

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

**EFEITO RESIDUAL DO GESSO E ADUBAÇÃO FOSFATADA
NAS CULTURAS DA BRAQUIÁRIA E DA SOJA**

Bruna Vilela Carvalho

Engenheira Agrônoma

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

AGOSTO DE 2017

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES
ELETRÔNICAS DE TESES E**

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

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: BRUNA VILELA CARVALHO

Título do trabalho: "EFEITO RESIDUAL DO GESSO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NAS CULTURAS DA BRAQUIÁRIA E DA SOJA"

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)²

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 11 / 09 / 2017

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.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente
- Submissão de artigo em revista científica
- Publicação como capítulo de livro
- Publicação da dissertação/tese em livro

²A assinatura deve ser escaneada.

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

**EFEITO RESIDUAL DO GESSO E ADUBAÇÃO FOSFATADA
NAS CULTURAS DA BRAQUIÁRIA E DA SOJA**

Bruna Vilela Carvalho

Orientador: Prof. Dr. 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

AGOSTO DE 2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

VILELA CARVALHO, BRUNA
EFEITO RESIDUAL DO GESSO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NAS
CULTURAS DA BRAQUIÁRIA E DA SOJA [manuscrito] / BRUNA
VILELA CARVALHO. - 2017.
v, 59 f.

Orientador: Prof. Dr. SIMÉRIO CARLOS SILVA CRUZ.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade
Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, Programa de Pós
Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, Jataí, 2017.

1. ANÁLISE NUTRICIONAL DA SOJA. 2. BROMATOLOGIA DA
BRAQUIÁRIA. 3. SUCESSÃO DE CULTURAS. I. SILVA CRUZ,
SIMÉRIO CARLOS, orient. II. Título.

CDU 631/635



UFG

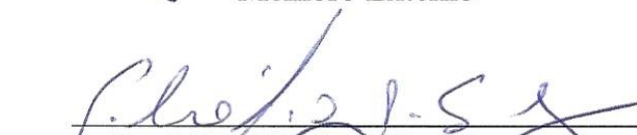
**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE **BRUNA VILELA CARVALHO** – Aos dois dias do mês de agosto de dois mil e dezessete (02/08/2017), às 14:00 horas, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: **Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz** – Orientador, **Prof. Dr. Jeander Oliveira Caetano**, e o **Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz**, sob a presidência do primeiro, e em sessão pública realizada no auditório do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Regional Jataí da UFG, procederem à avaliação da defesa de dissertação intitulada: **“EFEITO RESIDUAL DO GESSO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NAS CULTURAS DA BRAQUIÁRIA E DA SOJA”**, em nível de Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, de autoria de **BRUNA VILELA CARVALHO**, discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás da Regional Jataí. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra a seguir, foi concedida ao autor da dissertação que, em 30 minutos procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu o examinando, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1143/2013 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi (**X**) **APROVADA** () **REPROVADA** por unanimidade, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, na área de concentração em PRODUÇÃO VEGETAL pela Universidade Federal de Goiás. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGA da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. A Banca Examinadora recomenda a publicação de artigo científico, oriundo dessa dissertação em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de procedidas às modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades de pauta, às 17h40min a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação e para constar lavrou-se a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em quatro vias de igual teor.


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


Prof. Dr. Jeander Oliveira Caetano
Membro Externo


Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz
Membro Externo IFG – Iporá GO.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

BRUNA VILELA CARVALHO- nasceu em 17 de novembro de 1991 em Jataí - GO. Formou-se Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás no ano de 2015. 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.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
SUMMARY.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	5
2.1. Braquiária.....	5
2.2. Soja.....	6
2.3. Gesso agrícola.....	7
2.4. Fósforo.....	8
2.5. Referências.....	10
3. CAPÍTULO 2 – EFEITO RESIDUAL DO GESSO E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA APLICADOS NA SOJA E NO MILHO SEGUNDA SAFRA SOBRE A BRAQUIÁRIA.....	14
RESUMO.....	14
3.1. Introdução.....	15
3.2. Material e Métodos.....	18
3.3. Resultados e Discussão.....	23
3.4. Conclusões.....	31
3.5. Referências.....	32
4. CAPÍTULO 3 – EFEITO RESIDUAL DO GESSO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DA SOJA.....	36
RESUMO.....	36
4.1. Introdução.....	37
4.2. Material e Métodos.....	40
4.3. Resultados e Discussão.....	44
4.4. Conclusões.....	55
4.5. Referências.....	56

EFEITO RESIDUAL DO GESSO AGRÍCOLA E ADUBAÇÃO FOSFATADA NAS CULTURAS DA BRAQUIÁRIA E DA SOJA

RESUMO – O gênero *Brachiaria* tem papel importante, pela utilização de solos de baixa fertilidade, mas que viabilizaram a pecuária de corte na região dos Cerrados. Com o uso desses solos fracos, deu início à alternativas de manejo mais eficientes. Dentre as limitações em solos de Cerrado, destaca-se o elevado teor de Al^{3+} trocável ao longo do perfil, e o uso da calagem eleva o pH com consequente neutralização do alumínio tóxico. Mas o calcário possui mobilidade limitada no solo restringindo o crescimento radicular às camadas superficiais, logo o gesso agrícola tem favorecido a neutralização do Al em subsuperfície além de fornecer Ca e S em maiores profundidades. Assim, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito residual do gesso associado à adubação fosfatada, no desenvolvimento das culturas da braquiária e da soja cultivadas em sucessão. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, com 4 repetições. O primeiro fator correspondeu as doses de gesso (0, 1, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹) e o segundo fator correspondeu as doses de fósforo (0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). O uso do gesso agrícola proporciona melhorias na qualidade da forragem por proporcionar redução do teor de matéria seca e elevação do teor de matéria mineral, sendo este último associado com a dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Na ausência da adubação fosfatada o gesso reduz a produtividade de massa de plantas secas. O uso do gesso agrícola proporciona elevação nos teores foliares de Ca, S e N em plantas de soja e reduz K e Mg. As alterações na nutrição da soja proporcionada pela utilização do gesso, não foram suficientes para interferir na produtividade de grãos. A ausência de adubação fosfatada por duas safras consecutivas, em solo com teor de P classificado como adequado, proporciona redução na produtividade de soja.

PALAVRAS-CHAVE: análise nutricional da soja, bromatologia da braquiária, *Glycine max* (L.), sucessão de culturas.

GYPSUM RESIDUAL EFFECT AND PHOSPHATE FERTILIZATION IN BRACHIARIA AND SOYBEAN CULTURES

SUMMARY – The *Brachiaria* genus has an important role, through the use of previously neglected soils, but which enabled the cattle ranching in the Cerrados region. With the use of these weak soils, it started the most efficient management alternatives. Among the limitations in Cerrado soils, the high Al^{3+} content is interchangeable along the profile, and the use of liming raises the pH with consequent neutralization of toxic aluminum. But limestone has limited soil mobility restricting root growth to the surface layers, so gypsum has provided the neutralization of Al in subsurface as well as providing Ca and S at greater depths. The objective of this study was to evaluate the effect of gypsum associated with phosphate fertilization, in the brachiaria and soybean cultures development cultivated in sequence. The experiment was carried out 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 to phosphorus rates (0, 40 e 80 kg ha^{-1} de P_2O_5). The gypsum provides improvements in forage cause the TMS reduction and MM elevation with the rate 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 . In the phosphate fertilization absence decreases the brachiaria dry mass production. The gypsum provides elevation of Ca, S and N contents in soybean with consequent reduction of K and Mg contents. The soybean nutrition changes provided by gypsum, isn't enough to change the grains productivity. the phosphate fertilization absence for two consecutive crops in soil with the P content classified appropriate reduce the soybean productivity.

KEY-WORDS: brachiaria bromatology, cultures sequence, *Glycine max* (L.), soybean nutritional analyses.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Brachiaria* tem papel extremamente importante no Brasil, pois permitiu a utilização de solos de baixa fertilidade, uma vez que esses apresentavam altos teores de acidez e baixa fertilidade, desfavorecendo a agricultura de grãos. Desta forma, essas áreas, mesmo com sérias limitações, viabilizaram a pecuária de corte na região dos Cerrados (VALLE et al., 2000).

Este gênero constitui ainda hoje, a base das pastagens cultivadas brasileiras, além de impulsionar o desenvolvimento da indústria de sementes de plantas forrageiras, colocando o Brasil como o maior exportador desse insumo para o mundo tropical (VALLE et al., 2009).

A fim de fazer melhor uso desses solos de baixa fertilidade, iniciou-se o desenvolvimento de alternativas para restabelecer a capacidade produtiva das pastagens cultivadas e de sistemas de manejo mais eficientes para a agricultura de grãos. E uma das opções que tem se mostrado viável, é a integração dos sistemas de produção de grãos e pecuária, pois assim, há melhor exploração da área, aumentando o sinergismo entre pastagens e culturas anuais. Estes sistemas trazem grandes benefícios à área como a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, menor custo com a renovação das pastagens e diversificação de atividades (VILELA et al., 2008), o que proporciona maior estabilidade de renda para o produtor.

Neste sentido, o sistema plantio direto também tem se beneficiado da integração de sistemas de produção, uma vez que as espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*, que são utilizadas em consórcio, rotação e/ou sucessão, permitem boa formação de palhada, que traz inúmeros benefícios como a proteção do solo, o aporte de matéria orgânica e a conservação da água, que influencia diretamente a cultura sucessora, que na região do Cerrado tem sido predominantemente a soja (ANDREOLLA, 2010).

De acordo com o nono levantamento, se consolida o desempenho recorde da safra brasileira de soja, apresentando um crescimento na área plantada de 1,9% e

uma produção de 113.930,1 mil toneladas, comparado com o observado na safra anterior (CONAB, 2017). Para manter o elevado teto produtivo, se faz necessário alguns cuidados com fatores que podem limitar a produção.

Dentre as limitações mais frequentemente observadas em solos de Cerrado, destaca-se o elevado teor de Al^{3+} trocável ao longo de todo o perfil. O uso da calagem permitiu a melhoria desses solos, por proporcionar elevação do pH, com consequente neutralização do alumínio tóxico. Esta prática também proporciona o fornecimento de Ca e Mg, além de beneficiar a disponibilização dos demais elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas (ALVAREZ et al., 1999).

Porém, o uso da calagem sem incorporação ao solo como tem ocorrido em áreas cultivadas em sistema plantio direto ao longo dos anos, tem restringido o crescimento radicular as camadas mais superficiais, pois sabe-se que o calcário possui mobilidade limitada no solo. Como consequência, as plantas deixam de explorar maior volume de solo em decorrência das barreiras químicas que são formadas na subsuperfície como altos teores de Al e baixos teores de Ca e P. Neste sentido, o gesso agrícola tem sido utilizado pelos agricultores como alternativa para neutralização do Al em subsuperfície além de fornecer Ca e S em maiores profundidades (CAIRES et al., 1999).

O gesso agrícola é basicamente o sulfato de cálcio diidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), obtido como subproduto industrial. Para a produção de ácido fosfórico, as indústrias de fertilizantes utilizam, como matéria-prima, a rocha fosfática (apatita, especialmente a fluorapatita) que ao ser atacada por ácido sulfúrico mais água, produz como subprodutos da reação, o sulfato de cálcio e o ácido fluorídrico (DIAS, 1992).

A eficiência do gesso na melhoria dos efeitos da acidez no subsolo tem sido demonstrada em vários trabalhos (CAIRES et al., 1999; CARVALHO-PUPATTO et al., 2004; CARVALHO & RAIJ, 1997). A aplicação de gesso na superfície tem mostrado uma melhoria do ambiente radicular das plantas, em razão da movimentação de Ca para camadas subsuperficiais do solo e, ou, diminuição dos efeitos tóxicos de teores elevados de Al, em decorrência da formação de espécies menos tóxicas como $AlSO_4^+$ (ALVAREZ et al., 1999).

O gesso agrícola além de fornecer Ca e S ao solo pode, também, aumentar a eficiência de absorção de P pelas plantas, já que este nutriente é praticamente imóvel no solo. Uma vez diminuído o teor de Al tóxico e conseqüentemente diminuir

a fixação do P, espera-se o aumento da eficiência no uso de adubos fosfatados solúveis em água os quais são de elevado custo para o produtor (SOARES, 2016).

De acordo com Malavolta (2006), o fósforo, sem dúvida, trata-se do nutriente que mais limita a produção vegetal no Brasil, e a elevação de sua disponibilidade, de forma a vencer a barreira imposta pela carência do solo por este nutriente, é um dos grandes desafios no manejo da fertilidade do solo. Os teores de fósforo nos solos da região do Cerrado são muito baixos. Essa característica, associada à alta capacidade que esses solos têm para reter esse elemento na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável, sem a aplicação de adubos fosfatados.

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 o 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.

A absorção de P depende de um amplo sistema radicular e ela aumenta na razão direta do volume de solo ocupado com as raízes (BARBER & CHEN, 1990). Sendo assim, existe a hipótese de que o maior desenvolvimento do sistema radicular das culturas proporcionado pelo uso do gesso agrícola, frequentemente relatado na literatura, pode aumentar a eficiência de absorção de fósforo pelas plantas em função do maior volume de solo explorado,

Assim, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito residual do gesso associado à adubação fosfatada, no desenvolvimento das culturas da braquiária e da soja cultivada em sucessão.

2. CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1. Braquiária

A braquiária é de origem africana, das regiões tropicais como Zaire e Kenya, onde predominam chuvas acima de 800 mm anuais e locais de pouca vegetação, o que permite o crescimento da braquiária. Foi introduzida no Brasil pela região da Amazônia, destacadamente no Estado do Pará, em regiões quentes e úmidas, e posteriormente expandiu-se para todas as regiões tropicais e subtropicais do Brasil (OLIVEIRA et al., 2015).

No Brasil, a estimativa de áreas com pastagens de braquiária está em torno de 70 milhões de hectares, enquanto, apenas no ecossistema cerrados, este valor é estimado em 40 milhões de hectares (IBGE , 2016). Outra característica positiva deste gênero, é o seu alto vigor de rebrota, com boa persistência sob condições de intensa ou frequente desfolhação (MACEDO, 1995).

As braquiárias podem ser utilizadas para enriquecimento da fertilidade do solo, principalmente nas camadas superficiais, pois recuperam os nutrientes em profundidade. Isso ocorre porque elas acumulam boa quantidade de nutrientes em sua matéria seca, que, aliado a sua grande produção de fitomassa aérea e radicular, que explora grande volume do perfil do solo, proporciona a ciclagem desses nutrientes, tornando-os disponíveis para os cultivos subsequentes. Esse fato se deve ao posterior processo de decomposição do material vegetal, em que esses nutrientes serão mineralizados e disponibilizados para o sistema solo-planta. Além de ser benéfico para a reciclagem de nutrientes, impede que esses elementos fiquem vulneráveis aos processos de perdas no solo, como volatilização (no caso do nitrogênio), lixiviação (no caso do potássio e nitrogênio), fixação (no caso do fósforo) e erosão (desses e de outros nutrientes) (OLIVEIRA et al., 2015).

As braquiárias também possuem a capacidade de absorver formas de fósforo (P) e potássio (K) que outras culturas não têm acesso. No entanto, após sua decomposição, esses nutrientes são disponibilizados para o solo em formas que outras culturas podem absorver. O potássio, vulnerável à lixiviação, é liberado da palhada em período diferente da adubação potássica, reduzindo esse prejuízo. Já o fósforo é altamente vulnerável ao processo de fixação, cuja presença da cobertura

morta rica em fósforo, com decomposição gradual dos resíduos orgânicos, proporciona a formação de formas orgânicas de fósforo menos suscetíveis às reações de adsorção, que, com o processo de mineralização, vão lentamente abastecer o fósforo na solução do solo (OLIVEIRA et al., 2015).

Devido aos grandes investimentos necessários para a formação, recuperação e reforma de pastagens, têm-se buscado diversas técnicas com a finalidade de diminuir esses investimentos. Entre estas técnicas, a utilização do consórcio de culturas com forrageiras, principalmente as do gênero *Brachiaria*, tem sido preconizada na formação e reforma de pastagens, produção de forragem para confinamento, bem como de cobertura morta para plantio direto de culturas. Esta técnica tem como objetivo atenuar os custos relativos à correção e adubação do solo e ao controle de plantas daninhas, pois, além de formação e recuperação das pastagens, permite a produção de grãos (SOUZA NETO, 1993; TOWNSEND et al., 2000; COBUCCI, 2001).

2.2. Soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das principais culturas oleaginosas cultivadas no mundo. Sua composição química com alto teor proteico proporciona múltiplas aplicações na alimentação humana e animal. A cultura tem um importante papel socioeconômico para o agronegócio brasileiro devido ao seu elevado potencial produtivo nas diferentes regiões. Além disso, a soja é matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais, tais como as indústrias de sementes, fertilizantes, agrotóxicos e máquinas agrícolas (MAUAD et al., 2010).

O agronegócio da soja é, desde os anos de 1970, responsável por inúmeras metamorfoses e especializações produtivas do espaço agrário brasileiro (SILVEIRA, 2012). Ele configura-se ainda como o principal produto agrícola da pauta das exportações brasileiras e o maior responsável pelo aumento da colheita nacional de grãos. Assim sendo, a cadeia produtiva da soja é o carro-chefe da agricultura de grande escala no Brasil, chancelando o país como segundo produtor mundial e confirmando-o como o primeiro exportador de soja do mundo (CUNHA & ESPINDOLA, 2015).

Alcançar a máxima lucratividade em uma lavoura comercial de soja é o principal objetivo de todos os produtores, e para isso, juntamente com o clima favorável, várias técnicas de manejos são empregadas. Dentre essas técnicas podemos destacar o controle de insetos, doenças e plantas daninhas, o preparo conservacionista do solo, o uso eficiente de corretivos e fertilizantes, a escolha de cultivares mais adaptadas para a região, sementes de boa qualidade e o arranjo espacial de plantas (CRUZ et al., 2016).

O décimo levantamento realizado pela CONAB (2017) consolida a performance recorde da safra brasileira de soja, apresentando um crescimento na área plantada de 1,9%, comparado com o observado na safra 2015/2016, e um aumento de 1,2% quando comparado com a safra 2014/2015. O excelente desenvolvimento da oleaginosa foi respaldado pelo comportamento do clima em praticamente todas as regiões do país.

2.3. Gesso Agrícola

O gesso agrícola, sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é subproduto da fabricação do ácido fosfórico, que é necessário à produção de superfosfato triplo e fosfatos de amônio. Devido à grande quantidade com que é obtido, isto é, para cada tonelada de P_2O_5 produzida na forma de ácido fosfórico, obtém-se 4,5 toneladas de gesso, seu acúmulo torna-se um transtorno para a indústria (ARAÚJO et al., 2013).

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 agrícola mostra-se mais efetivo na redução da toxidez de Al do que o sulfato de cálcio puro por causa da presença de F^- , um ânion que forma complexos mais estáveis com Al do que o SO_4^{2-} (SOMAVILLA et al., 2016).

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.

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. Fósforo

Os solos tropicais apresentam baixa concentração de P disponível e alto potencial de fixação deste nutriente, por isso, é tido como o principal nutriente limitante das produções agrícolas destes solos (NOVAIS & SMYTH, 1999). A composição básica de óxidos de ferro e alumínio e em menor quantidade a caulinita favorece a maximização desse fenômeno nos solos tropicais (SOUZA et al., 2015).

De acordo com Malavolta (2006), o fósforo, sem dúvida, trata-se do nutriente que mais limita a produção vegetal no Brasil, e a elevação de sua disponibilidade, de forma a vencer a barreira imposta pela carência do solo por este nutriente, é um dos grandes desafios no manejo da fertilidade do solo. Os teores de fósforo nos solos da região do Cerrado são muito baixos. Já Sousa & Lobato (2004) afirma que esta característica, associada à alta capacidade que esses solos têm para reter o fósforo na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável, sem a aplicação de adubos fosfatados.

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 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).

2.5. Referências

ALVAREZ, V. H., RIBEIRO, A. C., RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. T. G., Calagem. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, p. 169-341, 1999.

ANDREOLLA, V. R. M. **Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho**. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ARAÚJO, A. P. B. DE, FERNANDES, A. L. T. O passivo ambiental do fosfogesso gerado nas indústrias de fertilizantes fosfatados e as possibilidades de aproveitamento. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.9, n.16, p. 2952, 2013.

BARBER, S.A.; CHEN, J. Using a mechanistic model to evaluate the effect of soil pH on phosphate uptake. **Plant and Soil**, v. 124, n. 2, p. 143- 146, 1990.

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**, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Corn, wheat and soybean yields as a function of the changes in soil chemical characteristics due to surface application of lime and gypsum under a no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999.

CARVALHO, M.C.S.; VAN RAIJ, B. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, v. 192, n. 1, p. 37-48, 1997.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, 2004.

COBUCCI, T.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de plantas daninhas em sistema de plantio direto. **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: UFV, p. 583-624, 2001.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 11º Levantamento agosto/2016**. Disponível em

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_12_08_19_boletim_graos_agosto_2016.pdf> Acesso em 15/06/2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 10º Levantamento julho/2017**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf> Acesso em 19/07/2017.

CRUZ, S. C. S., SENA JUNIOR, D. G., DOS SANTOS, D. M. A., LUNEZZO, L. O., & MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

CUNHA, R. C., ESPÍNDOLA, C. J. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, v. 11, n. 1, 2015.

DIAS, L. E. Uso de gesso como insumo agrícola. **Embrapa Agrobiologia- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 1992.

IBGE. **Recursos Naturais e Estudos Ambientais**, 2016. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra 2000 - 2010 - 2012 - 2014. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/default.shtm>> Acesso em 21/08/2017.

JONES, C.; JACOBSEN, J. Plant nutrition and soil fertility. **Nutrient Management Module No. 2**. v. 2, p. 11, 2005.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. **Anais do 32º simpósio sobre Pastagens nos ecossistemas brasileiros: pesquisas para o desenvolvimento sustentável**, 1995.

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

MAUAD, M.; SILVA, T.L.B.; ALMEIDA NETO, A.I.; ABREU, V.G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v.3, n.9, p.175-181, 2010.

NOVAIS, F.R.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (Brasil), p.399, 1999.

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

NUNES, U. R., ANDRADE JÚNIOR, V. C., SILVA, E. D. B., SANTOS, N. F., COSTA, H. A. O., FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; BORGHI, E.; CECCON, G.; CASTRO, G. S. A. **Atributos da braquiária como condicionador de solos sob integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta.** Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, Cap.18, p. 333-353, 2015.

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

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Gessagem.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica Ageitec. 2011. Disponível em: <acucar/arvore/CONTAG01_35_711200516717.html > Acesso em: 07 jul. 2017.

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**, v.25, n. 13-14, p. 2491-2499, 1994.

SILVEIRA, M. L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI.** 16. ed. Rio de Janeiro: Record. 2012.

SOARES, G. F. **Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha.** Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2016.

SOMAVILLA, L., PINTO, M. A. B., BASSO, C. J., DA ROSA, C. O., DA SILVA, V. R., BRUN, T., & SANTI, A. L. Resposta da soja e milho a intervenção mecânica do solo e aplicação de gesso agrícola em superfície. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 1, p. 95-102, 2016.

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

SOUZA NETO, J. M. **Formação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com o milho como cultura acompanhante.** Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1993.

SOUZA, M. F. P., DA SILVA MAZARELI, R. C., DAL BEM, E. A., FRANCO, A. A., MACEDO, H. R., NAKAO, A. H. Atributos químicos do solo e fosfatase ácida do feijoeiro em decorrência do uso de fertilizante fosfatado e plantas de cobertura-10.14688/1984-3801/gst. **GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 7, n. 3, p. 76-86, 2015.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo- Nutriente essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. **Informações Agrônomicas Potafos**, Piracicaba – SP, n. 102, 2003.

TOWNSEND, C. R., COSTA, N. D. L., MAGALHÃES, J. A., DE ARAUJO PEREIRA, R. G. Renovação de pastagens degradadas em consórcio com milho na Amazônia Ocidental do Brasil. **Pasturas Tropicales (Colombia)**, v. 2, p. 15-19, 2004.

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.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM** Anais. Piracicaba: FEALQ, v. 17, p.21-64, 2000.

VALLE, C. B. do; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

VILELA, L., MARTHA JÚNIOR, G. B., MARCHÃO, R. L., GUIMARÃES JÚNIOR, R., BARIONI, L. G., BARCELLOS, A. D. O. Integração lavoura-pecuária. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, v. 1, p. 933-962, 2008.

YAMADA, T. Melhoria na eficiência da adubação aproveitando as interações entre os nutrientes. **KP Potafos – Informações Agronômicas**, Piracicaba – SP, 5p, n.100, 2002.

3. CAPÍTULO 2 - EFEITO RESIDUAL DO GESSO E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA APLICADOS NA SOJA E NO MILHO SEGUNDA SAFRA SOBRE A BRAQUIÁRIA

RESUMO - Os solos destinados para pastagem no Brasil, historicamente, são pobres quanto à fertilidade, devido a pouca importância que era dada para esta atividade. Dentre as alternativas para melhorar as condições de utilização das pastagens, destacam-se os sistemas integrados de produção. Assim, objetivou-se com essa pesquisa, avaliar o efeito residual do gesso agrícola e da adubação fosfatada aplicados nas culturas da soja e do milho segunda safra, sobre o desenvolvimento e bromatologia da braquiária. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, com 4 repetições. O primeiro fator correspondeu as doses de gesso (0, 1, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹) e o segundo fator correspondeu as doses de fósforo (0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Os efeitos dos tratamentos foram avaliados após a colheita do milho segunda safra. Foi determinado o número de perfilhos de braquiária e massa de plantas secas. As plantas secas foram submetidas à análise bromatológica para determinação dos teores de extrato etéreo, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, matéria mineral, proteína bruta, teor de matéria seca, produtividade de massa de plantas secas e número de perfilhos na braquiária. O uso do gesso agrícola promove melhorias na qualidade da forragem por proporcionar redução do teor de matéria seca e elevação do teor de matéria mineral, sendo este último associado com a dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Na ausência da adubação fosfatada o gesso reduz a produtividade de massa de plantas secas. Os resultados obtidos com as variações da adubação fosfatada, não são consistentes para permitir conclusões quanto a esse fator de variação, e isto provavelmente se deve ao teor inicial de fósforo da área experimental, considerado adequado.

PALAVRAS-CHAVE: *Brachiaria* híbrida cultivar Mulato II (Convert HD364), bromatologia, gessagem

3.1. Introdução

Os solos destinados para pastagem no Brasil, historicamente, são pobres quanto à fertilidade, devido à pouca importância que era dada para esta atividade, somado a isto, o manejo incorreto quanto a entrada e saída dos animais nas áreas, tem criado uma série de problemas, sendo o mais visível a degradação da própria forrageira (OLIVEIRA et al., 2009).

Dentre as alternativas para melhorar as condições de utilização das pastagens, destacam-se os sistemas integrados de produção, pois dessa forma, permite-se um maior aproveitamento da área de cultivo, torna o empreendimento agrícola mais sustentável, conserva a biodiversidade, diversifica a produção e este conjunto reflete diretamente na produtividade da área e conseqüentemente na renda líquida do produtor (CORDEIRO et al., 2015).

Os sistemas de produção estão inseridos em vários modelos que podem ser usados como alternativa de diversificação, como o sistema plantio direto (SPD) e sistemas de consórcios. Nesses últimos, destaca-se o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP).

O SPD é uma ferramenta muito importante, para que haja um bom funcionamento desse sistema é necessário o manejo adequado da palhada na superfície do solo. O cultivo em consórcio de plantas produtoras de grãos com forrageiras tem possibilitado a permanência dessa cobertura até a safra seguinte (SORATTO et al., 2013).

Esse tipo de consórcio teve um grande aumento nos últimos anos, principalmente nas regiões Sudeste e Centro Oeste do Brasil. As culturas mais utilizadas são o milho e algumas espécies do gênero *Brachiaria*, pois estas apresentam uma elevada produção de massa e cobertura do solo, e isto ocorre sem que a produção do milho seja afetada, sendo que em alguns casos ocorre benefício com aumento de produtividade de grãos em sistemas consorciados (SORATTO et al., 2013).

A ILP tem atendido bem as necessidades de muitos produtores que não possuem apenas a agricultura como principal atividade, mas também a pecuária, e este sistema veio para incrementar, pois ele tem a capacidade de recuperar as pastagens degradadas conjuntamente com a produção de palha e melhoria das propriedades do solo para a agricultura anual (MACEDO, 2009).

Para o estabelecimento desses sistemas há necessidade não apenas de manejar de forma correta, mas também corrigir as deficiências do solo, pois as áreas destinadas para pastagem são consideradas áreas de baixa fertilidade, apresentando baixos níveis de cálcio, magnésio e enxofre (Ca, Mg e S). Com o incremento de mais de um sistema em uma mesma área de cultivo, se faz necessário fornecer nutrientes o suficiente para que nenhuma cultura seja prejudicada durante o seu desenvolvimento (OLIVEIRA et al., 2009).

A calagem é uma das principais alternativas para o fornecimento de Ca e Mg, além de corrigir a acidez causada por alumínio (Al). Mas apenas esta prática não é capaz de atingir as camadas mais subsuperficiais do solo, logo a utilização do gesso agrícola associado ao calcário, permite um melhor condicionamento do subsolo facilitando a absorção dos nutrientes pelo sistema radicular das plantas.

Ainda não estão claras as condições em que se podem esperar efeitos favoráveis da aplicação de gesso na produção das culturas (CAIRES et al., 2011). É importante destacar que o uso do gesso agrícola nem sempre está associado a teores elevados de Al no subsolo, pois em condições de baixas concentrações de Al e Ca, utiliza-se o gesso para fornecimento de cálcio, o que proporciona melhor crescimento de raízes em profundidade, permitindo maior eficiência na absorção de água e nutrientes (RITCHEY et al., 1982; SORATTO; CRUSCIOL, 2008), principalmente o fósforo (P) em função da sua baixa mobilidade no solo.

Desta forma, existe a hipótese de que o maior desenvolvimento do sistema radicular das culturas proporcionado pelo o uso do gesso agrícola, frequentemente relatado na literatura, pode aumentar a eficiência de absorção de fósforo pelas plantas em função do maior volume de solo explorado, uma vez que os principais fatores que afetam a absorção de fósforo pelas culturas são a taxa de crescimento radicular, a concentração do P na solução do solo e o raio médio das raízes (ROSOLEM et al., 1994).

Diante do exposto, objetivou-se com essa pesquisa, avaliar o efeito residual do gesso agrícola, após 12 meses de sua aplicação, associado a adubação fosfatada, sobre o desenvolvimento e bromatologia de plantas de braquiária.

3.2. Material e Métodos

Este experimento teve início na safra 2014/2015, e será finalizado no ano agrícola de 2018/19 totalizando 5 anos. Portanto esta dissertação fica restrita ao estudo da braquiária e da soja conduzidos no ano agrícola de 2015/2016, após a colheita do milho segunda safra 2015/2015.

O trabalho foi desenvolvido no município de Jataí, situado na microrregião do Sudoeste Goiano, com 17°53' S e 52°43' W e 680 m de altitude. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, textura argilosa.

A caracterização química do solo da área experimental encontra-se na Tabela 1. As amostras de solo são coletadas sempre após a colheita do milho safrinha. Como se trata do segundo ano safra de condução da pesquisa os valores dos componentes químicos estão apresentados por parcela em função das alterações químicas ocorridas no solo após a primeira aplicação dos tratamentos (doses de gesso e fósforo) por Soares (2016).

Estão apresentados os valores referentes aos tratamentos do gesso levando em conta a média das três doses de P em função da ausência de resposta do fator de variação P nos componentes químicos do solo após o primeiro ano de aplicação dos tratamentos. Houve diferença para a fonte de variação P no primeiro ano de condução do experimento apenas para o teor de fósforo no solo na camada de 0-5 cm onde os tratamentos que receberam 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram 34,31 e 33,97 mg dm⁻³ de fósforo, sendo superiores aos 24,54 mg dm⁻³ apresentados nas parcelas que não receberam adubação fosfatada conforme pode ser observado em Soares (2016).

Tabela 1. Caracterização química das parcelas da área experimental amostrada após a colheita do milho segunda safra cultivada em consórcio com a braquiária, Jataí-GO, 2016.

Profundidade	Gesso	pH em H ₂ O	H ⁺ +Al ³⁺	Cátion trocável				P (Mehlich ⁻¹)
				Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	
cm	t ha ⁻¹		-----cmol _c /dm ³ -----				mg dm ⁻³	
0-5	0	6,36	5,87	0,00	4,44	2,11	0,23	27,36
	1	6,67	4,81	0,00	5,34	1,92	0,23	25,27
	2	6,38	5,62	0,00	5,40	1,25	0,17	28,78
	4	6,35	5,63	0,00	5,90	0,86	0,18	36,45
	8	6,16	5,45	0,00	5,82	0,60	0,22	36,84
5-10	0	6,12	7,07	0,01	3,27	1,60	0,11	15,71
	1	6,23	6,37	0,04	3,90	1,69	0,11	12,51
	2	6,03	6,77	0,01	3,78	0,96	0,09	12,95
	4	5,85	7,14	0,02	4,06	0,61	0,08	14,24
	8	5,91	6,60	0,00	5,20	0,39	0,10	17,18
10-20	0	5,76	7,43	0,09	2,14	0,93	0,10	5,48
	1	5,79	7,13	0,06	2,34	0,99	0,09	4,22
	2	5,65	7,11	0,08	2,35	0,67	0,07	5,05
	4	5,58	7,25	0,06	2,91	0,49	0,06	5,81
	8	5,60	6,74	0,04	3,82	0,27	0,07	6,54
20-40	0	5,60	6,86	0,06	1,86	0,76	0,10	4,04
	1	5,68	6,39	0,02	2,14	0,77	0,10	3,59
	2	5,58	6,41	0,04	2,11	0,68	0,08	3,35
	4	5,52	6,53	0,02	2,62	0,58	0,07	4,73
	8	5,50	6,33	0,03	3,54	0,35	0,08	5,79

Modificado de Soares (2016).

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 1.

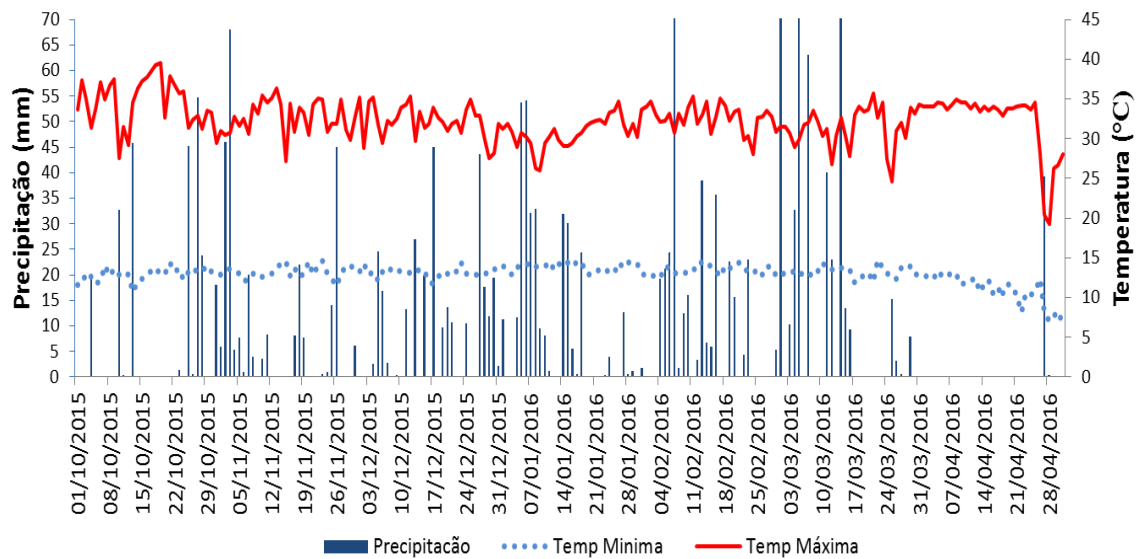


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura mínima e máxima (°C) na área experimental no período de outubro de 2015 a janeiro de 2016. Fonte: INMET, 2015/2016.

O delineamento experimental foi constituído de 15 tratamentos estabelecidos em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 5 linhas com 5 m de comprimento, espaçadas a 0,45 m, totalizando 11,25 m² (2,25 x 5 m). Como área útil foram consideradas as 3 linhas centrais excluindo-se 1 m de cada extremidade. O primeiro fator correspondeu as doses de gesso (0, 1, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹) e o segundo fator correspondeu as doses de fósforo (0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Estas doses de P₂O₅ representam 0, 50 e 100% da dose recomendada por Sousa e Lobato (2004), respectivamente, para a cultura do milho, cultivado em consórcio com a forrageira em questão.

A área vem sendo cultivada no SPD há pelo menos dez anos, com a sucessão soja no verão e milho ou sorgo na segunda safra. A partir da safra 2014/2015, iniciou-se a presente pesquisa conduzida no primeiro ano agrícola por Soares (2016), o qual estudou o efeito dos tratamentos nas culturas da soja e do milho segunda safra dois meses após aplicação do gesso agrícola. Durante a condução do milho segunda safra pelo autor referido acima, foi semeado a *Brachiaria* híbrida cultivar Mulato II (Convert HD364) estabelecendo o sistema de consórcio.

A braquiária foi semeada nas entre linhas do milho segunda safra no mês de março de 2015, com população de acordo com as recomendações da empresa

produtora de sementes. A abertura dos sulcos para deposição das sementes de braquiária foi feita de forma manual com auxílio de enxada.

As doses de gesso foram aplicadas uma única vez no mês de setembro de 2014. A caracterização química do gesso utilizado nesta pesquisa encontra-se na Tabela 2. A adubação fosfatada obedecendo aos tratamentos foi realizada sempre nas mesmas parcelas, após a semeadura da soja e do milho segunda safra, sendo a distribuição a lanço, utilizando como fonte o superfosfato triplo. Após a colheita do milho segunda safra no ano de 2015, não foi aplicado nenhum fertilizante na cultura da braquiária, ficando esta, utilizando apenas os nutrientes residuais das adubações das culturas que a antecederam.

Tabela 2. Composição química do gesso agrícola. Jataí-GO, 2016

Características do Gesso	Ca	S	Umidade total	Umidade (65°)	P₂O₅	Cu	Fe	Mn	Zn
(%)	23,56	18,64	25,22	21,74	0,67	0,014	0,25	0,012	0,005

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados após a colheita do milho segunda safra (outubro de 2015). Foi determinado o número de perfilhos de braquiária presentes na área de um anel de PVC com diâmetro de 30 cm, o qual foi lançado duas vezes ao acaso na área útil das parcelas.

Posteriormente, foram coletadas amostras de plantas, utilizando-se um quadrado de ferro com área correspondente a 0,25 m² que fora lançado duas vezes ao acaso na área útil das parcelas, perfazendo uma área de 0,50 m², para determinação da massa de plantas secas. As plantas coletadas foram deixadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até que o material vegetal apresentasse massa constante, após a determinação da massa de plantas secas, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e submetidas a estufa de circulação forçada a 105°C para realização da análise bromatológica, conforme metodologia descrita em Silva e Queiroz (1981).

Os resultados foram submetidos à análise de variância com posterior comparação das médias pelo teste de Tukey a 1, 5 e 6% de probabilidade. Análises complementares de regressão foram realizadas quando aplicável. Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico Assistat (SILVA, 2016). Sempre que foi observado a ocorrência de interação significativa entre as fontes de

variação, utilizou-se o programa estatístico R (R Core Team, 2017) com os pacotes ExpDes.pt (Ferreira et al., 2013), WriteXLS (Schwartz et al., 2015) e agricolae (Mendiburu 2016).

3.3. Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância (valores de F) para a análise bromatológica da cultura da braquiária encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, gesso, fósforo e suas interações para extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), teor de matéria seca (TMS), produtividade de massa de plantas secas (PMS) e número de perfilhos (PF) na braquiária. Jataí-GO, 2016

Causas de Variação	EE	FDA	FDN	MM	PB	TMS	PMS	PF
Bloco	2,91 ^{ns}	6,14 ^{**}	0,57 ^{ns}	4,90 [*]	11,41 ^{**}	0,09 ^{ns}	0,66 ^{ns}	2,49 ^{ns}
Gesso (G)	3,18 ^{**}	0,84 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,26 ^{ns}	4,07 ^{**}	8,43 ^{**}	3,61 ^{**}	0,17 ^{ns}
Fósforo (P)	1,61 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,32 ^{ns}	3,13 ^{***}	0,66 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,32 ^{ns}	2,16 ^{ns}
G x P	1,46 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,02 ^{ns}	2,14 ^{***}	1,85 ^{ns}	0,83 ^{ns}	3,81 ^{**}	1,77 ^{ns}
Regressão Polinomial								
Reg. Linear	6,09 [*]	0,45 ^{ns}	0,01 ^{ns}	---	1,95 ^{ns}	17,44 ^{**}	---	0,35 ^{ns}
Reg. Quadrática	5,97 [*]	1,45 ^{ns}	2,30 ^{ns}	---	0,35 ^{ns}	12,03 ^{**}	---	0,05 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade. *** significativo a 6% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,06$). ^{ns} não significativo. --- desdobramento da interação realizada pelo programa estatístico R.

Verifica-se que houve interação entre doses de gesso e fósforo apenas para os componentes MM e PMS (Tabela 3). Ao desdobrar a interação e analisar as doses de gesso dentro de cada dose de P_2O_5 (0, 40 e 80 kg ha⁻¹) para MM, observa-se ajuste para equação quadrática somente na dose 80 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (Tabela 4). Após derivar a equação obteve-se o maior teor de MM na braquiária na dose correspondente a 4,7 Mg ha⁻¹ de gesso (Figura 2). Para esta dose de gesso o valor correspondente de MM é de 8,65 %. Santos et al. (2004) encontrou teores de MM em torno de 5,76%, no período de julho a outubro, o qual possui um menor regime de chuvas. Durante este período, as pastagens tropicais normalmente não apresentam uma boa qualidade, em razão da avançada idade fisiológica das plantas e da baixa capacidade de rebrota, decorrente da inibição causada pela presença de

grande quantidade de perfilhos maduros, baixa umidade no solo, temperaturas mais baixas e dias mais curtos.

Desenvolvida nos mesmos meses do ano que os estudados por Santos et al. (2004), esta pesquisa apresentou teores elevados de MM, quando comparado com o autor citado acima, isso pode ter ocorrido devido a forrageira ter sido implantada em consórcio com milho segunda safra, sobre o sistema de plantio direto, o qual requer um solo corrigido devido a exigência da cultura principal, no caso o milho. Sendo assim, foi possível observar o efeito residual da adubação mineral realizada no milho sobre o teor de MM da braquiária cultivada em consórcio.

Segundo Silva e Queiroz (1981) a cinza nos alimentos contém principalmente os seguintes cátions: cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, cobre, cobalto e alumínio; e ânions: sulfato, cloreto, silicato, fosfato, etc. Logo se explica o ajuste da equação quadrática em função das doses de gesso na dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, pois, além do fornecimento de P₂O₅ via adubação fosfatada, o gesso agrícola utilizado nessa pesquisa possuía 23,56% de Ca, 18,64% de S, 0,67% de P₂O₅, 0,014% de Cu, 0,246% de Fe, 0,012 % Mn e 0,005 % de Zn, o que representa uma adição de 1.107,32, 876,08, 31,49, 0,658, 11,75, 0,564, 0,235 kg ha⁻¹, respectivamente, destes elementos descritos acima, na dose de 4,7 Mg ha⁻¹ de gesso.

Deve-se destacar também que a fonte de P₂O₅ utilizada se trata do superfosfato triplo, o qual possui entorno de 14% de Ca (MALAVOLTA et al., 1967).

Já em relação as doses de P₂O₅, houve diferença apenas nas parcelas que receberam as doses de 2 e 4 Mg ha⁻¹ de gesso (Tabela 4). Na dose 2 Mg ha⁻¹ pode-se observar diferença entre o tratamento sem adubação fosfatada e o tratamento que recebeu 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Na dose de 4 Mg ha⁻¹ de gesso, a diferença observada ocorreu entre a dose 0 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

É importante destacar que a análise de matéria mineral, é essencial, pois permite que o produtor ou técnico conheça a qualidade de certas forragens que serão utilizadas para alimentação dos animais, para se evitar a deficiência mineral no rebanho e também os gastos com suplementos minerais, já que, muitas vezes, há o uso de suplementos sem necessidade, e isto traz como consequência desperdício de dinheiro e até poderá prejudicar no desempenho animal (SANTOS et al., 2007).

A composição mineral das plantas forrageiras varia em função de uma série de fatores interdependentes, tais como a idade da planta, a fertilidade do solo, adubação empregada, etc. (SANTOS et al., 2007).

Uma baixa concentração de elementos minerais na planta pode ser devido à baixa disponibilidade do mineral no solo, reduzida capacidade genética da planta em acumular o elemento ou ser indicativo de baixa exigência do elemento mineral para crescimento da planta (WOODY et al., 1983 citado por SANTOS et al., 2007).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre gesso e fósforo para a porcentagem de matéria mineral (MM) em plantas de braquiária. Jataí-GO, 2016

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Doses de gesso (Mg ha ⁻¹)					Equação
	0	1	2	4	8	
0	8,40 A	8,14 A	8,00 B	8,10 B	8,50 A	L ^{ns} Q ^{ns}
40	8,40 A	8,30 A	9,00 A	8,50 AB	8,60 A	L ^{ns} Q ^{ns}
80	8,25 A	8,00 A	8,30 AB	8,90 A	8,20 A	L ^{ns} Q [*]
CV %	4,33					

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. * significativo a 5% pelo teste F. L = equação linear. Q = equação quadrática.

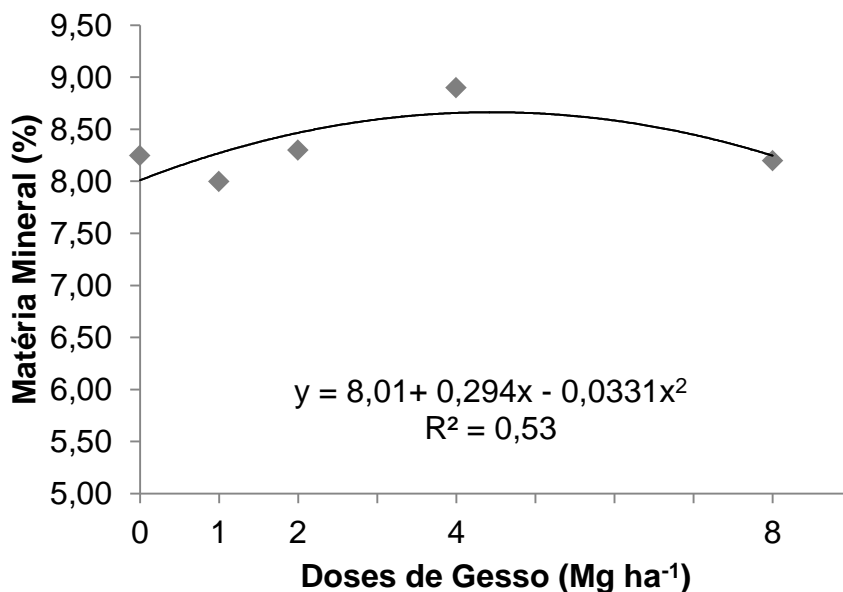


Figura 2. Material mineral em plantas de braquiária em função das doses gesso, na dose equivalente a 100% da adubação fosfatada (80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Jataí – GO, 2016.

Para a variável TMS, foi possível observar ajuste para equação quadrática, como pode ser verificado na Tabela 3 e Figura 3. Ao derivar a equação obteve-se o maior valor para TMS na dose correspondente a 2,48 Mg ha⁻¹ de gesso (Figura 3). A partir desta dose, houve redução nos valores de TMS o que representa aumento da qualidade da forragem, uma vez que Costa et al. (2005) relata que, altos teores de MS em gramíneas forrageiras é um fator limitante no consumo desta pelos animais, uma vez que, há o aumento na quantidade de fibras. O período comum de ocorrer esse aumento no teor de MS é na seca, pois o crescimento da planta é comprometido em detrimento da baixa umidade do solo e ausência de chuva.

Segundo Carvalho et al. (1995) e Sousa et al. (2007), outro fator que tem influência sobre o teor de MS em forrageiras, é o sombreamento, através de sistemas silvipastoris, pois estes sistemas permitem uma maior quantidade de folhas verdes na planta, fazendo com que ocorra a elevação do valor nutritivo dessa forragem, e conseqüentemente há a diminuição do teor de MS. Sousa et al. (2007) obteve em torno de 22% de teor de MS em área sombreada com *Zeyheria tuberculosa*.

Apesar da braquiária, nessa pesquisa, ter sido cultivada em consórcio com a cultura do milho, a qual permaneceu sombreada até a colheita do mesmo, os valores observados estão acima dos relatados como ótimos na literatura (entre 22 e 25% de acordo com Carvalho et al. (1995) e Sousa et al. (2007)). Porém, deve-se destacar que a coleta das amostras ocorreu quatro meses após a colheita do milho, período este que não houve mais precipitação.

A adubação de acordo com Aguiar et al. (2000), também é relevante quanto ao teor de MS em forrageiras, encontrando valores em torno de 24,76%, para capim-furachão (*Panicum repens* L.), com adição de adubo (50 kg ha⁻¹ de N, 19,33 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 33,22 kg ha⁻¹ de K₂O), isso pode ser explicado devido a maior produção de folhas em relação aos caules quando se fez adubação, pois a maior concentração de umidade encontra-se nas folhas.

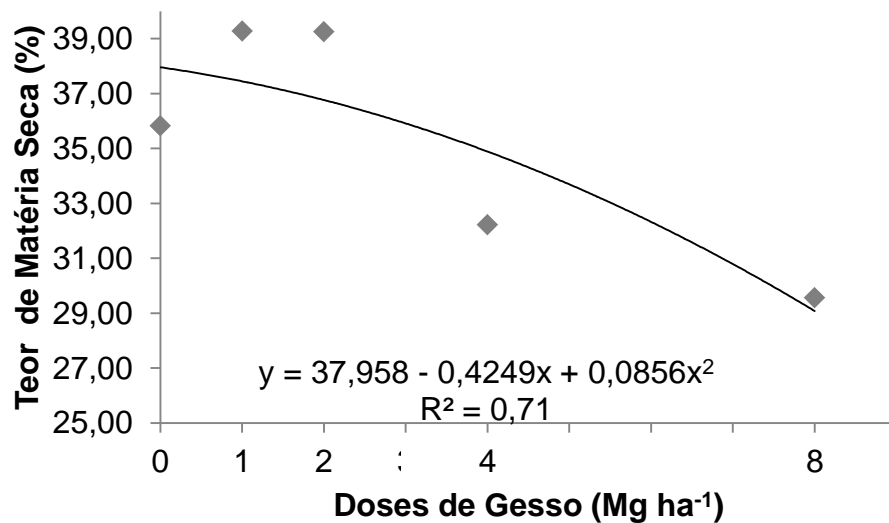


Figura 3. Teor de matéria seca (TMS) em plantas de braquiária em função das doses gesso. Jataí – GO, 2016.

Para PMS houve interação entre gesso e fósforo conforme pode ser observado na Tabela 5. Foi possível ajustar equação de regressão, sendo esta quadrática, apenas para a variação ocorrida na PMS em função das doses gesso na ausência de adubação fosfatada (Figura 4).

Isso pode ser explicado pela adição considerável de Ca (1.013,08 kg ha⁻¹) com a utilização da dose de 4,3 Mg ha⁻¹ de gesso, dose esta responsável pela menor PMS. Desta forma, a presença em grande quantidade do Ca pode ter reduzido a disponibilidade de P diminuindo a PMS de braquiária (Tabela 5).

Conforme Resende & Neto (2007) o P quando em contato com a solução do solo, precipita-se com outros nutrientes, dentre eles o Ca. Outro fator relevante, que ajuda a validar a explicação acima é o fato de não ter ocorrido redução da PMS com o aumento das doses de gesso, nos tratamentos onde havia a presença da adubação com P₂O₅.

Já em relação às doses de P₂O₅, dentro de cada dose de gesso, quando se fez o uso de adubação fosfatada nas parcelas que não receberam o gesso agrícola ocorreu redução na PMS. Já nas doses de 2 e 4 Mg ha⁻¹ de gesso, houve um aumento da PMS nos tratamentos que receberam adubação fosfatada quando comparado com o tratamento onde esta adubação foi suprimida (Tabela 5).

Tabela 5. Desdobramento da interação entre gesso e fósforo para a produtividade de massa de plantas secas (PMS) em Mg ha⁻¹. Jataí-GO, 2016

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Doses de gesso (Mg ha ⁻¹)					Equação
	0	1	2	4	8	
0	7,36 A	6,92 A	4,60 B	4,54 B	5,75 A	L ^{ns} Q [*]
40	5,87 AB	6,36 A	6,89 A	5,27 AB	5,34 A	L ^{ns} Q ^{ns}
80	5,55 B	6,53 A	6,20 A	6,13 A	5,74 A	L ^{ns} Q ^{ns}
CV %	13,23					

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. * significativo a 5% pelo teste F. L = equação linear. Q = equação quadrática.

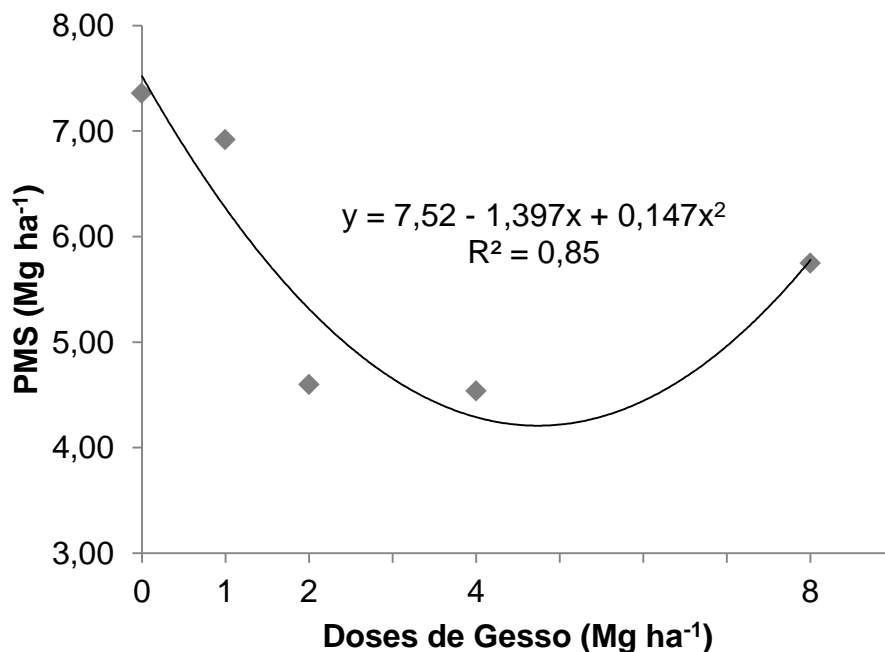


Figura 4. Produtividade de massa de plantas secas (PMS) função das doses gesso, na ausência de adubação fosfatada. Jataí – GO, 2016.

Para o fator de variação doses de gesso, o teor de extrato etéreo (EE) ajustou-se para equação quadrática, como pode ser observado na Tabela 3. Ao derivar a equação obteve-se o menor teor de EE de braquiária na dose correspondente a 4,82 Mg ha⁻¹ de gesso (Figura 5).

Apesar da redução do teor de EE encontrado nesta pesquisa, com a elevação das doses de gesso não foi encontrada explicação para este comportamento, uma vez que Dias et al. (2007) relatam que o extrato etéreo é mais influenciado pela genética da planta do que pelo ambiente onde ela se desenvolve.

Os teores de EE encontrados nesta pesquisa variaram de 2,46 a 2,94%. De acordo com Souza et al. (2009) o teor de EE para uma dieta, não pode ultrapassar 6% pois, poderia limitar o consumo de matéria seca por ruminantes. Os teores de extrato etéreo encontrados neste trabalho estão acima dos relatados por Mari (2003) em capim-Marandu (1,9%) e Santos et al. (2004) em *Brachiaria decumbens* (1,38%). Vale enfatizar que em plantas forrageiras os teores de extrato etéreo na matéria seca podem variar de 1% até 4% (VAN SOEST, 1994).

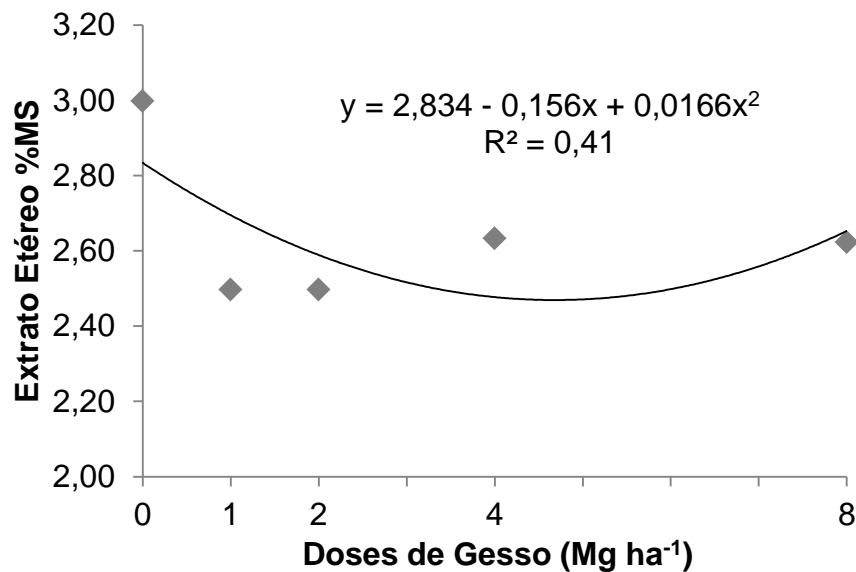


Figura 5. Teor de extrato etéreo (EE) em plantas de braquiária função das doses gesso. Jataí – GO, 2016.

Para os demais componentes como FDA, FDN, PB e PF não houve efeito significativo para as fontes de variações estudadas, nem para suas interações (Tabela 3). Autores como Dias et al. (2007), também encontraram ausência de resultados significativos para os componentes FDA e FDN em gramíneas forrageiras, os quais relatam que essas variáveis são influenciadas mais pelo genótipo do que pelo ambiente.

O teor médio de FDA encontrado nesta pesquisa foi de 29,04%, valor este, considerado alto, quando comparado com o valor considerado ideal para uma forrageira segundo Allen e Mertens (1988) citados por Flemming et al. (2004) que é de 19%. Para Costa et al. (2005) o valor nutritivo das forragens é definido pela composição química. Desta forma, o FDA está diretamente ligado com a

digestibilidade do alimento, pois representa a fração da fibra indigestível, ou seja, quanto maior o valor de FDA menor a digestibilidade da forragem.

Segundo Van Soest (1994), o conteúdo de FDN representa o componente bromatológico da forragem que tem maior relação com o consumo da mesma, logo valores acima de 55 a 60% influenciam de forma negativa o consumo da forrageira pelos animais. A média do teor de FDN encontrada nesta pesquisa foi de 58,29%, ou seja, se enquadra nos parâmetros citados por Van Soest (1994).

Já o componente PB, segundo Franco (2003), sofre influência da adubação fosfatada, uma vez que esta promove concentração significativa de PB na parte aérea de gramíneas forrageiras devido a melhora na absorção de N pelas plantas.

A PB nessa pesquisa apresentou valor médio de 4,25% o que é considerado muito baixo para uma forrageira. De acordo com Van Soest (1994) forrageiras com teores inferiores a 7% de PB reduzem a sua digestibilidade devido à inadequada disponibilidade de N para os microrganismos do rúmen, diminuindo assim sua população e, conseqüentemente, reduzindo a digestibilidade e a ingestão de matéria seca; assim, um teor mais elevado de PB é necessário para o atendimento das exigências proteicas do organismo animal.

Com relação ao PF, Franco (2003) verificou maior número de perfilhos quando se fez o uso de P, confirmando a importância do fósforo no perfilhamento de gramíneas forrageiras, devido seu papel no desenvolvimento do sistema radicular, e a sua deficiência é capaz de diminuir a taxa de crescimento inicial e o estabelecimento das forrageiras, limitando a capacidade produtiva (Santos et al., 2015; Rezende et al., 2011). Em contrapartida, Patês et al. (2007) relata que o uso da adubação fosfatada isolada não tem efeito no perfilhamento da gramínea, se fazendo necessário a associação com a adubação nitrogenada.

3.4. Conclusões

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

O efeito residual do gesso agrícola, 12 meses após a sua aplicação, proporciona melhorias na qualidade da forragem por proporcionar redução do TMS e elevação do teor de MM, sendo este último associado com a dose de $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.

Na ausência da adubação fosfatada o gesso reduz a produtividade de massa de plantas secas.

O gesso agrícola não proporciona alterações em importantes componentes bromatológicos como FDA, FDN, proteína bruta e número de perfilhos.

Os resultados obtidos com as variações da adubação fosfatada, não são consistentes para permitir conclusões quanto a esse fator de variação, e isto provavelmente se deve ao teor inicial de fósforo da área experimental, considerado adequado.

3.5. Referências

AGUIAR, R. S., VASQUEZ, H. M., da SILVA, J. F. C. Produção e composição químico-bromatológica do capim-furachão (*Panicum repens* L.) sob adubação e diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 325-333, 2000.

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**, v. 103, n. 6, p. 1804-1814, 2011.

CARNEIRO, R. C. P. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1029-1037, 2007.

CAVALLINI, M. C., ANDREOTTI, M., OLIVEIRA, L. L., PARIZ, C. M., CARVALHO, M. D. P. Relações entre produtividade de *Brachiaria brizantha* e atributos físicos de um Latossolo do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 34 n. 4, p. 1007-1015, 2010.

CORDEIRO, L. A. M., VILELA, L., MARCHÃO, R. L., KLUTHCOUSKI, J., JÚNIOR, G. B. M. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1-2, p. 15-53, 2017.

COSTA, K. A. de P., ROSA, B., de OLIVEIRA, I. P., CUSTÓDIO, D. P., SILVA, C. D. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2006.

DIAS, F. J., BRANCO, A. F., CECATO, U., SANTELLO, G. A., JOBIM, C. C. Composição química do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com diferentes fontes de fósforo sob pastejo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 9-16, 2007.

DUARTE, C. F. D., PAIVA, L. M., FERNANDES, H. J., CASSARO, L. H., BREURE, M. F., PROCHERA, D. L., BISERRA, T. T. (2016). Capim-piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. **INVESTIGAÇÃO**, v. 15, n. 4, p. 1-6, 2016.

FLEMMING, J., BRUM, J., FREITAS, J., MAIORKA, A., PIEKARSKI, P., NETO, R. M., CARVALHO, A., DALLAGNOL, E. Composição da forragem e os parâmetros de gordura do creme de leite e da manteiga. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, 2004.

FRANCO, H. C. J. Avaliação agrônômica de fontes e doses de fósforo para o capim-Tifton 85. 2003.

GUIMARÃES, G. L., BUZETTI, S., LAZARINI, E., de SÁ, M. E., ARF, O., ANDRADE, J. A. da C. Efeito de culturas de verão e opções de inverno na cultura do milho e no solo na implantação do plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 471-477, 2006.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo. **Agronômica Ceres**, 2 ed., São Paulo. , p. 606, 1967.

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**, v.33, p.592-598, 2009.

PATÊS, N. M. da S., PIRES, A. J. V., da SILVA, C. C. F., SANTOS, L. C., de CARVALHO, G. G. P., FREIRE, M. A. L Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, 2007.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2008. Disponível em<<https://www.r-project.org/>>Acesso em: 11/04/2017.

RESENDE, A. V.de, & NETO, A. E. F. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado**. Embrapa Cerrados, p.11-22, 2007.

REZENDE, A. V.de, de LIMA, J. F., RABELO, C. H. S., RABELO, F. H. S., NOGUEIRA, D. A., CARVALHO, M., FARIA JUNIOR, D. C. N. A., de ÁVILA BARBOSA, L. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Agrarian**, v. 4, n. 14, p. 335-343, 2011.

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

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**, v.25 p. 2491-2499, 1994.

SANTOS, L. M., de SIQUEIRA, F. T., de SIQUEIRA, G. B., CALÇADO, J. P. A. Potencial de estabelecimento da *Brachiaria* híbrida cultivar Mulato II (Convert HD364) no estado do Tocantins. **Nativa**, v. 3, n. 4, p. 224-232, 2015.

SANTOS, B., SALES, R. O., COSTA, M. Teores de matéria seca e matéria mineral do feno de duas variedades de capim elefante sob quatro períodos de corte. **Simpósio de nutrição e alimentação animal**, v. 1, 2007.

SANTOS, E. D. G., PAULINO, M. F., QUEIROZ, D. S., FONSECA, D. M., VALADARES FILHO, S. C., LANA, R. P. Avaliação de pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf. 2. Disponibilidade de forragem e desempenho animal durante a seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 214-224, 2004.

SILVA, F. DE A. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. **World congress on computers in agriculture**, p. 22-24, 2009.

SILVA, D., & QUEIROZ, A. D. **Análise de alimentos:(métodos químicos e biológicos)**. UFV, Impr. Univ., (1981) 79p.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SORATTO, R. P., FERNANDES, A. M., PILON, C., CRUSCIOL, C. A. C., BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1351-1359, 2013.

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**, p. 675-688, 2008.

SOUZA, A. R. D. L., de MEDEIROS, S. R., MORAIS, M. da G., OSHIRO, M. M., JÚNIOR, R. A. D. A. T. Dieta com alto teor de gordura e desempenho de tourinhos de grupos genéticos diferentes em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 746-753, 2010.

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, p.283-315.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, p. 213-229, 1994.

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

4. CAPÍTULO 3 – EFEITO RESIDUAL DO GESSO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DA SOJA

RESUMO - A soja é uma das principais culturas da agricultura mundial, devido sua composição e potencial produtivo. Em solos do Cerrado, as produtividades das culturas estão ligadas principalmente à disponibilidade de fósforo (P), uma vez que esse nutriente é o mais limitante da produtividade de biomassa em solos tropicais. O gesso agrícola tem grande capacidade de se movimentar no solo, alcançando camadas subsuperficiais suprimindo o cálcio (Ca) e reduzindo o alumínio tóxico (Al). Com esta correção, o sistema radicular é capaz de explorar maior volume de solo, permitindo uma melhor absorção de água e nutrientes. Diante do exposto, objetivou-se com essa pesquisa, avaliar o efeito residual do gesso agrícola, 12 meses após a aplicação, associado a adubação fosfatada, sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura da soja. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, com 4 repetições. O primeiro fator correspondeu as doses de gesso (0, 1, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹) e o segundo fator correspondeu as doses de fósforo (0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). O uso do gesso agrícola proporciona elevação nos teores foliares de Ca, S e N em plantas de soja com conseqüente redução de K e Mg. As alterações na nutrição mineral da soja proporcionada pela utilização do gesso, não foram suficientes para interferir na produtividade de grãos. A ausência de adubação fosfatada por duas safras consecutivas, em solo com teor de P classificado como adequado, proporciona redução na produtividade de soja.

PALAVRAS-CHAVE: Fósforo, análise nutricional, *Glycine max* (L.), gesso agrícola.

4.1. Introdução

A soja, (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas da agricultura mundial, devido sua composição e potencial produtivo. Estas características aumentaram o interesse dessa cultura pelos pesquisadores, permitindo avanços científicos e a disponibilização de tecnologias no setor produtivo (KLAHOLD et al., 2006; MAUAD et al., 2010).

A produção da soja tem destaque na agricultura de grande escala no Brasil, fazendo do país um grande exportador (CUNHA & ESPINDOLA, 2015). Em muitas regiões, as médias de produtividade ainda estão abaixo do potencial produtivo, situado em torno de 7.000 kg ha⁻¹, sendo necessário o uso de práticas culturais que visem relacionar fatores, como por exemplo: ambiente, solo, clima, adubação, manejo de pragas e doenças e melhoramento, para maximização desse potencial produtivo (DARIO et al., 2005).

Desta maneira, o interesse pela busca de alternativas que influenciam de forma positiva o estabelecimento da cultura e uso de forma intensiva das áreas, permitiu a implantação do sistema plantio direto (SPD), o qual se constitui na implantação de culturas agrícolas em solo sem revolvimento e protegido com palhada de culturas remanescentes. Este sistema possui vantagens que estão relacionadas aos atributos químicos e estruturais do solo, diminuição das operações que envolvem o preparo do solo, maior controle de erosão, conservação da água e conseqüentemente melhora no rendimento das culturas (CAIRES et al., 2003; FIDELIS et al., 2003; SORATTO, 2002).

Para uma boa produção, se faz necessário primeiramente preparar o solo, que implica em melhoria de suas propriedades químicas, físicas e biológica. Dessa maneira, é de suma importância à manutenção do equilíbrio entre essas propriedades, a fim de proteger o solo (CARVALHO et al., 2004).

Em solos do Cerrado, as produtividades das culturas estão ligadas principalmente à disponibilidade de fósforo (P) (Sousa & Lobato, 2004), uma vez que esse nutriente é o mais limitante da produtividade de biomassa em solos tropicais.

Essa limitação é decorrente da grande capacidade de adsorção do mesmo na fase sólida e também pelo fato desses solos apresentarem baixos teores originalmente, logo se justifica o uso de altas doses de adubação fosfatada (NOVAIS & SMYTH, 1999; RAIJ, 1991).

Atualmente o uso do P para a produção de grãos é constante, e com o aumento das áreas plantadas, essa adubação tem sido realizada em superfície sem incorporação, com intuito de otimizar o tempo, manter a palha no solo e conseqüentemente elevar os teores de matéria orgânica, que é capaz de minimizar as reações de fixação deixando o P mais disponível para o melhor aproveitamento das plantas (CORRÊA et al., 2004).

A manutenção da palha faz com que haja uma redução na decomposição microbiana, em detrimento do menor contato com o solo. Dessa forma há uma produção contínua de ácidos orgânicos, os quais formam complexos organometálicos estáveis com ferro (Fe) e, ou, alumínio (Al) em várias faixas de pH (AMARAL et al., 2004; SPOSITO, 1989). A eficiência desses ácidos também beneficia a aplicação de outros produtos, como o gesso agrícola, que é um subproduto industrial, o qual possui basicamente em sua composição cálcio (Ca) e enxofre (S) e pode ser usado associado com outros corretivos, fertilizantes, etc (DIAS, 1992).

Uma forma de utilização do gesso é a aplicação superficial, devido o mesmo apresentar alta solubilidade. Uma vez aplicado, este tem grande capacidade de se movimentar no solo, alcançando camadas subsuperficiais suprindo o Ca e reduzindo o alumínio tóxico (Al). Com esta correção, o sistema radicular é capaz de explorar maior volume de solo, permitindo uma melhor absorção de água e nutrientes (SUMNER, 1995; CAIRES et al., 1998).

Desta forma, existe a hipótese de que o maior desenvolvimento do sistema radicular das culturas proporcionado pelo o uso do gesso agrícola, frequentemente relatado na literatura, pode aumentar a eficiência de absorção de fósforo pelas plantas em função do maior volume de solo explorado, uma vez que os principais fatores que afetam a absorção de fósforo são a taxa de crescimento radicular, a concentração do P na solução do solo e o raio médio das raízes (ROSOLEM et al., 1994).

Diante do exposto, objetivou-se com essa pesquisa, avaliar o efeito residual do gesso agrícola, após 12 meses de sua aplicação, associado a adubação fosfatada, sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura da soja.

4.2. Material e Métodos

Este experimento teve início na safra 2014/2015, e será finalizado no ano agrícola de 2018/19 totalizando 5 anos. Portanto esta dissertação fica restrita ao estudo da braquiária e da soja conduzidos no ano agrícola de 2015/2016, após a colheita do milho segunda safra 2015/2015.

O trabalho foi desenvolvido no município de Jataí, situado na microrregião do Sudoeste Goiano, com 17°53´ S e 52°43´ W e 680 m de altitude. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, textura argilosa.

A caracterização química do solo da área experimental encontra-se na Tabela 1. As amostras de solo são coletadas sempre após a colheita do milho segunda safra. Como se trata do segundo ano safra de condução da pesquisa os valores dos componentes químicos estão apresentados por parcela em função das alterações químicas ocorridas no solo após a primeira aplicação dos tratamentos (doses de gesso e fósforo) por Soares (2016).

Estão apresentados os valores referentes aos tratamentos do gesso levando em conta a média das três doses de P em função da ausência de resposta do fator de variação P nos componentes químicos do solo após o primeiro ano de aplicação dos tratamentos. Houve diferença para a fonte de variação fósforo no primeiro ano de condução do experimento apenas para o teor de fósforo no solo na camada de 0-5 cm onde os tratamentos que receberam 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram 34,31 e 33,97 mg dm⁻³ de fósforo, sendo superiores aos 24,54 mg dm⁻³ apresentados nas parcelas que não receberam adubação fosfatada conforme pode ser observado em Soares (2016).

Tabela 1. Caracterização química das parcelas da área experimental amostrada após a colheita do milho segunda safra cultivada em consórcio com a braquiária, Jataí-GO, 2016.

Profundidade	Gesso	pH em H ₂ O	H ⁺ +Al ³⁺	Cátion trocável				P (Mehlich ⁻¹)
				Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	
cm	t ha ⁻¹		-----cmol _c /dm ³ -----				mg dm ⁻³	
0-5	0	6,36	5,87	0,00	4,44	2,11	0,23	27,36
	1	6,67	4,81	0,00	5,34	1,92	0,23	25,27
	2	6,38	5,62	0,00	5,40	1,25	0,17	28,78
	4	6,35	5,63	0,00	5,90	0,86	0,18	36,45
	8	6,16	5,45	0,00	5,82	0,60	0,22	36,84
5-10	0	6,12	7,07	0,01	3,27	1,60	0,11	15,71
	1	6,23	6,37	0,04	3,90	1,69	0,11	12,51
	2	6,03	6,77	0,01	3,78	0,96	0,09	12,95
	4	5,85	7,14	0,02	4,06	0,61	0,08	14,24
	8	5,91	6,60	0,00	5,20	0,39	0,10	17,18
10-20	0	5,76	7,43	0,09	2,14	0,93	0,10	5,48
	1	5,79	7,13	0,06	2,34	0,99	0,09	4,22
	2	5,65	7,11	0,08	2,35	0,67	0,07	5,05
	4	5,58	7,25	0,06	2,91	0,49	0,06	5,81
	8	5,60	6,74	0,04	3,82	0,27	0,07	6,54
20-40	0	5,60	6,86	0,06	1,86	0,76	0,10	4,04
	1	5,68	6,39	0,02	2,14	0,77	0,10	3,59
	2	5,58	6,41	0,04	2,11	0,68	0,08	3,35
	4	5,52	6,53	0,02	2,62	0,58	0,07	4,73
	8	5,50	6,33	0,03	3,54	0,35	0,08	5,79

Modificado de Soares (2016).

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 1.

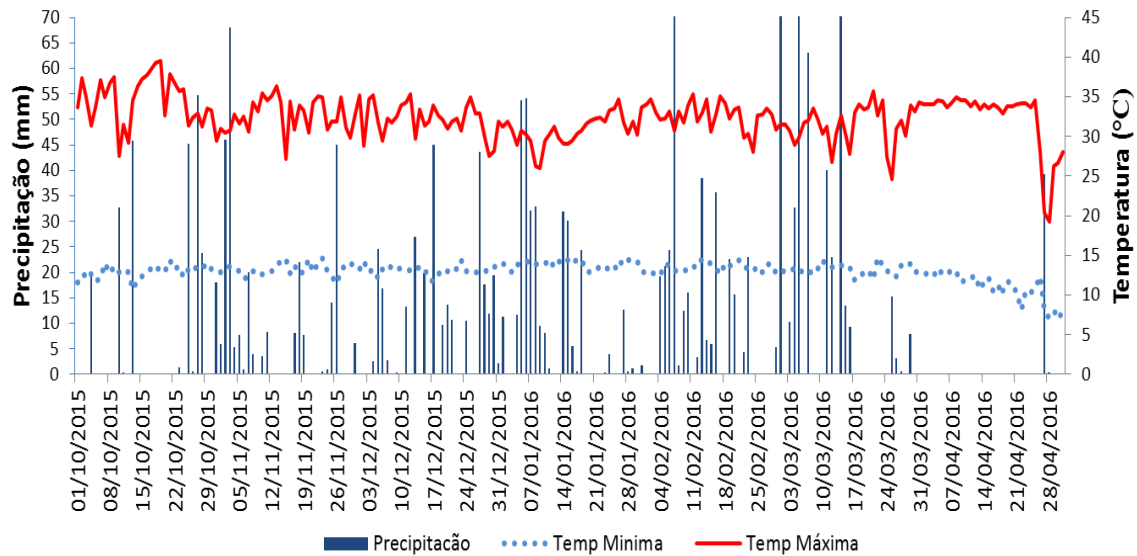


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura mínima e máxima (°C) na área experimental no período de outubro de 2015 a janeiro de 2016. Fonte: INMET, 2015/2016.

O delineamento experimental foi constituído de 15 tratamentos estabelecidos em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 5 linhas com 5m de comprimento, espaçadas a 0,45m, totalizando 11,25m² (2,25 x 5m). Como área útil foram consideradas as 3 linhas centrais excluindo-se 1 m de cada extremidade. O primeiro fator correspondeu as doses de gesso (0, 1, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹) e o segundo fator correspondeu as doses de fósforo (0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Estas doses de P₂O₅ representam 0, 50 e 100% da dose recomendada por Sousa e Lobato (2004), respectivamente.

A área vem sendo cultivada no SPD há pelo menos dez anos, com a sucessão soja no verão e milho ou sorgo na segunda safra. A partir da safra 2014/2015, iniciou-se a presente pesquisa conduzida no primeiro ano agrícola por Soares (2016), o qual estudou o efeito dos tratamentos nas culturas da soja e do milho segunda safra dois meses após aplicação do gesso agrícola.

Após a dessecação da braquiária, foi semeada a soja cultivar Ponta com ciclo de 108 a 110 dias, com população em torno de 380.000 plantas por hectare.

As doses de gesso foram aplicadas uma única vez no mês de setembro de 2014. A caracterização química do gesso utilizado nesta pesquisa encontra-se na Tabela 2. A adubação fosfatada obedecendo aos tratamentos foi realizada sempre nas mesmas parcelas, após a semeadura da soja e do milho segunda safra, sendo a distribuição a lanço, utilizando como fonte o superfosfato triplo.

Tabela 2. Composição química do gesso agrícola. Jataí-GO, 2016

Características do Gesso	Ca	S	Umidade total	Umidade (65°)	P₂O₅	Cu	Fe	Mn	Zn
(%)	23,56	18,64	25,22	21,74	0,67	0,014	0,25	0,012	0,005

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados por ocasião do florescimento e na colheita. No início do florescimento foram coletadas amostras foliares, coletando folhas amadurecidas do terço mediano das plantas (MARTINEZ et al., 1999), as quais permaneceram em estufa de circulação de ar a 65°C até atingirem massa constante. Posteriormente, as amostras de folhas secas foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Ilha Solteira, para determinação dos teores foliares de macro e micronutrientes. Ao final do ciclo da cultura foi determinado a produtividade de grãos com umidade corrigida para 13% de base úmida.

Os resultados foram submetidos à análise de variância com posterior comparação das médias pelo teste de Tukey a 1, 5 e 6% de probabilidade. Análises complementares de regressão foram realizadas quando aplicável. Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico Assistat (SILVA, 2016). Sempre que foi observado a ocorrência de interação significativa entre as fontes de variação, utilizou-se o programa estatístico R (R Core Team, 2017) com os pacotes ExpDes.pt (Ferreira et al., 2013), WriteXLS (Schwartz et al., 2015) e agricolae (Mendiburu 2016).

4.3. Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância (valores de F) para análise nutricional (macronutrientes) da cultura da soja encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, gesso, fósforo e suas interações para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na soja. Jataí-GO, 2016

Causas de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	0,34 ^{ns}	0,97 ^{ns}	17,50 ^{**}	4,39 [*]	2,13 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Gesso (G)	2,12 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,71 ^{ns}	10,57 ^{**}	15,92 ^{**}	1,24 ^{ns}
Fósforo (P)	0,98 ^{ns}	3,20 ^{***}	1,15 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,67 ^{ns}
G x P	1,34 ^{ns}	0,96 ^{ns}	2,22 ^{***}	0,92 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,15 ^{ns}
Regressão Polinomial						
Reg. Linear	1,90 ^{ns}	0,01 ^{ns}	---	38,91 ^{**}	58,74 ^{**}	4,31 [*]
Reg. Quadrática	4,48 [*]	0,57 ^{ns}	---	0,11 ^{ns}	1,65 ^{ns}	0,38 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). *** significativo a 6% de probabilidade. ^{ns} não significativo. --- desdobramento da interação realizada pelo programa estatístico R.

Verifica-se que houve interação entre doses de gesso e fósforo apenas para o K (Tabela 3). Ao analisar as doses de gesso dentro de cada dose de P_2O_5 (0, 40 e 80 kg ha⁻¹), observa-se ajuste para equação de regressão linear negativa somente na dose 80 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (Figura 2). Com o aumento das doses de gesso notou-se uma diminuição nos teores de K nas folhas de soja (Tabela 4). Silva & Trevizam (2015) relatam que essa diminuição ocorre em função da inibição competitiva entre o K e o Ca, e também pode ser atribuído a lixiviação do K quando o gesso é utilizado em doses elevadas.

O gesso utilizado nesta pesquisa continha em sua composição 23,56% de Ca, o que corresponde a uma adição de 1.884,8 kg de Ca na dose de 8 Mg ha⁻¹ de gesso. Malavolta (2006) também afirma que o aumento da concentração do íon Ca

provoca a diminuição geralmente parcial e reversível na absorção do K. Já Ernani et al. (1993) relata que o Ca proveniente do gesso não afeta a disponibilidade do K, mas quando usado em grandes quantidades pode resultar na lixiviação do K, tornando-o indisponível para as plantas.

Soares (2016) utilizando doses crescentes de gesso também encontrou diminuição do teor de K nas folhas de soja em detrimento do acúmulo de Ca proveniente do gesso agrícola.

Já em relação às doses de P_2O_5 , houve diferença apenas nas parcelas que receberam as doses de 1 e 8 $Mg\ ha^{-1}$ de gesso (Tabela 4). Na presente pesquisa a fonte de P utilizada foi o superfosfato triplo, que de acordo com Malavolta (1967), contém em sua composição 14% de Ca prontamente disponível para a planta. Com o emprego da adubação fosfatada foi possível observar que o aumento das doses de P_2O_5 promoveu uma diminuição dos teores de K nas plantas de soja.

O que pode justificar este decréscimo, mesmo não ocorrendo em todas as doses de gesso, é o fato da dose $80\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 representar incremento maior de Ca ao sistema, prejudicando assim a absorção do K.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre gesso e fósforo para o teor potássio ($g\ kg^{-1}$) em plantas de soja. Jataí-GO, 2016

Doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)	Doses de gesso ($Mg\ ha^{-1}$)					Equação
	0	1	2	4	8	
0	17,00 A	22,17 A	15,33 A	15,50 A	18,17 A	L ^{ns} Q ^{ns}
40	16,00 A	17,50 AB	15,17 A	16,00 A	16,33 AB	L ^{ns} Q ^{ns}
80	17,92 A	16,50 B	18,58 A	17,75 A	12,58 B	L ^{**} Q ^{ns}
CV %	15,67					

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo. ^{**} significativo a 1% pelo teste F. L = equação linear. Q = equação quadrática.

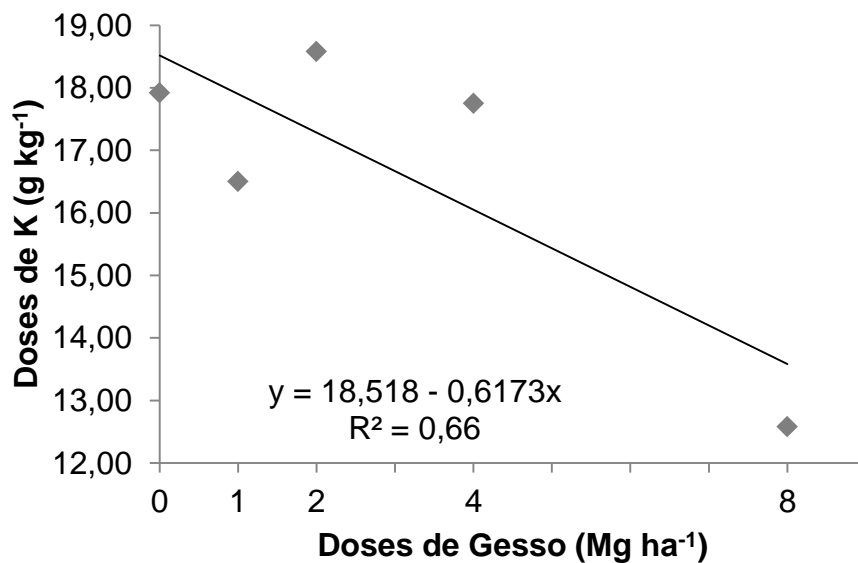


Figura 2. Teor foliar de K na cultura da soja em função das doses de gesso, com aplicação de 100% da dose P (80 kg ha⁻¹ P₂O₅). Jataí – GO, 2016.

Foi possível observar aumento na concentração de N na planta até a dose 4,53 Mg ha⁻¹ de gesso, a partir desta houve redução do teor de N muito provavelmente pelo desequilíbrio da relação N:S proporcionado pelo excesso de enxofre (Figura 3).

De acordo com Malavolta (2006) existe uma relação estreita entre os teores de N e S na planta, que exige 1 parte de S para 15 partes de N, para que ocorra a síntese de proteínas. Segundo esse mesmo autor, normalmente a adição de S proporciona aumento na concentração de N na planta.

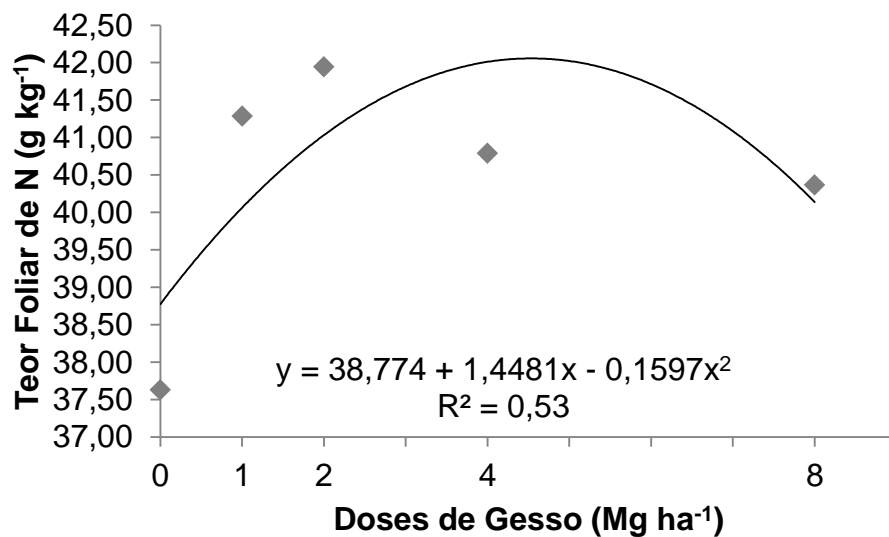


Figura 3. Teor foliar de N na cultura da soja em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2016.

Verifica-se que os teores foliares de P apresentaram um aumento em função das doses de P_2O_5 (Tabela 5). O maior acúmulo de P nas folhas se mostrou na dose de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Esse comportamento já era esperado, pois a fonte de P utilizada nesta pesquisa, o superfosfato triplo, continha em sua composição 46% de P, prontamente disponível para as plantas, fato esse que explica o aumento dos teores de P nas folhas.

Já Soares (2016), não encontrou resposta para o teor de P nas folhas de soja com o uso de adubação fosfatada na mesma área da presente pesquisa, isso ocorreu, pois, o teor médio desse nutriente no solo, antes da pesquisa de Soares (2016), foi classificado como alto ($>12 \text{ mg dm}^{-3}$ para teor de argila de 36 a 60%) de acordo com Sousa & Lobato (2004), ou seja, a quantidade de P presente no solo já era suficiente para suprir as exigências das plantas. Porém, os cultivos sucessivos de soja na safra 2014/2015, milho na segunda safra 2015/2015 e soja na safra 2015/2016, fizeram com que as plantas utilizassem as reservas de fósforo presente neste solo, dessa maneira é possível justificar a resposta positiva para a adubação fosfatada na presente pesquisa.

É importante destacar que as parcelas que receberam as doses 0, 40 e 80 kg^{-1} de P_2O_5 , foram as mesmas durante todos os anos em que a pesquisa vem sendo conduzida.

Mesmo as plantas utilizando da reserva presente nesse solo, nas parcelas que não receberam adubação fosfatada ao longo dos cultivos, os teores de P nas

plantas, encontrados em todas as parcelas, estão dentro dos valores considerados ótimos segundo Sousa & Lobato (2004), os quais se situam entre 2,5 a 5 g kg⁻¹.

Tabela 5. Média dos teores de fósforo (P) em folhas de soja, avaliando isoladamente as doses de fósforo. Jataí-GO, 2016

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)
0	4,33 B
40	4,69 AB
80	5,23 A
CV%	20,51

As médias seguidas pela mesma letra na coluna 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, Ca, Mg e S ajustaram-se a equação de regressão linear, como pode ser observado na Tabela 1. Observou-se um aumento nos teores de Ca com o aumento das doses de gesso agrícola (Figura 4). O que explica esse acontecimento, é o fato do gesso ser fonte direta desse nutriente, logo se esperava esse comportamento com aumentos crescentes do teor de Ca nas folhas.

Soares (2016) também encontrou esse comportamento para os teores de Ca em função do aumento das doses de gesso para a mesma época de cultivo, em folhas de soja em um menor intervalo de tempo entre a aplicação do gesso e a época de avaliação.

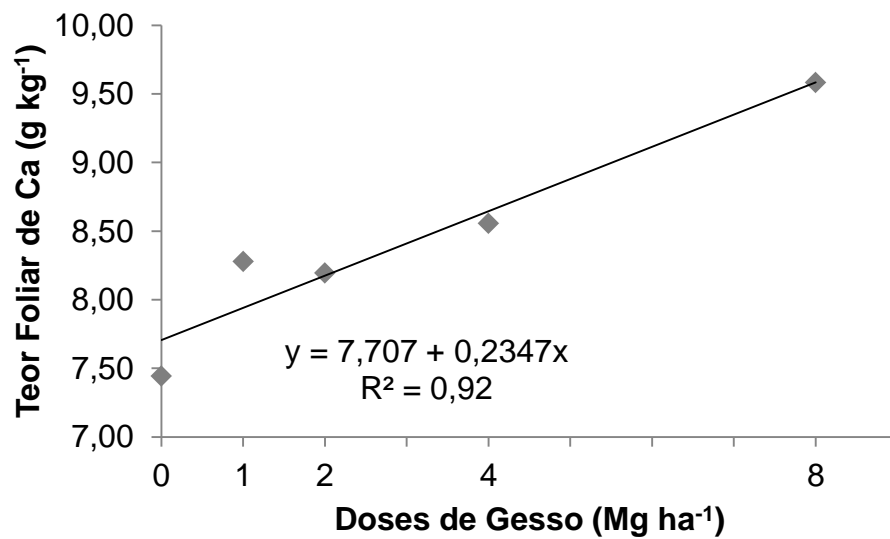


Figura 4. Teor foliar de Ca na cultura da soja em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2016.

Como relatado acima, os teores de Mg também se ajustaram a equação de regressão linear, só que ao contrário dos demais nutrientes, o Mg respondeu de forma negativa ao aumento das doses de gesso (Figura 5). Esse fato ocorreu devido a relação Ca:Mg ser antagônica, ou seja, o aumento da concentração de um nutriente diminui a absorção do outro (PRADO, 2008).

Outros fatores também podem influenciar a diminuição dos teores de Mg com o uso do gesso. Zambrosi et al. (2007) verificaram que ocorreu lixiviação do Mg com a utilização do gesso, pois o Ca presente no gesso substitui o Mg nas cargas negativas do solo, e a presença do sulfato favorece a lixiviação desse cátion na forma de MgSO₄. Na pesquisa desenvolvida pelos autores citados acima, o Mg lixiviado não ficou retido na camada de 0-20 e 0-40 m, logo a lixiviação ocorreu até camadas mais profundas.

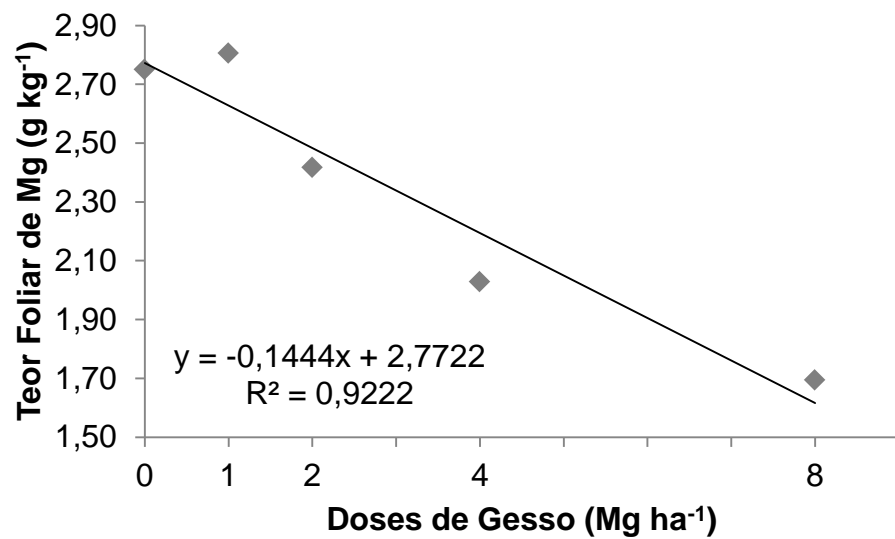


Figura 5. Teor foliar de Mg na cultura da soja em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2016.

Os teores de S ajustaram-se a equação de regressão linear, de forma positiva, aumentando os seus teores em função do aumento das doses de gesso (Figura 6). Este comportamento também era esperado, da mesma forma como aconteceu para o Ca, uma vez que este condicionador possui em sua composição elevadas quantidades de Ca e S. Soares (2016) também encontrou o mesmo comportamento para os teores de S.

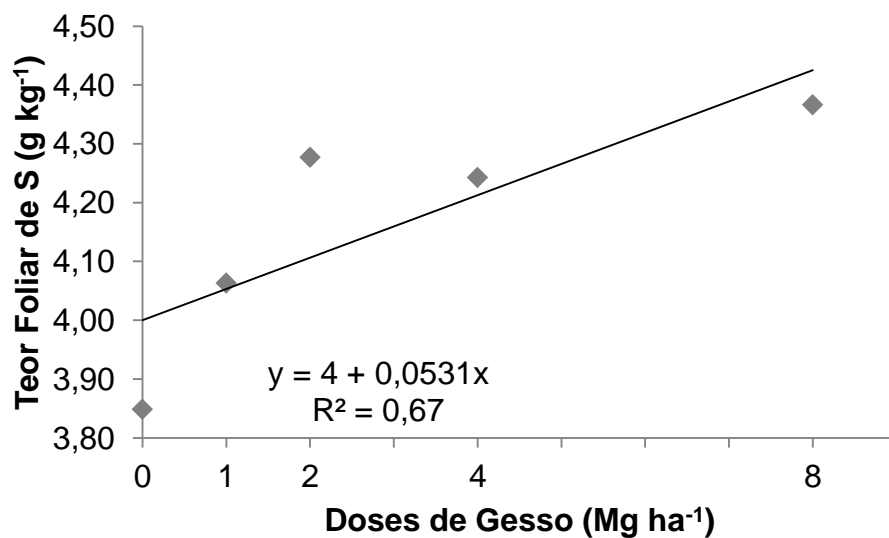


Figura 6. Teor foliar de S na cultura da soja em função das doses de gesso. Jataí – GO, 2016.

O resumo da análise de variância (valores de F) para análise nutricional (micronutrientes) da cultura da soja encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, gesso, fósforo e suas interações para zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe) e cobre (Cu) na soja. Jataí-GO, 2016

Causas de Variação	Zn	Mn	Fe	Cu
Bloco	0,46 ^{ns}	4,96 [*]	2,80 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Gesso (G)	0,72 ^{ns}	0,77 ^{ns}	6,15 ^{**}	0,60 ^{ns}
Fósforo (P)	0,06 ^{ns}	1,65 ^{ns}	6,18 ^{ns}	0,72 ^{ns}
G x P	0,93 ^{ns}	0,83 ^{ns}	7,65 ^{**}	1,07 ^{ns}
Regressão Polinomial				
Reg. Linear	0,01 ^{ns}	2,40 ^{ns}	---	0,16 ^{ns}
Reg. Quadrática	0,32 ^{ns}	0,26 ^{ns}	---	0,34 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo.

Verifica-se que houve interação entre doses de gesso e fósforo apenas para o Fe (Tabela 6). Ao analisar as doses de gesso dentro de cada dose de P_2O_5 (0, 40 e 80 kg ha⁻¹) (Tabela 7), observa-se ajuste para equação de regressão linear na dose 40 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (Figura 7) e regressão quadrática na dose de 80 kg ha⁻¹ (Figura 8) com ponto de mínima na dose 5,37 Mg ha⁻¹ de gesso.

O que se espera com a aplicação do gesso em função da maior disponibilidade de S é que ocorra elevação dos teores de Fe dentro da planta, entretanto em função do alto teor de Ca contido nesse condicionador a relatos da redução do teor de Fe em função do aumento de Ca, como relatado por Malavolta (2006). Como já relatado anteriormente nesse trabalho, houve aumento linear do teor de Ca na planta em função da aplicação do gesso (Figura 4).

Tabela 7. Desdobramento da interação entre gesso e fósforo para ferro (Fe) em plantas de soja. Jataí-GO, 2016

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Doses de gesso (Mg ha ⁻¹)					Equação
	0	1	2	4	8	
0	147,50 B	225,50 A	135,50 A	154,00 A	152,50 A	L ^{ns} Q ^{ns}
40	140,00 B	186,67 A	144,00 A	177,50 A	202,00 A	L [*] Q ^{ns}
80	292,00 A	190,00 A	152,33 A	184,00 A	160,33 A	L ^{ns} Q ^{**}
CV %	15,24					

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. **significativo a 1% de probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. L = Linear. Q = Quadrático.

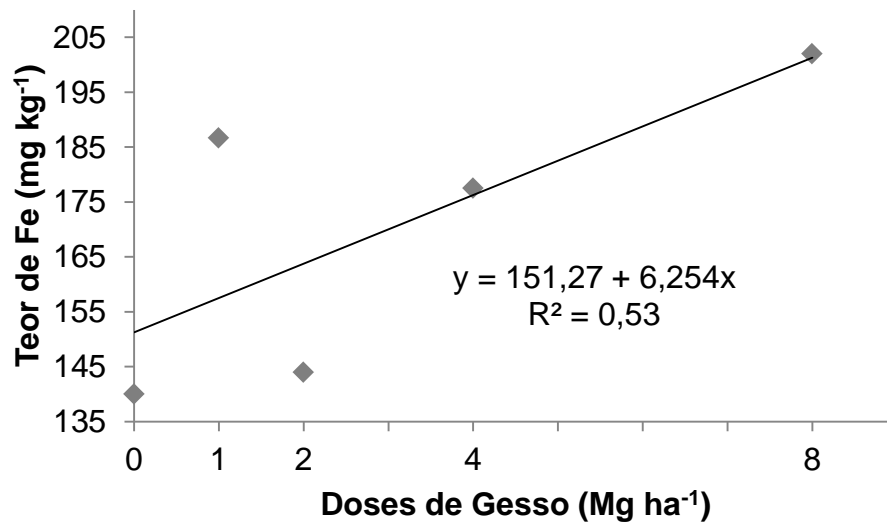


Figura 7. Teor foliar de Fe da cultura da soja em função das doses de gesso, com aplicação de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Jataí – GO, 2016.

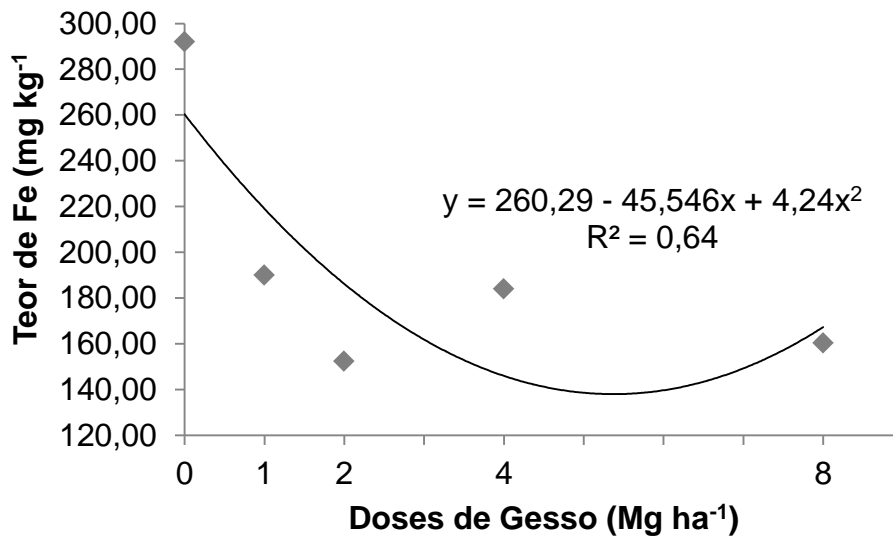


Figura 8. Teor foliar de Fe da cultura da soja em função das doses de gesso, quando da aplicação de 100% da dose de fósforo recomendada (80 kg ha⁻¹ de P₂O₅) Jataí – GO, 2016.

O resumo da análise de variância (valores de F) para produtividade de grãos de soja encontra-se na Tabela 8.

Tabela 8. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, gesso, fósforo e suas interações para produtividade de grãos de soja. Jataí-GO, 2016

Causas de Variação	PROD
Bloco	7,95 **
Gesso (G)	0,93 ^{ns}
Fósforo (P)	6,46 **
G x P	2,01 ^{ns}
Regressão Polinomial	
Reg. Linear	0,03 ^{ns}
Reg. Quadrática	1,52 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade. ^{ns} não significativo.

Para a produtividade de grãos de soja, verifica-se que, apenas o fator de variação P apresentou significância (Tabela 8), ocorrendo incremento na produtividade quando se fez o uso da adubação fosfatada (Tabela 9).

O aumento nos teores de P nas plantas que receberam adubação fosfatada (Tabela 5) pode ter contribuído para a maior produtividade de grãos. Apesar dos teores de P encontrados nas plantas cultivadas nas parcelas que não receberam

adubação fosfatada serem classificados como adequados para a cultura da soja (Sousa & Lobato, 2004), é importante destacar que os trabalhos utilizados como referência, por estes autores, para o estabelecimento dos níveis ótimos de nutrientes foram conduzidos a pelo menos 20 anos, ou seja, neste intervalo de tempo ocorreram incrementos significativos na capacidade produtiva da cultura, por meio dos programas de melhoramento, onde se tinha uma produtividade média de 2.394 kg ha⁻¹ na safra 1995/96 e na safra 2016/17 esta produtividade saltou para 3.095 kg ha⁻¹ na região Centro-Oeste segundo Conab.

Desta forma, é de subentender que plantas mais produtivas, necessitam de maior aporte de nutrientes.

Tabela 9. Média de produtividade de grãos de soja em função do fator de variação fósforo (P). Jataí-GO, 2016

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)
0	3756,46 B
40	4014,25 A
80	4037,94 A
CV%	6,98

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

4.4. Conclusões

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

O uso do gesso agrícola proporciona elevação nos teores foliares de Ca, S e N em plantas de soja com conseqüente redução de K e Mg.

As alterações na nutrição mineral da soja proporcionadas pela utilização do gesso, não foram suficientes para interferir na produtividade de grãos.

A ausência de adubação fosfatada por duas safras consecutivas, em solo com teor de P classificado como adequado, proporciona redução na produtividade de soja.

4.5. Referências

ALMEIDA, J., TORRENT, J., BARRÓN, V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 985-1002, 2003.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 116-122, 2004.

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**, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F., CHUEIRI, W. A., MADRUGA, E., 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**, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.

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

CORRÊA, J. C., MAUAD, M., ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.

CUNHA, R. C., ESPÍNDOLA, C. J. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, v. 11, n. 1, p. 216-233, 2015.

DARIO, G. J. A., MARTIN, T. N., NETO, D. D., MANFRON, P. A., BONNECARRÈRE, R. A. G., CRESPO, P. E. N. Influência do uso de fitorregulador no crescimento da soja. **Revista da FZVA**, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2005.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 3º Levantamento dezembro/2016**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_22_12_08_27_boletim_graos_dezembro_2016.pdf> Acesso em 26/05/2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; **Soja - Brasil: série histórica de área plantada: safras 1976/ 77 a 2006/07**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/SojaSerieHist.xls>> Acesso em: 26 mai. 2017.

DIAS, L. E. **Uso de gesso como insumo agrícola**. EMBRAPA-CNPBS, 1992.

ERNANI, P.R.; CASSOL, P.C.; MOGUTTI, H.; GARCIA, M.M.; VACARO, M. Aplicação de gesso agrícola e lixiviação de potássio em solos catarinenses. Universidade & Desenvolvimento, Florianópolis, v.1, p.7-16, 1993.

FIDELIS, R. R., ROCHA, R. N. C., LEITE, U. T., TANCREDI, F. D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 1, 2006.

KLAHOLD, C. A., GUIMARÃES, V. F., DE MORAES ECHER, M., KLAHOLD, A., CONTIERO, R. L., BECKER, A. Resposta da soja (*Glycinemax* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

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

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo. **Agronômica Ceres**, 2 ed., São Paulo. , p. 606, 1967.

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, p.143-168, 1999.

MAUAD, M., SILVA, T. L. B., NETO, A. I. A., ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MELLO, R. P. de, DO VALE, D. W., ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 3, p. 493-498, 2005.

NOVAIS, F.R.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, p. 399, 1999.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, p.407, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2008. Disponível em <<https://www.r-project.org/>> Acesso em: 11/04/2017.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Ceres, Potafos, p.343, 1991.

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.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**. Res, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

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.

SOARES, G. F. **Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Jataí, p. 3-44, 2016.

SORATTO, R. P. **Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento da adubação nitrogenada**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, p. 7-38, 2002.

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

SOUZA, R. N. de, DE CASTRO, A. A. L., MARTINHÃO, D., DE SOUSA, G., DE CARVALHO, I. M. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1407-19, 2011.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York, Oxford University, p.277, 1989.

SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. **Subsoil Management Techniques**. Eds. NJ Jayawardene and BA Steward, v.1, p. 147-185, 1994.

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**, v. 37, n. 1, p. 110-117, 2007.