

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



**GESO E FÓSFORO NA SUCESSÃO SOJA/MILHO SAFRI-
NHA**

Guilherme Filgueiras Soares
Engenheiro Agrônomo

Janeiro – 2016

JATAÍ - GOIÁS – BRASIL

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**GESSO E FÓSFORO NA SUCESSÃO SOJA/MILHO SAFRI-
NHA**

Guilherme Filgueiras Soares

Orientador: Simério Carlos Silva Cruz

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Janeiro – 2016

Soares, Guilherme Filgueiras

Gesso e Fósforo na Sucessão Soja/Milho Safrinha [manuscrito] /
Guilherme Filgueiras Soares. - 2016.

xiii, 74 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade
Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, Programa de Pós Gradua-
ção em Agronomia, Jataí, 2016.

Bibliografia.

Inclui fotografias, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

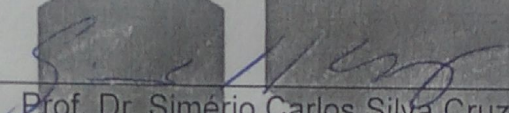
1. *Glycine max* (L.). 2. *Zea mays*. 3. Lixiviação de bases. 4. Seme-
adura direta. I. Cruz, Simério Carlos Silva, orient. II. Título.

CDU 631/635

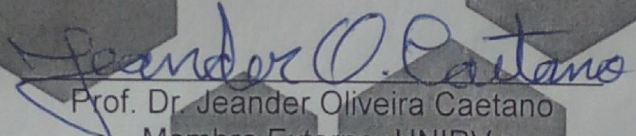
GUILHERME FILGUEIRAS SOARES

TÍTULO: "Gesso e Fósforo na Sucessão soja/milho safrinha"

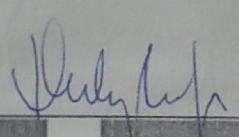
Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 22 de fevereiro de 2016,
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



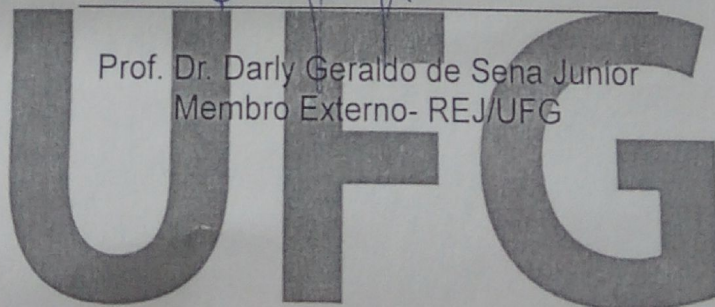
Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz
Presidente – CAJ/UFG



Prof. Dr. Jeander Oliveira Caetano
Membro Externo- UNIRV



Prof. Dr. Darly Geraldo de Sena Júnior
Membro Externo- REJ/UFG



UFG

Jataí - Goiás
Brasil

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GUILHERME FILGUEIRA SOARES- nasceu em 30 de março de 1990 em Anápolis - GO. Formou-se Bacharel em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Goiás no ano de 2013. Realizou sua iniciação científica de 2011 a 2013 pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PBIC/UEG, orientado pelo Professor Doutor Simério Carlos Silva Cruz e Professora Doutora Doara Marchiori Silva Neves, docentes da mesma instituição. Atualmente cursa Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Goiás, orientado pelo Professor Doutor Simério Carlos Silva Cruz, onde desenvolve trabalhos referentes à fertilidade do solo e nutrição de plantas.

Aos meus pais, Adão de Souza Soares e
Francisca Risonele Filgueiras.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me abençoar e iluminar em todos os momentos de minha vida e permitir à realização de mais um sonho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz, pelos conhecimentos repassados, pela oportunidade, atenção, confiança e amizade.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG – Regional Jataí.

Em especial a minha mãe Francisca Risonele Filgueiras por dedicar sua vida a realização dos meus sonhos e estar sempre ao meu lado apoiando e dando forças.

Ao meu pai Adão de Souza Soares pelo apoio e por estar ao meu lado em todos os momentos;

Aos meus irmãos, Giulia Filgueiras Soares, Gustavo Filgueiras Soares e Gabriela Filgueiras Soares, pela força, confiança e companheirismo;

A Helen Thamís Cassimiro Bueno, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos;

Ao Tiago Camilo Duarte, pela ajuda na condução do experimento, apoio e amizade;

Ao Técnico do laboratório de solos, Marcos Humberto Silva de Assis, pelo total apoio na realização das análises de solo;

Ao Wesley Xavier Barbosa pela ajuda na condução do experimento;

Aos colegas que me apoiaram e ajudaram nos momentos difíceis tanto na minha vida profissional e pessoal.

A todos os meus familiares, que me apoiaram nessa longa jornada da graduação e pós-graduação;

A todos que colaboraram para o sucesso desse trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1. Soja.....	18
2.2. Milho.....	19
2.3. Gesso agrícola.....	19
2.4. Gesso agrícola na cultura da soja.....	19
2.5. Gesso agrícola na cultura do milho.....	20
2.6. Fósforo.....	20
2.7. Gesso associado ao fósforo.....	20
2.8. Semeadura direta.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Localização da área experimental.....	22
3.2. Clima.....	22
3.3. Solo.....	23
3.4. Tratamento e delineamento experimental.....	23
3.5. Instalação e condução da cultura da soja.....	24
3.5.1. Avaliações fitotécnicas da cultura da soja.....	24
3.5.1.1. Índice SPAD.....	24
3.5.1.2. Índice de área foliar.....	24
3.5.1.3. Massa de plantas secas.....	24
3.5.1.4. Análise química foliar.....	24
3.5.1.5. População final de plantas.....	25
3.5.1.6. Número de vagens.....	25
3.5.1.7. Massa de mil grãos.....	25
3.5.2. Produtividade de grãos de soja.....	25
3.6. Instalação e condução da cultura do milho.....	25
3.6.1. Avaliação fitotécnica da cultura do milho.....	26
3.6.1.1. Índice SPAD.....	26
3.6.1.2. Índice de área foliar.....	26
3.6.1.3. Massa de plantas secas.....	26
3.6.1.4. Altura de plantas.....	26
3.6.1.5. Altura de inserção da primeira espiga.....	26
3.6.1.6. Diâmetro de colmo.....	26
3.6.1.7. Análise química foliar.....	27
3.6.1.8. População final de plantas.....	27

3.6.1.9.Número de espigas.....	27
3.6.1.10.Comprimento médio de espiga.....	27
3.6.1.11.Número de fileiras de grãos por espiga.....	27
3.6.1.12.Número de grãos por espiga.....	27
3.6.1.13.Massa de mil grãos.....	28
3.6.2.Produtividade de grãos de milho.....	28
3.7.Análise química do solo.....	28
3.8. Análise química do gesso.....	28
3.9.Análise estatística.....	29
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1.Resposta da soja à aplicação de gesso e fósforo.....	30
4.2.Resposta do milho à aplicação de gesso e fósforo.....	33
4.3.Características químicas do solo.....	38
5.CONCLUSÕES.....	58
6.IMPLICAÇÕES.....	58
7.LITERATURA CITADA.....	59

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha

Resumo: A utilização de gesso agrícola com o objetivo de aumentar o crescimento radicular em profundidade faz-se necessário, uma vez que a calagem superficial, como se preconiza no sistema plantio direto, limita o efeito corretivo do calcário às camadas superficiais. Desta forma, o maior desenvolvimento do sistema radicular proporcionado pelo uso do gesso agrícola, pode aumentar a eficiência de absorção de fósforo pelas plantas em função do maior volume de solo explorado. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito do gesso agrícola associado à adubação fosfatada sobre as características químicas do solo, nutrição mineral, desenvolvimento e rendimento das culturas da soja e do milho safrinha, sob semeadura direta. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, com delineamento experimental constituído de 15 tratamentos estabelecidos em blocos casualizados em esquema fatorial 5x3, com 4 repetições. O primeiro fator correspondeu a doses de gesso (0, 1, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹) e o segundo fator correspondeu a doses de fósforo (0, 50 e 100% da dose recomendada para a cultura da soja). Foram avaliados na cultura da soja o índice SPAD, índice de área foliar, matéria seca, teores foliares de nutrientes, população final de plantas, número de vagens, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Para o milho foi avaliado o índice SPAD, índice de área foliar, massa seca de plantas, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo, teores foliares de nutrientes, população final de plantas, número de espigas, comprimento médio de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos. O gesso proporciona incrementos nos teores de clorofila em plantas de soja. A aplicação de gesso proporciona aumento nos teores foliares de Ca e S e decréscimo nos teores de Mg e K nas culturas da soja e milho. O desbalanço da relação N/K nas folhas de milho, proporcionadas pelas crescentes doses de gesso, reduz a área foliar da cultura do milho. O gesso não interfere nas produtividades de soja e do milho safrinha no primeiro ano de cultivo após aplicação. Após 10 meses da aplicação o gesso aumenta os teores de P, Ca e S em todo o perfil e diminui os teores de Mg e K.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.), *Zea mays*, lixiviação de bases, semeadura direta

Gypsum and phosphorus in soybean / corn second crop

Abstract: The use of gypsum with the aim of increase the root growth in depth it is necessary to, because liming in no tillage system, limits the corrective effect the superficial layer. Therefore, the greater root development with gypsum, may increase the absorption of phosphorus efficiency by plants the higher soil volume explored. The objective of this study was to evaluate the effect of gypsum associated with phosphate fertilization, in the soybean and second crop corn cultures development and yield, under no tillage system. The experiment was carried out in Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, with 15 treatments established in a split plot randomized block design, in a 5x3 factorial scheme, with four replications. The first factor corresponded to gypsum rates (0, 1, 2, 4 and 8 Mg ha⁻¹) and the second factor corresponded phosphorus rates (0, 50 and 100% of recommended rate for soybean crop). In soybean was evaluated chlorophyll content, leaf area index, dry matter, leaf chemical analyses, final plant population, number of pods, mass of thousand grains and grain yield. For corn was evaluated chlorophyll content, leaf area index, dry matter of plants, plant height, height of the first ear, stem diameter, leaf chemical analyses, final plant population, number of ears, average length of ear, number of lines and grains in each ear, mass of thousand grains and grain yield. The gypsum provides increases in soybean chlorophyll content. The gypsum application provides increases in Ca and S content leaf and decrease in Mg and K contents in soybean and corn crops. The disbalance N/K relation in corn leaves, provided by increasing gypsum rates, reduces the leaf area in corn culture. The gypsum don't interfere in soybean and corn second crop yield in first year after application. Ten months gypsum application increases the P, Ca and S contents in all soil profile and decrease the Mg and K contents.

Key-words: *Glycine max* (L.), *Zea mays*, base leaching, no tillage system

1. INTRODUÇÃO

O potencial produtivo dos solos do Cerrado foi alcançado graças ao uso de calcário, um corretivo agrícola que promove a correção do pH e do alumínio tóxico do solo, além de fornecer cálcio e magnésio às plantas. Entretanto, somente essa prática de correção do solo, vem sendo bastante questionada, pois, a calagem superficial sem revolvimento do solo como se preconiza no sistema plantio direto, limita o efeito corretivo do calcário às camadas superficiais. Sendo assim, a associação de gesso agrícola à calagem pode aumentar o efeito do calcário além dos primeiros centímetros do perfil, pois o gesso mesmo aplicado sem incorporação atinge o subsolo aumentando o suprimento de cálcio e neutralizando o alumínio tóxico.

O gesso agrícola é um subproduto da indústria de adubos fosfatados que contém principalmente sulfato de cálcio e pequenas concentrações de P e F (CAIRES et al., 2003; SÁVIO et al., 2011). Pode ser utilizado como fonte de Ca^{+2} e como condicionador de subsuperfície do solo, reduzindo a toxicidade de Al^{+3} (BROCH et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009).

Nos solos em que há baixa concentração de alumínio e cálcio, utiliza-se o gesso para fornecimento de cálcio (RITCHEY et al., 1982), o que proporciona melhor crescimento de raízes em profundidade, permitindo maior eficiência na absorção de água e nutrientes (CAIRES et al., 1998), com destaque para o fósforo (P) em função da sua baixa mobilidade no solo.

O P é um elemento muito importante para o desenvolvimento das culturas (RESENDE et al., 2011), entretanto, os solos tropicais, sendo grande parte destes encontrados no domínio morfoclimático do Cerrado, apresentam, normalmente, baixa concentração de P disponível e alto poder de “fixação” ou “retenção” do P fornecido via adubação (EBERHARDT et al., 2008).

O maior desenvolvimento do sistema radicular proporcionado pelo o uso do gesso agrícola, frequentemente relatado na literatura (RAIJ, 1988; CAIRES et al. 1999; 2003; GARBUIO, 2006; Zandoná et al., 2015), pode aumentar a eficiência de absorção de fósforo pelas plantas em função do maior volume de solo explorado, uma vez que esse nutriente é praticamente imóvel no solo. Segundo Rosolem et al. (1994), os principais fatores que afetam a absorção de P pelas plantas são a taxa de crescimento radicular, a concentração do P na solução do solo e raio médio das raízes. Desta forma, torna-se fundamental que haja crescimento abundante de raízes durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta, proporcionando maior volume de solo explorado.

Sendo assim, há a hipótese de que a associação de doses de gesso agrícola com a adubação fosfatada pode ser uma alternativa para diminuir o teor de alumínio tóxico no solo e conseqüentemente, reduzir a fixação do fósforo, aumentando assim, a eficiência no uso de adubos fosfatados solúveis em água os quais são de elevado custo para o produtor.

No entanto, alguns autores chamam a atenção para possíveis perdas de cátions, por lixiviação, ao se utilizar doses elevadas de gesso, principalmente K^+ e Mg^{2+} (CAIRES et al., 1998; 1999; 2003; 2004; SORATTO & CRUSCIOL, 2008; RAMPIM et al., 2011; RAMOS et al., 2013; ZANDONÁ et al., 2015), o que pode acarretar desbalanço e/ou deficiência nutricional nas plantas.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito do gesso agrícola associado à adubação fosfatada sobre as características químicas do solo, nutrição mineral, desenvolvimento e rendimento das culturas da soja e do milho safrinha, sob semeadura direta.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) originária do leste da Ásia, principalmente no norte da China (AGNOL et al., 2007) é uma leguminosa herbácea anual cujo alto teor protéico de seus grãos (38%) em média e sua fácil adaptação aos diversos tipos de clima e fotoperíodo, a colocam entre as principais oleaginosas do mundo (BERTRAND et al., 1987).

Essa espécie foi introduzida no Brasil em 1882 e considerada uma cultura de importância econômica na década de 70, na região sul do país. A partir da década de 80, foi que esta cultura expandiu para os estados de Goiás, oeste de Minas Gerais, Bahia, sul do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Várias causas contribuíram para a expansão desta cultura nesta região, porém vale destacar o desenvolvimento de cultivares adaptadas as regiões do cerrado (AGNOL et al., 2007) e as tecnologias de correção do solo.

Hoje é considerada a mais importante fonte de proteína e óleo vegetal, em função da qualidade e do baixo custo de produção (GODOY & CANTERI, 2004). Segundo Wilcox (2004), a soja é a oleaginosa mais cultivada no mundo, sendo a principal *commodity* agrícola do Brasil na atualidade.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de grãos de soja e o segundo exportador mundial de farelo e óleo de soja, garantindo ao país um papel de grande potencial para o produto (SILVA et al., 2011). A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada com grãos do país (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2015).

De acordo com 12º levantamento realizado pela CONAB (2015), a cultura apresentou crescimento de 1,9 milhão de hectares, fazendo com que a safra brasileira de soja atingisse na temporada 2014/15 o recorde de 96,24 milhões de

toneladas, representando um incremento de 11,8% em relação ao ocorrido no exercício anterior.

A Região Centro-Oeste é tida como a maior produtora da oleaginosa do país. Na safra 2014/2015, essa região sofreu grande redução na produtividade decorrente ao forte estresse hídrico ocorrido entre a segunda quinzena de novembro de 2014 e a primeira quinzena de janeiro de 2015, causando impacto negativo no desenvolvimento das lavouras (CONAB, 2015).

Segundo Bonato et al. (1998) ao longo do ciclo, a soja está sujeita a estresses causados pelas necessidades hídricas, térmicas e fotoperiódicas que resultam na redução tanto da produtividade quanto da qualidade do produto, sendo o estresse hídrico um dos principais fatores que interferem na produtividade.

Dessa forma há necessidade de identificar manejos e técnicas para reduzir os prejuízos gerados pelos períodos de déficit hídrico. A aplicação de doses de gesso visando melhorias químicas das camadas subsuperficiais do solo seria um desses manejos, pois pode proporcionar maior desenvolvimento radicular, o que permite melhor exploração da água do solo, conferindo à planta melhor capacidade de adaptação às condições de baixa disponibilidade de água.

2.2. Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta pertencente a família Poaceae, originária da América Central, sendo cultivada em praticamente todas as regiões do mundo (MATOS et al., 2006). Devido à sua multiplicidade de aplicações, quer na alimentação humana quer na alimentação animal, assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria-prima agroindustrial (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

A produção mundial de milho concentra-se basicamente em três grandes produtores, Estados Unidos, China e Brasil. A produção total desses países representam aproximadamente 65,62% da produção mundial de milho (USDA, 2015).

O milho se consolida como a segunda cultura mais importante para a agricultura brasileira. Os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015) demonstram que o cereal representou 42,05% de toda a produção de grãos

do país na safra 14/15, com 84,72 milhões de toneladas produzidas. Segundo Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (2016), a exportação de milho do Brasil em 2015 foi a 2ª maior da história.

Cultivado em diferentes sistemas produtivos, o milho está presente principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. A região Centro-Oeste, maior produtora de milho segunda safra, representou 67,62% da produção brasileira de milho na segunda safra de 2014/2015, que corresponde a 36,84 milhões do total de 54,48 milhões de toneladas. A expectativa que se tinha para o plantio nessa região para a segunda safra 2014/2015, era de que ocorresse uma leve redução na área, comparado com o ocorrido no ano anterior devido aos atrasos na semeadura da soja safra. No entanto, as condições climáticas favoráveis ocorridas nessa região, permitiram o aumento de 15,6% na produção da região Centro-Oeste em relação ao ano anterior (CONAB, 2015).

Em ambos os períodos de semeadura, safra e safrinha é comum à cultura sofrer períodos de estresse por deficiência hídrica intermitente ou no final do ciclo, contribuindo para a redução do rendimento de grãos. O efeito negativo da deficiência hídrica pode ser agravado pelo desenvolvimento limitado do sistema radicular da cultura, decorrente da toxidez de alumínio observada nas camadas subsuperficiais do perfil dos solos típicos de cerrado (HEINEMANN et al., 2009). Sendo assim o uso do gesso agrícola pode ser uma alternativa para proporcionar um melhor desenvolvimento radicular, uma vez que o mesmo é um condicionador de subsuperfície, neutralizando o alumínio tóxico do solo.

A cultura do milho nos últimos anos vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade. Entre essas tecnologias, destaca-se a necessidade da melhoria na qualidade dos solos, geralmente relacionada ao adequado manejo, através da rotação de culturas, plantio direto e o manejo da fertilidade, com uso da calagem, gessagem; adubação equilibrada com macro e micronutrientes (COELHO, 2006).

2.3. Gesso agrícola

O gesso pode ser encontrado na forma de materiais minerados ou como subproduto da fabricação de ácidos fosfóricos (SHAINBERG et al., 1989). As

espécies minerais são encontradas em depósitos evaporíticos originados de antigos oceanos, em que no Brasil estão distribuídas principalmente nos estados da Bahia, Pará e Pernambuco (BALTAR et al., 2004).

O subproduto da indústria de ácido fosfórico originário da reação de ácido sulfúrico sobre a rocha fosfatada, realizada com o fim de produzir ácido fosfórico (RAIJ, 1988) é denominado de gesso agrícola ou fosfogesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Esse fertilizante contém principalmente sulfato de cálcio e pequenas concentrações de P e F (CAIRES et al., 2003; SÁVIO et al., 2011). Somente no Brasil, cerca de 4,5 milhões de toneladas de gesso agrícola são produzidos anualmente (VITTI, 2000) sendo que para cada tonelada de P_2O_5 ocorre uma produção de 4,5 t de gesso agrícola (PINTO, 2007).

O gesso é um sal solúvel, recomendado para solos que apresentam baixos teores de cálcio, enxofre, e para neutralização do alumínio trocável no subsolo (RAIJ, 2008). A dissociação do gesso na solução do solo libera os íons Ca^{+2} e SO_4^{-2} . Aproximadamente 40% do total de cálcio solúvel está presente como sulfato de cálcio (CaSO_4) e, portanto, potencialmente móvel no solo (PAVAN et al., 1984). Por ter alta solubilidade no solo, o gesso fornece rapidamente o cálcio, que pode ser lixiviado em profundidade, melhorando a fertilidade e aumentando a exploração das raízes (ROSSETTO & SANTIAGO, 2011).

O gesso aplicado na superfície do solo movimentar-se, com facilidade ao longo do perfil, sob a influência da percolação da água (SORATTO, 2005). A alta mobilidade do gesso tem sido atribuída à sua maior solubilidade e à presença do ânion estável (SO_4^{2-}). Outro fato que contribui para a maior lixiviação desse material é que nas condições da camada arável de solos cultivados, onde prevalecem cargas negativas elevadas, acidez corrigida e teores consideráveis de fósforo, a permanência de sulfatos é desfavorável (RAIJ, 1988).

O íon sulfato do gesso pode ainda, promover o carreamento de outras bases, como Mg e K das camadas superficiais do solo, para maiores profundidades (SILVA et al., 1997; CAIRES et al., 2003), promovendo assim melhor distribuição desses cátions no perfil. Em trabalhos conduzidos por Caires et al. (1998) foi possível observar intensa lixiviação de magnésio com a aplicação de gesso, no entanto não verificaram grandes variações nos teores de potássio ao longo do perfil. Assim, deve-se conciliar a aplicação de calcário dolomítico para compensar as perdas de

magnésio trocável, quando for aplicado doses elevadas de gesso no solo (CAIRES et al., 2004), evitando-se, dessa forma, problemas com relação a nutrição das plantas cultivadas após a gessagem.

O gesso tem outra grande importância como fonte de enxofre, elemento essencial para as plantas e que sua ausência pode, muitas vezes, limitar a produção das culturas (MORAES et al., 1998). Outro aspecto relacionado a esse material é a melhoria da eficiência de absorção de outros nutrientes, principalmente o fósforo, devido, entre outros fatores, à melhoria do ambiente radicular. O fósforo, mesmo sendo encontrado em baixas concentrações (0,7 a 0,9% de P_2O_5) no gesso agrícola, pode ser considerado uma impureza importante para a nutrição das plantas quando o gesso é aplicado em doses elevadas (SUMNER et al., 1986; CAIRES et al., 2003).

A recomendação para aplicação de gesso é quando a saturação por alumínio for maior que 20% ou o teor de cálcio for menor que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo, nas camadas de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm, tendo ainda que considerar o teor de argila do solo, para determinar a dose de gesso agrícola, para culturas anuais através da fórmula: $NG(\text{kg ha}^{-1}) = 5 \times g \text{ kg}^{-1}$ de argila (SOUSA et al., 2007). No entanto, estudo realizado em sistema de plantio direto mostrou aumento na produção de milho com a adição de gesso em solos que não tinham níveis tóxicos de Al^{3+} e que apresentavam teores suficientes de Ca^{2+} , tanto nas camadas superficiais, quanto nas camadas subsuperficiais (GARBUIO, 2006).

Contudo, geram-se dúvidas sobre as condições em que se podem esperar efeitos favoráveis do gesso nas produções das culturas e sobre o método de recomendação do produto (CAIRES et al., 2003), sendo ele associado ou não ao calcário aplicado em superfície ou mesmo incorporado ao solo. Incrementos importantes têm sido encontrados com a aplicação de gesso na cultura do milho, porém, há ausência de resposta ao gesso aplicado na cultura da soja (CAIRES et al., 1999).

2.4. Gesso agrícola na cultura da soja

O uso de gesso agrícola pode ser uma alternativa por proporcionar maior desenvolvimento radicular e conseqüentemente maior volume de solo explorado principalmente em profundidade. Segundo Nuernberg et al. (2005), quando o gesso

é aplicado ao solo, há maior crescimento radicular das culturas, o que resulta em resposta positiva sob condições de deficiência hídrica.

Zandoná et al. (2015) observou que o efeito do gesso foi mais pronunciado, em razão da ausência de chuva no estágio de florescimento da cultura da soja, no final do mês de janeiro. A melhora na fertilidade do solo em subsuperfície possivelmente permitiu melhor desenvolvimento radicular favorecendo a absorção de água das camadas mais profundas do solo e proporcionando maior tolerância ao déficit hídrico.

Incrementos de produtividade para a cultura da soja foram encontrados por Sousa et al. (2005). Esses autores obtiveram aumento próximo de 300 kg ha⁻¹, com a aplicação de gesso agrícola, em áreas de ocorrência de veranicos no período de florescimento da cultura da soja.

No entanto, diversos trabalhos tem mostrado ausência de resposta ao gesso aplicado na cultura da soja (CAIRES et al., 1998; 1999; 2003; NEIS et al., 2010; RAMPIM et al., 2011; MODA et al., 2013).

2.5. Gesso agrícola na cultura do milho

A aplicação de gesso agrícola promove favoráveis condições químicas do solo as quais Shainberg et al. (1989) relata, que resultam em um maior desenvolvimento do sistema radicular, acarretando em aumento na produção do milho.

Nora et al. (2014) verificando a influência do gesso agrícola, combinado com calcário dolomítico, nos parâmetros químicos das camadas subsuperficiais do solo e sua relação com a produtividade do milho, observaram que o tratamento com maiores doses de gesso combinado com calcário apresentou as maiores produtividades da cultura.

Segundo Caires et al. (1999) o milho apresentou resposta à aplicação de gesso em decorrência do fornecimento de enxofre, da melhoria do teor de cálcio trocável, da redução da saturação por alumínio e do aumento da relação Ca/Mg do solo. A aplicação de gesso agrícola, associada à calagem, foi uma estratégia eficiente para maximizar a produção de milho (CAIRES et al., 2004). Incremento na

produtividade de milho foram observadas por Caires et al. (2011) na ausência de déficit hídrico, em Latossolo.

O gesso aumentou a produtividade de grãos de milho, mesmo na ausência de déficit hídrico em trabalhos conduzidos por Zandoná et al. (2015). Esses autores justificam que a resposta em produtividade da cultura do milho à gessagem relaciona-se à melhoria dos atributos químicos do solo, como o incremento nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} em todo o perfil, aumento nos teores de P na camada de 0-10 cm e decréscimo da saturação por Al^{3+} na camada subsuperficial.

2.6. Fósforo

Dos macronutrientes essenciais às plantas, o fósforo é o elemento que limita mais frequentemente a produção das culturas na região dos cerrados. Isso, por apresentar-se em formas pouco disponíveis aos vegetais e pelas características de elevada adsorção dos solos dessa região (SANTOS & KLIEMANN 2005).

Deficiências de fósforo ocorrem em solos ricos em ferro e alumínio, nos quais o fósforo é fixado em formas menos solúveis (MALAVOLTA, 1984). Segundo Hansel (2013) a principal característica da dinâmica do fósforo no solo é a sua imobilidade. Praticamente todo o fósforo na forma solúvel advinda da fertilização ou de resíduos orgânicos é convertido no solo para formas insolúveis poucas horas após a aplicação.

São comumente observadas plantas deficientes em fósforo em todos estados produtores do país (MALAVOLTA et al. 1986), uma vez que estes solos requerem grandes quantidades de fertilizantes fosfatados para a correção da fertilidade. Como os teores de fósforo disponível em solos intemperizados de ecossistemas naturais são baixos, diversos mecanismos são utilizados pelas plantas e organismos adaptados para aumentar a eficiência de absorção de fósforo como o aumento da relação raiz/parte aérea, as mudanças na morfologia das raízes, o aumento de pêlos radiculares e a associação com fungos micorrízicos (GATIBONI, 2003).

A grande maioria do fósforo absorvido pela planta, mais de 90%, é proveniente do transporte difusivo no solo, sendo este de crucial importância para a nutrição da planta e garantia de resposta em produtividade de grãos. A habilidade das plantas de absorver o fósforo do solo irá depender da concentração dos íons em

solução na superfície das raízes e da área da superfície radicular em contato com a solução (JONES & JACOBSEN, 2001).

O crescimento do sistema radicular, também tem influência direta sobre a absorção desse elemento. De acordo com Yamada (2002) o modelo mecanístico de Barber-Cushman mostrou que a absorção de fósforo é influenciada pela taxa de crescimento radicular, concentração inicial na solução e diâmetro médio das raízes, sendo fundamental que haja boa taxa de crescimento durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta, proporcionando um sistema radicular amplo e profundo.

A suplementação de fósforo na fase inicial do desenvolvimento das culturas é crucial na otimização da produção final, onde em estágios posteriores sua limitação demonstra-se menos relacionada à produtividade (GRANT et al., 2005). O desenvolvimento da parte aérea da planta é dependente do desenvolvimento e estabelecimento do sistema radicular. A disponibilidade de fósforo no solo precisa ser alta no estágio inicial do desenvolvimento da planta, já que a mesma apresenta baixa capacidade de exploração do solo, garantindo assim um satisfatório desenvolvimento radicular (HANSEL, 2013).

A suplementação mineral de fósforo é essencial na obtenção de altas produtividades, sendo este exigido em grandes quantidades por culturas altamente produtivas (STAUFFER & SULEWSKI, 2003). Por este motivo, o uso de fertilizantes minerais fosfatados aumentou expressivamente em todo o mundo nas últimas décadas, principalmente em solos intemperizados como no Brasil que apresentam grande resposta à fertilização fosfatada (VALADÃO JÚNIOR et al., 2008).

Diversos adubos fosfatados são encontrados no comércio, distinguindo-se na concentração de fósforo e na sua solubilidade (RAIJ, 1991). As principais fontes de fósforo utilizadas no Brasil são as fontes solúveis, tais como o superfosfato simples, superfosfato triplo e monoamônio fosfato que são fontes que proporcionam a pronta disponibilização do nutriente, aumentando rapidamente a concentração de fósforo na solução do solo.

Em função do custo de produção das culturas proporcionado pelos fertilizantes fosfatados, torna-se fundamental o aprimoramento de técnicas que possam aumentar a eficiência do uso desses fertilizantes.

2.7. Gesso associado ao fósforo

O fósforo é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas devido às reações de fixação que sofre no solo, pois o ânion H_2PO_4^- tem forte afinidade pela superfície dos colóides dos óxidos de ferro e alumínio (DEMATTE, 2005). Assim a aplicação de P em doses elevadas em solos intemperizados é justificada pela intensa fixação desse elemento, ocasionando baixo conteúdo de fósforo disponível (BÜLL et al., 1998; MALAVOLTA, 1999).

Neste contexto, de acordo com Sarmiento et al. (2002) um método para minimizar a fixação de fósforo é associar gesso a adubação fosfatada pois, haverá correção do perfil do solo através da neutralização do alumínio, diminuindo a fixação do fósforo e, conseqüentemente, aumento na eficiência do adubo.

O adequado fornecimento de fósforo às plantas é favorecido por um sistema radicular bem desenvolvido, um alto teor de água no solo e uma grande diferença de concentração de fósforo entre a solução mais próxima à superfície das raízes e a mais distante (RUIZ et al., 1988). O fósforo em concentrações adequadas na camada superficial pode não estar acessível à absorção das plantas em função da dificuldade da difusão em períodos que há falta de água nessa camada, pois é a primeira a perder água. Desta forma, o fósforo contido nas camadas mais profundas torna-se de fundamental importância para o suprimento desse elemento, pois possui maior conteúdo de água. No entanto esse suprimento pode ser dificultado se houver deficiência desse elemento e/ou pequena concentração da superfície radicular nessas camadas (MARTINAZZO, 2006).

Um menor crescimento radicular provocado por condições desfavoráveis impostas pelo meio, provoca decréscimo da superfície de absorção (RUIZ et al., 1988), sendo a difusão o mecanismo predominante de transporte de fósforo, a absorção desse elemento é dependente da superfície radicular (ALVES et al. 2002).

A associação do gesso com fertilizantes fosfatados além de contribuir para redução da fixação do fósforo através da solubilização do íon fosfato ligado aos compostos de alumínio favorece o desenvolvimento do sistema radicular. Diversos pesquisadores tem evidenciado o favorecimento do crescimento radicular em função das melhorias nas condições químicas das camadas mais profundas do solo com o

uso do gesso agrícola (CAIRES et al., 1998; 1999; 2003; SORATTO e CRUSCIOL, 2008; ROSSETTO & SANTIAGO, 2011).

2.8. Semeadura direta

O Brasil possui uma das maiores áreas agrícola cultivada em sistema plantio direto (FEBRAPDP 2012). Estima-se que 70% das áreas cultivadas com soja e milho no país estejam sob este manejo conservacionista de solo (EMBRAPA, 2015), fazendo do Brasil o líder mundial no uso do sistema, que ocupa mais da metade de sua área plantada (BRASIL, 2015).

A adoção deste sistema vem sendo uma das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização agrícola dos solos (BALBINO et al., 1996). Melhorias na qualidade física, química e biológica do solo são proporcionadas ao se adotar o sistema de plantio direto, pois o mesmo auxilia na redução de perdas de nutrientes e solo por erosão, acúmulo de matéria orgânica e na retenção e preservação da água no solo (COSTA et al., 2003; MENDES et al., 2003).

Esse sistema caracteriza-se pela semeadura em solo não revolvido coberto pela palha da cultura anterior, 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 (MUZILLI, 1985).

A disponibilidade de nutrientes nas camadas mais superficiais pode ser alterada, devido a adoção do sistema plantio direto, principalmente para os elementos de baixa mobilidade no solo (CENTURION et al., 1985). O constante revolvimento do solo e a incorporação de resíduos culturais modificam a CTC, teores de matéria orgânica, pH, dinâmica de íons e na agregação do solo (DE MARIA et al. 1999). Entretanto, o sistema de plantio direto e a cobertura permanente do solo, em comparação com o plantio convencional, proporcionaram aumentos no pH, CTC efetiva, nos teores de bases trocáveis e fósforo, com redução da saturação por alumínio, garantindo uma acentuada recuperação da fertilidade do solo e, conseqüentemente, um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas cultivadas (SIDIRAS & PAVAN, 1985).

Em trabalhos conduzidos por Costa (2005); Almeida et al. (2005) e Fittipaldi (2006) pode-se observar que o preparo convencional proporcionou menores teores de fósforo, provavelmente devido ao revolvimento do solo pela aração e gradagem, uniformizando as camadas avaliadas. Esses autores relatam que os maiores teores de fósforo encontrados foram no sistema plantio direto. Do ponto de vista químico em geral, os solos cultivados no plantio direto apresentam maior concentração de nutrientes e matéria orgânica na camada superficial, até 5 cm (CENTURION et al., 1985).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no município de Jataí – GO, no ano agrícola 2014/2015, na área experimental da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, cujas coordenadas geográficas são 17°55'32" S e 51°42'32" O e 685 m de altitude (Figura 1).

**Área
experimental**

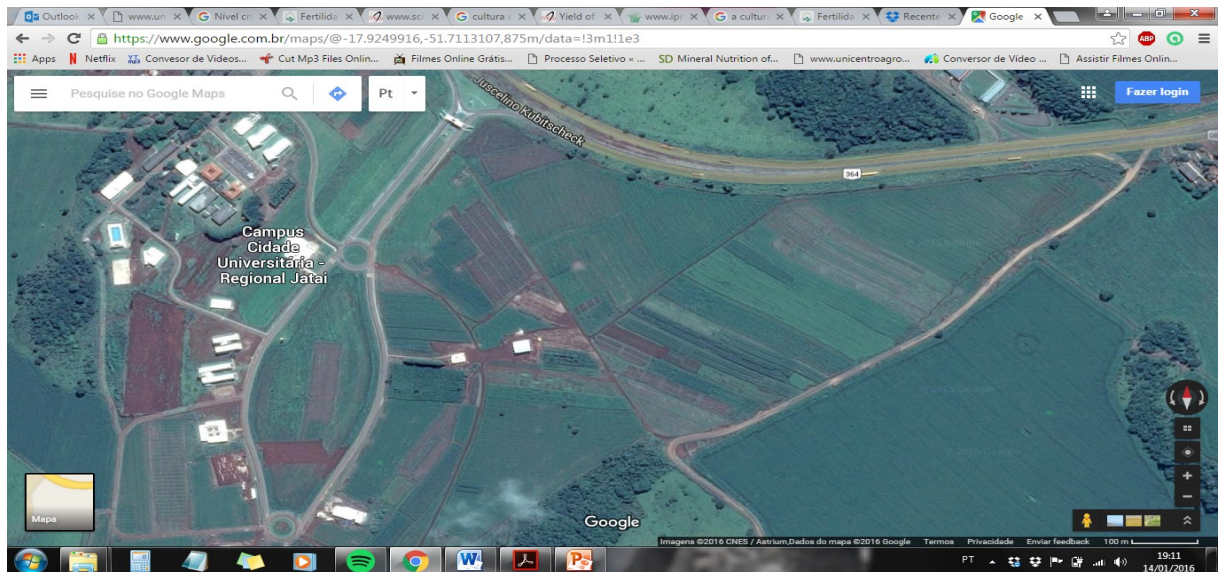


Figura . Localização da área experimental. Jataí - GO, 2014/2015. Fonte: Google Maps, 2014/2015.

3.2. Clima

O clima predominante na região é do tipo Aw, típico das savanas com duas estações bem definidas: uma seca e fria (outono e inverno) e outra quente e úmida (primavera e verão), segundo a classificação de Köppen. Os dados meteorológicos

mensurados durante o período de condução do experimento estão apresentados na Figura 2.

Figura . Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) na área experimental no período de outubro de 2014 a junho de 2015. Fonte: INMET, 2014/2015

3.3. Solo

O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (LVdf), com textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Anteriormente à instalação dessa pesquisa, a área vinha sendo cultivada com a sucessão soja/milho safrinha ou sorgo. Para a correção do solo e determinação dos níveis de adubação utilizados na cultura da soja e do milho, além da caracterização química e textural, foram coletadas 10 amostras simples para compor uma amostra composta de solo nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade (Tabela 1).

Tabela . Caracterização química e textural do solo, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, da área experimental antes da instalação do experimento. Jataí – GO, 2014

Propriedades										
Prof.	pH (H ₂ O)	M.O.	P (mel.)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V%
cm		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						
0-20	5,7	45,2	8,5	0,16	2,26	1,37	0,10	5,1	8,9	42,6
20-40	5,8	36,1	4,3	0,13	1,75	0,95	0,07	4,3	7,1	39,9

Prof.	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	m	Argila	Areia	Silte
cm	mg dm ⁻³						%	g dm ⁻³		
0-20	13,8	28,0	29,5	3,4	6,6	2,7	2,6	585	240	175
20-40	30,6	40,0	25,0	7,7	7,3	0,9	2,4			

3.4. Tratamento e delineamento experimental

O delineamento experimental foi constituído de 15 tratamentos estabelecidos em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições, tendo a área de cada parcela 11,25 m² (2,25 x 5 m) (Figura 3). O primeiro fator correspondeu às doses de gesso (0, 1, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹), sendo que essas doses representam 0, 34, 68, 136 e 273% da dose recomendada. Essa dose foi obtida através da fórmula (NG = 5 x g kg⁻¹ de argila) de Souza et al. (2007). O segundo fator correspondeu às doses de fósforo (0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Essas doses representam 0, 50 e 100% da dose recomendada por Sousa & Lobato (2004), respectivamente.

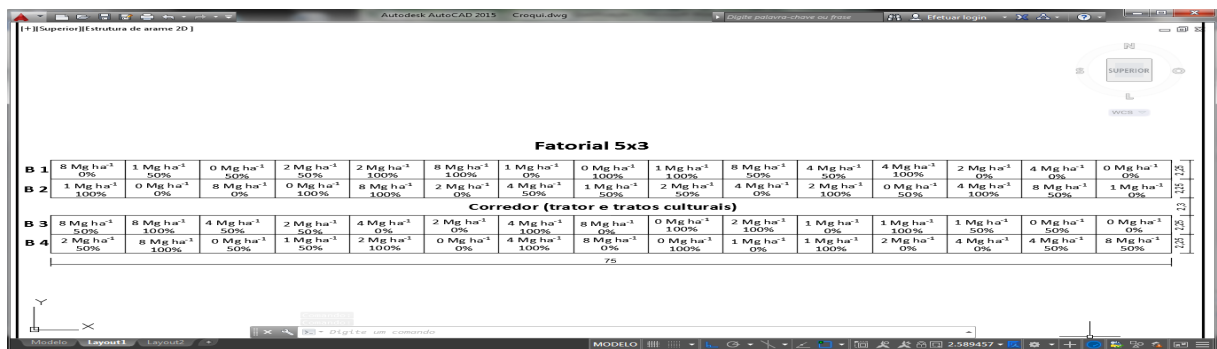


Figura . Croqui do experimento, Jataí – GO, 2015.

3.5. Instalação e condução da cultura da soja

Foi realizada a correção do solo com aplicação de 3,0 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 85%), distribuído por gravidade sem incorporação 3 meses antes da implantação da cultura da soja. O gesso foi aplicado na área 30 dias após o calcário nas respectivas doses de cada tratamento.

As doses recomendadas de P e K para a cultura da soja, de acordo com Sousa & Lobato (2004), foram 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O. Foram utilizadas como fontes o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, para o fornecimento de P e K, respectivamente. A escolha pelo superfosfato triplo deu-se pelo fato do mesmo não apresentar gesso em sua composição.

O P foi distribuído no momento da semeadura no sulco de plantio nas doses referentes a cada tratamento e o K manualmente a lanço, sobre a superfície do solo em cada parcela, com 60 kg ha^{-1} de K_2O 15 dias após semeadura e os 20 kg ha^{-1} restantes, 10 dias após a aplicação anterior.

A semeadura da soja, cultivar Anta 82 RR, de ciclo médio (112 a 114 dias) e hábito de crescimento semideterminado, foi realizada no dia 24 de outubro de 2014, utilizando semeadora de 5 linhas de tração tratorizada espaçadas 0,45 m, distribuindo-se 22 sementes por metro (Figura 4A) conforme recomendações da empresa produtora da semente. Cada parcela foi composta por 5 linhas de 5 metros de comprimento. Como área útil foram consideradas as 3 linhas centrais excluindo-se 1 m de cada extremidade, totalizando $4,05 \text{ m}^2$.

As sementes de soja foram tratadas com Carbendazim + Tiram ($30+70 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes), Imidacloprido ($45 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes), Fipronil ($30 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes) e inoculante (100 mL ha^{-1}). A colheita da soja foi realizada no dia 23 de janeiro de 2015, manualmente (Figura 4C).

O manejo de plantas daninhas foi realizado com duas aplicações em pós-emergência de 2,5 L de glifosate. Para o manejo de doenças foi realizado três aplicações preventivas de fungicidas com os produtos Opera ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$), Aproach Prima ($0,3 \text{ L ha}^{-1}$). O controle de pragas foi realizado com aplicações de inseticidas com base no nível de controle das pragas infestantes na área com a utilização dos produtos Bulldock 125 SC ($0,1 \text{ L ha}^{-1}$), Gallaxy 100 EC ($0,1 \text{ L ha}^{-1}$), Clorpirifós fersol 480 EC ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$), Nimbus ($0,35 \text{ L ha}^{-1}$), Certero ($0,07 \text{ L ha}^{-1}$), Orthene 750 BR ($0,6 \text{ L ha}^{-1}$). A soja foi dessecada para antecipação da colheita com 2 L de gramaxone.

4A

4C

4B







Figura . Semeadura da cultura da soja (A), condução da cultura da soja (B) e colheita da soja (C). Jataí – GO, 2015.

3.5.1. Avaliações fitotécnicas da cultura da soja

3.5.1.1. Índice SPAD

Quando as plantas de soja encontravam-se no início do florescimento (27 dias após emergência DAE) foi avaliado o índice SPAD, com o uso do clorofilômetro, marca ClorofiLOG® modelo CFL 1030, realizando-se 15 leituras por parcela no folíolo central do 3º trifólio contando-se do topo para a base. O índice SPAD é uma análise da intensidade do verde das folhas que correlaciona significativamente com o teor de clorofila (GIL et al., 2002).

3.5.1.2. Índice de área foliar

O índice de área foi obtido com auxílio de ceptômetro Accupar® que mede a radiação fotossinteticamente ativa sob e acima do dossel para determinação do IAF com 5 leituras por parcela na área útil no início do florescimento da cultura.

3.5.1.3. Massa de plantas secas

Também no início do florescimento da soja avaliou-se a massa de plantas secas, a qual foi determinada coletando-se 5 plantas inteiras da área útil, cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçado mantendo a temperatura entre 65 e 70°C. O tempo de secagem foi determinado por pesagens das amostras até atingirem peso constante.

3.5.1.4. Análise química foliar

Para análise foliar da cultura da soja, foram coletados o terceiro trifólio contando de cima para baixo de 20 plantas da área útil, por ocasião do início do florescimento. As folhas permaneceram em estufa a 60 °C até peso constante. Em seguida, as folhas secas, foram processadas em moinho, sendo o material seco e moído submetido à análise química para determinação dos teores de macro e micronutrientes (Zn, Mn, B e Cu) de acordo com metodologia descrita por (MALAVOLTA et al., 1997).

3.5.1.5. População final de plantas

A população final de plantas foi obtida através da contagem direta das plantas da área útil extrapolando-se o resultado para plantas por hectare.

3.5.1.6. Número de vagens

O número de vagens foi obtido através da contagem direta das vagens presentes em 10 plantas da área útil.

3.5.1.7. Massa de mil grãos

Para determinação da massa de mil grãos foi realizada a contagem ao acaso de oito repetições de 100 grãos de cada parcela, que tiveram suas massas determinadas e ajustadas para 13% de teor de água, possibilitando estimar assim a massa de 1000 grãos de acordo com a metodologia descrita em Brasil (2009).

3.5.2. Produtividade de grãos de soja

A produtividade foi obtida a partir da massa dos grãos, contidos na área útil de cada parcela mediante pesagem, e expressa em kg ha^{-1} , ajustadas para 13% de teor de água, com base nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.6. Instalação e condução da cultura do milho

As doses recomendadas de N, P e K para a cultura do milho, de acordo com Sousa & Lobato (2004), foram 150 kg ha^{-1} de N e 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O . Foram utilizadas as fontes uréia, fosfato monoamônico e cloreto de potássio, respectivamente. O P foi distribuído no momento da semeadura no sulco de plantio nas doses referentes a cada tratamento. O N e o K foram distribuídos manualmente a lanço em cada parcela. Para o N foi considerado quanto do nutriente foi adicionado com a utilização do fosfato monoamônico, e subtraído essa quantidade da aplicação realizada em cobertura 15 DAE . A aplicação de K foi parcelada em duas vezes, sendo 60 kg ha^{-1} de K_2O 15 dias após semeadura e os 20 kg ha^{-1} restantes, 10 dias após da aplicação anterior.

A semeadura do milho, Híbrido 2B587 PW RR, de ciclo precoce (138 dias), foi realizada no dia 24 de fevereiro de 2015, utilizando semeadora de 5 linhas de tração tratorizada, distribuindo-se 2,8 sementes por metro. Cada parcela foi composta por 5 linhas de 5 metros, sendo a área útil as 3 linhas centrais excluído 1 m de cada extremidade. As sementes de milho foram tratadas com Imidacloprido ($125 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes) e Thiodicarb ($700 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes).

Não houve manejo de plantas daninhas na cultura em função do estabelecimento do consórcio com *Brachiaria*, híbrido Convert HD 364, em todos os tratamentos. Para o controle de pragas e doenças houve ausência de aplicações de

inseticidas e fungicidas, pois a tecnologia PowerCore alia o controle de algumas das principais pragas do milho, como a Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), Broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*), Lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*), Lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*) e Lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*) e a tolerância às doenças *Puccinia sorghi*, *Exserohilum turcicum*, *Phaeosphaeria maydis*, *Stenocarpella macrospora*, *Puccinia polysora*, *Complexo de enfezamento*, *Cercospora zea maydis* e *Bipolaris maydis*.

3.6.1. Avaliação fitotécnica da cultura do milho

3.6.1.1. Índice SPAD

Quando as plantas de milho se encontravam no florescimento pleno (60 DAE) foi avaliado o índice SPAD com uso do clorofilômetro, marca ClorofiLOG® modelo CFL 1030, realizando-se 15 leituras por parcela.

3.6.1.2. Índice de área foliar

O índice de área foliar da cultura foi medido com auxílio de ceptômetro Accupar® que mede a radiação fotossinteticamente ativa sob e acima do dossel para determinação do IAF com 5 leituras por parcela na área útil no florescimento pleno da cultura.

3.6.1.3. Massa de plantas secas

Avaliou-se a massa de plantas secas de milho no florescimento pleno da cultura, a qual foi determinada coletando-se 3 plantas inteiras, da área útil, cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçado mantendo a temperatura entre 65 e 70°C. O tempo de secagem foi determinado por pesagens das amostras até atingirem peso constante.

3.6.1.4. Altura de plantas

Para determinação da altura de cada planta foi considerada a distância entre o nível do solo e o ponto de inserção da folha bandeira, utilizando régua de graduada em cm. Foram tomadas medidas de 10 plantas por parcela quando o milho se encontrava no estágio de florescimento pleno.

3.6.1.5. Altura de inserção da primeira espiga

Para avaliação da altura de inserção da espiga em cada planta foi considerada a distância entre o nível do solo e a inserção da primeira espiga. As medidas dessa variável foram tomadas nas mesmas 10 plantas em que se avaliou a altura.

3.6.1.6. Diâmetro de colmo

Para determinação do diâmetro do colmo, foi utilizado paquímetro digital graduado em milímetros. Foram avaliadas 10 plantas por subparcela no estágio de florescimento pleno do milho. Para medição foi considerado o primeiro entrenó a partir da superfície do solo de cada planta.

3.6.1.7. Análise química foliar

Para análise foliar da cultura do milho, foram coletadas o terço médio da folha oposta e abaixo da primeira espiga, excluída a nervura central, coletada por ocasião da inflorescência feminina (embonecamento), e recomendada para avaliar o estado nutricional dessa cultura de acordo com Martinez et al. (1999). As folhas permaneceram em estufa a 60 °C até peso constante. Em seguida, as folhas secas, foram processadas em moinho, e o material seco e moído foi submetido à análise

química para determinação dos teores de macro e micronutrientes (Zn, Mn, B e Cu) de acordo com metodologia descrita por (MALAVOLTA et al., 1997).

3.6.1.8. População final de plantas

A população final de plantas foi obtida pela contagem direta das plantas da área útil extrapolando o resultado para plantas por hectare.

3.6.1.9. Número de espigas

O número de espigas foi determinado através da contagem das espigas colhidas da área útil onde posteriormente o resultado foi extrapolado para espigas por hectare.

3.6.1.10. Comprimento médio de espiga

O comprimento da espiga foi determinado com auxílio de uma fita métrica graduada em centímetros. Foram avaliadas 10 espigas aleatoriamente por parcela.

3.6.1.11. Número de fileiras de grãos por espiga

O número de fileira de grãos por espiga foi determinado mediante contagem em 10 espigas coletadas aleatoriamente por parcela.

3.6.1.12. Número de grãos por espiga

O número de grãos por espiga foi estimado indiretamente multiplicando-se o número de fileiras de grãos por espiga pelo número de grãos por fileira.

3.6.1.13. Massa de mil grãos

Para determinação da massa de mil grãos foi realizada a contagem ao acaso de oito repetições de 100 grãos, que tiveram suas massas determinadas e ajustadas para 13% de teor de água, possibilitando estimar assim a massa de 1000 grãos de acordo com a metodologia decrita em Brasil (2009).

3.6.2. Produtividade de grãos de milho

A produtividade foi obtida a partir da massa dos grãos, contidos na área útil de cada parcela, mediante pesagem, e expressa em kg ha⁻¹, ajustadas para 13% de teor de água, com base nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

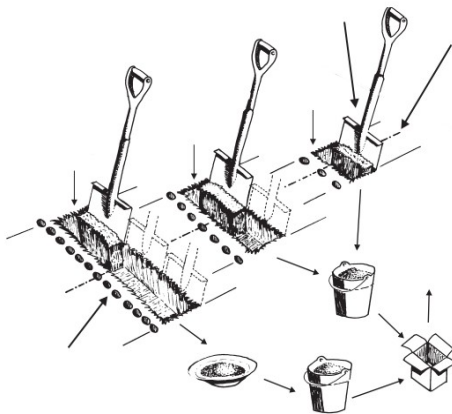
3.7. Análise química do solo

Amostras de solo foram coletadas após a colheita do milho, ao acaso, na área útil, nas linhas e entre as linhas de plantio. Coletou-se três pontos na linha e quatro pontos nas entrelinhas nas profundidades de 0-05; 05-10; 10-20 e 20-40 cm. A coleta de solo foi realizada por meio de uma broca acoplada a motosserra (Figura 5).

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, onde foram preparadas para comporem amostras de terra fina seca ao ar, para posterior análise dos componentes químicos do solo, de acordo com a metodologia de análises descrita em Embrapa (1997) (Figura 6).

2A

2B



Distancia entre linhas de 60 a 80 cm
Distancia entre linhas de 40 a 50 cm
Distancia entre linhas de 15 a 20 cm

Figura . Amostragem de solo. (A) Fonte: CQFS RS/SC (2004) e (B) Coleta na área experimental, Jataí – GO, 2015.





Figura . Rotina do laboratório de solo para caracterização química das amostras do solo. Jataí – GO, 2015.

3.8. Análise química do gesso

Amostras do gesso agrícola foram coletadas para caracterização química do mesmo, utilizando a metodologia descrita no manual de métodos analíticos oficiais – MAPA.

Tabela . Caracterização química do gesso agrícola. Jataí - GO, 2015

Propriedades						
Ca	S	P ₂ O ₅	Cu	Fe	Mn	Zn
----- % -----						
23,56	18,64	0,70	0,014	0,25	0,012	0,005

3.9. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, sendo as médias dos dados referentes às doses de P comparadas pelo teste de Tukey. Os dados referentes às doses de gesso foram submetidos à análise de regressão calculada para equações lineares e quadráticas e aceitas quando significativas até 5% de probabilidade pelo teste F.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resposta da soja à aplicação de gesso e fósforo

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores de macronutrientes nas folhas da soja se encontra na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (valores de F): bloco, gesso, fósforo e suas interações para os teores foliares de macronutrientes da soja. Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	10,11 **	8,42 **	1,71 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,37 ^{ns}	4,23 ^{ns}
Gesso (F1)	1,32 ^{ns}	1,66 ^{ns}	5,13 ^{ns}	17,85 ^{ns}	16,67 ^{ns}	4,86 ^{ns}
Fósforo (F2)	0,37 ^{ns}	1,02 ^{ns}	2,99 ^{ns}	2,77 ^{ns}	3,89 *	0,11 ^{ns}
F1 x F2	1,44 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,52 ^{ns}
Regressão Polinomial						
Reg. Linear	2,00 ^{ns}	2,20 ^{ns}	13,12 **	70,96 **	65,67 **	14,71 **
Reg. Quadrática	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,11 ^{ns}

^{ns} Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não Significativo ($p \geq 0,05$).

Verifica-se que, para o fator de variação doses de P, somente o nutriente Mg apresentou comportamento diferente entre as doses avaliadas. No tratamento em que foram aplicados 100% da dose de P recomendada, os teores de Mg foram superiores, diferente aos obtidos no tratamento onde não se aplicou o nutriente, os quais apresentaram menores valores (Tabela 4).

A explicação para a redução nos teores de Mg nas folhas com as decrescentes doses de P é que a disponibilidade do nutriente P é um fator decisivo para a mo-

bilização, absorção e a translocação do Mg para dentro da planta (ZHONG et al. 1993). Com isso onde se realizou aplicação de 100% da dose de P

recomendada, a planta teve maior acesso a esse nutriente e conseqüentemente absorveu mais Mg do solo quando comparado as menores doses de P.

Tabela . Média dos teores de Magnésio (Mg) em folhas de soja, avaliando-se isoladamente as doses de fósforo, Jataí, GO, 2015.

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
0	3,29 b
40	3,45 ab
80	3,53 a
DMS	0,22
CV%	7,22

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o fator de variação doses de gesso, os teores dos macronutrientes, K, Ca, Mg e S ajustaram-se a equação de regressão linear, como pode ser observado na Tabela 3. Verificou-se que os teores de Ca e S aumentaram com o aumento das doses de gesso aplicadas (Figura 7A e 7B). Esse incremento de Ca e S nos teores foliares eram esperados, visto que esse corretivo é fonte direta desses nutrientes (Tabela 2).

Figura . Teor foliar de Ca (A) e teor foliar de S (B) da cultura da soja em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2015 (** significativo a 1% de probabilidade).

Resultados semelhantes foram observados por Caires et al. (2003), os quais verificaram aumento linear nas concentrações no tecido foliar da soja de S no primeiro ano de cultivo e de Ca no terceiro ano de cultivo, com as doses de gesso aplicadas. Gelain et al. (2011) também verificaram aumento nos teores foliares de S com a aplicação de gesso agrícola, o qual observou aumento de 8% nos teores foliares desse elemento na dose de 1.920 kg ha⁻¹ de gesso.

Os teores de Mg e K (Figura 8A e 8B) reduziram com o aumento das doses de gesso, mostrando que a aplicação de altas doses de gesso diminui as concentra-

ções desses íons nas folhas da soja. Os níveis considerado crítico desses elementos na folha de soja são de 4 e 17 g kg⁻¹, respectivamente (MARTINEZ et al., 1999).

Figura . Teor foliar de Mg (A) e teor foliar de K (B) da cultura da soja em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2015 (** significativo a 1% de probabilidade).

A explicação para estes resultados está na ocorrência de inibição competitiva para o K e o Mg em relação à elevação dos níveis de Ca (SILVA & TREVIZAM, 2015) no tecido vegetal da soja (Figura 7A). Isto ocorre quando o aumento da concentração de um íon provoca a diminuição, geralmente parcial e reversível, na absorção de outro elemento, o qual se combina, com o mesmo sítio do carregador para cruzar a membrana (MALAVOLTA, 2006).

Esse comportamento também pode estar relacionado à lixiviação desses nutrientes no perfil do solo proporcionado pelo uso de altas doses de gesso (Figura 20 e 22)

Em trabalhos conduzidos por Caires et al. (1999) e Caires et al. (2003), os autores observaram uma redução dos teores foliares de Mg na soja com a aplicação de gesso. No entanto, o K não sofreu alteração em função das doses de gesso aplicadas. Silva et al. (1997), verificaram que a aplicação de gesso agrícola na cultura do algodoeiro concorre para a diminuição do teor foliar de Mg e K.

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores de Alumínio e micronutrientes nas folhas da soja se encontra na Tabela 5.

Tabela . Resumo da análise de variância (valores de F): bloco, gesso, fósforo e suas interações para os micronutrientes e alumínio da análise foliar, determinados no estágio de florescimento pleno da cultura da soja, Jataí, GO, 2015.

Causas de Variação	Al	Zn	Mn	Fe	B	Cu
Bloco	3,68 *	9,88 **	8,03 **	1,60 ^{ns}	2,49 ^{ns}	1,38 ^{ns}
Gesso (F1)	1,57 --	8,27 --	2,84 --	1,57 --	10,84 --	0,46 --
Fósforo (F2)	0,65 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,08 ^{ns}
F1 x F2	1,69 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,15 ^{ns}	3,36 **	0,62 ^{ns}

	Regressão Polinomial					
Reg. Linear	2,47 ^{ns}	30,22 ^{**}	8,67 ^{**}	0,51 ^{ns}	35,98 ^{**}	0,20 ^{ns}
Reg. Quadrática	1,59 ^{ns}	2,81 ^{ns}	0,23 ^{ns}	5,01 [*]	0,72 ^{ns}	0,90 ^{ns}

- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Observa-se na tabela 5 que houve interação significativa entre os fatores para o nutriente B. Os teores foliares deste nutriente na cultura da soja apresentaram comportamento linear até a dose de 2 Mg ha⁻¹ para as três doses de P. No entanto, na dose de 4 Mg ha⁻¹ de gesso, a dose de 100% de P que apresentou os maiores valores, e diferentemente, para a dose de 8 Mg ha⁻¹ de gesso os maiores valores foram obtidos na dose 0% de P.

Pode-se observar que não houve influência das doses de P aplicadas sobre os elementos apresentados na tabela 5. Já para as doses de gesso, os teores foliares de Zn e Mn ajustaram a equação de regressão linear positiva (Figura 9A e 9B, respectivamente). Verifica-se que, conforme se aumentou as doses de gesso, houve incremento nos teores foliares desses nutrientes.

Esse incremento está relacionado à presença desses micronutrientes no gesso (Tabela 2), uma vez que, mesmo em pequenas concentrações, quantidades consideráveis desses micronutrientes são adicionadas quando aplicadas altas doses desse fertilizante.

Figura . Teor foliar de Zn (A); teor foliar de Mn (B); e teor foliar de Fe (C) da cultura da soja em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente).

Sousa et al. (2007) e Raji (2008) descrevem que o gesso agrícola apresenta, em sua composição química, os nutrientes Cobre e Zinco e outros micronutrientes, porém em quantidades muito pequenas. Malavolta (1992) afirma que o gesso agrícola pode conter até 15 ppm de Manganês como impureza.

Aumentos significativos nos teores de Mn, Fe e Zn no solo, com incrementos na absorção de Mn, foram verificados por Custódio et al. (2005), em aplicações de doses crescentes de gesso agrícola em Capim-Tanzânia.

Marque et al. (1999) observaram aumento significativo no teor foliar de Mn na cultura do café, quando da aplicação de gesso agrícola, não sendo constatadas, no entanto, variações nos teores foliares dos outros micronutrientes.

O aumento da concentração de Mn no tecido foliar também pode ser explicado pela a formação de par iônico entre esse cátion e o sulfato, diminuindo a atividade desse elemento em solução, favorecendo, assim, o deslocamento do equilíbrio no solo, liberando mais íons Mn para a solução e permitindo maior absorção pelas plantas (OLSEN & WATANABE, 1979).

O nutriente Ferro ajustou-se a equação de regressão quadrática (Figura 9C). O ponto de inflexão foi à dose de 4071 kg ha⁻¹ de gesso a qual proporcionou menores teores foliares, sendo que nas doses a partir desse valor houve incremento nos teores desse nutriente.

Na Tabela 6 encontra-se o resumo da análise de variância (valores de F) para os componentes morfológicos, de produção e a produtividade da cultura da soja. Observa-se que não houve interação significativa entre os tratamentos para nenhuma das variáveis avaliadas.

O desenvolvimento vegetativo e o rendimento de grãos da cultura da soja não foram menores no tratamento sem a aplicação do adubo fosfatado em relação aos tratamentos que receberam a adubação desse nutriente. Obteve-se produtividade de 3187,3 kg ha⁻¹ no tratamento sem adubação fosfatada e 2.993,3 e 3.097,5 kg ha⁻¹ para 50 e 100% da dose recomendada do nutriente por hectare, respectivamente.

Isso pode ser consequência dos níveis adequado de P que o solo possuía por ocasião da implantação da cultura da soja. Sendo assim, o fator capacidade do solo forneceu esse nutriente à solução do solo, disponibilizando-o às plantas.

Quando os teores de P estão acima do teor crítico, a probabilidade de resposta das culturas é muito baixa ou ausente (ANGHINONI, 1992). Para solos argilosos, o nível crítico para a região do cerrado é de 8 mg dm⁻³ para sistemas de sequeiro (SOUSA & LOBATO, 2004). Na área experimental, o nível de P na camada de 0-20 cm, antes da implantação do experimento, era de 8,5 mg dm⁻³, o que

justifica a ausência de resposta da cultura da soja á adubação fosfatada.

Tabela . Resumo da análise de variância (valores de F): bloco, gesso, fósforo e suas interações para os componentes morfológicos, de produção e produtividade da soja: Altura de plantas (AP), Altura de inserção da primeira vagem (AIV), Índice de área foliar (IAF), índice SPAD (SPAD), Matéria seca (MS), Estande final (EF), Número de vagens (NV), Massa de mil grãos (MMG) e Produtividade (PROD), Jataí, GO, 2015.

Causas de Variação	AP	AIV	IAF	SPAD	MS	EF	NV	MMG	PROD
Bloco	1,34 ^{ns}	2,07 ^{ns}	3,94 [*]	10,12 ^{**}	4,68 ^{**}	5,83 ^{**}	4,42 ^{**}	2,37 ^{ns}	1,62 ^{ns}
Gesso (F1)	0,38 ⁻	1,51 ⁻	0,58 ⁻	3,44 ⁻	0,19 ⁻	0,33 ⁻	1,68 ⁻	2,04 ⁻	1,38 ⁻
Fósforo (F2)	0,03 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,78 ^{ns}
F1 x F2	0,66 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,84 ^{ns}
Regressão Polinomial									
Reg. Linear	0,51 ^{ns}	2,01 ^{ns}	0,10 ^{ns}	10,35 ^{**}	0,04 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Reg. Quadrática	0,02 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,86 ^{ns}	3,24 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,26 ^{ns}	2,91 ^{ns}	4,35 ^{ns}	2,37 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Para as doses de gesso foi possível ajustar equação de regressão linear positiva para o índice SPAD nas plantas de soja (Figura 10). Esse aumento nos valores do índice SPAD em função do aumento das doses de gesso está associado ao maior aporte de enxofre ao solo, aumentando sua disponibilidade e absorção pelas plantas, uma vez que este nutriente participa da síntese de clorofila (SFREDO & LANTMANN, 2007).

Figura . Índice SPAD da soja em função das doses de gesso. Jataí, GO, 2015 (**significativo a 1% de probabilidade).

As doses de gesso não influenciaram em nenhum dos outros parâmetros avaliados incluindo a produtividade de grãos de soja. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalho conduzido por Caires et al. (1998), Caires et al. (1999), Neis et al. (2010), Rampim et al. (2011) e Moda et al. (2013).

4.2. Resposta do milho à aplicação de gesso e fósforo

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores foliares dos macronutrientes no híbrido estudado encontra-se na tabela 7. Observa-se que as doses de P influenciaram os teores de Mg. Houve ajuste de equações lineares para os teores foliares de Ca, Mg, K e S, em função do aumento das doses de gesso.

Tabela 7. Resumo da análise de variância: bloco, gesso, fósforo e suas interações para os macronutrientes da análise foliar, determinados no estágio de florescimento pleno da cultura do milho. Jataí, GO, 2015.

Causas de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	2,69 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,09 ^{ns}	5,29 ^{**}	3,75 [*]	8,27 ^{**}
Gesso (F1)	0,05 ⁻⁻	1,63 ⁻⁻	4,65 ⁻⁻	26,66 ⁻⁻	5,33 ⁻⁻	9,89 ⁻⁻
Fósforo (F2)	0,63 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,28 ^{ns}	2,48 ^{ns}	3,59 [*]	1,73 ^{ns}
F1 x F2	0,55 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,65 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,80 ^{ns}
Regressão Polinomial						
Reg. Linear	0,02 ^{ns}	1,92 ^{ns}	12,30 ^{**}	102,51 ^{**}	18,46 ^{**}	36,38 ^{**}
Reg. Quadrática	0,13 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,27 ^{ns}	2,93 ^{ns}	2,06 ^{ns}	2,44 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Verifica-se que, os teores foliares de Mg no milho, em função das doses de P, apresentaram comportamento semelhante ao obtido para a variedade de soja Anta 82 RR. No tratamento em que foram aplicados 100% da dose recomendada de P, os teores de Mg foram superiores à dose 0 de P. (Tabela 8).

Tabela 8. Médias dos teores de Magnésio (Mg) de folhas do milho safrinha cultivado em sucessão a soja, avaliando-se isoladamente as doses de fósforo, Jataí, GO, 2015.

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
0	2,10 b

40	2,13 ab
80	2,29 a
DMS	0,19
CV%	9,70

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A explicação para esse comportamento é a mesma que a utilizada para a cultura da soja, onde os maiores teores de Mg nas folhas do milho, presentes nas parcelas que receberam adubação fosfatada, são consequência da maior disponibilidade do P para as plantas, pois o mesmo é um fator decisivo para a mobilização, absorção e a translocação do Mg para dentro da planta (ZHONG et al. 1993).

As doses de gesso aplicadas não proporcionaram efeitos significativos sobre os teores foliares de N no milho. Esse resultado corrobora com os obtidos por Caires et al. (2011), que avaliando os efeitos da aplicação de gesso na nutrição e produção de milho, não observaram efeito da gessagem sobre o teor foliar de N no milho.

Os teores foliares dos macronutrientes K, Ca, Mg e S ajustaram-se a equações de regressão lineares em função das doses de gesso aplicadas (Tabela 6). O Ca e o S ajustaram-se a equações lineares positivas em função das doses de gesso, ou seja, aumentaram seus teores foliares conforme se aumentou as doses de gesso (Figura 11A e 11B).

O incremento desses elementos nos teores foliares era esperado, visto que esse corretivo é fonte direta desses nutrientes (Tabela 2). Esse resultado concorda aos obtidos por Caires et al. (1999), o quais verificaram que a cultura do milho apresentou aumento dos teores foliares de enxofre com a aplicação de gesso.

Figura . Teor foliar de Ca (A) e S (C) da cultura do milho em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2015 (**significativo a 1% de probabilidade).

Os teores de Mg e K (Figura 12A e 12B) diminuíram com o aumento das doses de gesso, mostrando que as aplicações de altas doses de gesso diminuem as concentrações desses elementos na folha de milho. Esse comportamento foi semelhante ao ocorrido na folha de soja e pode ser explicado pela ocorrência de inibição competitiva para o K e o Mg em relação à elevação dos níveis de Ca (SILVA & TREVIZAM, 2015). Pode-se também estar relacionado à lixiviação desses nutrientes no perfil do solo ocasionado pela aplicação de altas doses de gesso conforme pode ser observado nas figuras 20 e 22.

No entanto os teores de K se mantiveram acima do nível crítico, $17,5 \text{ g kg}^{-1}$ (MARTINEZ, et al. 1999), mesmo na maior dose de gesso. Diferentemente, os teores foliares de Mg mantiveram-se abaixo do nível crítico em todos os tratamentos. Considera-se o nível crítico de Mg para a cultura do milho de $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ (MARTINEZ, et al. 1999).

Figura . Teor foliar de Mg (A) e K (B) da cultura do milho em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2015 (**significativo a 1% de probabilidade).

Esse mesmo efeito do gesso na redução da concentração de Mg nas folhas de milho foi encontrado por Caires et al. (2004), o qual relata que a lixiviação de Mg trocável no solo proporcionada com a aplicação de gesso prejudicou a absorção do nutriente pelas plantas. No entanto estes mesmo autores verificaram aumento quadrático nos teores de K, não concordando com os resultados obtidos na presente pesquisa. Os teores foliares de Mg também sofreram alteração com aplicação de altas doses de gesso em trabalhos conduzidos por Rajj et al. (1998).

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores foliares de alumínio e micronutrientes na cultura do milho encontra-se na tabela 9. Pode-se verificar que somente os micronutrientes Zn e B sofreram influência das doses de P aplicadas.

Os teores foliares de Zn do milho responderam negativamente as doses de P. No tratamento em que foram aplicados 100% da dose recomendada desse nutriente, os teores de Zn foram inferiores (Tabela 10).

Tabela . Resumo da análise de variância (valores de F): bloco, gesso, fósforo e suas interações para os micronutrientes da análise foliar, determinados no estádio de florescimento pleno da cultura do milho, Jataí, GO, 2015.

Causas de Variação	Al	Zn	Mn	Fe	B	Cu
Bloco	4,11*	1,27 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,97 ^{ns}	5,32*
Gesso (F1)	1,55 ⁻	0,05 ⁻	2,92 ⁻	0,99 ⁻	0,60 ⁻	0,50 ⁻
Fósforo (F2)	0,40 ^{ns}	5,84**	0,74 ^{ns}	0,74 ^{ns}	3,97*	0,01 ^{ns}
F1 x F2	1,47 ^{ns}	1,52 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,52 ^{ns}	0,36 ^{ns}
Regressão Polinomial						
Reg. Linear	3,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	11,09**	0,19 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Reg. Quadrática	1,84 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,35 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

A adubação com P pode prejudicar a assimilação do micronutriente Zn, cuja deficiência é relativamente comum, principalmente por ser baixa a sua quantidade nos solos do cerrado (SENGIK, 2005). Segundo Faquin (2005) as possíveis causas atribuídas a este antagonismo são a precipitação de compostos de P - Zn no solo, a inibição não competitiva no processo de absorção, o menor transporte de Zn das raízes para a parte aérea e principalmente, o efeito de diluição, que com o crescimento da planta em resposta à aplicação do P, o teor de Zn na matéria seca pode ser diluído.

O B obteve comportamento diferente ao observado pelo Zn, pois respondeu positivamente às doses de P (Tabela 10).

Tabela . Médias dos teores foliares de Zinco (Zn) e Boro (B) do milho safrinha cultivado em sucessão a soja, avaliando-se isoladamente as doses de fósforo, Jataí, GO, 2015

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Zn	B
	mg kg ⁻¹	
0	22,21 a	7,34 b
40	21,23 ab	7,95 ab
80	20,65 b	8,14 a
DMS	1,13	0,73

CV%	5,89	10,39
-----	------	-------

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as doses de gesso, somente o teor foliar de Mn sofreu alteração, apresentando comportamento linear positivo em função do aumento das doses de gesso aplicadas (Figura 13). O aumento da concentração de Mn no tecido foliar do milho se deve ao residual desse elemento no gesso agrícola (SOUZA et al., 2007; RAIJ 2008) ou pela formação de par iônico entre esse cátion e o sulfato (OLSEN & WATANABE, 1979).

Figura . Teor foliar de Mn da cultura do milho em função das doses de gesso. Jataí, GO, 2015 (**significativo a 1% de probabilidade).

Na Tabela 11 encontra-se o resumo da análise de variância (valores de F) dos componentes morfológicos da cultura do milho. Pode-se observar que não houve interação significativa entre os tratamentos. Nota-se ainda, que não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos com as diferentes doses de P, 0, 50 e 100% da dose recomendada. Segundo Coelho (2006) quando o solo apresentar teores de P acima do nível crítico não se espera resposta do milho a aplicação desse nutriente.

Para as doses de gesso agrícola foi possível ajustar equações de regressão lineares a 5% de probabilidade para as variáveis, altura de plantas e índice de área foliar (Figura 14A e 14B). Observa-se que os valores da altura de planta e índice de área foliar diminuíram conforme as doses de gesso aumentaram.

A redução da altura de planta com aumento das doses de gesso pode ser explicada devido ao desequilíbrio de nutrientes, principalmente Mg e K, causado com aumento da relação Ca/Mg (MEDEIROS et al., 2008), uma vez que a elevação dos níveis de Ca prejudica a absorção de Mg e K por inibição competitiva (SILVA & TREVIZAM, 2015).

Medeiros et al. (2008) explica que o aumento da saturação do solo por Ca pode causar absorção preferencial desse pelas plantas, em detrimento dos íons Mg e K, e provocar desbalanço nutricional, diminuindo a altura de plantas de milho.

Tabela . Resumo da análise de variância (valores de F): bloco, gesso, fósforo e suas interações para os componentes morfológicos do milho: Altura de plantas (AP), Altura de inserção da primeira espiga (AIE), Índice de área foliar (IAF), índice SPAD (SPAD) e Matéria seca (MS) em plantas de milho. Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	AP	AIE	IAF	SPAD	MS
Bloco	3,64*	1,53 ^{ns}	0,10 ^{ns}	14,95**	10,52**
Gesso (F1)	2,14 ⁻	0,92 ⁻	1,78 ⁻	0,51 ⁻	0,03 ⁻
Fósforo (F2)	0,10 ^{ns}	3,31 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,06 ^{ns}
F1 x F2	1,39 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,31 ^{ns}
Regressão Polinomial					
Reg. Linear	4,60*	0,01 ^{ns}	5,26*	0,73 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Reg. Quadrática	1,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,01 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Figura . Altura de plantas (A) e Índice de área foliar (B) da cultura do milho em função das doses de gesso. Jataí, GO, 2015 (* significativo a 5% de probabilidade).

Segundo Fancelli (2003) a redução da taxa fotossintética, relacionada à área foliar, após o florescimento poderá ser ocasionada por seca, excesso de chuva, nebulosidade prolongada e a relação desfavorável entre N e K em que normalmente o excesso de nitrogênio provoca o desequilíbrio na relação.

Como relatado anteriormente, os teores foliares de N não sofreram alteração em função das doses de gesso aplicada, sendo de 36,47; 36,49; 36,63; 36,61 e 36,49 g kg⁻¹ para as doses 0, 1, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ de gesso, respectivamente. No entanto com o aumento das doses de gesso, os teores foliares de K decresceram linearmente. Essa redução nos teores de K proporcionou um aumento na relação entre o N e K (Figura 15), tornando-a desfavorável para o desenvolvimento da cultura.

A relação obtida através dos níveis críticos desses elementos estabelecidos por Martinez et al. (1999) é de 1,5:1. Nota-se que em nenhum dos tratamentos

obteve essa relação, porém os tratamentos com as menores doses de gesso, os valores da relação N e K foram mais próximos de 1,5: 1, quando comparadas aos valores da máxima dose de gesso agrícola.

Figura . Relação N/K cultura do milho em função das doses de gesso. Jataí, GO, 2015 (** significativo a 1% de probabilidade).

Vale destacar que os teores foliares de K segundo Martinez et al. (1999) estão na faixa considerada adequada para a cultura do milho, mesmo nas maiores doses de gesso aplicadas, porém os teores de N encontram-se em excesso, justificando o comportamento negativo do índice de área foliar conforme se aumentou as doses de gesso.

Para os componentes de produção e produtividade da cultura do milho, o resumo da análise de variância (valores de F) encontra-se na tabela 12. Pode-se observar que não houve interação significativa entre os tratamentos. As doses de P influenciaram positivamente os componentes de produção: comprimento de espiga, número de fileiras e número de grãos por espiga.

Tabela . Resumo da análise de variância (valores de F): bloco, gesso, fósforo e suas interações para os componentes de produção: Estande final (EF), Comprimento de espigas (CE), Número de fileiras de grãos (NF), Número de grãos por espiga (NGE), Número de espigas por hectare (NE), Peso de mil grãos (PMG) e Produtividade (PROD), Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	EF	CE	NF	NGE	NE	PMG	PROD
Bloco	6,99**	2,41 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,58 ^{ns}	3,04*	1,44 ^{ns}	3,99 ^{ns}
Gesso (F1)	0,67 ⁻	1,52 ⁻	0,64 ⁻	0,40 ⁻	0,41 ⁻	1,55 ⁻	0,14 ⁻
Fósforo (F2)	1,73 ^{ns}	8,18**	6,55**	11,29**	1,00 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,89 ^{ns}
F1 x F2	0,89 ^{ns}	0,73 ^{ns}	1,62 ^{ns}	1,90 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,81 ^{ns}
Regressão Polinomial							
Reg. Linear	1,84 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,46 ^{ns}	2,62 ^{ns}	0,40 ^{ns}
Reg. Quadrática	0,09 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

As parcelas que receberam 50% e 100% da dose de P recomendada apresentaram resultados estatisticamente superiores para as variáveis CE, NF e NGE, quando comparadas às parcelas que não receberam adubação fosfatada (Tabela 13).

Nas parcelas em que não se aplicou P, o solo forneceu esse nutriente às plantas. No entanto, Grant et al. (2001) relataram que a absorção relativa de P proveniente do solo e do fertilizante pode diferir dependendo do tipo e do estágio de desenvolvimento da planta. Resultados de pesquisa com trigo demonstraram que a taxa de absorção de P proveniente do solo aumentava no período compreendido entre as quatro e seis semanas de crescimento, e à medida que se expandia o volume de raízes aumentava mais na planta o P oriundo do solo.

A possível explicação para obtenção de resultados inferiores para comprimento de espigas (CE), número de fileiras de grãos (NF) e número de grãos por espiga (NGE) na dose 0% de P é que, pode ter ocorrido deficiência de P durante a formação da espiga (V6 e V7) em função da diferença da absorção relativa de P do solo em relação ao P do fertilizante. A deficiência desse elemento na planta pode diminuir o tamanho da espiga, que por consequência diminui o número de grãos por espiga (GRANT et al., 2001). No entanto essas diferenças obtidas nos componentes de produção não foram suficientes para promover aumento na produtividade de grãos.

Tabela . Médias dos componentes de produção: Comprimento de espigas (CE), Número de fileiras de grãos por espiga (NF) e Número de grãos por espiga (NGE), do milho safrinha cultivado em sucessão a soja, avaliando-se isoladamente as doses de fósforo, Jataí, GO, 2015

Doses de P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	CE cm	NF fileiras espiga ⁻¹	NGE	PROD kg ha ⁻¹
0	15,02 b	16,00 b	506,47 b	6719,97 a
40	16,01 a	16,43 a	550,07 a	7181,01 a
80	15,66 a	16,44 a	537,43 a	6895,01 a
DMS	0,60	0,33	22,92	846,34
CV%	5,05	2,64	5,62	15,90

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior distribuição dos cátions no perfil do solo e maiores concentrações de Ca e S em profundidade promovida pelo uso do gesso (Figura 11A e 11B), não foram suficientes para promover incrementos na produtividade da cultura do milho no primeiro ano de cultivo. Esses resultados corroboram com os obtidos por Silva (2012), o qual verificou que a aplicação de gesso não influenciou o rendimento do milho safra consorciado com *Brachiaria*. Essa ausência de respostas na produtividade da cultura milho safrinha em função das doses de gesso pode estar relacionada à boa distribuição de chuvas durante o desenvolvimento da cultura (Figura 2) e aos níveis dos nutrientes do solo se encontrar em teores adequados para o bom desenvolvimento e rendimento do milho (Tabela 1).

4.3. Características químicas do solo

O resumo da análise de variância (valores de F) para as características químicas do solo, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 coletados após a colheita do milho, encontra-se na Tabela 14. Para o fator de variação doses de P, apenas o elemento P apresentou variação significativa, sendo esta na camada superficial de 0 a 5 cm (Tabela 14).

O menor teor de P do solo encontrado na profundidade de 0-05 cm no tratamento que não recebeu a adubação fosfatada está relacionado à ausência do adubo no sulco de plantio no momento da semeadura das culturas, sendo assim, os tratamentos que receberam o adubo no sulco de plantio, obtiveram maiores valores nos teores desse nutriente (Tabela 15).

De acordo com a tabela 14, pode-se observar efeito significativo em todas as variáveis da análise química do solo, exceto para a acidez potencial e alumínio trocável, em função das doses de gesso agrícola aplicadas.

Tabela . Resumo da análise de variância: bloco, gesso, fósforo e suas interações para as variáveis da análise química do solo, determinadas após a colheita do milho segunda safra, Jataí, GO, 2015

Causas variação		pH (H ₂ O)	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P (Mehlich ⁻¹)
0-05 cm	Bloco	0,41 ^{ns}	1,55 ^{ns}	-	1,45 ^{ns}	15,53 ^{**}	7,96 ^{**}	0,14 ^{ns}
	Gesso	6,91 ⁻	2,04 ⁻	-	8,57 ⁻	49,13 ⁻	2,81 ⁻	2,56 ⁻
	Fósforo	1,23 ^{ns}	1,73 ^{ns}	-	0,37 ^{ns}	2,04 ^{ns}	1,93 ^{ns}	4,58 [*]
	F1xF2	2,16 ^{ns}	1,58 ^{ns}	-	0,99 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,32 ^{ns}	1,16 ^{ns}
Regressão Polinomial								
	R. Linear	11,18 ^{**}	0,00 ^{ns}	-	32,37 ^{**}	190,83 ^{**}	2,02 ^{ns}	8,09 ^{**}
	R. Quad.	7,94 ^{**}	0,84 ^{ns}	-	0,03 ^{ns}	0,14 ^{ns}	5,23 [*]	0,53 ^{ns}
05-10 cm	Bloco	1,69 ^{ns}	14,33 ^{**}	5,07 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,74 ^{ns}	8,50 ^{**}
	Gesso	2,42 ⁻	1,14 ⁻	0,85 ⁻	11,57 ⁻	15,44 ⁻	2,41 ⁻	1,57 ⁻
	Fósforo	0,99 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,25 ^{ns}	2,16 ^{ns}
	F1xF2	1,67 ^{ns}	2,24 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,75 ^{ns}	1,82 ^{ns}
Regressão Polinomial								
	R. Linear	6,46 [*]	0,14 ^{ns}	0,48 ^{ns}	36,92 ^{**}	56,09 ^{**}	3,22 ^{ns}	0,91 ^{ns}
	R. Quad.	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,36 ^{ns}	3,28 ^{ns}	0,19 ^{ns}	2,78 ^{ns}	5,13 [*]
10-20 cm	Bloco	38,92 ^{**}	43,87 ^{**}	42,27 ^{**}	48,28 ^{**}	10,58 ^{**}	0,96 ^{ns}	0,72 ^{ns}
	Gesso	4,11 ⁻	1,58 ⁻	1,53 ⁻	52,01 ⁻	17,48 ⁻	4,53 ⁻	2,33 ⁻
	Fósforo	1,05 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,05 ^{ns}	3,22 ^{ns}
	F1xF2	2,07 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,86 ^{ns}
Regressão Polinomial								
	R. Linear	12,46 ^{**}	3,90 ^{ns}	3,46 ^{ns}	172,57 ^{**}	63,52 ^{**}	13,94 ^{**}	4,29 [*]
	R. Quad.	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,21 ^{ns}	30,94 ^{**}	2,71 ^{ns}	3,24 ^{ns}	3,43 ^{ns}
20-40 cm	Bloco	36,80 ^{**}	12,73 ^{**}	32,08 ^{**}	39,93 ^{**}	8,43 ^{**}	0,06 ^{ns}	2,03 ^{ns}
	Gesso	2,91 ⁻	1,28 ⁻	3,16 ⁻	40,47 ⁻	6,74 ⁻	4,78 ⁻	4,25 ⁻
	Fósforo	2,67 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,31 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,50 ^{ns}
	F1xF2	1,13 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,32 ^{ns}	1,13 ^{ns}
Regressão Polinomial								
	R. Linear	7,72 ^{**}	2,39 ^{ns}	4,06 ^{ns}	134,35 ^{**}	23,11 ^{**}	14,90 ^{**}	9,57 ^{**}
	R. Quad.	0,77 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,55 ^{ns}	21,48 ^{**}	3,66 ^{ns}	0,76 ^{ns}	3,69 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Tabela . Média do P em todas as profundidades estudadas, Jataí, GO, 2015

Doses de P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	P (Mehlich ⁻¹) (mg dm ⁻³)			
	0-05 cm	05-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
0	24,54 b	12,59 a	4,52 a	3,83 a
40	34,31 a	16,05 a	5,81 a	4,45 a
80	33,97 a	14,92 a	5,94 a	4,30 a
DMS	9,07	4,19	1,53	0,91
CV%	32,48	32,02	31,29	24,09

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de pH ajustaram-se a equação de regressão em todas as profundidades avaliadas. Nota-se que a adição de gesso até a dose de 8 Mg ha⁻¹ resultou em diminuição dos valores de pH (Figura 16). Geralmente, espera-se ausência de efeito do gesso sobre o pH do solo, visto que este insumo não é um corretivo de acidez. Trabalhos realizados por Caires et al. (2004), Foloni et al. (2008), Rocha et al. (2008) e Rampim et al. (2011) não verificaram alterações nos valores do pH com a aplicação de gesso.

Entretanto, os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com os encontrados em trabalhos conduzidos por Leite et al. (2012) em solos salinos e sódicos, os quais verificaram que o gesso reduziu o pH do solo. Segundo esses autores, a redução no pH não ocorreu pela ação química do gesso, mas pela percolação da água por meio do solo com elevada permeabilidade e, dessa maneira, lixiviando ânions hidroxilas, carbonatos e bicarbonatos. A redução do pH do solo com o uso do gesso foi verificada em trabalhos de recuperação de solos sódicos do nordeste brasileiro com a aplicação de gesso (SILVEIRA et al., 2008). Borges et al. (1998) também identificou a redução do pH com a aplicação de gesso ao estudar as alterações de pH, Al³⁺ e acidez potencial provocadas pelo uso do gesso em um Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Figura . Valores de pH em função das doses de gesso nas profundidades estudadas. Jataí – GO, 2015 (**significativo a 1% de probabilidade).

Ao avaliarem as alterações na fase sólida e na solução percolada em dois solos ácidos (Latossolo Bruno álico e Cambissolo Húmico álico), Ernani et al. (2001) verificaram que a adição de gesso agrícola diminuiu o pH na solução percolada e da fase sólida em função da hidrólise do Al, deslocado das cargas negativas pelo Ca aplicado.

Ramos et al. (2013) observaram que a adição de gesso, independentemente da dose aplicada, reduziu o pH na solução do solo nas profundidades de 15-25, 35-45 e 75-85 cm, comparativamente ao tratamento com dose 0 de gesso. Na figura 17, é possível observar o comportamento do pH do solo, ao longo de todo o perfil avaliado.

Dentre as explicações para a diminuição do pH com a adição de doses de gesso, a apresentada por Malavolta (1967) é a mais aplicável para a situação deste experimento. Para este autor o fato do sulfato de cálcio ser fisiologicamente ácido, pode causar redução do pH quando adicionado ao solo. No entanto Smith et al. (1994) afirmam que a redução no pH pela aplicação de gesso se dá pela substituição do Al e H pelo Ca nos sítios de troca, onde esses dois primeiros provocam a acidificação na solução do solo.

Figura . Efeito de doses de gesso na superfície, após 10 meses, sobre os valores de pH, em diferentes profundidades do solo. Jataí – GO, 2015

Em contrapartida, tem-se encontrado na literatura, aumento dos valores de pH com a adição de gesso e esse aumento tem sido atribuído a uma reação de troca de ligantes na superfície das partículas do solo, que envolve óxidos hidratados de ferro e alumínio com o SO_4^{2-} , deslocando OH^- , promovendo assim uma neutralização parcial da acidez do solo (REEVE & SUMNER, 1972). Caíres et al. (2003) e Pereira, (2007), observaram aumento nos valores de pH nas camadas sub-superficiais do solo após a aplicação de gesso agrícola.

Não foram observados teores significantes de Al^{3+} no solo inicialmente (Tabela 1), sendo detectados teores muito baixos na primeira amostragem antes da calagem e implantação das culturas, em função dos valores de pH de 5,7 e 5,8 nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente. A ausência de resposta do

gesso sobre os teores de alumínio trocável, pode ser explicado pelos valores de pH, uma vez que o pH do solo, determinado em água, em todas as profundidades avaliadas, apresentaram resultados acima de 5,5, valor no qual o alumínio trocável do solo se aproxima de zero (SOUSA et al., 2007).

As doses de gesso exerceram efeito sobre os teores de Ca^{2+} do solo. Verificou-se que as crescentes doses provocaram aumento linear desse nutriente em todas as profundidades estudadas (Figura 18). O aumento nos teores desse nutriente era esperado, pois o gesso agrícola possui cerca de 22% de Ca em sua composição (Tabela 2), o que justifica os acréscimos nos teores de Ca^{2+} no solo.

Figura . Teores de Ca^{2+} em função das doses de gesso nas profundidades estudadas. Jataí – GO, 2015 (**significativo a 1% de probabilidade).

Essa grande movimentação do Ca^{2+} através do perfil ocorreu devido à formação de pares iônicos neutros com o SO_4^{2-} (DIAS, 1992). Esse comportamento do Ca^{2+} no solo é bastante relatado na literatura, onde mesmo aplicado em superfície, tem-se incremento em seus teores nas camadas superficiais e subsuperficiais (CAIRES et al. 1998; 2003 e 2004; SORATTO & CRUSCIOL, 2008; Zapparoli et al., 2013).

Zandoná et al. (2015) observou que a aplicação de gesso resultou em acréscimos nos teores de Ca^{2+} no solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, aos 9 meses após a aplicação do corretivo. Os autores relatam que houve incremento expressivo nos teores de Ca^{2+} , na camada de 0-10 cm, ocorreram quando as doses de gesso foram associadas à dose de 2 Mg ha^{-1} calcário. Esse resultado corrobora com os obtidos na presente pesquisa, pois, a aplicação de gesso na área experimental foi posterior a aplicação de 3 Mg ha^{-1} de calcário dolomítico.

Aumentos significativos nos teores de Ca^{2+} com aplicação de gesso também foi verificado por Nora et al. (2014) até a camada de 25 cm. Noia et al. (2014) estudando doses de gesso agrícola sobre as propriedades químicas do solo, também verificou aumento nos teores de Ca^{2+} na camada de 0-20 cm. A aplicação de gesso agrícola proporcionou lixiviação de Ca^{2+} no perfil do solo até a profundidade de 35-45 cm na pesquisa realizada por Ramos et al. (2013). As doses de gesso

agrícola, 4, 8 e 12 Mg ha⁻¹ aplicadas na superfície, aumentaram linearmente os teores de Ca²⁺ trocável no solo, nas 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm (MASCHIETTO, 2009).

Na figura 19, é possível observar o comportamento do Ca²⁺ trocável do solo, ao longo de todo o perfil avaliado. Houve melhor distribuição do Ca na subsuperfície.

Figura . Efeito de doses de gesso na superfície, após 10 meses, sobre os teores de Ca²⁺ em diferentes profundidades do solo. Jataí – GO, 2015.

O gesso proporcionou lixiviação de Mg²⁺ trocável nas quatro profundidades estudadas (Figura 20). Isso ocorre devido a formação de pares iônicos neutros entre Mg²⁺ com o SO₄²⁻ (SORATTO & CRUSCIOL, 2008). A forma de MgSO₄ é prioritária sobre outros pares iônicos, CaSO₄ e K₂SO₄ (ZAMBROSI et al., 2007), o que evidencia o carregamento de Mg²⁺ para as camadas subsuperficiais. No entanto, não houve acúmulo do Mg²⁺ lixiviado na camada de 20–40 cm, o qual pode ter sido carregado para profundidades além das profundidades estudadas.

Figura . Teores de Mg²⁺ em função das doses de gesso nas profundidades estudadas. Jataí – GO, 2015 (* significativo a 1% de probabilidade, respectivamente).

A lixiviação desse elemento no perfil do solo decorrente da aplicação de gesso também tem sido frequentemente relatada em estudos com gesso (CAIRES et al. 1998; 1999; 2003; 2004). Ainda, esses autores afirmam que é essencial adotar estratégias para minimizar as perdas de Mg²⁺ trocável, e a principal delas é combinar calcário dolomítico à aplicação de gesso.

Soratto & Crusciol (2008) identificaram que aplicação de gesso afetou os teores de Mg trocável no perfil do solo principalmente na ausência da calagem, sendo que 18 meses após a aplicação, houve diminuição nos teores de Mg²⁺ trocável, praticamente em todo o perfil do solo estudado.

A lixiviação de Mg^{2+} também foi constatada por Rapim et al. (2011) nas três camadas estudadas, 0-10; 10-20 e 20-40 cm. A aplicação de gesso agrícola proporcionou lixiviação de Mg^{2+} no perfil do solo na profundidade de 0,35-0,45 m (RAMOS et al., 2013). Silva et al. (1998), verificaram maior tendência de movimentação do Mg^{2+} em profundidade (0,30-0,40 m) com a aplicação de gesso. Estudando a composição da solução do solo percolada com a aplicação de diferentes sais, Ernani et al. (2001) notaram aumento nos teores de Mg na solução percolada quando se aplicou gesso.

Na figura 21, é possível observar o comportamento do Mg^{2+} trocável do solo, ao longo de todo o perfil avaliado. Até a dose de 4 Mg ha^{-1} , os níveis desse nutriente se encontravam acima do nível crítico ($0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para atender a cultura da soja e do milho (SOUSA & LOBATO, 2004), em todas profundidades estudadas. A dose de 8 Mg ha^{-1} apresentou teores de Magnésio do solo acima do nível crítico adotado por Souza & Lobato, (2004) somente para a profundidade de 0-05 cm.

Figura . Efeito de doses de gesso na superfície, após 10 meses, sobre os teores de Mg^{2+} , em diferentes profundidades do solo. Jataí – GO, 2015.

Os teores de K^+ ajustaram-se a equação quadrática para a profundidade de 0-5 cm e de regressão para as profundidades de 10-20 e 20-40 cm (Figura 22). Mesmo com comportamento quadrático na profundidade de 0-5 cm, nota-se uma tendência de redução nos teores de K. Nas camadas 10-20 e 20-40 cm, houve diminuição dos teores de K^+ com o aumento das doses de gesso, comprovando a lixiviação desse nutriente para camadas mais profundas.

Figura . Teores de K^+ em função das doses de gesso nas profundidades estudadas. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente).

O gesso, rico em Ca^{2+} , pode deslocar o K^+ de seus sítios nas argilas do solo e este ser lixiviado pela água de irrigação ou de precipitação pluvial (SERAFIM et al.,

2012). Segundo Ernani & Barber (1993) a lixiviação de K está relacionada ao poder tampão do solo, relação entre o K⁺ trocável e o K⁺ em solução. Sendo assim, não deve ser observado lixiviação de K⁺ em solos com elevado poder tampão, enquanto em solos de baixo poder tampão, a aplicação de gesso promove a lixiviação desse nutriente. Prezotti & Defilipo (1987) afirmam que o poder tampão de K⁺ em solos altamente intemperizados é considerado baixo, o que pode justificar o comportamento do K⁺ no solo estudado.

Serafim et al. (2012) encontraram resultados semelhantes aos obtidos na presente pesquisa, evidenciando a redução dos teores de K⁺ do solo com a aplicação de gesso. Caires et al. (1998) também observaram que a aplicação de gesso, após oito meses, provoca lixiviação de potássio das camadas superficiais para as camadas subsuperficiais. Rapim et al. (2011) estudando doses de gesso nas características químicas de Latossolos de textura argilosa, verificaram que o uso do gesso em doses de 1 a 5 t ha⁻¹ proporciona redução linear de K⁺ até 10 cm.

Na figura 23, é possível observar o comportamento do K⁺ trocável do solo, ao longo de todo o perfil avaliado.

Figura . Efeito de doses de gesso na superfície, após 10 meses, sobre os teores de K⁺, em diferentes profundidades do solo. Jataí – GO, 2015.

O teor de P no solo aumentou significativamente em todas as profundidades estudadas em função das doses de gesso aplicadas (Figura 24).

Fittipaldi (2006), avaliando o uso do gesso sobre as características químicas do solo, constatou que o tratamento com gesso proporcionou maiores teores de P disponível na profundidade de 20-40 cm. Zapparoli et al. (2013) também observaram o mesmo comportamento, onde o P na camada de 0-20 cm obteve o maior valor quando foi adicionado ao solo a dose de gesso 10 Mg ha⁻¹.

Nóia et al. (2014) avaliando o efeito da aplicação de doses de gesso nas propriedades químicas de dois solos verificaram efeito significativo para o teor de P no solo em relação às doses de gesso aplicadas para a camada de 40-60 cm. Caires et al. (2003) observaram aumento linear nos teores de P na camada superficial do solo 0-5 cm, no período de 3 anos de cultivo. Os autores atribuíram

esse aumento nos teores de P nesta camada, ao P contido na composição do gesso agrícola.

Figura . Teores de P (Mehilch⁻¹) em função das doses de gesso nas profundidades estudadas. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente).

É evidente a contribuição do gesso agrícola nos teores de P principalmente na camada de 0-5 cm, nas doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹ (Figura 24). Essa contribuição provavelmente está associada ao residual de P que o material apresentava (Tabela 2). Mesmo que a concentração desse nutriente no gesso seja relativamente baixa, valores consideráveis são obtidos quando se há aplicação de altas doses desse corretivo ao solo. Raij (2008), explica que em solos com baixa disponibilidade de P ou quando da aplicação de doses elevadas de gesso, pode haver efeito da gessagem sobre os teores de P no solo e na absorção das culturas.

Na figura 25, é possível observar o comportamento do P disponível, ao longo de todo o perfil avaliado.

Figura . Efeito de doses de gesso na superfície, após 10 meses, sobre os teores de P (Mehilch⁻¹), em diferentes profundidades do solo. Jataí – GO, 2015.

5. CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas em que foi conduzido este experimento pode-se concluir que:

1. A aplicação de gesso proporciona aumento nos teores foliares de Ca e S e decréscimo nos teores de Mg e K nas culturas da soja e milho.
2. O desbalanço da relação N/K nas folhas de milho, proporcionadas pelas crescentes doses de gesso, reduz a área foliar da cultura do milho.
3. O gesso não interfere nas produtividades de soja em safra de verão e do milho safrinha no primeiro ano de cultivo após aplicação.
4. Após 10 meses da aplicação o gesso aumenta os teores de P, Ca e S em todo o perfil e diminui os teores de Mg e K.

6. IMPLICAÇÕES

A continuidade desta pesquisa faz-se necessário, para melhor esclarecer o efeito da aplicação de gesso associado à adubação fosfatada sobre as características químicas do solo e a resposta das culturas, uma vez que a utilização de gesso agrícola vem sendo bastante empregado nos últimos anos, o que torna imprescindível o desenvolvimento de experimentos de longa duração para melhor caracterizar a resposta das plantas e o comportamento deste no solo com o passar dos anos.

7. LITERATURA CITADA

AGNOL, A. D.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; OLIVEIRA, A. B. de. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina: Embrapa Soja, 2007, 12 p. (Embrapa Soja. Circular técnica 43).

ALMEIDA, J. A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. do.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades químicas de um cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 437-445, 2005.

ALVES, V. M. C.; PARENTONI, S. N.; VASCONCELLOS, C. A.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, C. C. de M. Cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para Eficiência a fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.1, p.85-92, 2002.

ANEC, Associação Nacional dos Exportadores de Cereais. **Desempenho das Exportações Brasileiras de Grãos**. Disponível em: <http://www.anec.com.br/pt-br/informacoes/analises-das-exportacoes>. Acesso em 15 de Jan. de 2016.

ANGHINONI, I. Uso do fósforo pelo milho afetado pela fração de solo fertilizada com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, n.2, p.349-353, 1992.

BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G. da; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, I.P. Plantio direto. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.301-352.

BALTAR, C.A.M.; BASTOS, F.F.; BORGES, L.E.P. Variedades mineralógicas e processos utilizados na produção dos diferentes tipos de gesso. In.: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, **Anais...** Florianópolis, 2004.

BERTRAND, J., LAURENT, C.; LECLERCQ, V. **O mundo da soja**. São Paulo: HUCITEC - EDUSP, 1987.

BONATO, E.R., BERTAGNOLLI, P.F., IGNACZAK, J.C.; TRAGNAGO, J.L.; RUBIN, S de A, L. Desempenho de cultivares de soja em três épocas de semeadura, no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.879-884, 1998.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; COSTA, L.M.; CORRÊA, G.F.; BORGES, E.V.S. Alterações nos componentes da acidez do solo promovidas em camada subsuperficial compactada pela aplicação superficial de gesso. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 45, p. 55-64, 1998.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. 1.ed. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Plantio direto**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plantio-direto>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

BROCH, D.L.; NOLLA, A.; QUIQUI, E.M.D; POSSENTI, J. C. Influência no Rendimento de Plantas de Soja pela Aplicação de Fósforo, Calcário e Gesso em um Latossolo Sob Plantio Direto. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. Guarapuava, v.10, n.2, p.211-220, 2008.

BÜLL, L.T.; FORLI, F.; TECCHIO, M.A.; CORRÊA, J.C. Relação entre fósforo extraído por resina e resposta da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 459-470, 1998.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; JORIS, H. A. W.. Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 6, p. 1804-1814, 2011.

CAIRES, E. F., CHUEIRI, W. A., MADRUGA, E. F., FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 22, p. 27-34, 1998.

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 plantio direto. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do Milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 125-136, 2004.

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 315-327, 1999.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, p. 267-270, 1985.

COELHO, A. M.; **Nutrição e Adubação do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Circular Técnica 78)

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 12º Levantamento setembro/2015**. Disponível em <

[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&&Pagina_objcmsconteudos=1#A_objcmsconteudos)

a=1253&&Pagina_objcmsconteudos=1#A_objcmsconteudos > Acesso em 14/12/2015.

COSTA, A. **Qualidade do solo, crescimento e desenvolvimento do milho sob diferentes sistemas de manejo na integração lavoura-pecuária**. 2005. 157 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência do Solo)–Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2005.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 527-535, 2003.

CUSTÓDIO, D.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, K.A.P.; SANTOS, R.S.M.; FARIA C.D. Avaliação do gesso no desenvolvimento e produção do Capim-Tanzânia. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.6, n.1, p.27-34, 2005.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 703-709, 1999.

DEMATTE, J. L. I. **Cultura da cana-de-açúcar recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. Piracicaba: Potafos, 2005. 24 p. (Encarte técnico, 111).

DIAS, L.E. **Uso de gesso como insumo agrícola**. Seropédica, Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Biologia - CNPBS, 1992. 6p. (Comunicado Técnico, 7).

EBERHARDT, D. N.; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M. F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa - SPI, 2006. 286 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plantio direto reduz efeitos da degradação do solo**. Disponível em: <http://hotsites.sct.embrapa.br/diacampo/programacao/2011/plantio-direto-reduz-efeitos-da-degradacao-do-solo>. Acesso em: 02 dez. 2015.

ERNANI, P. R., BARBER, S. A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, p. 41-46, 1993.

ERNANI, P. R., RIBEIRO, M. S., BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionados pelos métodos de aplicação de corretivo da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 825-831, 2001.

FANCELLI, A. L. **Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento**. Piracicaba, São Paulo. Departamento de Produção Vegetal. São Paulo: ESALQ/USP, 2003, 9p.

FANCELLI, A.L; DOURADO-NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição mineral de plantas**: Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (Febrapdp). **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. 2012. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.l.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2015.

FITTIPALDI, W. L. S. L. **Sistemas de cultivo e gesso nas características químicas do solo e produtividade de milho consorciado com braquiária**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Área de Concentração em Fitotecnia)– Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade e Marília, Marília, 2006.

FOLONI, J.S.S.; SANTOS, D.H.; CRESTE, J.E.; CÂMARA, M.; TIRITAN, C.S. Produção de matéria seca do milho e fertilidade do solo em função da gessagem em excesso. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 4, p. 42-51, 2008.

GARBUIO, F. J. **Alterações químicas do solo, nutrição, produção e qualidade de grãos de milho em função da aplicação de gesso em sistema plantio direto**. 2006. 71p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 247p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria.

GELAIN, E.; ROSA JUNIOR, E. J.; MERCANTE, F. M.; FORTES, D. G.; SOUZA, F. R. de.; ROSA, Y. B. C. J. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de Molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 611-615, 2002.

GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 97-101, 2004.

GRANT, C.; BITTMAN, S.; MONTREAL, M.; PLENCHETTE, C.; MOREL, C. Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 85, p. 3-14, 2005.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Informações Agronômicas Potafos, Piracicaba - SP, nº 95, 2001. 5p.

HANSEL, F. D. **Fertilizantes fosfatados aplicados a lanço e em linha na cultura da soja sob semeadura direta**. 2013. 74p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Santa Maria.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. de L. T. de.; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. de O.; PAZ, R. L. da. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, 2009.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> >. 2014/2015.

JONES, C.; JACOBSEN, J. **Plant nutrition and soil fertility**. In: Nutrient Management Module, No.2. Nutrient Management a self-study course from MSU Extension Continuing Education Series. Montana State University, dec. 2001. 4449-2.

LEITE, M.J.H.; SANTOS, R.V.; GOMES, A.D.V.; VITAL, A.F.M. Aplicação de corretivos e crescimento de oleaginosas em solos salinizados do semiárido. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, p. 87-95, 2012.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1992.

MALAVOLTA, E. **Fósforo e adubação fosfatada no cerrado**, Goiânia: SOTAVE, 1984, p. 27.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Editora Ceres Ltda. 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola - adubos e adubações**. 2- Ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1967. 606 p.

MALAVOLTA, E. Resenha de livro : **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Informações agronômicas, Potafos, nº 87, Piracicaba – SP, 1999. 2p.

MALAVOLTA, E.; LIEM, T. H.; PRIMAVESI, A. C. P. A. **Exigências nutricionais das plantas forrageiras**, In: Mattos, H. B.; Werner, J. C.; Yamada, T.; Malavolta, E. (Eds), Calagem e adubação de pastagens, Piracicaba:POTAFOS, 1986, p.31-76.

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

MARQUE, E.S.; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, P.T.G. Teores foliares de nutrientes no cafeeiro (*Coffea arábica* L.) em resposta a calcário e gesso. **Ciência e Agrotecnia**, Lavras, v.23, n.1, p.140-151, 1999.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. 2006. 82 f. (Mestrado em Ciência do Solo)–Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: UFV, 1999. p. 143-168.

MASCHIETTO, E. H. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

MATOS, M.J.L.F.; TAVARES, S.A.; SANTOS, F.F.; MELO, M.F.; LANA, M.M. **Milho verde**. 2006. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/milho_verde.htm> Acesso em: 15 de jan. de 2016.

MEDEIROS J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, 2008.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 435-443, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Milho**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>. Acesso em: 14 de Jan. de 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Soja**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>. Acesso em: 16 de Dez. de 2015.

MODA, L. R.; BORGES, B. M. M. N.; FLORES, R. A.; SANTOS, C. L. R. dos.; PRADO, R. de M.; SOUSA, J. I. de. Gessagem na cultura da soja no sistema de plantio direto com e sem adubação potássica. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 129-135, 2013.

MORAES, J. F. L.; BELLINGIERI, P.A.; FORNASIERI FILHO, D; GALON, J. A. Efeitos de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 75-82, 1998.

MUZILLI, O. **Fertilidade do solo em plantio direto**. In FANCELLI, P. I.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Ed.). Atualização em plantio direto. Campinas: Fundação Cargil, 1985. p.147-158.

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

NÓIA, N. R. de C.; DAVALO, M. J.; RIBON, A. A.; WOSNIAK, H. do N. Efeito de doses de gesso nas propriedades químicas do solo. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.4, p. 10-21, 2014.

NORA, D. D.; AMADO, T. J. C.; BORTOLOTTI, R. P.; FERREIRA, A. de O.; KELLER, C.; KUNZ, J. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 1 – 10, 2014.

NUERNBERG, N.J.; RECH, T.D.; BASSO, C. **Usos do gesso agrícola**. 2.ed. Florianópolis: Epagri, 2005. 36p. (Epagri. Boletim Técnico, 122).

OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; MACIEL, G. A.; NEVES, B. P.; MACHADO, E. L. Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 592-598, 2009.

OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S. Interaction of added gypsum in alkaline soils with uptake of iron, molybdenum, manganese and zinc by sorghum. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, p.125-130, 1979.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, p. 33-38, 1984.

PEREIRA, F.R.S. **Gesso de minério associado a fontes de fósforo na cultura do milho em sistema de plantio direto no Estado do Alagoas**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado). UNESP - Campus de Botucatu, 2007.

PINTO; M, M. **Avaliação da Implantação de Cobertura Vegetal em uma Pilha de Fosfogesso**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PREZOTTI, L.C.; DEFILIPO, B. V.; Formas de potássio em solos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 11, p. 109-114, 1987.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo - Piracicaba: Ceres; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: Anda, 1988. 88 p.

RAIJ, B. van; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; PETTINELLI JR., A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 101-108, 1998.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, 233p.

RAMOS, B. Z.; TOLEDO, J. P. V. F.; LIMA, J. M. de.; SERAFIM, M. E.; BASTOS, A. R. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; COSCIONE, A. R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 1018-1026, 2013.

RAMPIM, L.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. ATRIBUTOS químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura Direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p.1687-1698, 2011.

REEVE, N. G. & SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface-applied amendments. **Agrochemophysica**, Pretoria, v. 4, p. 1-6, 1972.

RESENDE, J. C. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MARKEWITZ, D.; KLINK, C. A.; DAVIDSON, E. A. Phosphorus cycling in a small watershed in the Brazilian Cerrado: impacts of frequent burning. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 105, n. 1-3, p. 105-118, 2011.

RITCHEY, K.D.; SILVA, S.E.; COSTA, V.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science**, New Brunswick, v. 133, ed. 6, p. 378- 382, 1982.

ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, A.C.; RODRIGUES, A.N.; LIRA JÚNIOR, M.A.; FREIRE, F.J. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-deaçúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, p. 307-312, 2008.

ROSOLEM, C.A.; ASSIS, J.S.; SANTIAGO, A.D. Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as affected by phosphorus and lime. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25 p. 2491-2499, 1994.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Gessagem**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica-Ageitec. 2011. Disponível em:<
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_35_711200516717.html > Acesso em: 04 dez. 2015.

RUIZ, H.A.; BERNARDES, B.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; PEREIRA, P.A. Efeito do conteúdo de água sobre os níveis críticos de fósforo em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.1, p.43-48, 1988.

SANTOS, E. de A.; KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35 n. 3, p. 139-146, 2005.

SARMENTO, P.; CORSI, M.; CAMPOS, F. P. de. Eficiência do fosfato natural de Gafsa associado à calagem e gesso e sintomas nutricionais da alfafa, *Medicago sativa* L. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1155-1161, 2002.

SÁVIO, F. L.; SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I. R.; MOTA, J. H.; BORÉM, A. Calagem e gessagem na nutrição e produção de soja em solo com pastagem degradada. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 2, n. 1, p. 19-31, 2011.

SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2005. Disponível em: < <http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf> >. Acesso em: 09 nov. 2015.

SERAFIM, M.E.; LIMA, J.M.; LIMA, V.M.P.; ZEVIANI, W.M.; PESSONI, P.T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 30-40, 2012.

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. **Enxofre nutriente necessário para maiores rendimentos da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 6 p. (Embrapa Soja- Circular técnica 53).

SHAINBERG, I.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A.; FEY, M. V. Use of gypsum on soils: A review. **Advances in Soil Science**, New York, v. 9, p. 1-111, 1989.

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

SILVA, M. L. de S. & TREVIZAM, A. R. **Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas**. Lavras – MG, informações agronômicas nº 149, 2015. 7p.

SILVA, A. C. da.; LIMA, E. P. C. de.; BATISTA, H. R. **Importancia da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação**. 2011. Disponível em: http://www.apec.unesc.net/V_EEC/sesoes_tematicas/Economia%20rural%20e%20agricultura%20familiar/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20SOJA%20PARA%20O%20AGRONEG%C3%93CIO%20BRASILEIRO.pdf. Acesso em: 14 de Jan. de 2016.

SILVA, A.A.; VALE, F.R.; FERNANDES, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; MUNIZ, J.A. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 451-457, 1998.

SILVA, N.M.; RAIJ, B.van; CARVALHO, L.H.; BATAGLIA, O.C.; KONDO, J.I. Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do Algodão. **Bragantia**, Campinas, v. 56, p. 389-401, 1997.

SILVA, P. I. B. e. **Manejo da correção da acidez do solo no consórcio milho-braquiária**. 2012. 100p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVEIRA, K.R.; RIBEIRO, M.R.; OLIVEIRA, L.B.; HECK, R.J.; SILVEIRA, R.R. Gypsum-saturated water to reclaim alluvial saline sodic and sodic soils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, p. 69-76, 2008.

SMITH, C. J.; PEOPLES, M. B.; KEERTHYSINGHE, G.; JAMES, T. R.; GARDEN, D. L.; TUOMI, S. S. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v. 32, p. 995- 1008, 1994.

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

SORATTO, R.P; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 32 nº. 2, 2008.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes**. In: _____. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 2.ed, Cap.12, p.283-315.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso em solos do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. (Embrapa Cerrados - Circular técnica, 32).

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. **Fósforo- Nutriente essencial para a vida**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. Informações Agronômicas Potafos, Piracicaba – SP, nº 102, 2003.

SUMNER, M. E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil through deep liming and surface application of gypsum. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 50, p. 1254- 1278, 1986.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, USDA, 2015. In: **Workshop Jornalismo Agropecuário**. Disponível em: http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper_jornalistas_Milho_AO.pdf. Acesso em 15 de jan. de 2016.

VALADÃO JÚNIOR, D.; BERGAMIN, A.; VENTUROSO, L.; SCHLINDWEIN, J.; CARON, B.; SCHMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 9, p. 379-365, 2008.

VITTI, G.C. **Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. 30p

WILCOX, J. R. **World distribution and trade of soybean**. In: BOERMA, H. R.; SPECHT, J. E. (Ed). Soybeans: improvement, production and uses. 3. ed. Madison: ASA:CSSA: SSSA, 2004. p. 1-14. (Agron. Monogr.,16).

YAMADA, T. **Melhoria na eficiência da adubação aproveitando as interações entre os nutrientes**. Informações agronômicas Potafos, nº 100. Piracicaba – SP, 2002. 5p.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 110-117, 2007.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.

ZAPPAROLI, R. A.; BONADIO, M. L.; GOMES, C. J. A.; Dias NASCIMENTO, D. M. D.; MARCHIONE, M. S.; BERNA, R.; CASTRO, A. M. C. e. Associação calcário e gesso na cultura da soja e nas características químicas do solo com alta saturação em alumínio. **Cultivando o saber**, Cascavel, v. 6, n. 4, p. 74- 84, 2013.

ZHONG, W.; SCHOBERT, C.; KOMOR, E. Transport of magnesium ions in the phloem of *Ricinus communis* L. seedlings. **Planta**, v.190, p.114-119, 1993.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1 **1. Identificação do material bibliográfico:** **Dissertação** **Tese**

1 **2. Identificação da Tese ou Dissertação**

2


Nome completo do autor: GUILHERME FILGUEIRAS SOARES

Título do trabalho: GESSO E FÓSFORO NA SUCESSÃO SOJA/MILHO SAFRINHA

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 04 / 10 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

