m, o maior valor de Mg ($26,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) quando foram aplicadas as maiores doses de calcário (6 t ha^{-1}) e gesso ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$). Conforme aumenta a profundidade para 0,05 a 0,10 m, observa-se que o maior valor de Mg ($29,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foi obtido quando foi aplicado a maior dose de calcário (6 t ha^{-1}) e ausência de gesso (Tabela 14).

Na profundidade de 0,10 a 0,20, conforme Tabela 15, o maior valor de Mg ($20,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) novamente foi obtido quando foi aplicado as maiores doses de calcário e gesso.

O calcário é considerado a principal fonte de Mg para as culturas. Na Tabela 12, verifica-se que um ano após a aplicação superficial deste corretivo, há uma resposta às doses aplicadas em todas as profundidades avaliadas.

Tabela 12- Valores de F e teores médios de magnésio – Mg (mmol_c dm⁻³) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	13,3	13,2	12,0	10,2
2t	12,1	16,4	13,3	11,1
4t	17,4	19,0	14,9	13,1
6t	15,8	20,7	17,4	14,1
Doses de gesso (t/ha)				
0t	14,9	18,4	13,4	11,3
1,5t	14,4	17,4	13,9	11,9
3,0t	12,1	16,3	15,4	13,9
4,5t	17,3	17,1	14,8	11,4
Teste F				
Calagem	5,727**	10,017**	6,254**	5,123*
Gessagem	4,5**	0,679ns	0,910ns	2,298ns
C x G	5,07**	4,528*	2,805*	1,393ns
C.V.	27,34	23,89	25,96	26,12
Regressão				
Calagem R.L.	6,851** ¹	29,764** ³	16,829** ⁴	14,161** ⁵
Calagem R.Q.	0,712ns	0,085ns	1,917ns	0,760ns
Gessagem R.L.	1,035ns	1,111ns	1,810ns	0,360ns
Gessagem R.Q.	8,039** ²	0,716ns	0,362ns	3,895ns

¹ $y = 12,675000 + 0,887500x$

² $y = 15,409375 - 3,809375x + 1,421875x^2$

³ $y = 13,021429 + 1,907143x$

⁴ $y = 11,489286 + 1,296429x$

⁵ $y = 9,858929 + 1,007143x$

Tabela 13- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Mg na profundidade de 0,00 a 0,05 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	14,5aA	11,5bA	12,3aA	15,0bA
2t	15,0aA	10,3bA	10,3aA	13,0bA
4t	18,8aAB	22,8aA	14,0aB	14,3bB
6t	11,5aB	13,3bB	11,8aB	26,8aA
DMS	7,5			

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

Tabela 14- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Mg na profundidade de 0,05 a 0,10 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	13,3bA	13,8bA	13,8aA	12,0bA
2t	14,5bAB	22,0aA	15,3aAB	13,8bB
4t	16,5bA	16,8abA	18,5aA	24,3aA
6t	29,3aA	17,3abB	17,8aB	18,5abB
DMS	7,80			

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

Tabela 15- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Mg na profundidade de 0,10 a 0,20 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	11,0abA	10,3bA	13,8aA	13,0bA
2t	10,8bB	18,8aA	12,8aAB	11,0bB
4t	14,0abAB	11,5bB	19,3aA	14,8abAB
6t	18,0aA	15,3abA	16,0aA	20,5aA
DMS	7,05			

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

Na Tabela 16, são apresentados os teores médios de H+Al, nas diferentes profundidades, em função dos tratamentos. Verifica-se que nas profundidades de 0,0 a 0,05 m e 0,10 a 0,20 m não houve efeito dos tratamentos, no entanto, na profundidade de 0,05 a 0,10 m, as doses de calcário proporcionaram redução nos teores de H+Al, destacando-se o efeito positivo do uso deste corretivo, um ano após sua aplicação em superfície.

Na profundidade de 0,20 a 0,40 m, verifica-se na Tabela 17, que quando se utilizou $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso, o menor teor de H+Al foi obtido com a aplicação de $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário, diferindo da testemunha (sem calcário). Quando se utilizou a dose maior de gesso ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$), o menor valor novamente foi obtido com a dose de $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário, no entanto, diferiu somente da dose de $6,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário. Com relação às doses de gesso utilizadas, houve diferença apenas entre as doses, $3,0$ e $4,5 \text{ t ha}^{-1}$, apresentando na primeira dose menor teor de H+Al.

Os efeitos da acidificação do solo, nas profundidades superficiais, podem estar relacionadas a incorporação de alguns fertilizantes nitrogenados em cobertura, em profundidade igual ou superior a 0,05 m, além do maior poder tampão da profundidade superficial, visto que a mesma possui maior teor de matéria orgânica.

Tabela 16- Valores de F e teores médios de Hidrogênio + Alumínio (H+Al em mmol, dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	43,4	45,0	36,4	33,2
2t	43,5	45,9	41,8	28,9
4t	37,1	41,7	33,8	24,6
6t	37,2	38,7	33,3	36,4
Doses de gesso (t/ha)				
0t	44,7	44,4	39,2	31,3
1,5t	38,4	43,1	36,0	28,7
3,0t	39,4	40,5	35,1	31,1
4,5t	38,6	43,4	35,1	31,9
Teste F				
Calagem	1,742ns	2,671ns	2,487ns	5,501*
Gessagem	1,171ns	0,682ns	0,619ns	0,422ns
C x G	1,336ns	0,661ns	1,513ns	2,153*
C.V.	27,58	18,92	27,24	28,51
Regressão				
Calagem R.L.	3,619ns	5,321* ¹	1,432ns	0,002ns
Calagem R.Q.	0,322ns	2,295ns	3,183ns	11,227** ²
Gessagem R.L.	1,994ns	0,539ns	1,418ns	0,191ns
Gessagem R.Q.	0,983ns	0,309ns	0,419ns	0,594ns

$$^1 y = 46,381232 - 1,579714x$$

$$^2 y = 33,641250 - 7,956875x + 2,071250x^2$$

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela 17- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de H+Al na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	34,3aA	37,5aA	31,1aA	29,8bA
2t	24,7aA	27,3abA	34,7aA	29,0bA
4t	30,1aA	17,7bA	29,4aA	21,1bA
6t	36,2aAB	32,2abAB	29,4aB	47,8aA
DMS	16,5			

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

A saturação por bases do solo foi influenciada pelas doses de calcário, em todas as profundidades avaliadas (Tabela 18), o que não aconteceu com as doses de gesso, com exceção da camada de 0,10 a 0,20 m. Também houve interação entre calcário e gesso, nas profundidades 0,0 a 0,05 e 0,20 a 0,40 m.

Na profundidade 0,0 a 0,05 m, verifica-se que os valores de V% (Tabela 19), em função das doses de calcário, somente diferiram quando houve aplicação de 1,5 t ha⁻¹ de gesso, destacando-se as doses de 4,0 e 6,0 t ha⁻¹ de calcário, com maiores valores de V%.

Na profundidade de 0,20 a 0,40 m, nessa mesma dosagem de gesso (1,5 t ha⁻¹) os maiores valores de V% foram obtidos com as doses de 2,0 e 4,0 t ha⁻¹ de calcário. Nas demais profundidades (0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m), os valores de V% ajustaram-se a uma função linear e quadrática, respectivamente, evidenciando uma resposta no valor de V% a prática de calagem, a medida que aumenta-se a dose de calcário.

Raij et al. (1996) citaram que valores entre 51 a 70%, como sendo valores médios de V% no solo, para camada de 0,0 a 0,20 m. Essa faixa é a indicada para a maioria das culturas, dentre elas, o milho, a soja e o feijão, segundo os autores. Sendo assim, observa-se na Tabela 19, que na camada de 0,0 a 0,05 m, nas doses de 0,0 ou 1,5 t ha⁻¹ de gesso, há a necessidade de aplicação de 4,0 a 6,0 t ha⁻¹ de calcário, quando o solo inicialmente possuía V% = 40. Nas camadas de 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, os valores obtidos encontram-se dentro desta faixa, independente da dose de calcário utilizada, esse aumento pode estar relacionado à rotação de culturas.

Tabela 18- Valores de F e médias de valores da Saturação por Bases (V%) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	51,3	54,7	56,7	52,9
2t	51,3	57,6	52,9	57,5
4t	62,2	63,3	58,6	64,0
6t	61,8	65,3	61,7	55,9
Doses de gesso (t/ha)				
0t	53,7	57,6	53,8	55,4
1,5t	57,5	58,8	55,6	58,1
3,0t	55,3	62,0	60,2	58,7
4,5t	60,1	62,5	60,3	58,1
Teste F				
Calagem	8,129**	5,455*	3,472*	6,104**
Gessagem	1,614	1,293ns	2,757ns	0,592ns
C x G	2,145*	1,605ns	1,021ns	2,268*
C.V.	15,35	13,94	13,73	13,22
Regressão				
Calagem R.L.	17,100** ¹	15,164** ²	3,536ns	4,919ns
Calagem R.Q.	1,264	0,390ns	5,631* ³	6,464* ⁵
Gessagem R.L.	3,073ns	3,611ns	7,363** ⁴	1,055ns
Gessagem R.Q.	0,046	0,029ns	0,176ns	0,707ns

¹ $y = 49,801018 + 3,037464x$

² $y = 54,005982 + 2,762411x$

³ $y = 56,533460 - 3,838105x + 1,320185x^2$

⁴ $y = 53,878437 + 2,393750x$

⁵ $y = 52,397625 + 6,686125x - 1,363750x$

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns = não significativo

Nas profundidades de 0,0 a 0,05 e 0,20 a 0,40 m (Tabelas 19 e 20) não observa-se efeito das doses de gesso nos valores de V%, independente da dose de calcário utilizada. Esse mesmo resultado também pode ser observado na profundidade de 0,05 a 0,10 m, no entanto, na camada de 0,10 a 0,20 m, apesar do teste ter sido não significativo, os valores de V% ajustaram-se a uma função linear crescente.

Portanto, verifica-se após um ano da aplicação do calcário e do gesso, efeito positivo no valor de V% até a profundidade de 0,10 a 0,20 m e para a camada mais profunda (0,20 a 0,40 m), o efeito do calcário está condicionado a aplicação de 1,5 t ha⁻¹ de gesso.

Tabela 19- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o V% na profundidade de 0,00 a 0,05 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	48,5aA	43,4bA	54,4aA	58,8aA
2t	50,9aA	48,2bA	51,9aA	54,0aA
4t	58,6aA	73,2aA	59,4aA	57,6aA
6t	56,7aA	65,0aA	55,6aA	69,9aA
DMS	34,1			

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

Tabela 20- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para V% na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	51,6aA	46,8cA	53,5aA	59,6aA
2t	58,3aA	64,9abA	52,1aA	54,6aA
4t	58,9aA	67,5aA	64,2aA	65,4aA
6t	52,8aA	53,1cbA	64,7aA	52,9aA
DMS	14,3			

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

Na Tabela 21 estão apresentadas as médias dos teores de S no solo, em função dos tratamentos. Verifica-se que os tratamentos com calagem influenciaram os teores de S no solo, nas profundidades de 0,0 a 0,05, 0,05 a 0,10 e 0,20 a 0,40 m. Em todas as profundidades o teor de S foi influenciado pela gessagem. Também houve interação entre calagem e gessagem, para os teores de S na profundidade de 0,20 a 0,40 m.

Independente da profundidade avaliada, os teores encontrados são considerados médio a alto, quando comparados com as faixas de teores apresentadas por Raij et al. (1996), considerando a profundidade de 0,0 a 0,20 m de profundidade.

Na profundidade de 0,0 a 0,05 m, os teores de enxofre ajustaram-se a uma função linear e quadrática, em função da calagem ou gessagem, respectivamente, (Tabela 21). Esse comportamento de aumento do teor de enxofre em função do aumento da dose de calcário ou gesso, também pode ser observado na profundidade de 0,05 a 0,10 m de profundidade, ajustando-se os valores a uma função linear. Na camada de 0,10 a 0,20 m, observa-se apenas o efeito das doses de gesso e novamente o ajuste foi linear e crescente.

Considerando que o gesso possui em média 15% de enxofre, torna-se uma importante fonte deste nutriente para o solo e principalmente, devido a solubilidade do gesso, possibilita o aumento dos teores de S em profundidade de 0,10 a 0,20 m, após um ano de sua aplicação.

Na Tabela 22, encontra-se o desdobramento da interação calagem x gessagem, significativa para o teor de S no solo, na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Verifica-se que na dose de 0,0 t ha⁻¹ de gesso, as doses de calcário não influenciaram os teores de S nesta profundidade do solo, o que também aconteceu na presença de 4,5 t ha⁻¹ de gesso. No entanto, nesta dose de gesso, os teores de S obtidos são de 1,5 a 3,0 vezes maiores que os teores obtidos na dose 0,0 t ha⁻¹. Quando da presença de 1,5 ou 3,0 t ha⁻¹ de gesso, os maiores teores de S foram obtidos com a dose de 4,0 t ha⁻¹ e os menores para as doses 0,0 e 2,0 t ha⁻¹ de calcário ou 0,0 t ha⁻¹, respectivamente para as doses 1,5 e 3,0 t ha⁻¹ de gesso.

Tabela 21- Valores de F e médias de valores de Enxofre-S (mg dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	6,6	9,0	17,8	25,2
2t	10,1	13,8	18,4	27,3
4t	11,6	22,3	23,6	39,4
6t	12,4	16,6	20,9	31,9
Doses de gesso (t/ha)				
0t	7,9	9,7	10,2	16,5
1,5t	6,9	13,8	18,2	29,4
3,0t	10,8	18,5	22,6	39,1
4,5t	14,8	19,7	29,7	38,9
Teste F				
Calagem	3,178*	10,927**	1,232ns	5,428*
Gessagem	5,908**	7,526**	11,518**	15,480**
C x G	1,938ns	1,221ns	1,173ns	2,130*
C.V.	37,44	43,39	47,48	34,99
Regressão				
Calagem R.L.	9,322* ¹	19,713** ³	1,879ns	7,524** ⁶
Calagem R.Q.	0,206ns	3,430ns	0,051ns	0,651ns
Gessagem R.L.	14,422ns	21,481** ⁴	34,167** ⁵	40,252ns
Gessagem R.Q.	2,814* ²	0,788ns	0,038ns	5,861* ⁷

¹ $y = 6,757911 + 1,502804x$

² $y = 7,651281 - 1,190594x + 1,221094x^2$

³ $y = 9,769161 + 2,510304x$

⁴ $y = 10,217500 + 3,466562x$

⁵ $y = 10,217500 + 3,466562x$

⁶ $y = 25,302036 + 2,510554x$

⁷ $y = 16,150906 + 17,513719x - 3,277344x^2$

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade
ns = não significativo

Com relação ao efeito das doses de gesso nos teores de S na profundidade de 0,20 a 0,40 m, verifica-se na Tabela 22, que somente na dose 2,0 t ha⁻¹ de calcário, não houve diferença significativa, no entanto nas demais doses de calcário, os maiores teores foram obtidos quando se aplicou as maiores doses de gesso, evidenciando o aumento do teor de S em profundidades abaixo de 0,20 m, com aplicação de gesso em superfície, um ano após a sua aplicação.

Tabela 22- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de S (mg dm⁻³) na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	15,9aB	20,4bAB	26,8bAB	37,6aA
2t	19,8aA	21,1bA	37,5abA	30,9aA
4t	14,9aB	50,2aA	51,5aA	41,2aA
6t	15,5aB	25,7aAB	40,7abA	45,8aA
DMS	20,43			

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

Com relação aos micronutrientes cobre (Cu) (Tabela 23), e manganês (Mn) (Tabela 24), não houve diferença estatística entre os teores observados no solo, independente da dose de calcário ou gesso e da interação entre eles.

De acordo com Raij et al. (1996), os teores de Cu e Mn no solo, na profundidade de 0,0 a 0,20 m, são considerados altos, quando encontram-se acima de 0,8 e acima de 5,0 mg dm⁻³, respectivamente, utilizando-se como extratos o DTPA. Desta forma, verifica-se que para o Cu, os teores obtidos são considerados altos e para o Mn, podem ser considerados muito altos.

Para o Mn, observa-se na Tabela 24 que, apesar do teste F não ter sido significativo, observa-se um ajuste decrescente e crescente respectivamente para os teores de Mn no solo, nas profundidades de 0,0 a 0,05 m em função das doses de calcário e de 0,10 a 0,20 m, em função das doses de gesso.

Tabela 23- Valores de F e médias dos teores de Cobre-Cu (mg dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	4,9	5,0	4,7	4,2
2t	4,7	5,4	4,5	4,0
4t	4,6	4,6	4,9	4,6
6t	4,4	5,0	4,9	4,4
Doses de gesso (t/ha)				
0t	4,2	5,1	4,5	4,2
1,5t	4,9	4,5	4,7	4,0
3,0t	4,5	5,4	5,1	4,6
4,5t	5,0	4,9	4,7	4,5
Teste F				
Calagem	0,320ns	1,626ns	0,420ns	0,815ns
Gessagem	1,161ns	1,740ns	1,047ns	1,061ns
C x G	0,216ns	0,882ns	0,708ns	1,187ns
C.V.	29,48	21,78	23,15	25,96
Regressão				
Calagem R.L.	0,915ns	0,318ns	0,572ns	0,684ns
Calagem R.Q.	0,022ns	0,249ns	0,349ns	0,186ns
Gessagem R.L.	1,633ns	0,011ns	0,953ns	1,390ns
Gessagem R.Q.	0,080ns	0,032ns	1,457ns	0,014ns

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade ns = não significativo

Observa-se, tanto para os teores de Cu como de Mn, com relação às diferentes profundidades avaliadas, que os teores estão na mesma faixa, ou seja, alto ou muito alto, respectivamente.

Os teores de Zn no solo não foram influenciados pelas doses de calcário ou gesso, quando avaliados pelo teste F (Tabela 25), no entanto houve interação significativa para os teores de Zn na cama da de 0,20 a 0,40 m. Para a profundidade de 0,0 a 0,05 m, os teores de Zn encontrados ajustaram-se a uma função linear decrescente, em função das doses de calcário, evidenciando sua menor disponibilidade com o aumento da dose de calcário utilizada. O pH, nesta profundidade, aumentou linearmente em função das doses de calcário (Tabela 25), portanto, a relação entre aumento de pH e diminuição da disponibilidade de Zn, no solo, ficou evidenciada.

Com exceção do teor encontrado para a dose de 0,0 t ha⁻¹ de calcário, os teores de Zn no solo encontram-se dentro da faixa considerada de teor médio, segundo Raij et al. (1996), utilizando-se o extrator DTPA.

Na Tabela 26, estão apresentados os teores de Zn no solo na profundidade de 0,20 a 0,40 m, em função do desdobramento da interação calagem x gessagem. Observa-se somente efeito das doses de calcário, quando utilizou-se 4,5 t ha⁻¹ de gesso, encontrando-se na dose de 4,0 t ha⁻¹ de calcário, o maior teor de Zn, diferente do teor encontrado na dose de 2,0 t ha⁻¹. Com relação ao efeito das doses de gesso, verifica-se que somente dentro da dose de 4,0 t ha⁻¹ de calcário, houve efeito significativo, destacando-se a dose de 4,5 t ha⁻¹ de gesso com o maior teor de Zn e a dose 0,0 t ha⁻¹ com o menor.

Tabela 24- Valores de F e médias dos teores de Manganês-Mn (mg dm^{-3}) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	87,3	71,8	66,6	77,2
2t	68,3	65,3	63,2	65,6
4t	68,6	68,2	66,9	72,5
6t	66,7	73,3	62,4	68,4
Doses de gesso (t/ha)				
0t	65,1	64,3	60,6	73,2
1,5t	70,3	62,8	61,3	67,1
3,0t	72,7	77,8	61,3	72,5
4,5t	82,8	73,7	76,0	70,9
Teste F				
Calagem	1,948ns	0,482ns	0,234ns	0,409ns
Gessagem	1,127ns	1,949ns	2,494ns	0,118ns
C x G	0,784ns	1,915ns	2,071ns	0,772ns
C.V.	38,49	29,88	29,22	44,4
Regressão				
Calagem R.L.	4,802* ¹	0,008ns	0,192ns	0,472ns
Calagem R.Q.	0,920	1,427ns	0,005ns	0,256ns
Gessagem R.L.	3,152ns	3,453ns	4,746* ²	0,002ns
Gessagem R.Q.	0,118ns	0,064ns	2,209ns	0,081ns

¹ $y = 84,359036 - 5,182071x$

² $y = 57,863750 + 4,610000x$

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela 25- Valores de F e médias dos teores de Zinco (Zn mg dm⁻³) obtidos nas análises de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m, em função dos tratamentos. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Profundidades de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
Doses de calcário (t/ha)				
0t	1,3	0,9	0,6	0,6
2t	1,1	1,1	0,7	0,4
4t	1,0	1,0	0,8	0,7
6t	0,8	1,0	0,8	0,6
Doses de gesso (t/ha)				
0t	1,1	1,2	0,7	0,6
1,5t	1,1	0,9	0,7	0,5
3,0t	0,9	1,0	0,8	0,6
4,5t	1,1	0,9	0,7	0,7
Teste F				
Calagem	1,623ns	0,138ns	0,862ns	1,020ns
Gessagem	0,316ns	0,968ns	0,415ns	0,759ns
C x G	0,432ns	0,835ns	0,878ns	2,255*
C.V.	30,68	48,92	51,19	70,15
Regressão				
Calagem R.L.	4,736*	0,009ns	2,284ns	0,053ns
Calagem R.Q.	0,133ns	0,368ns	0,082ns	0,759ns
Gessagem R.L.	0,036ns	1,176ns	0,113ns	1,126ns
Gessagem R.Q.	0,394ns	0,450ns	0,116ns	0,576ns

$$^1 y = 1.339357 - 0.134714x$$

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela 26- Desdobramento da interação calagem x gessagem significativa para o teor de Zn (mg dm^{-3}) na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Selvíria-MS, 2012.

Doses de calcário (t/ha)	Doses de gesso (t/ha)			
	0t	1,5t	3,0t	4,5t
0t	1,0aA	0,3aA	0,9aA	0,4abA
2t	0,3aA	0,6aA	0,6aA	0,4bA
4t	0,4aB	0,5aAB	0,8aAB	1,2aA
6t	0,7aA	0,6aA	0,4aA	0,9abA
DMS	0,78			

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

4.2 Características Agronômicas das Culturas Estudadas

4.2.1 Cultura do Milho Safras 2011 e 2012/13

Nas Tabelas 27 e 28 estão apresentados os valores de F e médias das características agronômicas do milho, outono/inverno 2011 e primavera/verão 2012/13, respectivamente, em função de doses de calcário e gesso. Verifica-se que no ano de 2011, os tratamentos não influenciaram nas características agronômicas e produtividade de grãos (Tabela 27). Na safra 2012/13 (Tabela 28), verifica-se que houve efeito da calagem no diâmetro da espiga e da gessagem na altura de planta.

A altura de planta e diâmetro da espiga ajustaram-se a funções quadráticas, para as doses de gesso avaliadas e linear quanto a doses de calcário, respectivamente, para o cultivo do milho na safra 2011/12 (Tabela 28). Através da equação obtida para altura de planta em função das doses de gesso, verifica-se que a máxima altura foi obtida com a dose 1,62 t ha⁻¹ de gesso, enquanto que, para diâmetro da espiga, à medida que se utilizou maiores doses de calcário, obteve-se redução de valores nesta característica avaliada.

No cultivo de 2011, quando foram instalados os tratamentos (doses de calcário e/ou gesso), não se verificou efeito desses na produtividade de grãos (Tabela 27), no entanto, no ano agrícola 2012/13, quando se semeou o milho 17 meses após a aplicação do calcário e do gesso, observou-se uma redução de forma linear na produtividade de grãos, em função das doses de calcário utilizadas.

Na Tabela 05, verifica-se que os valores de pH obtidos até a profundidade de 0,10 m, em função das doses de calcário, atingiram valores até 5,3, em amostras de solo obtidas 6 meses antes da semeadura do milho 2012/13. Os teores de Ca e Mg (Tabela 9 e 12, respectivamente) aumentaram em função das doses de calcário utilizadas, até 0,20 m de profundidade, bem como, comportamento semelhante teve os valores de V%.

Segundo Rajj et al. (1996), o V% indicado para a cultura do milho é de 70% e os valores de pH encontrados, são considerados de acidez média. Os teores de Ca e Mg, segundo os mesmos autores, são considerados altos, portanto, de acordo com as características químicas do solo, a aplicação de 6,0 t ha⁻¹ de calcário em superfície, não proporcionou alterações químicas, baseados nos valores de pH e V% e teores de Ca e Mg, que justifiquem a redução da produtividade de grãos.

Tabela 27- Valores de F e médias de altura de planta e inserção da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e produtividade de grãos de milho em função de doses de calcário e gesso. Selvíria-MS, 2011.

Tratamento	Altura de planta (cm)	Inserção de espiga (cm)	Diâmetro de espiga	Nº de fileiras	Número de grãos por fileira	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Doses de calcário (t/ha)						
0t	227	128	4.920	17,0	35,0	6.867
2t	226	127	4.860	17,0	35,0	7.027
4t	225	126	4.910	17,0	36,0	7.362
6t	224	127	4.903	17,0	36,0	6.000
Doses de gesso (t/ha)						
0t	224	126	4.985	17,0	36,0	7.292
1,5t	224	126	4.942	17,0	36,0	6.876
3,0t	223	126	4.862	17,0	35,0	7.221
4,5t	230	130	4.894	17,0	36,0	6.784
Teste F						
Calagem	0,25ns	0,15ns	0,569ns	0,14ns	0,65ns	1,00ns
Gessagem	2,00ns	1,56ns	1,045ns	1,37ns	0,75ns	1,27ns
C x G	0,55ns	1,16ns	0,577ns	1,32ns	0,45ns	1,00ns
C.V.	3,91	4,73	2,63	4,26	4,5	12,63
Regressão						
Calagem R.L.	0,814ns	0,211ns	0,0000ns	0,021ns	1,785ns	0,241ns
Calagem R.Q.	0,000ns	0,169ns	0,0678ns	0,106ns	0,134ns	1,850ns
Gessagem R.L.	3,326ns	2,919ns	0,322ns	0,003ns	0,000ns	1,402ns
Gessagem R.Q.	2,211ns	1,419ns	0,059ns	3,489ns	0,031ns	0,002ns

ns = não significativo

Tabela 28- Valores de F e médias de altura de plantas, inserção da espiga, tamanho de espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade de milho em função de doses de calcário e gesso. Selvíria-MS, 2012/13.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)	Inserção de espiga (cm)	Tamanho de espiga (cm)	Diâmetro de espiga (cm)	Nº de fileiras	Nº de grãos por fileira	Massa 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Doses de calcário (t/ha)								
0t	2,72	1,37	18,1	5,03	17,8	33,2	30,5	7.384
2t	2,70	1,35	18,0	5,01	17,1	33,4	29,9	7.278
4t	2,71	1,36	18,1	4,99	17,6	33,5	30,2	7.104
6t	2,73	1,38	18,0	4,81	17,5	33,5	29,8	6.673
Doses de gesso (t/ha)								
0t	2,69	1,36	18,4	5,01	17,5	33,3	30,7	7.295
1,5t	2,72	1,36	17,5	4,93	17,4	32,3	30,2	7.408
3,0t	2,74	1,36	18,3	4,93	17,4	34,3	29,6	6.681
4,5t	2,70	1,37	18,0	4,98	17,5	33,7	29,9	7.055
Teste F								
Calagem	1,034ns	1,196ns	0,102ns	5,298** ²	2,018ns	0,070ns	0,374ns	2,109ns
Gessagem	3,217* ¹	0,295ns	2,069ns	0,765ns	0,034ns	2,414ns	0,982ns	2,229ns
C x G	0,968ns	1,326ns	0,915ns	1,060ns	0,265ns	0,501ns	0,789ns	1,448ns
C.V.	1,85	3,13	6,46	3,61	5,05	6,57	6,11	12,13
Regressão								
Calagem R.L.	0,675ns	0,500ns	0,069ns	12,436** ²	1,306ns	0,162ns	0,594ns	5,724* ³
Calagem R.Q.	2,368ns	3,087ns	0,000ns	2,833ns	0,438ns	0,046ns	0,071ns	0,566ns
Gessagem R.L.	0,570ns	0,464ns	0,089ns	0,259ns	0,017ns	1,719ns	2,158ns	2,255ns
Gessagem R.Q.	8,577* ¹	0,415ns	1,119ns	2,010ns	0,082ns	0,124ns	0,618ns	0,366ns

$$(AltPlant)^1 y=2,691750+0,059562x-0,018437x^2 \quad (Diam)^2 y=5,067875-0,070562x \quad (Prod)^3 y=7326,697813-144,756250x$$

Quanto aos micronutrientes, observa-se nas amostragens até 0,20 m, que houve efeito das doses de calcário apenas na camada de 0,0 a 0,05 m, para teores de Mn e Zn (Tabelas 24 e 25, respectivamente), observando-se redução dos teores em função das doses utilizadas, no entanto, tem-se que os teores obtidos são considerados muito altos e altos, respectivamente, de acordo com a EMBRAPA (2011), podendo estes também não serem os fatores que possam ter influenciado negativamente na produtividade de grãos.

Lobão e Rein (2005) citaram o gesso como o insumo com rápida mobilidade na camada arável, fixando-se abaixo desta e assim favorece o aprofundamento das raízes, permitindo as plantas, superar veranicos e usar com eficiência os nutrientes do solo. No entanto, esse provável efeito positivo do gesso, por não ter sido observado devido o experimento ter sido conduzido sob irrigação, portanto, não havendo deficiência hídrica e ter sido observado nas camadas de solo avaliadas, até 0,20 m de profundidade, teores de nutrientes considerados médios ou altos.

Em estudos realizados por Pires et al. (2003) verificaram 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 sistema plantio direto não incrementou a produtividade das culturas testadas. Leal (2013) verificou que a aplicação de calcário em diferentes modos, na implantação do sistema plantio direto, não altera a produtividade de grãos e as características agrônômicas do milho em solo com pH médio e saturação por bases adequada.

4.2.2 Cultura da Soja safra 2011/12

Os valores médios das características agrônômicas e produtividade de grãos da cultura da soja estão apresentados na Tabela 29. Observa-se que não houve diferença significativa para nenhum dos componentes de produção da soja avaliados na safra 2012 no experimento em função da aplicação de calcário e/ou gesso.

De acordo com Yokomizo (1999), valores de altura de planta entre 60 a 80 cm, são considerados adequados para a colheita mecânica da cultura. Valores maiores podem acarretar em tombamento das plantas, prejudicando desta forma o manejo

fitossanitário da cultura, operação de colheita e taxa fotossintética. Os valores obtidos, em função dos tratamentos, estão acima desta faixa, mesmo com a dose de $0,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário ou gesso, evidenciando a boa fertilidade do solo da área experimental comprovada pelos resultados nas análises do solo, retiradas nas diferentes profundidades e também pela característica de porte alto da variedade utilizada.

Borges et al (2013), realizando avaliação regional da variedade de soja no noroeste paulista e Selvíria – MS, obtiveram com a variedade BRS Valiosa RR, altura de planta variando de 70 a 92,5 cm, valores inferiores aos observados neste experimento.

A produtividade de grãos de sojas obtida encontra-se acima da média nacional (2.938 kg ha^{-1}), de acordo com resultados publicados pela CONAB (2013). Da mesma forma que o abordado para os resultados obtidos para a cultura do milho, nesta área experimental, essas altas produtividades obtidas, provavelmente são reflexos do nível de fertilidade do solo desta área, comprovado pelos resultados obtidos nas análises do solo, amostrados após o cultivo da soja e o uso da irrigação.

Caires (2012) considera que no Brasil há vários trabalhos relatando a resposta da soja à aplicação de calcário em superfície no sistema plantio direto, no entanto, há também relatos de altas produtividades em solos ácidos e na ausência de calagem, podendo isso ser devido a menor toxicidade do Al para as plantas, concentração suficiente de cátions no solo, umidade disponível no solo. Desta foram, a não resposta da soja a calagem neste experimento também poder ser atribuída a irrigação e concentração suficiente de cátions no solo.

Tabela 29- Valores de F e médias de altura de plantas, inserção de vagem, número de vagens, número de vagens chochas e produtividade de grãos de soja em função de doses de calcário e gesso. Selvíria-MS, 2011/12.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)	Inserção da primeira vagem (cm)	Nº de vagens	Nº vagens chochas	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Doses de calcário (t/ha)					
0t	96	21	52	12	3.629
2t	102	21	62	14	3.868
4t	101	21	69	16	3.665
6t	102	22	74	17	3.998
Doses de gesso (t/ha)					
0t	92	21	62	13	3.956
1,5t	101	21	61	16	3.673
3,0t	104	22	64	16	3.938
4,5t	104	21	70	15	3.592
Teste F					
Calagem	0,715ns	0,099ns	4,272ns	2,803ns	1,287ns
Gessagem	2,868ns	0,099ns	0,714ns	1,184ns	1,446ns
C x G	1,188ns	0,703ns	1,020ns	1,477ns	1,253ns
C.V.	13,88	25,42	29,06	36,28	16,21
Regressão					
Calagem R.L.	0,035ns	0,148ns	10,620ns	5,800ns	1,741ns
Calagem R.Q.	0,475ns	1,203ns	0,049ns	0,000ns	0,095ns
Gessagem R.L.	8,480ns	1,414ns	0,724ns	0,190ns	1,451ns
Gessagem R.Q.	0,511ns	0,153ns	1,317ns	1,707ns	0,043ns

ns = não significativo

Neis et al. (2010), estudando o efeito da aplicação e doses de gesso agrícola em área sob plantio direto, com e sem revolvimento, não encontraram resposta em função dos tratamentos utilizados, semelhante ao observado nesse experimento.

Desta forma, a condição de irrigação e o teor de nutrientes encontrados nas análises do solo, nas profundidades avaliadas, são provavelmente os fatores da não resposta dos tratamentos utilizados, com relação às características agrônômicas e produtividades de grãos de soja.

4.2.3 Cultura do feijoeiro safra 2012

Na Tabela 30 encontram-se as médias das características agrônômicas avaliadas e produtividade de grãos do feijoeiro, cultivado em sucessão a cultura da soja. Verifica-se que os tratamentos utilizados não influenciaram em nenhuma das avaliações realizadas pelas doses de calcário e/ou gesso.

Arf (2013), avaliando o efeito do consórcio de braquiária e crotalária no desenvolvimento e produtividade do milho de primeira safra e os restos culturais dessas culturas, e doses de nitrogênio no desenvolvimento do feijoeiro de “inverno” e trigo, no sistema plantio direto, em Selviria – MS, obtiveram para o feijoeiro, em dois anos agrícolas, valores que variaram entre 6,45 a 14,37 vagens por planta, massa de 100 grãos entre 21,9 a 29,5 e produtividade de grãos entre 1.328 a 3.091 kg ha⁻¹.

Desta forma verifica-se que o número de vagens por planta obtido nesse experimento foi próximo ao menor valor obtido por Arf (2013), a massa de 100 grãos também foi inferior e consequentemente a produtividade também foi menor.

Levantamento feito pela CONAB (2013) para a safra 2012/13, a produtividade média do feijoeiro no Brasil, foi de 914 kg ha⁻¹. No entanto, Estados como Goiás e Distrito Federal, devido as tecnologias utilizadas, incluindo principalmente a irrigação, possuem produtividades médias ao redor de 3.000 kg ha⁻¹, ou seja, muito superiores as produtividades obtidas neste experimento. Conforme citado no item material e métodos, houve problemas durante a implantação e condução da cultura do feijoeiro, influenciando em sua produtividade.

Moraes et al. (1998), estudando doses de calcário (até 2,8 t ha⁻¹) e gessagem (até 390 kg ha⁻¹) na cultura do feijoeiro, em Jaboticabal – SP, também não observaram efeito nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos, apesar do aumento nos teores de Mg e valores de pH e V% e redução nos teores de H + Al do solo.

Tabela 30- Valores de F e médias de altura de plantas, altura da primeira vagem, número de vagens, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de feijão em função de doses de calcário e gesso. Selvíria-MS, 2012.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)	Inserção 1 ^a vagem (cm)	Número de vagens	Massa 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Doses de calcário (t/ha)					
0t	38,9	15,9	7,3	152,6	565
2t	39,1	16,0	6,6	179,8	666
4t	43,7	15,0	6,5	196,4	727
6t	42,2	17,0	6,3	143,8	533
Doses de gesso (t/ha)					
0t	41,7	15,3	6,1	173,3	642
1,5t	39,8	15,9	7,0	181,1	671
3,0t	40,8	15,9	6,5	155,7	577
4,5t	41,7	16,9	7,2	162,4	602
Teste F					
Calagem	1,571ns	0,853ns	0,592ns	1,727ns	1,727ns
Gessagem	0,234ns	0,587ns	0,713ns	0,372ns	0,372ns
C x G	0,534ns	0,637ns	1,202ns	0,613ns	0,613ns
C.V.	18,52	21,75	33,00	43,95	43,95
Regressão					
Calagem R.L.	2,924ns	0,310ns	1,478ns	0,014ns	0,014ns
Calagem R.Q.	0,195ns	1,117ns	0,205ns	4,663ns	4,663ns
Gessagem R.L.	0,011ns	1,517ns	1,047ns	0,494ns	0,494ns
Gessagem R.Q.	0,555ns	0,038ns	0,025ns	0,001ns	0,001ns

ns = não significativo

4.3 Análise Econômica

Os custos por hectare com calcário/gesso e de sua aplicação nas culturas de milho, soja e feijão, para cada tratamento estão detalhados na Tabela 31.

Considerou-se o valor do calcário/gesso e o custo de sua aplicação. O custo total variou de R\$150,00 ha⁻¹ quando se aplicou a menor dose de gesso (1,5 t ha⁻¹) e zero de calcário, a R\$1.065,00 ha⁻¹ quando se aplicou as maiores doses de calcário e gesso (6 t e 4,5 t ha⁻¹, respectivamente).

Como o preço da tonelada do gesso é menor (R\$90,00/t entregue na região de estudo) e foram utilizadas quantidades menores para estudo os seus custos por hectare são menores, variando de R\$150,00 menor dose a R\$420,00 maior dose, incluindo também o custo da aplicação, para a calagem os custos variaram de R\$225,00 a R\$645,00 maior dose.

Para analisar, separadamente cada cultura, e no caso do milho para as duas safras, o custo total obtido com o insumo e sua aplicação foi rateado entre os quatro cultivos, conforme se observa na Tabela 3.

Nas planilhas de custos de produção, para várias regiões do país, das culturas de soja, milho e feijão, publicadas no Agrianual 2013, os gastos com o calcário estão discriminados em todas as planilhas, mas em nenhuma o uso do gesso. Para as culturas da soja e milho o sistema é plantio direto, somente para o caso do feijão na região sudoeste do estado de São Paulo o preparo do solo, considerado pelo Agrianual é o convencional: aração e duas gradagens. Para safra 2012/13, tanto a cultura da soja, quanto a do milho e feijão apresentaram retornos positivos expressivos, maiores para o feijão e soja.

Tabela 31- Custos do calcário/gesso ha^{-1} e da sua aplicação nas culturas de milho, soja e feijão, para cada tratamento em Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	Custo com calcário e sua aplicação (R\$)	Custo com gesso e sua aplicação (R\$)	Custo total (R\$)	Custo total/ cultivo (R\$)
01 - C0,0 G0,0*	0,00	0,00	0,00	0,00
02 - C0,0 G1,5	0,00	150,00	150,00	37,50
03 - C0,0 G3,0	0,00	285,00	285,00	71,25
04 - C0,0 G4,5	0,00	420,00	420,00	105,00
05 – C2,0 G0,0	225,00	0,00	225,00	56,25
06 – C2,0 G1,5	225,00	150,00	375,00	93,75
07 – C2,0 G3,0	225,00	285,00	510,00	127,5
08 – C2,0 G4,5	225,00	420,00	645,00	161,25
09 - C4,0 G0,0	435,00	0,00	435,00	108,75
10 - C4,0 G1,5	435,00	150,00	585,00	146,25
11 – C4,0 G3,0	435,00	285,00	720,00	180,00
12 – C4,0 G4,5	435,00	420,00	855,00	213,75
13 – C6,0 G0,0	645,00	0,00	645,00	161,25
14 – C6,0 G1,5	645,00	150,00	795,00	198,75
15 – C6,0 G3,0	645,00	285,00	930,00	232,50
16 – C6,0 G4,5	645,00	420,00	1.065,00	266,25

Elaboração do próprio autor, 2013.

*Doses de calcário e gesso em t ha^{-1}

Com relação à cultura do milho, os resultados de acréscimos produtividade em relação à testemunha, quando não se aplicou calcário e nem gesso, obtidos para os 16 tratamentos, foram negativos. A maior produtividade obtida pela testemunha foi de 7.797 kg ha^{-1} e a menor para o tratamento quando se aplicou apenas $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso, foi de 5.978 kg ha^{-1} .

Verificou-se que tanto a produtividade do milho, em que aplicação de calcário/gesso foi realizada 20 dias após a germinação das plantas, como a produtividade do milho, após sucessão de soja e feijão, responderam negativamente a aplicação de calcário/gesso. Para a safra 2012/13 as produtividades foram um pouco maiores, mas a testemunha apresentou novamente maior valor de 7.899 kg ha^{-1} , neste caso, apenas o tratamento em que se aplicou 2 t ha^{-1} de calcário dolomítico e $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ apresentou produtividade maior, atingindo 7.939 kg ha^{-1} . Esse acréscimo de apenas 40 kg ha^{-1} , não foi suficiente para cobrir os custos com os insumos e sua aplicação. O acréscimo no valor da produção e na margem de ganho, foram negativos para todos os tratamentos.

Leal (2013) verificou que a calagem pouco alterou as características agronômicas do milho e não influenciou no rendimento de grãos de milho.

Na Tabela 32 encontram-se as produtividades médias, os acréscimos de produtividades em relação a testemunha (C0,0 G0,0), acréscimos no valor da produção, no custo total e nas margens de ganho, obtidos com a cultura da soja para os 16 tratamentos. Ao contrário do que se verificou na cultura de milho, a soja respondeu positivamente a aplicação de calcário/gesso. Os acréscimos de produtividade variaram de 132 kg/ha para o tratamento C1 G3 a 1.348 kg/ha para C1 G0. Acréscimos acima de 1000 kg/ha em relação a C0 G0 (testemunha) foram obtidos nos tratamentos em que se aplicou 2 t ha^{-1} de calcário e 0 t ha^{-1} de gesso (1.348 kg/ha), C1 G1 (1.137 kg/ha), C2 G2 (1.087 kg/ha), C3 G0 (1.006 kg/ha) e C3 G3 (1.176 kg/ha). Porém, não houve significância, pelo teste Tukey.

O tratamento que se aplicou 2 t ha^{-1} de calcário e zero de gesso apresentou maior acréscimo no valor da produção $\text{R\$}1.011,00/\text{ha}$ e o menor de $\text{R\$}99,00 \text{ ha}^{-1}$ quando se aplicou 2 t ha^{-1} e $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso.

Tabela 32- Produtividades médias de grãos de soja (kg ha^{-1}) e acréscimos ou decréscimos em relação a testemunha (ausência de calcário e gesso - C0,0 G0,0), da produtividade, no valor da produção, no custo total/cultivo e nas margens de ganho, para cada tratamento em Selvíria-MS, 2011/12.

Tratamentos	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})	Acréscimo de produtividade	Acréscimos no valor da produção	Acréscimos Custo total/cultivo	Acréscimos margem de ganho
01 - C0,0 G0,0*	2.984	-	0,00	0,00	0,00
02 - C0,0 G1,5	3.185	201	150,75	37,50	113,25
03 - C0,0 G3,0	3.824	840	630,00	71,25	558,75
04 - C0,0 G4,5	3.530	546	409,50	105,00	304,50
05 - C2,0 G0,0	4.332	1.348	1.011,00	56,25	954,75
06 - C2,0 G1,5	4.121	1.137	852,75	93,75	759,00
07 - C2,0 G3,0	3.903	919	689,25	127,5	561,75
08 - C2,0 G4,5	3.116	132	99,00	161,25	-62,25
09 - C4,0 G0,0	3.525	541	405,75	108,75	297,00
10 - C4,0 G1,5	3.502	518	388,50	146,25	242,25
11 - C4,0 G3,0	4.071	1.087	815,25	180,00	635,25
12 - C4,0 G4,5	3.564	580	435,00	213,75	221,25
13 - C6,0 G0,0	3.990	1.006	754,50	161,25	593,25
14 - C6,0 G1,5	3.888	904	678,00	198,75	479,25
15 - C6,0 G3,0	3.958	974	730,50	232,50	498,00
16 - C6,0 G4,5	4.160	1.176	882,00	266,25	615,75

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

*Doses de calcário e gesso em t ha^{-1}

Do acréscimo obtido no valor da produção subtraímos os custos com o calcário e/ou gesso e sua aplicação obtém os acréscimos nas margens de ganho para cada tratamento. Todos os tratamentos apresentaram resultados positivos, com exceção ao tratamento em que se aplicou 2 t ha⁻¹ de calcário e 4 t ha⁻¹ de gesso, o resultado foi negativo. O maior valor R\$954,75 ha⁻¹ foi obtido quando se aplicou 2 t ha⁻¹ de calcário e 0 t ha⁻¹ de gesso, em seguida o melhor resultado foi obtido pelo tratamento com 2 t ha⁻¹ de calcário e 1,5 t ha⁻¹ de gesso de R\$759,99 ha⁻¹.

Neis et al. (2010) estudando o efeito da aplicação de doses de gesso agrícola em alguns atributos químicos do solo e na produção de grãos de soja, em um área sob plantio direto, sem revolvimento e com revolvimento, na região do sudoeste de Goiás, constatou, entre outros, que não houve resposta, em termos de produção de grãos de soja, às doses de gesso aplicadas.

Com a cultura do feijão as produtividades médias de grãos de feijão (kg ha⁻¹) foram baixas, variando de 398 quando não se aplicou calcário e aplicou 3 t ha⁻¹ de gesso, a 776 kg ha⁻¹, aplicando 2 t ha⁻¹ de calcário e 1,5 t ha⁻¹ de gesso.

As baixas produtividades médias de grãos de feijão obtidas no experimento podem ter ocorrido em função da semeadura tardia da cultura, ocorrendo altas temperaturas no florescimento, levando abortamento grande de vagens, resultando nas baixas produtividades obtidas, tanto pela testemunha como por todos os tratamentos. Nesta área ocorreu um problema com aplicação indevida de um herbicida que impediu a semeadura logo após a colheita da soja, e mesmo considerando uma carência de mais de 60 dias, a cultura ainda foi prejudicada.

As baixas produtividades obtidas em todos os tratamentos são menores que a produtividade média de grãos de feijão no Brasil, considerando as três safras no ano, que é de cerca de 900 kg ha⁻¹. O Distrito Federal e Goiás apresentam as maiores produtividades médias, em áreas irrigadas e de sequeiro, para as três safras, de aproximadamente 2.800 kg ha⁻¹ (CONAB, 2013).

Os acréscimos de produtividades, em relação a testemunha, só foram positivos para os tratamentos quando se aplicou 1 t ha⁻¹ e 1,5 t ha⁻¹ (acrécimo de 58 kg), 1 t ha⁻¹ e 4,5 t ha⁻¹ (acrécimo de 24 kg), 2 t ha⁻¹ e 1,5 t ha⁻¹ (acrécimo de 10 kg) e 2 t ha⁻¹ e 4,5 t ha⁻¹ (acrécimo de 16 kg). Esses acréscimos de produtividades, não foram suficientes para pagar os custos com o calcário e/ou gesso e sua aplicação, somente para o tratamento em que se aplicou 2 t ha⁻¹ de calcário e 1,5 t ha⁻¹ de gesso o acréscimo na margem de ganho foi positivo de R\$22,50 ha⁻¹.

Vários autores consideram que a correção dos solos ácidos é fundamental para aumentar o rendimento das culturas (Holzschuh 2007, Camargo et al. 1997). Com relação a aplicação de calcário, Barbosa Filho et al. (2005) verificaram, em região de Goiás, após 24 meses da calagem, aumento da produtividade obtida com as culturas do feijão e da soja em sucessão, devido ao seu efeito residual.

5 CONCLUSÕES

- há aumento no valor de pH de forma linear até 0,20 m de profundidade em função das doses de calcário e na camada de 0,20 a 0,40 m, em função das doses de gesso;
- o calcário aumenta o teor de Ca até a profundidade de 0,10 m e de Mg até 0,40m, de forma linear e o gesso aumenta o teor de Ca apenas na camada de 0,10 a 0,20 m;
- a saturação por bases tem aumento devido a aplicação de calcário até a profundidade de 0,40 m enquanto a aplicação de gesso, altera positivamente o V% apenas na camada de 0,10 a 0,20 m;
- o gesso aumenta o teor de S em todas profundidades avaliadas;
- a aplicação das doses de calcário diminui o teor de Mn e de Zn no solo, somente na camada de 0,0 a 0,05 m de profundidade;
- não houve diferença significativa para nenhum dos componentes de produção das culturas do milho, soja e feijão em função da aplicação de doses de calcário e/ou gesso;
- a cultura do milho, em ambas as safras e do feijão, não responderam economicamente a aplicação de doses de calcário e/ou gesso; e
- a cultura da soja apresentou resultados econômicos positivos. A maior margem de ganho, obtida pela soja, de R\$954,75 ha⁻¹ foi quando se aplicou 2 t ha⁻¹ de calcário e 0 t ha⁻¹ de gesso.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2013: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: *Informa Economics South America/FNP*, 2013. 480 p.

ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; et al. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334.

ALVAREZ V. V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

AMADO, T. J. C. O Sistema plantio direto na palha de qualidade e os serviços ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. O Solo e a Produção de Bioenergia: Perspectivas e Desafios"... UFC: Fortaleza, 2009. Disponível em: <<http://www.agrisus.org.br/artigos.asp?cod=53>>. Acesso em: 15/01/13.

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.

ARF, M.V. *Sistemas de cultivo para o milho de primeira safra e doses de nitrogênio em feijoeiro e trigo em sucessão*. 2013. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2013.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície e incorporada. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 3, p. 507-514, maio/jun., 2005.

BORGES, W. L. B.; MATEUS, G. P.; FREITAS, R. S.; LAZARINI, E.; CAZETINI FILHO, G.; HIPOLITO, J. L.; TOKUDA, F. S.; TOMAZINI, N. R.; GASPARINO, A. C.; FINOTO, E. L. *Avaliação regional de cultivares de soja no noroeste paulista – safras 2011/12 e 2012/13*:nuclens: Ituverava: Local de Edição, 2013, p. 23 -41. Edição Especial.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. *Desenvolvimento sustentável, Plano ABC, 2012*. Lugar de Publicação: Local de edição, ano de Publicação. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>>. Acesso em: 3 jul 2013.

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo no sistema plantio direto. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 141, p. 13, março 2013.

CAIRES, E. F. *Controle da acidez do solo no sistema plantio direto*. Lugar de Publicação; Local de Edição, 2012. Disponível em: <<http://www.agrisus.org.br/artigos.asp?grupo=art>>. Acesso em: 14 jul 2013.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

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

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa-MG, v. 23, n. ..., p. 315-327, 1999.

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

CENTURION, J. F. Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. *Científica*, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira: grãos 2012/13 - décimo levantamento–Julho/2013*. Lugar de Publicação: Local de Edição, ano de publicação. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 jul 2013.

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

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.; DENARDIN, N. D.; WIETHÖLTER, S. *Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 15 p. (Documento,, 141). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do141.htm>. Acesso 15/02/2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil, 2012 e 20130*. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 264 p. (Sistema de Produção, 15).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil, 2010*. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 240 p. .

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Tecnologias de produção de soja: Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, safra 2001/2002*. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 2001. p.28. (Sistemas de Produção, 1).

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

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

FARINELLI, R.; LOBODA, M. S. Efeito da aplicação de gesso agrícola no comportamento da cultura do amendoim. *Cultura Agronômica*, Ilha Solteira, v. 15, n. 2 p. 1-20, 2005.

FERREIRA, D. F. *Sisvar versão 5.0 (Biud 66) sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

GAZZONI, D. FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ – FAEP, 2012. Disponível em: <<http://www.sistemafaep.org.br/noticia>>. Acesso: 19/06/2012. Não entendo a obra referenciada

HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. *Palha: fundamento do sistema plantio direto*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste,,2002. 26 p. (Coleção Sistema Plantio Direto, 7).

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. 45 p. (Série irrigação, 1).

HOLZSCHUH, J. M. Eficiência do calcário calcítico e dolomítico na correção da acidez de solos sobre plantio direto. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA- IEA. *Banco de dados: preços médios mensais recebidos pelos agricultores*. IEA: São Paulo, 2013 Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nial/precos_medios.aspx?cod_sis=2>. Acesso em: 15 jul 2013.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo, e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

LEAL, A. J. F. *Culturas de cobertura, doses de nitrogênio e residual da aplicação de calcário: características químicas do solo, estado nutricional e características agrônomicas do milho*. 2008. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de Calcário. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa-MG v. 37, n.2, p. 491-501, 2013.

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

MARTIN, N.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ANGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários: custagri. *Informações econômicas*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, 1998.

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

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Desenvolvimento sustentável. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plantiodireto>>. Acesso em: dia jun 2012.

MORAES, J. F. L.; BELLINGIERI, P. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GALON, J. A. Efeito de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca – 80. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 438 – 447, 1998.

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, n.3, p. 71-81, 2001.

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. 20 p.

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F.A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 34, n.2, p. 409-416, 2010.

NORONHA, J. F. *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e avaliação econômica*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.

OLIVEIRA, M. N.; XAVIER, J. H. V.; SILVA, F. A. M.; SCOPEL, E.; ZOBY, L. F. Efeitos da introdução do sistema de plantio direto de milho por agricultores familiares do município de Unaí, MG. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 51-60, jan./mar., 2009.

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, n 2, p. 121-131, 2003.

PÖTTKER, D. Correção da acidez do solo em lavouras sob plantio direto e campo nativo. In: KAMINSKI, J. *Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto*. Pelotas: SBRS - Núcleo Regional Sul, 2000. p. 77-94.

PÖTTKER, D; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n.1, p. 675-684, 1998.

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

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

RAIJ, B van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.) *Recomendações de adubação calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (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-MG. **Resumos...** Caxambu: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 32-33.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; CORREIA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol. *Agronomy Journal*, Madison, v. 72, p. 40-44, 1980.

ROSSATO, O. B.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; GIROTTI, E.; LOURENZI, C. R.; ADORNA, J. A.; VIEIRA, R. C. B.; LORENSINI, F. Resposta do milho a modos de aplicação de calagem e adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007. Gramado. *Anais...* Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

SANTOS, F. C.; RESENDE, A. V. *A importância da calagem para a agropecuária*. Porto Alegre-RS, 2009. Disponível em: <
<http://www.agrolink.com.br/noticias/NoticiaDetalhe.aspx?codNoticia=102465>>.
Acesso: 5 junho 2012.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. *Uso do gesso agrícola nos solos do cerrado*. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2005. 19 p. (Circular Técnica, 32). Planaltina – DF.

WIETHÖLTER, S. Histórico e perspectivas da prática de calagem no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p. 1 - 28.

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

ANEXOS

Anexo A1- Vista da área realizando retirada do solo para análises, um ano após aplicação de calcário e gesso, 2012.



Anexo A2- Avaliações fitotécnicas da soja após colheita, 2012.



Anexo A3- Aspecto visual da cultura do feijão com 5 dias após a semeadura em 2012.



Anexo A4- Aspecto visual da cultura do feijão com 7 dias após a semeadura em 2012.



Anexo A5- Aspecto visual da cultura do feijão com 27 dias em 2012.



Anexo A6- Aspecto visual da cultura do feijão com 55 dias em 2012.



Anexo A7- Coleta de plantas de feijão para avaliações fitotécnicas em 2012.



Anexo A9- Aspecto visual da cultura do milho safra 2012/13.

