

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**GESSO DE MINÉRIO ASSOCIADO A FONTES DE FÓSFORO NA
CULTURA DO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ESTADO
DE ALAGOAS**

FRANCISCO RAFAEL DA SILVA PEREIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Agricultura.

BOTUCATU – SP

Junho – 2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**GESSO DE MINÉRIO ASSOCIADO A FONTES DE FÓSFORO NA
CULTURA DO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO
ESTADO DE ALAGOAS**

FRANCISCO RAFAEL DA SILVA PEREIRA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. SILVIO JOSÉ BICUDO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Agricultura.

BOTUCATU – SP

Junho – 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMEN -
TO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP -
FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P436g Pereira, Francisco Rafael da Silva, 1983 -
 Gesso de minério associado a fontes de fósforo na cul-
 tura do milho em sistema plantio direto no estado de Ala-
 goas / Francisco Rafael da Silva Pereira. - Botucatu :
 [s.n.], 2007.

 67 f. : gráfs., tabs.

 Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulis-
 ta, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2007

 Orientador: Silvio José Bicudo

 Inclui bibliografia

 1. Gesso. 2. Fósforo. 3. Plantio direto. 4. Milho. I. Bi-
 cudo, Silvio José. II. Universidade Estadual Paulista "Jú-
 lio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de
 Ciências Agronômicas. III. Título.

À minha família...
Exemplo de amor sublime!!!!

DEDICO

OFEREÇO

Aos meus verdadeiros amigos
que me ajudam a fazer com que a
vida seja boa de viver.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Francisco Rafael da Silva Pereira, filho de José Francisco Costa Pereira e Ivone da Silva Pereira, nasceu na cidade de Penedo, Estado de Alagoas em 05 de dezembro de 1983.

Diplomou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas, em 2006.

Em março de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Agricultura, no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu, obtendo o título em junho de 2007.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “GESSO DE MINÉRIO ASSOCIADO A FONTES DE FÓSFORO NA
CULTURA DO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ESTADO
DE ALAGOAS”**

ALUNO: FRANCISCO RAFAEL DA SILVA PEREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO


Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO



PROF. DR. JOSÉ ROBERTO SANTOS



PROF. DR. ABEL WASHINGTON DE ALBUQUERQUE

Data da Realização: 20 de junho de 2007.

AGRADECIMENTOS

À Deus, Senhor criador e Pai celestial por me oferecer tudo que preciso para ser feliz; e à Mamãe do Céu por sempre interceder ao Pai por mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Silvio José Bicudo, pela confiança, pelos ensinamentos, pela dedicação, pelo exemplo de vida e pela amizade.

Aos meus eternos orientadores Prof. Dr. José Roberto Santos e Prof. Dr. Abel Washington de Albuquerque, pelo apoio concedido em todos os momentos, pelas sugestões, críticas e principalmente pela amizade.

À CAPES e CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP e ao Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura, pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação - Agricultura, Prof. Dr. Dagoberto Martins, pela competência na administração e pelo respeito e consideração com os alunos, demonstrado em todos os momentos.

Aos Professores do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura pelos ensinamentos e incentivo.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura, pelo valioso apoio.

Aos funcionários da biblioteca “Paulo de Carvalho Mattos” e da Seção de Pós-Graduação, pelo eficiente e caloroso atendimento.

Aos meus pais José Francisco Costa Pereira e Ivone da Silva Pereira, por sempre viver o Amor, pela família linda que constituíram e da qual tanto me orgulho.

Aos meus irmãos Ana Clara da Silva Pereira e Pedro Lucas da Silva Pereira, pelo amor incondicional e amizade eterna.

À minha namorada Karla Camacho, por fazer com que cada momento que estou ao seu lado seja bom o suficiente para ser inesquecível.

Ao amigo Simério, que considero meu irmão, por mais uma etapa que conseguimos vencer juntos. Deus ajude que continuemos juntos em muitas outras!!!

À amiga sempre prestativa Carla Machado e toda sua família, pelo exemplo de companheirismo e solidariedade.

Aos amigos parceiros Inocêncio de Oliveira, José Iran Cardoso, Érica Leles, Júlio Bogiani, Marcos Basseto e Mariana Monteiro, por estarem sempre presentes nos momentos importantes.

Aos colegas de curso, pelo incentivo.

À todos aqueles que embora não mencionados contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Páginas
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 Sistema plantio direto.....	7
4.2 Acidez subsuperficial.....	9
4.3 Uso do gesso na agricultura	11
4.4 Uso do gesso associado ao fósforo.....	15
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 Localização da área experimental.....	19
5.2 Descrição do clima e precipitação pluvial.....	19
5.3 Caracterização do solo.....	20
5.4 Caracterização do híbrido de milho utilizado.....	21
5.5 Tratamentos e delineamento experimental.....	21
5.6 Instalação e condução do experimento.....	21
5.6.1 Aplicação do gesso de minério.....	21
5.6.2 Composição química do gesso de minério.....	22
5.6.3 Adubações de fundação e cobertura.....	22
5.6.4 Semeadura do milho (<i>Zea mays</i> L.).....	22
5.6.5 Manejo da vegetação espontânea.....	23
5.6.6 Controle de pragas.....	23
5.7 Parâmetros avaliados.....	23
5.7.1 No solo.....	23
5.7.2 Na planta de milho.....	24
5.7.2.1 Componentes morfológicos.....	24
5.7.2.2 Análise nutricional.....	24
5.7.2.3 Componentes da produção.....	25
5.7.2.4 Produtividade.....	26
5.7.2.5 Matéria seca de raiz.....	26

5.8 Análise estatística.....	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
6.1 Atributos químicos do solo.....	28
6.2 Parâmetros da avaliados na planta de milho.....	43
6.2.1 Matéria seca de raiz.....	43
6.2.2 Componentes morfológicos.....	47
6.2.3 Análise nutricional.....	48
6.2.2 Componentes da produção e produtividade.....	49
6.3 Considerações finais.....	51
7 CONCLUSÕES.....	52
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
APÊNDICE.....	65

1 RESUMO

A hipótese desse trabalho é de que o gesso de minério, associado a fonte solúvel adequada de fósforo, aplicado superficialmente em sistema plantio direto, funciona como indutor de crescimento radicular em profundidade e influencia na produtividade do milho. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do gesso de minério, associado a diferentes fontes de fósforo, sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento do sistema radicular e produtividade da cultura do milho sob sistema de plantio direto. O estudo foi desenvolvido na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias, pertencente à Universidade Federal de Alagoas. O solo onde as parcelas experimentais foram instaladas é classificado como Latossolo Amarelo Coeso distrófico. O clima, de acordo com a classificação de Koeppen do tipo As, Tropical chuvoso, com verões secos. Foi utilizado o híbrido de milho BRS 3150, cultivado em sistema de plantio direto. O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelas fontes de fósforo (superfosfato triplo - ST, superfosfato simples - SS e sem fósforo S/P). As subparcelas foram constituídas pela presença (C/G) ou ausência (S/G) de aplicação de gesso de minério. O gesso foi aplicado em superfície 30 dias antes da semeadura do milho, que foi realizada utilizando-se semeadora pneumática de tração tratorizada, com quatro linhas individuais, espaçadas de 0,80 m, colocando-se 5 sementes por metro. Na adubação, por ocasião da semeadura, toda área experimental recebeu 30 e 120 kg ha⁻¹ de N e K₂O, na forma de uréia e cloreto de potássio, respectivamente. Nos tratamentos que receberam

fósforo, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo ou superfosfato simples, dependendo do tratamento. Na adubação de cobertura foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de N. Foram avaliados os atributos químicos do solo e na planta de milho foram avaliados os componentes morfológicos, análise nutricional, componentes de produção, produtividade e matéria seca de raiz. A aplicação do gesso de minério proporcionou melhoria do ambiente para o sistema radicular, possibilitando melhor distribuição das raízes no perfil do solo. A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelo uso gesso de minério. O gesso de minério promoveu aumento na disponibilidade de fósforo, principalmente nas camadas mais profundas. A adubação fosfatada promoveu aumento no rendimento de grãos de milho. O gesso contido no superfosfato simples não teve efeito sobre os atributos químicos do solo em profundidade e, conseqüentemente não melhorou a distribuição das raízes no perfil do solo.

Palavras-chave: Atributos químicos do solo, desenvolvimento radicular e produtividade de milho.

ORE GYPSUM ASSOCIATE WITH DIFFERENT PHOSPHORUS SOURCES IN MAIZE CROP IN NO-TILLAGE SYSTEM IN THE STATE OF ALAGOAS. Botucatu, 2007. 68 fl. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FRANCISCO RAFAEL DA SILVA PEREIRA

Adviser: SILVIO JOSÉ BICUDO

2 SUMMARY

The hypothesis of this work is of that the ore gypsum, applied superficially in no-tillage system, functions as inductive of root growth in depth, thus reducing the effects of short period without rain, usual in the State of Alagoas. The objective of this work was to evaluate the influence of the ore gypsum, associate with different phosphorus sources, on the soil chemical attributes, root development and maize crop yield in no-tillage system. The study was developed in the experimental area of “Centro de Ciências Agrárias”, belonging to the “Universidade Federal de Alagoas”. The soil where the experimental plots were installed is classified as “Distrofic Yellow Latossol Amarelo Coeso distrófico”. The climate, in accordance with the classification of Koeppen is of the type rainy tropical, with dry summers. Was used the BRS 3150 hybrid of maize, cultivated under no-tillage system. The statistical design was of randomized blocks, in split-plot scheme, and four replications. The plots were composed by phosphorus sources (triple superphosphate - ST, simple superphosphate - SS and without phosphorus S/P). The subplots was composed by with (C/G) and without (S/G) application ore gypsum. The native vegetation was desiccated, before maize sowing, with herbicide Glyfosate using 3 L ha⁻¹. The maize was sowed 30 days after application in surface gypsum, using seeder pneumatic of mechanics traction, with four individual lines, spaced of 0.80 m, putting 5 seeds for meter. During the sowing, all experimental area received 120 and 30 kg ha⁻¹ of N and K₂O, in form of urea and potassium chloride, respectively. In the treatments that received phosphorus, 50 kg ha⁻¹ were applied of

P_2O_5 in form of triple superphosphate or simple superphosphate, depending of the treatment. In covering fertilization 120 kg ha⁻¹ of N were applied. Were evaluated on the soil the chemical attributes and on the maize plant, the morphologic component, nutritional analysis, production components, grain yield and dry matter of root. The gypsum application provided improvement of the environment to root, enabling better root distribution in the soil profile. The maize grain yield was not influenced by the use ore gypsum. The ore gypsum promoted increase in the phosphorus availability, mainly in the layers deepest. The phosphated fertilization promoted increase on the maize grain yield. The gypsum contained in simple superphosphate did not have effect on the soil chemical attributes in depth and, consequently it did not improve the root distribution in the soil profile.

Word-key: Soil chemical attributes, root development and maize yield.

3 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto tem contribuído para a diminuição dos processos de degradação física e química do solo. Entretanto, alguns aspectos importantes relacionados a esse sistema requerem ainda pesquisas que possibilitem sua ampla utilização nas diferentes regiões brasileiras.

A prática da calagem, por exemplo, tem gerado inúmeros questionamentos quanto à sua eficiência. Com a necessidade de aplicação em superfície, a ação do calcário, por ser um material pouco solúvel, torna-se muito mais lenta e restrita às camadas superficiais do solo. Dessa forma, têm sido amplamente divulgadas na literatura as limitações causadas pela acidez do subsolo à produtividade agrícola, devido à restrição ao crescimento radicular e à absorção de água e nutrientes pelas culturas.

Uma alternativa é a aplicação superficial de gesso de minério, que é um produto relativamente mais solúvel que o calcário e movimenta-se no perfil do solo com a influência da umidade. Promove, assim, o enriquecimento de cálcio e outras bases nas camadas mais profundas do solo e o conseqüente decréscimo na saturação de alumínio.

Devido a melhoria das condições químicas do subsolo, as raízes são capazes de desenvolverem-se em maior profundidade.

Outro benefício do gesso, é que faz com que outros nutrientes, principalmente o fósforo, aumente sua disponibilidade no solo, por formação de compostos mais facilmente dissolvidos. Além disso, o fornecimento de fósforo às plantas é favorecido

por um sistema radicular bem desenvolvido. Assim, a associação do gesso a adubação fosfatada otimiza a ação de ambos.

Com a melhoria nas condições fertilidade do solo, o milho apresenta-se como uma cultura de grande potencial para o Estado de Alagoas, uma vez que o aumento da demanda interna e o elevado custo de importação desse cereal de outros Estados acarretam grandes perdas de divisas.

A partir dessas constatações, realizou-se a presente pesquisa, partindo da hipótese de que o gesso de minério associado a fonte solúvel adequada de fósforo, promove condições químicas de solo favoráveis para o desenvolvimento do sistema radicular do milho em profundidade e aumenta a produtividade.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do gesso de minério, associado a diferentes fontes de fósforo, sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento do sistema radicular e produtividade da cultura do milho cultivado no sistema plantio direto.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Sistema Plantio Direto

Em função dos sistemas de preparo, o solo é passível tanto de degradação quanto de melhoramento em seu potencial produtivo, visto que esse recurso natural está inserido em um ecossistema e, portanto, sujeito as variações de vários componentes, tais como chuva, relevo, a macro e a microfauna e flora e ação antropogênica. Um manejo de solo inadequado pode provocar perdas de solo e água de grandes magnitudes, com a conseqüente perda da sua capacidade produtiva (MELO FILHO et al., 1993).

Uma das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização agrícola dos solos é o sistema de plantio direto (BALBINO et al., 1996). Esse sistema caracteriza-se pela semeadura em solo não revolvido coberto pela palha da cultura anterior, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra (MUZILLI, 1985).

A evolução do sistema plantio direto, mais de 30 anos após a sua primeira experiência no Brasil, tem sido notável, principalmente nos últimos anos. Na safra de 2005/2006 foram cultivados aproximadamente 25,5 milhões de hectares sob esse sistema

(FEBRAPDP, 2007), representando mais de 50% da produção com culturas produtoras de grãos.

Contudo, aspectos relacionados com a fertilidade do solo, no sistema plantio direto, nem sempre são os mesmos aplicados para o sistema convencional de manejo (CAIRES et al., 1999).

O não revolvimento do solo, a decomposição de material orgânico vegetal na superfície e o cultivo diversificado de espécies por meio da rotação de culturas provocam alterações nas características do solo diferentemente daquelas observadas quando se cultiva o solo em sistemas que promovam o revolvimento do mesmo (COSTA, 2000). O não revolvimento do solo leva a decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como consequência alterações físicas, químicas e biológicas do solo que irão repercutir na fertilidade e na produtividade das culturas (HOLTZ e SÁ, 1995).

Yuong (1982), citado por Wiethöler (1997), alertava para o fato de que o manejo da calagem e adubação adotado no sistema convencional não seria apropriado para o sistema de plantio direto.

A calagem assume um papel importante nesse sistema, em razão da necessidade de aplicação superficial, sem incorporação (CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 1999; CAIRES e FONSECA, 2000; PAVAN e OLIVEIRA, 2000; RHEINHEIMER et al., 2000). Isto tem gerado intenso questionamento no meio agrônomo, quanto à eficiência ou não dessa prática (Sá, 1995), pois os materiais corretivos da acidez são pouco solúveis em água, tendo os produtos de sua reação com o solo mobilidade limitada no perfil (PAVAN e OLIVEIRA, 2000).

A ação do calcário na neutralização da acidez de subsolos é dificultada pelo aumento da retenção de cátions decorrente da geração de cargas elétricas variáveis negativas com a elevação do pH do solo (CAIRES, et al., 2004). Segundo Raij et al. (1996), o benefício máximo da calagem é obtido com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e a mais profunda incorporação, o que não é possível no plantio direto. Dessa forma, com a correção do solo realizada superficialmente, sem incorporação, espera-se que a ação do corretivo seja muito mais lenta e restrita às camadas superficiais do solo, o que toma a eficiência dessa prática incerta (CAIRES et al., 1999).

Pesquisa realizada por Pavan et al (1984) demonstrou pequeno ou

nenhum movimento do calcário além do local de aplicação. Neste caso, o pH e os teores de Ca e Mg somente seriam aumentados na superfície do solo. Esta restrição do efeito alcalino do calcário ao local de aplicação é atribuída à sua baixa solubilidade, à ausência de ânion estável em sua reação no solo e à geração de cargas dependentes de pH (RITCHEY et al., 1982; PAVAN et al., 1984).

As evidências quanto à ação benéfica da calagem superficial atuando nas primeiras camadas do solo são hoje incontestáveis. Entre tantos outros trabalhos realizados, os de Caires et al. (1996), Sá (1996) e Amaral et al. (2004) confirmaram que o calcário em superfície corrige a acidez, aumentando significativamente o pH e elevando os teores de Ca e Mg trocáveis do solo até a profundidade de 0,05 cm e, em menor grau, na camada de 0,05 a 0,10 cm.

4.2 Acidez subsuperficial

As principais áreas da fronteira agrícola no Brasil estão localizadas, na sua maioria, em solos potencialmente produtivos, embora apresentem algumas limitações de natureza química. Os principais fatores limitantes estão relacionados com a acidez, altos teores de alumínio trocável e baixa disponibilidade de cálcio em profundidade no perfil (CAIRES et al., 1998). Esse problema tem se agravado com o aumento de áreas cultivadas sob plantio direto, onde o calcário, aplicado superficialmente, não tem um efeito rápido na redução da acidez do subsolo. Nessas condições, o desenvolvimento normal das plantas cultivadas é prejudicado devido à restrição do crescimento radicular e, conseqüentemente, de absorção de água e nutrientes pelas culturas, se tornando assim, uma das principais causas de baixas produtividades agrícolas (CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 1999).

Muitos estudos têm demonstrado que H^+ e Al^{3+} são os dois principais componentes da acidez do solo. Os íons H^+ competem com os cátions por sítios de adsorção (HELYAR, 2003), além de provocar o efluxo de íons previamente absorvidos pela planta (TAIZ e ZEIGER, 2004). Entretanto, do complexo representado pela acidez, a toxidez de alumínio é o problema predominante, ocorrendo em 67% do total de solos ácidos do mundo. Esse fato se agrava quando se considera a toxidez de alumínio no subsolo. Nessas condições,

o alumínio passa a ser um fator restritivo à agricultura em 80% do total de solos ácidos do mundo (TIRITAN, 2001).

Os solos de regiões tropicais são mais ricos em alumínio, isso ocorre porque durante a formação desses solos, a partir das rochas, ocorre a formação de argila com capacidade de atrair íons com carga positiva até sua superfície. No entanto, esta atração é proporcional, principalmente, à valência dos íons. Íons como o Al^{3+} (valência +3) são mais fortemente atraídos para as proximidades das partículas com cargas negativas, em detrimento do sódio e potássio (valência + 1) e do cálcio e magnésio (valência +2). Com isso, o alumínio permanece mais no solo, enquanto os outros cátions tendem a serem lixiviados (BOHNEN, 2000). Observa-se assim, uma diminuição nos valores de pH e elevação da saturação por alumínio, ocasionando queda no rendimento máximo das culturas (SANCHEZ, 1981 e RAIJ, 1981).

O alumínio é considerado o elemento problema, porque é o principal elemento tóxico às plantas associado à acidez dos solos. Segundo Kaminski e Rheinheimer (2000), um elemento é considerado tóxico quando, prejudica ou altera a absorção e/ou a ação fisiológica de qualquer um dos nutrientes essenciais, seja ele de ordem física, química ou bioquímica.

A presença de alumínio interfere no processo de absorção das plantas, já que ele inibe o crescimento radicular diretamente e altera o funcionamento dos carregadores (KAMINSKI e RHEINHEIMER, 2000; PAVAN e OLIVEIRA, 2000). Carregadores são geralmente, proteínas capazes de promover ou facilitar a entrada de nutrientes na célula (TAIZ e ZEIGER, 2004). Assim, a presença das formas de alumínio na solução do solo não interfere de forma considerável diretamente na disponibilidade dos nutrientes, mas na capacidade de absorção das plantas (SORATTO, 2005).

Um importante problema relacionado à acidez dos solos e que também prejudica o desenvolvimento radicular, é a redução na absorção de cálcio devido o aumento no suprimento de Al (SORATTO, 2005).

A presença de Ca na solução do solo é essencial para a sobrevivência das raízes. O Ca não se transloca na planta da parte aérea para as porções novas das raízes em desenvolvimento (CAIRES et al., 2001). Além disso, o cálcio e o magnésio participam do crescimento radicular por meio de pectatos que compõem a parede celular (MARSCHNER,

1986), sendo necessários para a manutenção da estrutura, para a activação da amilase e para a vitalidade das zonas meristemáticas. Ao que parece, o cálcio evita que as raízes percam sua propriedade de semipermeabilidade, essencial à absorção de nutrientes (PEARSON, 1996).

Assim, o excesso de alumínio e a deficiência de cálcio são considerados os principais fatores do solo que impedem o crescimento das raízes em profundidade (SORATTO, 2005). Nestas condições, o desenvolvimento do sistema radicular torna-se limitado às camadas superficiais, explorando assim, pequeno volume de solo; e, conseqüentemente, limitando a produtividade das culturas, principalmente, nos locais onde é freqüente a presença de veranicos prolongados. As limitações causadas pela acidez do subsolo à produtividade agrícola, devido à restrição ao crescimento radicular e à absorção de água e nutrientes pelas culturas, têm sido amplamente divulgadas na literatura (PAVAN et al., 1982; RITCHEY et al., 1982; SUMNER et al., 1986; QUAGGIO, 2000). Efeitos benéficos no maior desenvolvimento do sistema radicular e produção do milho foram comprovados por Shainberg et al. (1989).

Sob condições climáticas desfavoráveis, o pouco aprofundamento das raízes pode dificultar a expressão do potencial genético da cultura (SILVA et al., 2000a; SOUSA, 2004). Segundo Rosolem (1995), apud Soratto (2005), a maior importância de um sistema radicular profundo reside fundamentalmente na aquisição de água pelas plantas. Pois, a capacidade da camada superficial em fornecer água às plantas durante períodos secos é limitada (BLACK, 1993). Conseqüentemente, a acidez que inibe o crescimento radicular nas camadas mais profundas do solo pode restringir o crescimento das plantas pela limitação no fornecimento de água (COSTA, 2000).

4.3 Uso do gesso na agricultura

O gesso pode ser encontrado na forma de materiais minerados ou como subproduto da fabricação de ácidos fosfóricos (SHAINBERG et al., 1989; ALCORDO e REHCIGL, 1993). O gesso obtido da fabricação de ácidos fosfóricos é chamado de gesso agrícola, forma a qual a maior parte dos estudos existentes utilizaram. A forma minerada ocorre como dihidratada, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gipsita); hemihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, e a anidrata,

CaSO₄ (DONER e LYNN, 1989).

O sulfato de cálcio ocorre na natureza, principalmente, sob as formas de anidrita (CaSO₄) e gipsita (CaSO₄.2H₂O). Essas espécies minerais são encontradas em depósitos evaporíticos originados de antigos oceanos. A formação geológica desses depósitos é explicada pela ocorrência de precipitação, seguida de evaporação e, conseqüente, concentração dos sais (JORGENSEN, 1994). Enquanto a anidrita desperta pouco interesse econômico (Kebel, 1994), a gipsita apresenta uma grande diversidade de opções de aproveitamento industrial, podendo ser utilizada na forma natural ou calcinada. A forma natural da gipsita é amplamente utilizada na agricultura (VELHO, et. al., 1998).

No ano de 2002, a produção brasileira de gipsita foi de aproximadamente 1,63 milhões de toneladas, que representa 1,56% da produção mundial. Cerca de 45% do minério obtido foi comercializado na forma de gipsita natural, sendo para uso agrícola (DNPM, 2003).

O minério da região do Araripe-PE é considerado de boa qualidade, apresentando um teor que varia de 88% a 98% de pureza.

O Brasil possui reservas abundantes de gipsita, estimadas em 1,2 milhões de toneladas, distribuídas principalmente nos estados da Bahia, Pará e Pernambuco. O estado de Pernambuco possui 18% das reservas, mas é responsável por 89% da produção nacional de gipsita (DNPM, 2003). Isto se deve às condições de aproveitamento econômico mais favoráveis das jazidas localizadas na região do Araripe. A região está localizada no epicentro do semi-árido brasileiro, no extremo oeste do estado, a cerca de 680 Km da capital Recife, região nordeste do país.

A utilização de sais de cálcio de reação praticamente neutra como o gesso, em vista da dificuldade de incorporação física do calcário, constitui-se numa alternativa para melhoria das condições químicas do subsolo (CAIRES et al., 2004).

O gesso aplicado na superfície do solo movimenta-se, com facilidade ao longo do perfil, sob a influência da percolação da água (SORATTO, 2005). A alta mobilidade do gesso tem sido atribuída a sua maior solubilidade e à presença do ânion estável (SO₄). Outro fato que contribui para a maior lixiviação desse material é que nas condições da camada arável de solos cultivados, onde prevalecem, carga negativa elevada, acidez corrigida

e presença de teores consideráveis de fósforo, a permanência de sulfatos é desfavorável (RAIJ, 1988).

Em pesquisa de lixiviação realizada num Latossolo Vermelho Escuro, Souza e Richey (1986), constataram que, com uma percolação de 1200 mm de água, o gesso influenciou de sobremaneira na descida do cálcio através do perfil do solo. Ramos et al. (2006), em experimento realizado com lisímetros, utilizando amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico, após a aplicação do equivalente a 2.000 mm de água destilada, durante quarenta dias de incubação, observaram que houve aumento nos teores de cálcio nas parcelas tratadas com gesso, mas não corrigiu a acidez.

Vários outros trabalhos têm demonstrado a eficiência do gesso na melhoria dos efeitos da acidez no subsolo (SOUSA et al., 1996; CARVALHO e RAIJ, 1997; RAIJ et al., 1998; ERNANI et al., 2001; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004). Na maior parte dos estudos, as respostas encontradas são decréscimos de alumínio trocável e aumento de cálcio trocável nas camadas subsuperficiais, ocorrendo inclusive, em alguns casos aumentos nos valores de pH. Caires et al (2003), por exemplo, observaram aumento do pH nas camadas de 0,20-0,40 m aos 8 meses e de 0,40-0,60 m aos 20 e 32 meses após a aplicação superficial de gesso. Segundo Santos (2000) uma das maiores vantagens do gesso em solos ácidos é o aumento dos teores de cálcio em profundidade. Dessa forma, os efeitos positivos do gesso agrícola observado nas mais variadas condições de solo e clima, são indicativos de que o seu emprego pode também constituir boa alternativa para a melhoria do ambiente radicular em sistemas de cultivo que não envolvam o preparo do solo (PAVAN et al., 1984).

Muitos trabalhos vêm sendo realizados visando elucidar os mecanismos envolvidos na reação deste material em solos ácidos. A redução do alumínio nos solos através do uso do gesso foram discutidos por Pavan, Bingham e Pratt (1982), e diz respeito à formação dos pares iônicos ou complexos como $AlSO_4^+$, promovendo a neutralização do alumínio e aumento da atividade de cálcio. A liberação de OH^- pelo solo, mediante troca de ligantes, com a formação de estruturas hidroxiladas de alumínio, mecanismo chamado por Reeve e Sumner (1972) de "autocalagem" e a precipitação de alumínio, com formação de minerais (ADAMS e RAWAYFIH, 1977), também tem sido indicadas.

O gesso ainda tem uma outra grande importância como fonte de

enxofre, elemento essencial para as plantas e que sua ausência pode, muitas vezes, limitar a produção das culturas (MORAES et al., 1998). Outro aspecto relacionado a esse material é a melhoria da eficiência de absorção de outros nutrientes, principalmente o fósforo, devido, entre outros fatores, à melhoria do ambiente radicular.

Dessa forma, conseqüentemente, têm sido reportados na literatura, trabalhos que comprovam o efeito positivo do gesso sobre a produtividade das culturas. Souza e Ritchey (1986), trabalhando com Latossolo Vermelho-Escuro álico, constataram que com o uso de $6,0 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso, houve produção de grãos de milho 68% maior, quando comparada com a testemunha, após 25 dias de deficiência hídrica. Caires et al. (1999), avaliando as alterações químicas do solo pelo uso de gesso em plantio direto nas culturas de milho, trigo e soja constataram que apenas a cultura de milho apresentou aumento de produção com o uso deste material em decorrência do fornecimento de enxofre, da melhoria do teor de cálcio trocável em todo o perfil, da redução da saturação por alumínio e do aumento da relação Ca/Mg do solo. As respostas em aumentos de produção foram relacionadas à melhoria nos teores de cálcio e/ou redução de alumínio nos subsolos envolvidos.

De acordo com Pavan, Bingham e Pratt (1984) e Farina e Channon (1988) esses efeitos são significativos somente quando doses superiores de gesso agrícola são aplicadas ao solo. Entretanto, tais doses podem ocasionar lixiviação de alguns nutrientes, sobretudo potássio e magnésio (PAVAN, BINGHAM e PRATT, 1984). Portanto, à aplicação de produtos que contenham íons SO_4^- como o gesso, contribuem para o movimento de bases no perfil do solo devido principalmente à formação de complexos químicos solúveis, CaSO_4 , MgSO_4 e o K_2SO_4 , assim, se este carreamento de cátions no perfil, atingir profundidades abaixo daquelas exploradas pelas raízes, a diminuição da fertilidade do solo será favorecida.

Portanto a dose a ser aplicada no solo deve ser baseada em alguns critérios. Atualmente os critérios de recomendação de gesso baseiam-se nos teores de Ca e Al trocáveis e também na % de argila presente nas camadas abaixo de 20 cm do solo. Souza et al (1996) recomendam a aplicação de gesso quando a saturação de Al estiver maior que 20 % ou quando o teor de Ca for menor que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A necessidade de gesso é dada pela fórmula: $\text{NG}(\text{kg ha}^{-1}) = 5 \times \text{g kg}^{-1}$ de argila.

No caso de solos arenosos de baixa fertilidade e baixos teores de matéria orgânica, doses de gesso acima de $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ tem causado efeitos negativos em culturas devido a uma remoção preferencial de magnésio da camada superior do perfil (SHAINBERG et al., 1989 e ALCORDO e RECHEIGL, 1993). Em alguns experimentos a lixiviação já ocorre a partir de doses inferiores a $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ (QUAGGIO, DECHEN e RAIJ, 1982 e ROSOLEM e MACHADO, 1984); e em outros, ele só se inicia acima de $10,0 \text{ t ha}^{-1}$. As razões dessas diferenças entre os solos ainda não foram completamente esclarecidas, mas podem estar associadas à energia de ligação de cátions com as partículas de solo, à preferência pela formação de íons pareados com o sulfato e à relação quantidade/intensidade de cada nutriente no solo (MANETTI, 2005). Com isso, uma preocupação, é evitar excesso para prevenir lixiviação.

4.4 Uso do gesso associado ao fósforo

O fósforo é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas devido às reações de fixação que sofre no solo, pois o ânion H_2PO_4^- tem forte afinidade pela superfície dos colóides dos óxidos de ferro e alumínio (DEMATTÊ, 2005). Assim, o fósforo inorgânico tem sua mobilidade controlada pelo tipo e conteúdo de argilo-minerais e sesquióxidos de ferro e alumínio, sendo sua movimentação muito lenta nos solos tropicais, devido às altas quantidades desses elementos. Entretanto, em condições especiais, como em solos arenosos com baixa capacidade de adsorção, com aplicações massivas de fontes solúveis de P e submetidos a intensas precipitações, alguns estudos (WEAVER et al., 1988a; WEAVER et al., 1988b apud MARTINAZZO, 2006) relatam a redistribuição de fósforo inorgânico ao longo do perfil. Resultados calculados por Novais e Smith (1999) indicam uma distância linear média percorrida pelo fósforo de $0,013 \text{ mm dia}^{-1}$.

Portanto, o adequado fornecimento de fósforo às plantas é favorecido por um sistema radicular bem desenvolvido, um alto teor de água no solo e uma grande diferença de concentração de P entre a solução mais próxima à superfície das raízes e a mais distante (RUIZ et al., 1988). Quando as condições impostas pelo meio provocam uma diminuição do crescimento radicular ocorrerá, conseqüentemente, um decréscimo da

superfície de absorção (RUIZ et al., 1988), pois, sendo o fósforo transportado por difusão, sua absorção depende da superfície radicular (BARBER, 1974 apud MARTINAZZO, 2006) e, mais especificamente, dos pêlos radiculares (ITOH e BARBER, 1983).

Ainda, caso o teor de água no solo seja baixo, o P contido em maiores concentrações na camada superficial pode estar inacessível em função da menor difusão, pois, esta é a camada que primeiramente seca e o suprimento deste nutriente por camadas mais profundas, com maior conteúdo de água, pode ser dificultado pela deficiência do elemento ou, pela pequena superfície de absorção nestas camadas, pouca concentração de raízes (MARTINAZZO, 2006).

Em trabalho utilizando os mesmos valores de fósforo disponível, pelo uso de níveis equivalentes do nutriente, Ruiz et al. (1988) observaram que houve uma diminuição da área foliar e da massa seca das raízes desenvolvidas no solo, com o decréscimo do teor de umidade. Conforme os autores, a diminuição nos parâmetros de crescimento com a diminuição do potencial matricial pode ser atribuída ao problema nutricional, decorrente do decréscimo na difusão do P, e ao efeito direto desse potencial, provocando a redução da superfície de absorção.

Situações onde apenas um volume restrito do solo apresenta condições adequadas ao desenvolvimento radicular, como no caso de adubação superficial ou localizada, os resultados de pesquisa são contrastantes. Em estudo com solução nutritiva Vilela e Anghinoni (1984) demonstraram que apenas 50% das raízes se desenvolvendo em um meio adequado de P, foi suficiente para atender às necessidades desse nutriente, mesmo quando a outra metade das raízes se desenvolveu em presença de Al ou deficiência de P. Em contrapartida, em trabalho com sistema de raízes divididas, crescendo em diferentes níveis de P no solo, Klepker e Anghinoni (1995) encontraram maior crescimento de raízes na fração que recebeu adubação, porém, somente em solos cujos teores do elemento encontravam-se abaixo do nível crítico. Apesar da densidade de raízes ser maior na fração adubada, não compensou a falta do nutriente para as demais frações do sistema radicular, sendo que os maiores rendimentos de matéria seca e absorção de P foram obtidos quando todas as raízes foram supridas com P (KLEPKER e ANGHINONI, 1995).

Pode-se inferir que, a diferença nas respostas desses experimentos com raízes divididas se deve, provavelmente, a disponibilidade de água, pois, um dos experimentos

foi feito em solução nutritiva e o outro em condições de solo. Esses resultados demonstram que, em condições de boa disponibilidade de água, as culturas podem produzir satisfatoriamente, mesmo que apenas um volume restrito do solo apresente condições de disponibilidade de nutrientes adequadas ao seu desenvolvimento.

Existe um outro aspecto importante em se tratando de solos fertilizados, nos quais pode ocorrer um grande número de compostos fosfatados (TISDALE et al., 1985 apud RAIJ, 2004). O que acontece é que quando os adubos fosfatados são aplicados ao solo, e após sua dissolução, praticamente todo o P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis. Sendo assim, a eficiência dos adubos fosfatados é afetada pela acidez do solo.

Quando fertilizantes fosfatados solúveis são adicionados ao solo, após a entrada de água no grânulo, uma solução saturada de fosfato monocálcico é liberada e, em menor concentração, fosfato dicálcico e ácido fosfórico, que acidificam o solo na região do grânulo, estabilizando o pH em torno de 1,5. A solução ácida proveniente do grânulo move-se no solo por difusão e, devido ao baixo pH, solubiliza os oxihidróxidos de ferro e alumínio na vizinhança do grânulo, provocando a adsorção do fosfato (GATIBONI, 2003). Se o solo possuir abundância de cálcio, podem ser formados fosfatos de cálcio que, dependendo do pH, podem ser dissolvidos mais facilmente do que aqueles ligados aos oxihidróxidos (SOUSA e VOLKWEISS, 1987; RHEINHEIMER, 2000).

Dessa forma, a quantidade de P na solução do solo pode aumentar em diferentes magnitudes dependendo do tipo de fertilizante fosfatado adicionado no solo, isso porque reações de dissolução, adsorção e precipitação, que controlam o fósforo da solução podem ser diferentes em solubilidade e composição química para cada fertilizante fosfatado (ERNANI e BARBER, 1991).

As fontes solúveis em água mais produzidas no Brasil são os fosfatos monocálcicos superfosfato simples e superfosfato triplo. Trata-se de produtos solúveis que quando aplicados ao solo, possuem grande capacidade de liberação de fósforo para as plantas (GOEDERT, 1986). As garantias mínimas do superfosfato simples é de 18% de P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio mais água e de 16% de P_2O_5 solúvel em água. Esse fertilizante ainda tem que apresentar em sua composição um mínimo de 18-20% de cálcio e 10-12% de enxofre. De maneira geral cerca de 50% do peso desse fertilizante é composto por gesso

(CaSO₄). Já para o superfosfato triplo a garantia mínima é de 41% de P₂O₅ solúvel em citrato neutro de amônio mais água e de 37% de P₂O₅ solúvel em água.

A associação do gesso com fertilizantes fosfatados ou presença desse material no superfosfato simples, além de contribuir para a solubilização do íon fosfato ligado a compostos de alumínio, favorece o desenvolvimento do sistema radicular. Ritchey et al (1980) apud Raij (1988), avaliando um ensaio de fosfatos, instalado em Latossolo- Vermelho - Escuro no Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, observaram após a ocorrência de um veranico, que nas parcelas tratadas com superfosfato triplo, as plantas de milho estavam murchas enquanto que nas parcelas tratadas com superfosfato simples, estas estavam túrgidas. Avaliando o experimento com mais detalhes, foi observado que nos tratamentos que receberam superfosfato simples, o sistema radicular estava mais profundo possibilitando uma maior absorção de água das camadas da subsuperfície. Além deste fato, foi observado também que o solo continha mais cálcio e menos alumínio nas camadas inferiores. Esses efeitos benéficos sobre a cultura do milho foram atribuídos ao gesso, contido no superfosfato simples.

Outro benefício do gesso associado ao adubo fosfatado é o aumento da disponibilidade de fósforo na solução do solo. Fittipaldi (2006), avaliando o uso do gesso sobre as características química do solo, constatou que o tratamento com gesso proporcionou maiores teores de fósforo disponível na profundidade de 20-40 cm.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área experimental

O estudo foi desenvolvido na área experimental do Campus Delza Gitaí, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da UFAL, no município de Rio Largo - AL. As coordenadas geográficas de referência são: Latitude Sul 9° 29' 45" e Longitude Oeste 35° 49' 54". A altitude do local do experimento é 165 metros com 3% de declividade.

5.2 Descrição do clima e precipitação pluvial

O clima da região, baseado no sistema de classificação internacional de Köppen, foi incluído no tipo As, tropical chuvoso, com verões secos. Na Figura 1, encontram-se os dados de precipitação pluvial mensal dos anos agrícolas de 2003, 2004 e 2005, no município de Rio Largo-AL, coletados na Estação Agrometeorológica automática do Centro de Ciências Agrárias da UFAL.

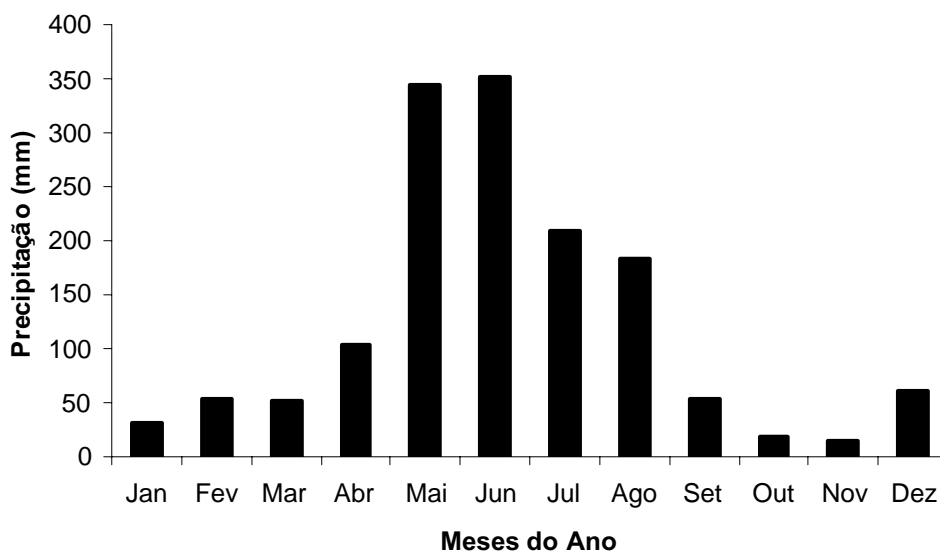


Figura 1. Precipitação pluvial mensal no ano agrícola de 2005, no município de Rio Largo-AL.

5.3 Caracterização do solo

O solo onde as parcelas experimentais foram instaladas está classificado como Latossolo Amarelo coeso distrófico (EMBRAPA, 1999), cujos atributos químicos, determinadas analiticamente antes da instalação do experimento, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo estratificada, em cinco profundidades, amostrado antes da instalação do experimento.

Profundidade m	pH (H ₂ O)	P* mg dm ⁻³	S-SO ₄	Al	H+Al	K	Ca+Mg	SB	V	m
				-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----%	
0,00-0,05	6,2	21,02	13,5	0,12	2,06	0,38	4,5	4,88	70,3	2,40
0,05-0,10	6,3	16,14	11,8	0,21	2,71	0,21	4,5	4,71	63,5	4,27
0,10-0,20	5,5	13,77	30,0	0,25	3,87	0,08	2,6	2,68	40,9	8,55
0,20-0,30	4,6	8,81	28,8	0,55	6,59	0,05	1,1	1,14	14,8	32,45
0,30-0,40	4,6	1,00	45,9	0,63	9,44	0,05	0,9	0,95	9,1	39,94

*Melich

O teor de argila no solo onde foi realizada a pesquisa é de 290 g.kg⁻¹ (BASTOS et al., 2006).

5.4 Caracterização do híbrido de milho utilizado

Utilizou-se o cultivar de milho BRS 3150 desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo. Esse material é descrito como um híbrido triplo, de ciclo precoce, 845 Graus-dia. A planta apresenta altura média de 2,3m e altura de inserção da espiga de 1,20 m. Apresenta também boa resistência ao acamamento. O grão produzido é do tipo semiduro, de cor amarelo-alaranjada.

5.5 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelas fontes de fósforo (superfosfato triplo - ST, superfosfato simples - SS e sem fósforo S/P). As subparcelas foram constituídas pela presença (C/G) ou ausência (S/G) de aplicação de gesso de minério, cujas características encontram-se na Tabela 2. Cada subparcela tinha a dimensão de 64 m² (6,4 x 10 m).

5.6 Instalação e condução do experimento

5.6.1 Aplicação do gesso de minério

A quantidade de gesso aplicado ao solo seguiu os critérios de recomendação de Souza et al (1996), em que a tomada de decisão, quanto à aplicação do produto, depende da porcentagem de saturação por alumínio ($m > 20\%$), na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade.

Constatada a necessidade de aplicação de gesso, a dose aplicada foi calculada multiplicando o teor de argila do solo ($g\ kg^{-1}$) por 5. Assim, a dose aplicada foi de 1450 $kg\ ha^{-1}$ de gesso. O produto foi aplicado em superfície, à lanço, sem incorporação.

5.6.2 Composição química do gesso de minério

A análise de composição química do gesso foi realizada nos Laboratórios de Fertilidade do Solo e Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, referindo-se o método Quelatométrico do EDTA para o cálcio (LANARV, 1988) e método de Turbidimetria do Sulfato de Bário para o enxofre (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1989).

Tabela 2. Composição química do gesso de minério.

CaO	S ----- % -----	Umidade
30,0	16,0	12,0

5.6.3 Adubações de Fundação e Cobertura

Por ocasião da semeadura, toda área experimental recebeu 30 e 120 kg ha⁻¹ de N e K₂O, na forma de uréia e cloreto de potássio, respectivamente. Nos tratamentos que receberam fósforo, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo ou superfosfato simples, dependendo do tratamento.

Na adubação de cobertura foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia aos 20 dias após a semeadura. O adubo foi distribuído a 0,20 m da planta de milho na direção das entrelinhas.

5.6.4 Semeadura do milho (*Zea mays* L.)

Trinta dias após a aplicação do gesso de minério, no dia 11/05/2005, foi realizada a semeadura do milho (BRS 3150), utilizando-se semeadora pneumática de tração tratorizada, com quatro linhas individuais, espaçadas de 0,80 m, distribuindo-se 5 sementes por metro.

5.6.5 Manejo da vegetação espontânea

A vegetação nativa foi dessecada sete dias antes da semeadura do milho utilizando-se 3,0 L ha⁻¹ de Glyphosate. Aos sete dias após a semeadura do milho o controle de plantas daninhas foi realizado por meio de aplicação de herbicidas de manejo, onde se aplicou 7 L.ha⁻¹ do herbicida Alachlor + Simazine, em pós-emergência.

5.6.6 Controle de pragas

No controle de pragas foram utilizados 75 ML ha⁻¹ do inseticida Deltamethrin. As formigas foram controladas, preventivamente, com uso de formicidas granulados.

5.7 Parâmetros avaliados

5.7.1 No solo

Foram coletadas cinco amostras de solo por subparcela, que resultaram em uma composta por subparcela, para análise de fertilidade, antes da aplicação do gesso e 75 e 150 dias após a aplicação do gesso, nas profundidades 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, para determinação de P disponível, K, Ca+Mg e Al trocáveis, H + Al e pH.

As análises químicas de solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Pesquisa Agropecuária-LAPA, do Centro de Ciências Agrárias da UFAL, de acordo com a metodologia de análises descrita pela Embrapa (1997).

5.7.2 Na planta de milho

5.7.2.1 Componentes morfológicos

- Altura das plantas

Para determinação da altura de cada planta foi considerada a distância entre o nível do solo e o último ramo do pendão. Para esta avaliação foram utilizadas réguas de madeira com fitas métricas aderidas. Foram tomadas medidas de 10 plantas por subparcela quando o milho encontrava-se no estágio de florescimento.

- Diâmetro do colmo

Para determinação do diâmetro do colmo, utilizou-se de paquímetro de metal graduado em milímetros. Foram avaliadas 10 plantas, as mesmas utilizadas para a altura, por subparcela no estágio de florescimento do milho. Para medição considerou-se o primeiro entrenó a partir da superfície do solo de cada planta.

- Número de folhas

A determinação do número de folhas por planta foi realizada por ocasião do florescimento do milho, foram contadas todas as folhas fotossinteticamente ativas presentes na planta.

5.7.2.2 Análise nutricional

Para avaliar o estado nutricional das plantas foram coletadas folhas de 10 plantas por subparcela no período de florescimento, inflorescência feminina. Foram coletadas as folhas abaixo da espiga, segundo procedimentos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Em seguida, as folhas foram secas, processadas em moinho e o material seco

e moído foi analisado no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP-Botucatu, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, e Zn (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997).

5.7.2.3 Componentes da produção

- População final de plantas

Para determinação da população final de plantas, foram contadas todas as plantas da área útil de cada subparcela, 25,6 m² (8 x 3,2), e o resultado extrapolado para plantas por hectare.

- Número de espigas por hectare

Na avaliação do número de espigas por hectare, foram contadas todas as espigas presentes na área útil de cada subparcela, 25,6 m² (8 x 3,2), e o resultado extrapolado para número de espigas por hectare.

- Número de fileiras de grãos por espiga

O número de fileiras de grãos por espiga foi determinado mediante contagem em 10 espigas amostradas aleatoriamente.

- Comprimento de espigas

O comprimento da espiga foi determinado com auxílio de uma régua graduada em centímetros. Foram avaliadas as mesmas 10 espigas utilizadas para se obter o número de fileiras de grãos por espiga.

- Massa de 1000 grãos

Para determinação desta variável, fez-se a contagem de oito repetições de 100 grãos, que tiveram suas massas determinadas e ajustada para 13% de teor de água, possibilitando estimar assim, a massa de 1000 grãos, baseada nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

5.7.2.4 Produtividade

A produtividade foi obtida a partir da massa dos grãos, contidos na área útil de cada subparcela, 25,6 m² (8 x 3,2), mediante pesagem, e expressa em quilos por hectare, ajustadas para 13% de teor de água, baseadas nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

5.7.2.5 Matéria seca de raiz

Foram coletadas cinco amostras de raiz por subparcela, que resultaram em uma amostra composta, em quatro profundidades 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Para determinação deste parâmetro, utilizou-se trado tipo caneco, com 0,035 m de raio do cilindro. As coletas foram realizadas logo após a colheita do milho em todas as subparcelas do experimento. As amostras foram retiradas a 0,20 m da planta na direção da entrelinha. O material coletado (solo + raízes) foi levado para laboratório para em seguida ser lavado e peneirado em malha 2,0 mm. As raízes contidas nas peneiras receberam pré-secagem ao ar livre e em seguida foram submetidas à secagem definitiva em estufa a 70 °C por 72 horas. Através da soma das coletas de todas as profundidades obteve-se a massa seca total de raízes e a partir daí os valores percentuais em cada profundidade amostrada.

5.8 Análise estatística

Todos os dados originais foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F, sendo as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Tukey.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Atributos químicos do solo

O resumo da análise de variância para os atributos químicos do solo nas profundidades 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m se encontra nas Tabela 3 e 4.

Tabela 3. Resumo da análise da variância para as causas de variação 75 dias após a aplicação do gesso: bloco, fósforo, gesso e suas interações para os atributos químicos do solo nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, no município de Rio Largo-AL, 2005.

Causas de Variação	pH	P	SO ₄	Al	H+Al	K	Ca+Mg	SB	CTC	CTC efetiva	V	m
Bloco	0,394	0,412	0,662	0,034	0,344	0,936	0,378	0,397	0,450	0,401	0,386	0,770
Fósforo	0,044	0,032	<0,001	0,001	0,155	0,357	0,174	0,159	0,056	0,145	0,865	0,035
Gesso	0,137	0,805	<0,001	0,022	0,867	<0,001	0,053	0,131	0,111	0,142	0,240	<0,001
Fósforo*Gesso	0,849	0,468	0,000	0,316	0,632	0,331	0,203	0,237	0,145	0,233	0,640	0,018
0,05-0,10 m												
Bloco	0,820	0,412	0,466	0,998	0,648	0,424	0,538	0,528	0,417	0,514	0,807	0,358
Fósforo	0,013	0,026	<0,001	0,004	0,696	0,306	0,190	0,169	0,140	0,153	0,335	<0,001
Gesso	0,137	0,491	0,675	0,005	0,091	<0,001	0,069	0,167	0,428	0,231	0,022	0,002
Fósforo*Gesso	0,849	0,175	<0,001	0,066	0,547	0,105	0,239	0,279	0,447	0,330	0,099	0,022
0,10-0,20 m												
Bloco	0,455	0,412	0,284	0,613	0,175	0,477	0,358	0,367	0,147	0,396	0,684	0,425
Fósforo	0,007	0,010	0,001	0,453	0,464	0,020	0,558	0,542	0,387	0,495	0,685	0,879
Gesso	0,012	0,026	<0,001	0,605	0,343	0,017	0,755	0,864	0,733	0,840	0,481	0,830
Fósforo*Gesso	0,296	0,179	<0,001	0,040	0,956	<0,001	0,268	0,403	0,669	0,438	0,289	0,037
0,20-0,30 m												
Bloco	0,394	0,412	0,146	0,778	0,947	0,466	0,070	0,073	0,474	0,074	0,033	0,286
Fósforo	0,614	<0,001	0,004	0,248	0,865	0,001	0,080	0,062	0,320	0,033	0,036	0,884
Gesso	0,302	0,620	<0,001	0,363	0,221	0,039	0,001	0,001	0,110	<0,001	<0,001	0,017
Fósforo*Gesso	0,178	<0,001	0,063	0,248	0,852	0,837	0,076	0,085	0,548	0,092	0,038	0,084
0,30-0,40 m												
Bloco	0,886	0,032	0,008	0,394	0,742	0,821	0,541	0,490	0,817	0,149	0,311	0,607
Fósforo	0,209	<0,001	<0,001	0,698	0,912	0,001	0,038	0,021	0,258	0,004	0,016	0,464
Gesso	0,435	<0,001	<0,001	0,851	0,432	0,001	<0,001	<0,001	0,029	<0,001	<0,001	0,009
Fósforo*Gesso	0,354	0,384	<0,001	0,342	0,832	0,038	0,015	0,010	0,126	0,002	0,027	0,553

pH = pH em água; P = fósforo extraível; SO₄ = enxofre; K = potássio trocável; Ca+Mg = cálcio mais magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; CTC efetiva = capacidade de troca de cátions efetiva; V = saturação por bases e m = saturação por alumínio.

Tabela 4. Resumo da análise da variância para as causas de variação 150 dias após a aplicação do gesso: bloco, fósforo, gesso e suas interações para os atributos químicos do solo nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, no município de Rio Largo-AL, 2005.

Causas de Variação	pH	P	Al	H+Al	K	Ca+Mg	SB	CTC	CTC efetiva	V	m
	0,00-0,05 m										
Bloco	0,244	0,412	0,118	0,612	0,831	0,455	0,452	0,612	0,450	0,142	0,001
Fósforo	0,041	0,129	0,023	0,097	0,900	0,727	0,731	0,803	0,768	0,305	0,002
Gesso	0,998	0,108	0,446	0,284	<0,001	0,004	0,009	0,011	0,008	0,031	0,003
Fósforo*Gesso	0,676	0,985	0,408	0,962	0,581	0,021	0,018	0,011	0,018	0,142	<0,001
0,05-0,10 m											
Bloco	0,455	0,426	0,682	0,927	0,711	0,866	0,858	0,762	0,823	0,942	0,256
Fósforo	0,096	0,008	0,115	0,452	0,109	0,011	0,010	0,011	0,010	0,014	0,001
Gesso	0,726	0,054	0,433	0,550	0,160	0,189	0,207	0,224	0,216	0,250	0,083
Fósforo*Gesso	0,436	0,235	0,294	0,192	0,060	0,317	0,335	0,411	0,338	0,401	0,006
0,10-0,20 m											
Bloco	0,008	0,413	0,264	0,728	0,850	0,723	0,725	0,451	0,667	0,824	0,511
Fósforo	0,016	0,001	0,001	0,359	0,559	0,248	0,256	0,187	0,180	0,293	0,001
Gesso	0,684	0,005	0,045	0,873	0,412	0,402	0,408	0,538	0,195	0,453	0,491
Fósforo*Gesso	0,112	0,020	0,978	0,982	0,004	0,019	0,011	0,020	0,009	0,038	0,057
0,20-0,30 m											
Bloco	0,142	0,491	0,091	0,612	0,677	0,630	0,660	0,655	0,379	0,650	0,045
Fósforo	0,178	<0,001	0,214	0,537	0,107	0,757	0,828	0,524	0,503	0,910	0,157
Gesso	0,191	0,369	0,189	0,153	0,039	0,156	0,177	0,880	0,317	0,066	0,041
Fósforo*Gesso	0,622	0,004	0,304	0,603	0,024	0,122	0,115	0,382	0,105	0,076	0,200
0,30-0,40 m											
Bloco	0,044	0,463	0,184	0,205	0,938	0,569	0,550	0,507	0,945	0,409	0,105
Fósforo	0,770	<0,001	0,894	0,795	0,006	0,078	0,100	0,376	0,237	0,109	0,157
Gesso	0,302	<0,001	0,177	0,892	0,003	0,224	0,157	0,418	0,058	0,212	0,898
Fósforo*Gesso	0,178	<0,001	0,750	0,979	0,001	0,857	0,849	0,961	0,723	0,846	0,845

pH = pH em água; P = fósforo extraível; K = potássio trocável; Ca+Mg = cálcio mais magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; CTC efetiva = capacidade de troca de cátions efetiva; V = saturação por bases e m = saturação por alumínio.

Os atributos químicos do solo pH em água, alumínio (Al), hidrogênio mais alumínio (H+Al) e saturação por alumínio (m), nas duas épocas de amostragem, 75 e 150 dias após aplicação do gesso, estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Verificou-se, na amostragem realizada aos 75 dias após a aplicação do gesso (Tabela 5) que, para o parâmetro pH do solo em função das fontes de fósforo, houve significância na camada 0,05-0,10 m na presença de gesso, onde, o tratamento com super fosfato simples (SS) apresentou a maior média, diferindo, entretanto, apenas do tratamento sem fósforo. A mesma Tabela ainda mostra o efeito do gesso, em cada fonte de fósforo, sobre os valores de pH. Observa-se que somente no tratamento com superfosfato simples, na profundidade de 0,10-0,20 m, foi detectada diferença significativa, com maior pH no tratamento sem gesso. Aos 150 dias após a aplicação do gesso, Tabela 6, não verificou-se diferenças significativas em nenhum dos tratamentos. Ramos et al. (2006), em experimento realizado com lisímetros, utilizando amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico, não observaram redução do pH com aplicação de gesso.

A neutralização da acidez ativa é feita com produtos receptores de prótons, o íon H^+ é um próton (RAIJ, 1988). O principal receptor de prótons é a hidroxila (OH). O gesso não é considerado um material corretivo. Entretanto, através do mecanismo chamado por Reeve e Sumner (1972) de “autocalagem”, que ocorre mediante troca de ligantes nas superfícies das partículas do solo, envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio, ocorre o deslocamento de OH^- pelo SO_4^- , promovendo assim, a neutralização parcial da acidez. Dessa maneira, os valores de pH do solo podem aumentar na presença de gesso (SUMNER et al., 1986). Em diversos trabalhos tem-se constatado efeito de gesso na elevação dos valores de pH, principalmente em subsuperfície (CARVALHO e RAIJ, 1997; CAIRES et al., 1999; CAIRES et al., 2003), em outros não foi verificado efeito algum do gesso sobre o pH (CAIRES et al., 1998).

Nos resultados apresentados no presente trabalho, ao que parece, inicialmente, após a aplicação do gesso, ocorreu um aumento na concentração de hidrogênio em solução, verificado na Tabela 5, tomando como base os valores de pH antes da aplicação do gesso, contidos na Tabela 1, onde todos os tratamentos com gesso apresentaram valores menores de pH quando comparados aos tratamentos sem gesso, porém, não foram encontrados relatos na literatura a esse respeito. Aos 150 dias após a aplicação do gesso (Tabela 6),

provavelmente devido ao efeito do mecanismo da “autocalagem”, as concentrações de H^+ diminuíram, minimizando as diferenças entre os tratamentos com e sem gesso e alguma vezes, tratamento com superfosfato simples, com gesso apresentando valores mais elevados de pH.

Tabela 5. Valores de pH e teores de Al, H+Al, m, P e SO₄ no solo, 75 dias após a aplicação do gesso, em função da fonte de fósforo (ST- superfosfato triplo, SS- superfosfato simples e S/P- sem fósforo), na presença (C/G) e ausência (S/G) de gesso, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Rio Largo-AL, 2005.

Fonte de P	pH (H ₂ O)		Al		H+Al		m		P(melich)		SO ₄	
	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G
0,00-0,05 m												
ST	5,5	6,0	0,10	0,12 B	1,60	1,72	2,29	2,65 B	20,66	19,59 AB	57,78 Ba	26,73 Bb
SS	6,3	6,5	0,11	0,15 AB	1,86	1,90	1,84 b	3,20 Ba	21,02	24,82 A	113,18 Ab	230,48 Aa
S/P	5,5	5,8	0,13 b	0,22 Aa	1,93	1,82	2,17 b	4,81 Aa	16,70	15,37 B	61,97 Ba	22,18 Bb
0,05-0,10 m												
ST	5,3 AB	5,5	0,12	0,15 B	2,52	2,65	2,89	3,47 B	16,82	22,90 A	62,20 Ca	22,92 Bb
SS	6,0 A	6,3	0,10	0,13 B	2,60	2,68	1,73	2,57 B	17,33	15,75 AB	116,92 Ab	215,14 Aa
S/P	5,0 B	5,5	0,18 b	0,31 Aa	2,58	2,91	3,16 b	6,70 Aa	14,69	13,49 B	84,87 Ba	22,44 Bb
0,10-0,20 m												
ST	5,0	5,3	0,23	0,29	3,63	3,89	7,90	9,57	20,43 AB	18,74	205,72 Aa	16,52 Ab
SS	5,0 b	6,0 a	0,28 a	0,20 b	3,58	3,70	10,14 a	6,58 b	24,15 Aa	15,65 b	121,97 Ca	25,79 Ab
S/P	4,8	5,3	0,30	0,29	3,70	3,89	8,25	9,62	14,22 B	12,21	152,08 Ba	25,07 Ab
0,20-0,30 m												
ST	4,5	4,8	0,32	0,46	6,12	6,46	11,34 b	26,22 a	11,57 A	6,92 AB	30,14 a	152,74 Ab
SS	4,5	4,8	0,48	0,42	6,18	6,42	17,51	18,78	11,15 Aa	8,01 Ab	49,92 a	156,15 Ab
S/P	5,0	5,0	0,48	0,53	6,38	6,48	15,75	19,65	5,52 B	4,72 B	31,86 a	124,16 Bb
0,30-0,40 m												
ST	4,5	4,3	0,56	0,60	9,16	9,30	29,61	35,15	9,14 Aa	6,21 Ab	71,90 Ba	45,11 Bb
SS	4,3	4,8	0,50	0,59	8,98	9,29	22,68 b	36,48 a	9,53 Aa	6,92 Ab	153,00 Aa	57,15 Ab
S/P	4,8	5,0	0,67	0,57	9,25	9,27	20,98	31,45	2,72 Ba	1,08 Bb	79,1 Ba	41,10 Bb

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na coluna para cada profundidade e minúsculas na linha para cada atributo químico do solo, indicam significância ($p < 0,05$) em cada profundidade. Médias não seguidas de letras não diferem entre si.

Tabela 6. Valores de pH e teores de, Al, H+Al, m e P no solo, 150 dias após a aplicação do gesso, em função da fonte de fósforo (ST- superfosfato triplo, SS- superfosfato simples e S/P- sem fósforo), na presença (C/G) e ausência (S/G) de gesso, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Rio Largo-AL, 2005.

Fonte de P	pH (H ₂ O)		Al		H+Al		m		P(melich)	
	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G
-----cmol _c dm ⁻³ -----										
0,00-0,05 m										
ST	5,5	5,8	0,11	0,14	1,81	1,89	2,09 Bb	3,35 Ba	18,79	16,24
SS	6,3	6,0	0,14	0,16	1,98	2,06	4,32 Aa	3,45 Bb	16,62	13,51
S/P	5,5	5,5	0,18	0,17	1,74	1,87	2,73 Bb	4,58 Aa	14,93	12,39
0,05-0,10 m										
ST	5,3	5,5	0,15	0,17	2,45	2,57	2,69 C	3,96	15,87 A	13,90
SS	6,0	5,5	0,16	0,20	2,73	2,60	4,86 B	4,29	14,45 Aba	10,25 b
S/P	5,3	5,3	0,23	0,23	2,66	2,78	7,75 Aa	4,70 b	10,13 B	10,13
0,10-0,20 m										
ST	4,8	5,5	0,31 B	0,23 B	3,71	3,78	13,95	9,42 B	10,53 B	7,43 B
SS	5,5	5,3	0,28 B	0,18 B	3,68	3,68	10,38	6,20 B	11,07 Ba	11,19 ABb
S/P	5,0	4,8	0,61 A	0,52 A	4,01	4,02	17,30	22,57 A	20,26 Aa	13,00 Ab
0,20-0,30 m										
ST	4,8	5,0	0,45	0,52	6,15	6,42	23,12	22,94	11,27 Aa	5,02 Ab
SS	5,0	5,0	0,50	0,65	6,30	6,85	20,64 b	31,10 a	12,95 Aa	5,52 Ab
S/P	4,5	4,8	0,63	0,60	6,43	6,50	24,01	29,55	5,29 Ba	1,72 Bb
0,30-0,40 m										
ST	4,5	5,0	0,73	0,67	9,43	9,47	34,27	37,37	2,08 B	1,55 B
SS	4,5	4,5	0,76	0,69	9,36	9,29	37,29	37,41	5,42 Aa	2,59 Ab
S/P	4,8	4,8	0,78	0,60	9,38	9,30	31,57	29,72	0,73 C	0,91 B

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na coluna para cada profundidade e minúsculas na linha para cada atributo químico do solo, indicam significância ($p < 0,05$) em cada profundidade. Médias não seguidas de letras não diferem entre si.

Em relação ao Al trocável, observa-se na Tabela 5, no tratamento sem aplicação de gesso, que na ausência de adubação fosfatada foram obtidos teores de Al mais elevados em relação às fontes de fósforo, nas profundidades 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m, sendo que na primeira camada não foi significativa em relação ao tratamento com superfosfato simples. Na Tabela 6, pode-se verificar que diferença significativa ocorreu na profundidade 0,10-0,20 m, tanto no tratamento em que foi aplicado gesso, quanto naquele sem aplicação de gesso. Sabe-se que cerca de 50% do peso do superfosfato simples é gesso (CaSO_4) e, segundo Ritchey et al. (1980) apud Rajj (1988), sua presença pode contribuir para redução dos teores de alumínio trocável do solo. No presente trabalho, no entanto, o gesso contido no superfosfato simples não teve influência sobre o alumínio, pois, não foi constatada significância nesse parâmetro quando comparado ao tratamento com superfosfato triplo.

Também não foram encontrados, no presente estudo, redução da acidez trocável (Al) provenientes da utilização do gesso de minério. Corroborando com os dados obtidos nesse trabalho, Black e Cameron (1984) não observaram efeito do gesso percolado através do solo ácido, nos teores de alumínio trocável e Ernani (1986) não verificou efeito sobre o Al da camada superficial do solo, mesmo com aplicação de 16 t ha^{-1} de gesso. Entretanto, Caires et al. (1998), verificaram efeito da aplicação de gesso em superfície na redução do Al trocável até a profundidade de 0,60 m, somente 8 meses após a aplicação do produto. Soratto (2005) verificou efeito da aplicação superficial de gesso nos teores de alumínio, apenas na amostragem realizada aos 12 meses após a aplicação, onde nessa época o gesso havia reduzido os teores de Al trocável em todas as profundidades.

Vários outros trabalhos têm demonstrado a eficiência do gesso na melhoria dos efeitos da acidez no subsolo (SOUSA et al., 1996; CARVALHO e RAIJ, 1997; RAIJ et al., 1998; ERNANI et al., 2001; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004). A maior parte desses estudos, as respostas encontradas referem-se a decréscimos do alumínio trocável. Dentre os mecanismos envolvidos na redução da atividade do alumínio nos solos através do uso do gesso, o principal diz respeito à formação dos pares iônicos ou complexos como AlSO_4^+ , promovendo a neutralização do alumínio (PAVAN, BINGHAM E PRATT, 1982; MALAVOLTA e KLIEMANN, 1985; PAVAN e VOLKWEISS, 1986; VITTI, 1987).

A acidez potencial do solo (H+Al) não sofreu influência de nenhum dos tratamentos utilizados, Tabela 5 e 6.

Fittipaldi (2006), experimento conduzido em um Latossolo Vermelho Amarelo de baixa fertilidade, combinando dois sistemas de cultivo, semeadura direta e cultivo convencional, com ou sem o uso de gesso, não encontrou diferença nos tratamentos com gesso e sem gesso a 0,00-0,20 m nem a 0,20-0,40 m de profundidade. Os resultados obtidos no presente estudo contrariam os encontrados por Soratto (2005), que constatou que a aplicação isolada de gesso, pode proporcionar redução dos teores de H+Al do solo.

As significâncias obtidas pelo teor de alumínio trocável no solo no presente trabalho, não foram suficientes para influenciar significativamente os teores da acidez potencial.

Os resultados dos teores da saturação por alumínio, verificados na Tabela 5, indicam que o gesso favoreceu sua redução em todo perfil, sendo esse efeito mais evidente nas camadas mais profundas. Segundo Souza et al. (1996), um dos parâmetros para a tomada de decisão quanto à aplicação de gesso é a saturação por alumínio. Esses autores recomendam a utilização desse produto quando o m%, na camada abaixo de 0,20 m for maior que 20%. No presente trabalho, a análise inicial do solo (Tabela 1) mostra que a saturação por Al nas profundidades 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m encontrava-se acima de 30%, o que possibilitou a execução desse experimento através da aplicação do gesso. Nota-se, ainda na Tabela 5, que o gesso reduziu os valores da saturação por alumínio ($m < 20\%$), até a camada de 0,40 m, nos tratamentos com superfosfato simples e sem fósforo. Já no tratamento com superfosfato triplo essa redução ocorreu até 0,30 m de profundidade.

O teor de fósforo no solo foi significativamente superior em praticamente todas as profundidades, nos tratamentos que receberam adubação fosfatada, não sendo observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos com superfosfato triplo e superfosfato simples, Tabelas 5 e 6. Esses dois fertilizantes tratam-se de produtos solúveis, que quando aplicados ao solo, possuem grande capacidade de liberação de fósforo para as plantas (GOEDERT, 1986).

Observa-se também incremento no teor de fósforo proporcionado pela aplicação do gesso de minério, sendo essas diferenças significativamente maiores principalmente nas camadas inferiores. Corroborando com os dados os resultados obtidos na

presente pesquisa, Fittipaldi (2006), avaliando o uso do gesso sobre as características química do solo, constatou que o tratamento com gesso proporcionou maiores teores de fósforo disponível na profundidade de 20-40 cm.

É possível que o aumento no teor de cálcio em profundidade observado nesse estudo, ocasionado pelo uso do gesso, tenha favorecido a formação de compostos fosfatados com cálcio e esses terem sido mais facilmente dissolvidos, promovendo o acréscimo no teor de fósforo citado anteriormente.

O que acontece é que quando os adubos fosfatados são aplicados ao solo, e após sua dissolução, praticamente todo o P é retido na fase sólida, devido a ocorrência de um grande número de compostos fosfatados (TISDALE et al., 1985, apud RAIJ, 2004). Como na maioria dos solos tropicais são abundantes as presenças de sesquióxidos de ferro e alumínio, a maior parte dos compostos fosfatados formados é com esses elementos. Entretanto, se o solo possuir abundância de cálcio, podem ser formados fosfatos de cálcio que, dependendo do pH, podem ser dissolvidos mais facilmente do que aqueles ligados aos oxihidróxidos (SOUSA e VOLKWEISS, 1987; RHEINHEIMER, 2000).

O gesso também tem uma outra grande importância como fonte de enxofre, elemento essencial para as plantas e que sua ausência pode, muitas vezes, limitar a produção das culturas (MORAES et al., 1998). Verifica-se, na Tabela 5 que, nos tratamentos com e sem gesso, o enxofre presente no gesso do superfosfato simples, promoveu aumento significativo do íon sulfato (SO_4^{2-}) no solo. O superfosfato simples apresenta uma concentração mínima de 10 a 12% de enxofre em sua composição. Como a profundidade da haste da semeadora que aplica o adubo foi regulada na profundidade 0,07-0,10 m, fica evidente o motivo da maior concentração do SO_4^{2-} , no tratamento com superfosfato simples, encontrar-se até a profundidade de 0,10 m.

Observa-se também um comportamento bastante interessante em relação ao íon sulfato. O S- SO_4^{2-} foi o único atributo químico do solo, avaliado no presente trabalho, que apresentou significância em todas as profundidades, quando avaliado em função da presença ou não de gesso. Observando o tratamento que recebeu superfosfato triplo (ST) e o tratado sem adubação fosfatada (S/P), percebe-se que o gesso proporcionou valores significativamente maiores de S- SO_4^{2-} em todas as profundidades, sendo os maiores valores obtidos nas camadas 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. Esse fato indica caminamento do íon sulfato,

proveniente do gesso, no perfil do solo. No tratamento com superfosfato simples, apesar de também ter ocorrido lixiviação do SO_4^- , proveniente do gesso, os maiores valores desse íon foram encontrados na camada superficial (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m). Esse fato demonstra maior dificuldade de lixiviação do íon sulfato que estava contido no fertilizante superfosfato simples, entretanto não foram encontrados relatos na literatura a esse respeito.

Respostas referentes ao aumento do enxofre em todo perfil do solo e principalmente nas camadas mais profundas, devido o uso do gesso, são freqüentes na literatura (QUAGGIO et al., 1993; CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 2003; SORATTO, 2005; FITTIPALDI, 2006). A pequena retenção de S-SO_4^{2-} , nas camadas superficiais do solo, se deve aos maiores valores de pH observados nessas camadas. A elevação do pH promove a predominância de cargas líquidas negativas, que favorecem a movimentação do S-SO_4^{2-} (CAMARGO e RAIJ, 1989; QUAGGIO et al., 1993). Já nas camadas mais profundas o íon S-SO_4^{2-} é fortemente adsorvido, permanecendo aí por muitos anos (RAIJ et al., 1998). Deve-se considerar, no entanto, que a velocidade com que o sulfato se movimenta, é variável em diferentes solos (QUAGGIO et al., 1993; CAIRES et al., 1998), devendo ser mais lenta em solos com maior teor de argila (CAMARGO e RAIJ, 1989; CAIRES et al., 2003).

Nas Tabelas 7 e 8 estão apresentados o teores de potássio (K), cálcio mais magnésio (Ca+MG), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), capacidade de troca de cátions (CTC efetiva) e saturação por bases (V).

Na Tabela 7, onde estão apresentados os teores de Ca+Mg no solo, aos 75 dias após a aplicação do gesso, verifica-se maiores teores desses nutrientes, em praticamente todo perfil do solo, nos tratamentos onde foi aplicado gesso, sendo, no entanto, esses acréscimos significativos apenas na camada 0,20-0,30 m de onde se aplicou superfosfato triplo e 0,05-0,10 m do tratamento sem adubação fosfatada.

Diversos trabalhos citam elevação nos teores de Ca trocável do solo sob influência da aplicação do gesso (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1999; CAIRES et al., 2004). Soratto (2005) observou que teores de Ca trocável foram incrementados, principalmente, nas camadas superficiais do solo pela aplicação de gesso. Caires et al. (1998) constataram aumentos de Ca em todo o perfil do solo e lixiviação de Mg com a utilização de elevadas quantidades de gesso. Oliveira e Pavan (1994) também verificaram intensa lixiviação de Mg com a utilização de gesso. Contrariando esses resultados,

no trabalho realizado por Fittipaldi (2006) o uso de 1 t ha^{-1} de gesso não influenciou os teores Ca e Mg em nenhuma das duas profundidades avaliadas (0,20-0,40 m).

Tabela 7. Teores de K, Ca+Mg, SB, CTC, CTC efetiva e V no solo, 75 dias após a aplicação do gesso, em função da fonte de fósforo (ST- superfosfato triplo, SS- superfosfato simples e S/P- sem fósforo), na presença (C/G) e ausência (S/G) de gesso, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Rio Largo-AL, 2005.

Fonte de P	K		Ca+Mg		SB		CTC		CTC efetiva		V %	
	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G		
-----cmol _c dm ⁻³ -----												
0,00-0,05 m												
ST	0,12 b	0,32 a	4,12	4,35	4,24	4,67	5,84 B	6,36	4,34	4,79	72,03	72,26
SS	0,15 b	0,39 a	5,93	4,46	6,08	4,85	7,94 A	6,75	6,19	4,90	76,21	71,23
S/P	0,11 b	0,41 a	6,03 a	4,27 b	6,14	4,68	8,07 A	6,50	6,27	5,00	75,66	71,48
0,05-0,10 m												
ST	0,14 b	0,28 a	3,90 B	4,08	4,04 B	4,36	6,56	7,01	4,16	4,51	61,11 B	61,70
SS	0,13 b	0,36 a	5,70 A	4,61	5,83 A	4,97	8,43	7,65	5,93	5,10	68,92 A	64,62
S/P	0,10 b	0,40 a	5,48 AB	4,11	5,58 AB	4,51	8,16	7,42	5,76	4,82	67,70 A	60,43
0,10-0,20 m												
ST	0,20 A	0,18 B	2,52	2,65	2,72	2,83	6,35	6,72	2,95	3,12	42,50	41,78
SS	0,13 B	0,11 C	2,44	2,79	2,57	2,90	6,15	6,60	2,85	3,10	41,30	43,53
S/P	0,08 Bb	0,25 Aa	3,27	2,53	3,35	2,78	7,05	6,67	3,65	3,07	47,26	41,38
0,20-0,30 m												
ST	0,18 A	0,14 AB	2,30 a	1,21 Bb	2,48	1,35 B	8,60	7,81	2,80 a	1,81 Bb	28,74 a	17,05 Bb
SS	0,12 B	0,082 B	2,19	1,81 AB	2,31	1,89 AB	8,46	8,31	2,79 b	2,31 Aba	27,14	22,62 AB
S/P	0,22 A	0,20 A	2,38	2,01 A	2,60	2,21 A	8,98	8,69	3,08	2,74 A	28,82	25,42 A
0,30-0,40 m												
ST	1,46 B	1,15 A	1,20 B	1,02	1,35 B	1,14	10,51 B	10,44	1,91 B	1,74	12,75 B	10,84
SS	0,77 C	0,51 B	1,67 B	1,00	1,75 Ba	1,05 b	10,72 B	10,34	2,25 Ba	1,64 b	16,22 Ba	10,12 b
S/P	2,38 Aa	1,33 Ab	2,32 A	1,13	2,56 Aa	1,26 b	11,80 Aa	10,53 b	3,23 Aa	1,83 b	21,70 Aa	11,91 b

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na coluna para cada profundidade e minúsculas na linha para cada atributo químico do solo, indicam significância ($p < 0,05$) em cada profundidade. Médias não seguidas de letras não diferem entre si.

Tabela 8. Teores de K, Ca+Mg, SB, CTC, CTC efetiva e V no solo, 150 dias após a aplicação do gesso, em função da fonte de fósforo (ST- superfosfato triplo, SS- superfosfato simples e S/P- sem fósforo), na presença (C/G) e ausência (S/G) de gesso, nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Rio Largo-AL, 2005.

Fonte de P	K		Ca+Mg		SB		CTC		CTC efetiva		V	
	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G
-----cmol _c dm ⁻³ -----												
0,00-0,05 m												
ST	0,12 b	0,20 a	5,22 Aa	4,08 b	5,34 Aa	4,28 b	7,15 Aa	6,17 ABb	5,45 Aa	4,42 b	74,48	68,82
SS	0,10 b	0,22 a	4,10 B	4,33	4,20 B	4,55	6,18 B	6,61 A	4,38 B	4,71	67,59	68,37
S/P	0,12 b	0,20 a	4,97 ABa	3,53 b	5,09 ABa	3,73 b	6,83 AB	5,60 B	5,23 ABa	3,90 b	74,24 a	65,99 b
0,05-0,10 m												
ST	0,11 b	0,09 Ba	5,40 A	4,00	5,50 A	4,14	7,96 A	6,72	5,66 A	4,32	68,97 A	61,36
SS	0,09	0,13 AB	4,51 AB	4,60	4,60 AB	4,73	7,33 AB	7,33	4,83 AB	4,93	62,43 AB	64,16
S/P	0,12	0,15 A	3,26 B	2,92	3,38 B	3,01	6,04 B	5,79	3,54 B	3,24	55,38 B	51,27
0,10-0,20 m												
ST	0,07 Bb	0,12 Aa	1,89 B	2,21 AB	1,96 B	2,33 AB	5,67 B	6,12	2,27 B	2,56	34,50	37,88 AB
SS	0,09 AB	0,11 A	2,35 AB	2,67 A	2,44 AB	2,78 A	6,12 AB	6,46	2,72 B	2,96	39,70	42,99 A
S/P	0,11 Aa	0,06 Bb	2,87 A	1,72 B	2,98 Aa	1,78 Bb	7,00 Aa	5,80 b	3,59 Aa	2,30 b	42,65 a	30,40 Bb
0,20-0,30 m												
ST	0,06	0,08 AB	1,43	1,72	1,49	1,80	7,64	8,22	1,94	2,32	19,36	21,79
SS	0,07 b	0,11 Aa	1,83	1,34	1,90	1,45	8,20	8,30	2,40	2,10	23,09	17,47
S/P	0,07	0,06 B	1,96	1,37	2,03	1,43	8,46	7,93	2,66	2,03	23,96 a	17,85 b
0,30-0,40 m												
ST	0,16 Aa	0,06 b	1,25	1,10	1,41	1,16	10,84	10,63	2,14	1,83	12,99	10,93
SS	0,08 B	0,08	1,20	1,10	1,28	1,18	10,64	10,47	2,04	1,87	11,90	11,28
S/P	0,06 B	0,06	1,64	1,36	1,70	1,42	11,08	10,72	2,48	2,02	15,37	13,25

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na coluna para cada profundidade e minúsculas na linha para cada atributo químico do solo, indicam significância ($p < 0,05$) em cada profundidade. Médias não seguidas de letras não diferem entre si.

Observa-se também nas Tabelas 7 e 8 que, nas camadas superficiais os teores de potássio foram maiores nos tratamentos que não receberam gesso agrícola, e nas camadas mais profundas ocorreu o contrário, com maiores valores sendo obtidos pelos tratamentos com gesso. Esses resultados indicam ter havido movimentação de K em profundidade proporcionado pela aplicação de gesso. A lixiviação de potássio provocada pelo uso de gesso também foi observada por Souza e Ritchey (1986) e por Sumner, (1995). Esses autores trabalharam com elevadas quantidades de gesso, o que favoreceu a lixiviação de K. A dose aplicada no presente trabalho, embora tenha seguido a recomendação de Souza et al. (1996), foi suficiente para levar K para camadas mais profundas. Em sistema plantio direto, as perdas de K^+ por lixiviação proporcionadas com a aplicação de gesso têm sido muito pequenas (CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 2002).

Quanto à soma de bases (SB) e saturação por bases (V%), verificou-se comportamento semelhante ao observado para os teores de Ca+Mg, ou seja, nos tratamentos onde foi aplicado gesso, observaram-se as maiores médias, em praticamente todas as profundidades, Tabela 7 e 8. Percebe-se ainda que, os maiores valores desses atributos se concentra nas camadas superficiais. Isto ocorre devido à disposição dos corretivos e fertilizantes na superfície do solo, ou na profundidade do sulcador da máquina de semeadura (MARTINAZZO, 2006). Esse mesmo autor realizou um diagnóstico da situação da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado no Estado do Rio Grande do Sul e constatou que, 74% das amostras de solo realizadas enquadraram-se nas faixas com saturação por bases acima de 65% na camada 0,00-0,10 m e, nas camadas 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, 51 e 33%, respectivamente. Outra causa da concentração das bases na superfície pode estar relacionado à deposição de resíduos orgânicos na superfície do solo que, através de sua decomposição, participam da ciclagem de nutrientes (TESTA et al., 1992; CAPURRO, 1999).

6.2 Parâmetros avaliados nas plantas de milho

6.2.1 Matéria seca de raiz

Na Figura 2 são apresentados os resultados da matéria seca de raiz em função aplicação do gesso. Verifica-se que 90% das raízes no tratamento sem gesso se concentraram na camada até 0,20 m de profundidade. Já no tratamento que recebeu gesso, as raízes ficaram melhores distribuídas no perfil do solo, apresentando 28% da matéria seca total de raiz na camada de 0,20-0,40 m. O acréscimo na massa de raízes em profundidade, proporcionado pela utilização do gesso, mostrou-se significativo nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Sousa et al. (1996) destacam que a resposta ao gesso como melhorador do ambiente radicular em profundidade, tem sido observado para culturas anuais, entre elas o milho.

Ritchey et al. (1980) também evidenciaram os efeitos do gesso sobre o desenvolvimento radicular em plantas de milho atribuindo à diminuição da saturação por alumínio e adição de cálcio em profundidade. Essas também podem ter sido a principal causa do maior desenvolvimento radicular pela aplicação do gesso, observado no presente estudo. As limitações causadas pela acidez do subsolo à restrição ao crescimento radicular das culturas têm sido amplamente divulgadas na literatura (PAVAN et al., 1982; RITCHEY et al., 1982; SUMNER et al., 1986; QUAGGIO, 2000).

A presença de cálcio na solução do solo é essencial para a sobrevivência das raízes. O Ca não se transloca na planta da parte aérea para as porções novas das raízes em desenvolvimento (CAIRES et al., 2001). Além disso, esse elemento participa do crescimento radicular por meio de pectatos que compõem a parede celular (MARSCHNER, 1986), sendo de suma importância para a vitalidade das zonas meristemáticas. O cálcio evita que as raízes percam sua propriedade de semipermeabilidade, essencial à absorção de nutrientes (PEARSON, 1996).

Já em relação ao alumínio, o efeito primário de sua toxidez sobre as plantas manifesta-se pelo bloqueio do crescimento das raízes, tornando-as curtas, grossas e com coloração escura (MACHADO, 1997). A diminuição do crescimento radicular pode ser

explicada pelo efeito inibitório desse elemento sobre a divisão e alongamento celular, reduzindo a respiração e tornando as raízes danificadas ineficientes na absorção transporte e utilização de água e de nutrientes (ROY, SHARMA e TALUKDER, 1988). Assim, o excesso de alumínio e a deficiência de cálcio são considerados os principais fatores do solo que impedem o crescimento das raízes em profundidade.

Uma outra explicação possível para o aumento da matéria seca de raiz onde se aplicou gesso, é o maior teor de fósforo no solo, também constatado nesse tratamento. O crescimento do sistema radicular é influenciado pelo fósforo (BÜLL, 1993). Baryosef e Kafkafi (1972), Mackay e Barber (1985b) e Anderson et al. (1987) citados por Bull (1993), mostram os efeitos positivos do fósforo sobre o desenvolvimento do sistema radicular de plantas de milho. O fósforo tem participação no crescimento do sistema radicular porque todos os processos metabólicos da planta que envolvam gasto de energia o fósforo está presente como integrante da molécula do ATP (BÜLL, 1993).

Em trabalho com sistema de raízes divididas, crescendo em diferentes níveis de P no solo, Klepker e Anghinoni (1995) encontraram maior crescimento de raízes na fração que recebeu adubação, indicando que a presença de fósforo no solo favorece o crescimento radicular. Embora ocorra redistribuição do fósforo na planta, ela pode não ser suficiente às partes que não têm acesso a ele (RUIZ et al., 1988; KLEPKER e ANGHINONI, 1995). Assim, mesmo tendo havido fornecimento adequado de fósforo na camada superficial do tratamento sem gesso, esse elemento parece não ter sido redistribuído para as regiões da raiz que se encontravam onde o suprimento de P era menor (abaixo de 0,20 m), não favorecendo dessa forma, o desenvolvimento das raízes nessa região.

Dessa forma, os efeitos positivos do gesso observados nas mais variadas condições de solo e clima, são indicativos de que o seu emprego pode também constituir boa alternativa para a melhoria do ambiente radicular em sistemas de cultivo que não envolvem o preparo do solo (PAVAN et al., 1984).

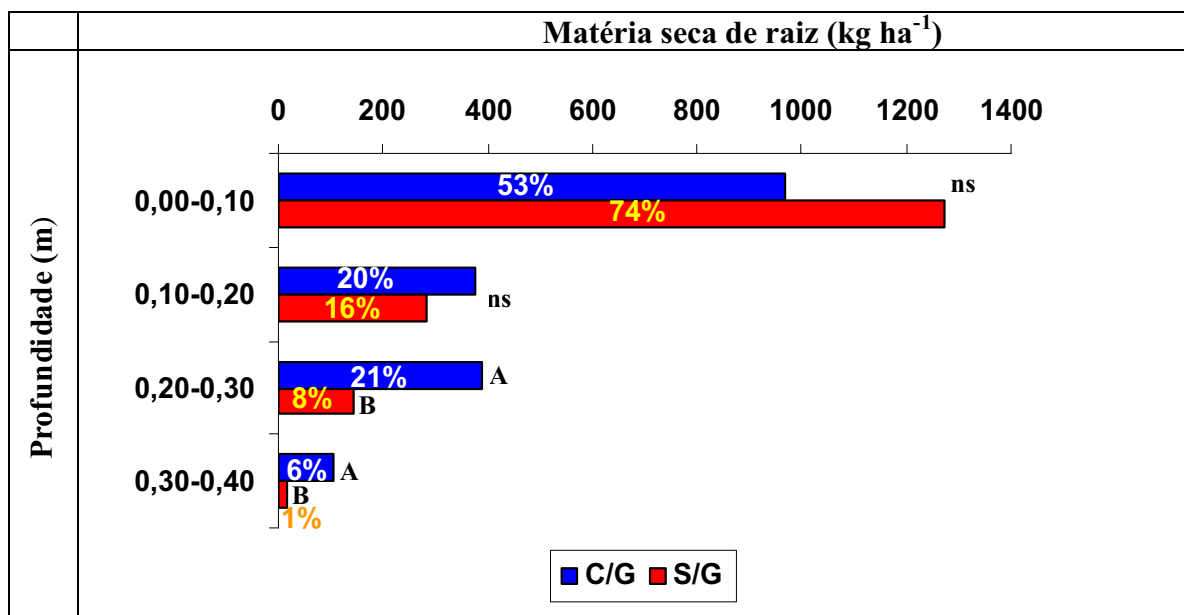


Figura 2. Matéria seca de raiz (kg ha⁻¹) de milho em função da aplicação de gesso amostrada durante o período de florescimento. Valores em porcentagem dentro da barra representam a distribuição do sistema radicular em cada tratamento (C/G e S/G). Letras diferentes indicam significância ($p < 0,05$) em cada profundidade. ns – não significativo ($p < 0,05$) em cada profundidade. Rio Largo, AL, 2005.

Na Figura 3, observa-se que a fonte de fósforo utilizada não teve efeito significativo sobre a distribuição do sistema radicular em nenhuma das profundidades, na presença (C/G) e na ausência (S/G) de gesso de minério.

Inferese, portanto, que o gesso contido no superfosfato simples, nem quando esteve associado ao gesso de minério, proporcionou ambiente mais favorável ao desenvolvimento das raízes em profundidade.

Os resultados obtidos na presente pesquisa contrariam os obtidos por Ritchey et al. (1980) apud Raj (1988), que avaliando um ensaio com fertilizante fosfatado, instalado em Latossolo - Vermelho – Escuro, observaram que nos tratamentos que receberam superfosfato simples, o sistema radicular do milho estava mais profundo quando comparado com os tratamentos que receberam superfosfato triplo. Sendo esse benefício atribuído ao aumento no teor de cálcio e diminuição no teor de alumínio trocável nas camadas inferiores, o que não foi verificado no presente trabalho.

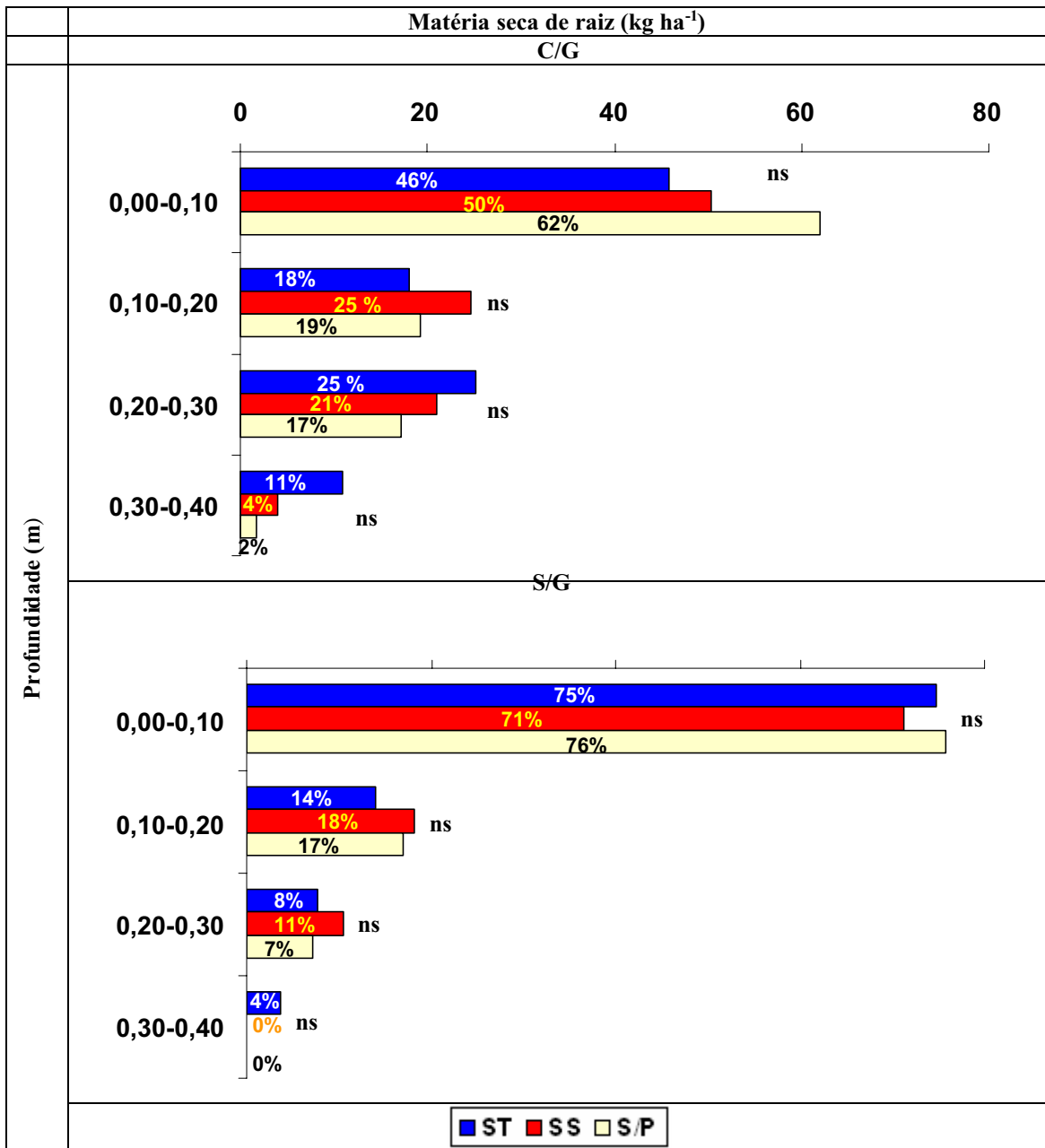


Figura 3. Matéria seca de raiz (kg ha⁻¹) em função da fonte de fósforo (ST- superfosfato triplo, SS- superfosfato simples e S/P- sem fósforo), na presença (C/G) e ausência (S/G) de gesso. Valores em porcentagem dentro da barra representam a distribuição do sistema radicular em cada fonte de fósforo (ST, SS e S/P). ns – não significativo ($p < 0,05$) em cada profundidade. Rio Largo, AL, 2005.

6.2.2 Componentes morfológicos

Dados da Tabela 9 mostram um efeito positivo da presença do fósforo na altura de plantas de milho, não havendo, entretanto, diferenças significativas entre as duas fontes utilizadas.

Uma das principais funções do fósforo na planta, como integrante da molécula do ATP, é atuar no armazenamento e na transferência da energia química captada da luz solar na fotossíntese. Assim, o desenvolvimento da parte aérea é influenciado pela quantidade de fósforo absorvido (BÜLL, 1993).

Observa-se ainda na Tabela 9 que a aplicação do gesso não influenciou significativamente a altura de plantas. Fittipaldi (2006) avaliando o efeito do uso gesso no desenvolvimento da cultura do milho não encontrou diferenças significativas para esse componente.

Tabela 9. Altura de plantas amostradas durante o período de florescimento da cultura do milho, em função da aplicação de gesso e da fonte de fósforo. Rio Largo, AL, 2005.

	Altura de plantas (m)		
	ST	SS	S/P
C/G	1,88 Aa	1,83 Aa	1,66 Aa
S/G	1,90 Aa	1,81 Aa	1,65 Ab

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Coluna: DMS=0,07, CV(%)=2,54; Linha: DMS=0,09, CV(%)=4,75.

As médias do diâmetro do colmo do híbrido de milho BRS3150 em função da aplicação de gesso e da fonte de fósforo encontram-se na Tabela 10. O tratamento sem gesso adubado com superfosfato triplo foi superior ao tratamento com gesso. Nas demais fontes de fósforo o uso do gesso não teve efeito sobre o diâmetro do colmo.

Observando o comportamento do diâmetro do colmo em relação as fontes de fósforo na presença e na ausência de gesso, nota-se que o tratamento sem fósforo apresentou os menores valores.

Tabela 10. Diâmetro do colmo amostrado durante o período de florescimento da cultura do milho, em função da aplicação de gesso e da fonte de fósforo. Rio Largo, AL, 2005.

	Diâmetro do colmo (mm)		
	ST	SS	S/P
C/G	18,84 Ba	18,25 Aab	17,43 Ab
S/G	19,78 Aa	17,77 Ab	16,97 Ab

Médias seguidas de letra iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Coluna: DMS=0,93; CV(%)=3,18; Linha: DMS=1,14; CV(%)=4,97.

6.2.3 Análise Nutricional

Nos teores de macronutrientes na folha da base da espiga, encontrados nas Tabelas 11, observa-se que houve efeito significativo para o teor de N em função da fonte de fósforo, na ausência de gesso. Os teores de nitrogênio estão abaixo da faixa de valores, compilada de diversos autores por Büll (1993), considerada como adequada para a cultura do milho. O teor de N mais baixo encontrou-se no tratamento sem adubação fosfatada.

Tabela 11. Teores de macronutrientes na folha da base da espiga do híbrido de milho BRS 3150, em função da fonte de fósforo. Rio Largo, AL, 2005.

Fonte de P	N		P		K		Ca		Mg		S	
	-----g Kg ⁻¹ -----											
	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G	C/G	S/G
ST	21,3	21,0 A	2,9	2,7	26,8	28,5	3,0	3,0	2,7	2,5	1,8	1,7
SS	19,5	19,3 AB	2,8	2,7	28,8	28,8	3,0	3,3	2,6	2,6	1,5	1,6
S/P	19,5 a	18,0 Bb	2,8	2,7	28,0	27,5	3,3	3,3	2,6	2,4	1,7	1,6

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha para cada nutriente, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teores de P não apresentaram diferenças significativas. Büll (1993), considera que a faixa adequada de fósforo está situada entre 1,9 e 3,5 g Kg⁻¹ de matéria seca. Percebe-se então, que os teores de P estão situados nessa faixa. Provavelmente a ausência de efeito para o P, em função das fontes de fósforo, se deve ao fato dos teores desse nutriente no solo acima do nível de suficiência (KLEPKER e ANGHINONI, 1995).

Apesar da melhor distribuição em profundidade do sistema radicular nos tratamentos com gesso, esse fato não refletiu em maior absorção de fósforo pela planta. O adequado fornecimento de fósforo às plantas é favorecido por um sistema radicular bem desenvolvido (RUIZ et al., 1988).

O gesso ainda tem uma outra grande importância como fonte de enxofre, elemento essencial para as plantas e que sua ausência pode, muitas vezes, limitar a produção das culturas (MORAES et al., 1998). No presente estudo, entretanto, não se observou aumento no teor de enxofre na planta em função da utilização desse produto. Contrariando esses resultados, Caires et al. (1999), atribuiu o aumento na produtividade de milho, dentre outros fatores, ao maior fornecimento de enxofre decorrente do uso do gesso. A ausência de efeito verificada na presente pesquisa, se deve, provavelmente, as quantidades de enxofre observadas no solo antes da instalação do experimento, se encontrar em níveis adequados (Tabela 1).

6.2.4 Componentes da produção e produtividade

Os dados médios dos componentes de produção em função da fonte de fósforo encontram-se na Tabela 12. Não foram verificadas diferenças significativas para os componentes população de plantas, número de espigas, número de fileiras de grãos e massa de 1000 grãos.

No componente comprimento da espiga observaram-se médias mais elevadas nos tratamentos que receberam adubação fosfatada (ST e SS), sendo esses estatisticamente superior ao tratamento sem fósforo (S/P). O comprimento da espiga é definido no estágio fenológico em que a planta de milho encontra-se com doze folhas desenvolvidas. Pode-se considerar que nessa fase, inicia-se o período mais crítico para a produção (FANCELLI e DOURADO-NETO, 2000). O tamanho das espigas pode ser seriamente reduzido quando ocorre deficiência de umidade e principalmente nutrientes nessa etapa de desenvolvimento. O menor teor de nitrogênio no tratamento sem P, constatado no diagnóstico nutricional, pode ter contribuído para o menor tamanho das espigas nesse tratamento.

Embora, tenha sido verificada diferença estatística apenas para o componente comprimento da espiga, não se deve atribuir, o menor rendimento de grãos verificado no tratamento sem fósforo, somente a esse componente. Observa-se que, no tratamento citado, com excessão da população de plantas, os demais componentes

apresentaram-se com média menor quando comparado aos tratamentos que receberam fósforo, e como consequência, esses componentes contribuíram para a menor produtividade de grãos.

Respostas na produtividade do milho à adubação com P, em experimentos conduzidos a campo em diferentes regiões do Brasil, têm sido freqüentes (COELHO et al., 1992; SOUZA et al., 1998; COUTINHO et al., 2000).

Tabela 12. Componentes da produção e produtividade de grãos de milho, híbrido BRS3150, em função da fonte de fósforo. Rio Largo, AL, 2005.

Fonte de P	População de plantas plantas ha ⁻¹	Número de espigas espigas ha ⁻¹	Comprimento de espigas cm	Nº de fileiras de grãos fileiras espiga ⁻¹	Massa de 1000 grãos g	Produtividade kg ha ⁻¹
ST	54.921 A	51.953 A	13,50 A	13,63 A	231,3 A	4.406 A
SS	55.078 A	52.812 A	13,50 A	13,63 A	231,3 A	3.961 A
S/P	56.562 A	49.140 A	12,50 B	13,38 A	225,0 A	3.039 B
DMS	4.940,48	5.080,54	0,89	0,81	5,57	612,74
CV (%)	5,8	6,46	4,38	3,89	6,88	10,51

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 13, são apresentados os componentes da produção em função da aplicação do gesso. Observa-se que nenhum dos componentes da produção nem a produtividade sofreram influência do uso gesso. Fittipaldi (2006) também não encontrou efeito do gesso para estande final, massa de 1000 grãos e produtividade, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

No entanto, têm sido reportados na literatura, trabalhos que comprovam o efeito positivo do gesso sobre a produtividade de grãos de milho. Souza e Ritchey (1986), trabalhando com Latossolo Vermelho-Escuro álico, constataram que com o uso de 6,0 t ha⁻¹ de gesso, houve produção de grãos de milho 68% maior, quando comparada com a testemunha, após 25 dias de deficiência hídrica. Shainberg et al. (1989) também verificou, juntamente com o maior desenvolvimento do sistema radicular, aumento produção do milho, proporcionado pela aplicação do gesso.

Caires et al. (1999), avaliando as alterações químicas do solo pelo uso de gesso em plantio direto nas culturas de milho, trigo e soja constataram que apenas a cultura de milho apresentou aumento de produtividade.

Tabela 13. Componentes da produção e produtividade de grãos de milho, híbrido BRS3150, em função da aplicação de gesso. Rio Largo, AL, 2005.

Gesso	População de plantas plantas ha ⁻¹	Número de espigas espigas ha ⁻¹	Comprimento de espigas cm	Nº de fileiras de grãos fileiras espiga ⁻¹	Massa de 1000 grãos g	Produtividade kg ha ⁻¹
C/G	55.833 A	51.354 A	13,00 A	13,67 A	228,3 A	3.765 A
S/G	55.208 A	51.250 A	13,33 A	13,42 A	230,0 A	3.838 A
DMS	3974,6	3.972,27	0,53	0,33	11,00	275,93
CV (%)	7,75	8,38	4,38	2,61	5,19	7,86

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.3 Considerações finais

A aplicação superficial de gesso de minério favoreceu o maior acúmulo de matéria seca de raiz em subsuperfície. Esse fato deveu-se, principalmente a redução da saturação por alumínio e aumento no teor de cálcio verificado nessa camada.

Contudo, acredita-se que as alterações dos atributos químicos do solo, em função da aplicação do gesso, podem ser melhor avaliadas através de amostragens de solo realizadas em um espaço maior de tempo do que o adotado no presente trabalho.

De qualquer forma, em relação à produtividade de grãos, o que se pôde observar foi que a melhor distribuição do sistema radicular do milho não refletiu em acréscimo de rendimento da cultura. Considerando que as precipitações pluviais observadas durante o período de cultivo, sem a ocorrência de veranicos, comuns na região, foram suficientes para atender a demanda de água da cultura em todas as fases de desenvolvimento, acredita-se que, em situação de estresse hídrico, o tratamento com distribuição das raízes em todo perfil do solo, provavelmente seria beneficiado.

7 CONCLUSÕES

A aplicação do gesso de minério proporciona melhoria do ambiente radicular, favorecendo melhor distribuição das raízes no perfil do solo. Entretanto, a produtividade de grãos de milho não é influenciada pelo uso gesso de minério.

O gesso de minério promove aumento na disponibilidade de fósforo, principalmente nas camadas mais profundas.

A adubação fosfatada promove aumento no rendimento de grãos de milho. O gesso contido no superfosfato simples não tem efeito sobre os atributos químicos do solo em profundidade e, conseqüentemente não melhora a distribuição das raízes no perfil do solo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, F.; RAWAYFIH, Z. Basalumite and alumite: a possible cause of sulfate retention by acid soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, p. 686-692, 1977.

ALCORDO, I. S.; RECHIGL, J. E. **Phosphogypsum in agriculture: a review. Advances in Agronomy**, New York, v. 118, p. 49-55, 1993.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, L; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.

BALBINO, L. C. et al. Plantio direto. In: ARAUJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 301-352.

BASTOS, A. L. et al. Difusão do fósforo influenciado por doses do elemento. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27. 2006. Bonito. **A busca das raízes**, cd rom, Bonito, Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

BLACK, C. A. **Soil fertility evaluation and control**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993. 746 p.

BLACK, A. S; CAMERON, KC. Effect of leaching on soil properties and lucerne growth

following lime and gypsum amendments to a soil with an acid subsoil. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.27, n.2, p. 195-200. 1984.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. IN: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Eds.) **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 67-145.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Redução da acidez e movimentação de bases do solo pelo uso de calcário e gesso na superfície e resposta da soja e do milho cultivados em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 30-1, 1996. Edição especial.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E. F. et al. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E.F. et al. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, p. 357-364, 2002.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. E.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 60, p. 213-223, 2001.

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

CAIRES, E. F. et al. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAMARGO, O. A.; RAIJ, B. van. Movimento de gesso em amostras de solo com diferentes propriedades eletroquímicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 275-280, 1989.

CAPURRO, E. P. G. **Sistema solo-planta de campo nativo submetido ao uso de herbicidas para semeadura direta de forrageiras de estação fria**. 1999. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

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

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; FREIRE, F. M. **Adubação fosfatada na cultura do milho sob condições irrigadas**. (Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991). Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS. v. 5, 1992. p. 36.

COELHO, A. M.; SILVA, J. R. C. Regime hídrico do solo sob condições de chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.47-53, 1983.

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

COUTINHO, E. L. M. et al. Efeito de doses de fósforo e de zinco na produção de grãos de milho e nos teores desses nutrientes no solo e na planta. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., 2000, Santa Maria. **Biodinâmica do solo**. cd rom, Santa Maria: SBCS, SBM, UFSM, 2000.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral: gipsita**. Brasília, DF, 2003. p. 80-81.

DONER, H. E.; LYNN, W. C. Carbonate, halide, sulfate and sulfide minerals. In: DIXON, I. B.; WEED, S. B. (Eds.). **Minerais in soil environments**. Madison: American Society of Agronomy, 1989, p. 279-330.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412p.

ERNANI, P. R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.241-245, 1986.

ERNANI, P. R.; BARBER, S. A. Corn growth and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 26, n. 9, p. 1309-1314, 1991.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e gesso agrícola. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 1, n. 4, p. 825-831, 2001.

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

FARINA, M. P. W. e CHANNON, P. Acid-subsoil amelioration. II Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties. **Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 175-180, 1988.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Evolução do plantio direto no Brasil**. Disponível em:

<http://www.febrapdp.org.br/arquivos/EvolucaoAreaPDBr72A06.pdf>. Acesso em: 05 fev.2007.

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

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 231 f. (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GOEDERT, W. J. **Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados não tradicionais**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1986. 21 p. (Documentos, 24).

HELYA, K. **Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos**. Piracicaba: Potafos, 2003. (Encarte técnico, 104).

HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1 ed. 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995, p. 21-36.

ITOH, S.; BARBER, S. A numerical solution of whole plant nutrient uptake for soil- root systems with root hairs. **Plant and Soil**, New York, v. 70, p. 403-413, 1983.

JORGENSEN, D. B. Gypsum and anhydrite. In.: CARR, D. D. (Ed). **Industrial minerals and rocks**, 6 ed. Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration. 1994.

KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S. Acidez do solo e nutrição mineral das plantas. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 21-40 (Boletim n. 4).

KEBEL, H. L. Construction uses: gypsum plasters and wallboards. In.: CARR, D. D. (Ed). **Industrial Minerals and Rocks**, 6 ed. Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 1994.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Crescimento radicular e aéreo do milho em vasos em função do nível de fósforo no solo e da localização do adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 403-408, 1995.

LOPES, A. S. **Acidez do solo e calagem**. 3 ed. São Paulo: Anda, 1990. 22 p. (Boletim técnico, 1).

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL. **Análise de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes**. Métodos Oficiais. Ministério da Agricultura, 1988. 104p.

LUZ, A. B.; et al., Gesso – Mineração São Jorge. In: SAMPAIO, J. A.; LUZ, A. B.; LINS, F. F. **Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil**, Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2001. p. 240-249.

MACHADO, P. L. O. de A. **Considerações gerais sobre a toxicidade do alumínio nas plantas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 22 p. (Documento, 2).

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985. 136 p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.

MANETTI, F. A. **Momento de aplicação de calcário e gesso em um latossolo vermelho distrófico, no desenvolvimento inicial do milho**. 2005. 49f. (Dissertação em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674 p.

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

MELO FILHO, J. F.; SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 291-297, 1993.

MORAES, J. F. L. et al. Efeitos de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 75-82, 1998.

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

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Redução da acidez do solo pelo uso de calcário e gesso e reposta da soja cultivada em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo; EMBRAPA, CPATSA 1994. p.178.

PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. Corretivos da acidez do solo: experiências no Paraná. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 61-76. (Boletim, 4).

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Toxicity of aluminum to coffee (*Coffea arabica* L.) in Ultisols and Oxisols amended with CaCO_3 , MgCO_3 and $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, p. 1201-1207, 1982.

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

PAVAN, M. A.; VOLKWEISS, S. J. Efeito do gesso nas relações solo-planta: princípios. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1. 1986, Brasília-DF. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, DDT, p. 107-118, 1986.

PEARSON, R. W. Soil environment and root development. In: PIERRE, W. H.; KIRKHAM, D.; SHAW, R. J. **Plant environment and efficient water use**. American Society Agronomy, p. 95-126, 1996.

PEREZ, L.; BENACHOUR, M.; SANTOS, V. A. dos. **O gesso: produção e utilização na construção civil**. Recife: Bagaço, 2001. 156 p.

QUAGGIO, J. A., DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 189-194, 1982.

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

QUAGGIO, J. A. et al. Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 375-383, 1993.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.

RAIJ, B. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p.107-114.

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

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. van et al. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 101-108, 1998.

RAMOS, L. A. et al. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.849-857, 2006.

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

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 589-597, 2000a.

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

RITCHEY, K.D. et al. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. n, p. 40-44, 1980.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E. e COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah oxisols. **Soil Science**, Piracicaba, v. 133, p. 378-382, 1982.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 97-102, 1984.

ROY, A. K.; SHARMA, A; TALUKER, G. Some aspects of aluminum toxicity in plants. **Botanical Review**, Washington, v. 54, p. 145-178, 1988.

RUIZ, H. A. et al. Efeito do conteúdo de água sobre os níveis críticos de fósforo em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, p. 43-48, 1988.

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

SÁ, J. C. M. Efeito de métodos de calagem em um Lea argiloso sob longo período em plantio direto com elevada acidez. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, edição especial, p.32-3, 1996.

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993, 94p.

SANCHEZ, P. A. **Suelos del tropico**: características e manejo. San José: IICA, 1981. 660 p.

SANTOS, J. R. **Produção de grãos, estabilidade de agregados e frações do fósforo e da matéria orgânica do solo em função do manejo e da aplicação de calcário, gesso e vinhaça**. 2000. 120 f. (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SHAINBERG, I. et al. Use of gypsum on soils a review. **Advances in Soil Science**, New York, v. 9, p. 1-111, 1989.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 191-199, 2000.

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

SOUSA, D. M. G. Resposta das culturas à adição de gesso agrícola. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. **Cd rom...** Lages: SBCS; UDESC, 2004.

SOUSA, D. M. G., RITCHEY, K. D. Correção da acidez subsuperficial: o uso de gesso no solo de cerrado. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1., Piracicaba, 1986. **Anais...** Campinas: Fundação CARGILL, 1986, p. 91-113.

SOUSA, D. M. G.; VOLKWEISS, S. J. Reações do superfosfato triplo em grânulos com solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 133-140, 1987.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1996. 20 p. (Circular técnica, 32).

SOUZA, D. M. G.; RITCHEY, K. D. Uso do gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., 1986. Brasília. **CD rom...**Brasília: EMBRAPA, DDT, 1986. p. 119-185.

SOUZA, E. C. A. et al. Resposta do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 33, p. 1031-1036, 1998.

SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: JAYA WARDANE, N. S.; STEWART, B. A. (Eds.). **Subsoil management techniques**. Athens: Lewis Publishers, 1995. p. 147-185.

SUMNER, M. E. et al. Amelioration of an acid soil through deep liming and surface application of gypsum. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 50, p. 1254-1278, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.

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

VELHO, J.; GOMES, C.; ROMARIZ, C. **Minerais industriais: geologia, propriedades, tratamentos, aplicações, especificações, produções e mercados**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 1998. 591 p.

VILELA, L.; ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética da absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 91-96, 1984.

VITTI G. C. **Acidez de solo, calagem e gessagem**: curso de atualização em fertilidade do solo. Ilha Solteira. 1987. Campinas: Fundação Cargill. p. 303-348. 1987.

WEAVER, D. M.; et al. Phosphorus leaching in sandy soils. I. Short-term effects of fertilizer applications and environmental conditions. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 26, p. 177-190, 1988a.

WEAVER, D. M.; et al. Phosphorus leaching in sandy soils. II. Laboratory studies of the long-term effects of phosphorus source. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 26, p. 191- 200, 1988b.

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

ZAFFARONI, E. et al. Efeito métodos de preparo de solo na produtividade e outras características agrônômicas de milho e feijão no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n.1, p. 99-104, 1991.

APÊNDICE

Apêndice 1. Diferença mínima significativa, DMS, e Coeficiente de variação, CV(%), dos atributos químicos do solo amostrado aos 75 dias após a aplicação do gesso. FP- Fonte de fósforo; G-Gesso.

	pH(H ₂ O)	P(melich)	SO ₄	Al	H+Al	K	Ca+Mg	SB	CTC	CTC efetiva	V	m
0-0,05 m												
DMS-FP	0,99	8,87	12,21	0,089	0,469	0,134	2,172	2,204	2,025	2,129	11,44	1,25
DMS-G	0,80	7,18	9,89	0,071	0,380	0,108	1,759	1,784	1,640	1,723	9,26	1,01
CV-FP (%)	8,21	19,55	12,33	11,43	12,23	27,54	20,46	19,76	12,88	19,38	8,74	23,20
CV-G (%)	8,45	22,80	7,24	32,15	13,16	27,15	22,62	21,83	14,82	20,53	7,92	22,35
0,05-0,10 m												
DMS-FP	0,99	7,41	13,01	0,084	0,460	0,125	1,779	1,732	2,093	1,791	6,61	1,86
DMS-G	0,80	6,00	10,53	0,068	0,372	0,101	1,440	1,402	1,695	1,450	5,35	1,50
CV-FP (%)	7,61	19,11	18,23	30,10	13,93	21,58	24,39	22,92	14,96	21,75	10,30	15,31
CV-G (%)	8,96	22,29	7,53	25,63	8,76	26,98	19,38	17,96	14,06	17,97	5,21	27,47
0,10-0,20 m												
DMS-FP	0,90	7,41	19,59	0,090	0,919	0,065	1,302	1,297	1,962	1,335	9,60	3,71
DMS-G	0,73	6,00	15,86	0,073	0,744	0,053	1,054	1,050	1,588	1,081	7,77	3,00
CV-FP (%)	3,92	18,31	10,58	31,23	6,58	22,19	22,70	21,84	10,11	21,26	12,34	26,11
CV-G (%)	8,76	21,35	10,87	17,25	12,46	21,01	24,40	22,97	15,07	21,63	11,31	21,64
0,20-0,30 m												
DMS-FP	0,74	2,23	21,71	0,219	0,834	0,061	0,619	0,648	1,137	0,540	5,72	11,09
DMS-G	0,60	1,80	17,58	0,177	0,675	0,049	0,501	0,525	0,921	0,437	4,63	8,98
CV-FP (%)	10,23	12,11	9,97	27,25	9,03	20,18	15,78	15,21	9,10	13,15	9,73	23,82
CV-G (%)	7,85	14,12	12,10	24,69	6,66	19,77	15,78	15,33	6,79	10,56	11,60	30,83
0,30-0,40 m												
DMS-FP	0,99	1,82	7,69	0,250	0,941	0,056	0,534	0,531	1,071	0,460	4,66	14,58
DMS-G	0,80	1,47	6,23	0,202	0,762	0,046	0,432	0,430	0,867	0,373	3,78	11,80
CV-FP (%)	11,21	18,19	7,60	29,50	6,58	24,68	26,09	23,19	7,78	12,54	17,54	31,70
CV-G (%)	10,91	15,51	5,22	21,75	5,17	22,46	19,43	17,72	5,06	11,10	16,95	25,10

Apêndice 2. Diferença mínima significativa, DMS, e Coeficiente de variação, CV(%), dos atributos químicos do solo amostrado aos 150 dias após a aplicação do gesso. FP- Fonte de fósforo; G-Gesso.

	pH (H ₂ O)	P(melich)	Al	H+Al	K	Ca+Mg	SB	CTC	CTC efetiva	V	m
0-0,05 m											
DMS-FP	1,09	7,41	0,081	0,410	0,080	1,006	0,998	0,896	0,965	8,32	0,88
DMS-G	0,88	6,00	0,066	0,332	0,065	0,815	0,808	0,725	0,781	6,73	0,71
CV-FP (%)	6,80	20,87	15,71	9,02	18,40	26,97	25,86	20,36	24,89	6,18	10,74
CV-G (%)	9,61	24,34	27,31	10,98	25,27	11,65	11,14	7,06	10,43	6,02	12,98
0,05-0,10 m											
DMS-FP	1,12	4,50	0,118	0,286	0,057	1,871	1,893	1,834	1,862	13,12	1,95
DMS-G	0,90	3,64	0,095	0,231	0,046	1,515	1,532	1,485	1,508	10,62	1,58
CV-FP (%)	7,16	15,60	23,27	12,27	20,41	18,84	18,42	10,38	17,17	9,65	14,54
CV-G (%)	10,35	18,27	31,38	5,49	25,29	23,02	22,66	13,53	21,33	10,95	20,92
0,10-0,20 m											
DMS-FP	0,96	4,44	0,188	0,787	0,043	0,935	0,905	1,026	0,872	11,49	7,75
DMS-G	0,78	3,59	0,152	0,637	0,035	0,757	0,733	0,830	0,706	9,30	6,28
CV-FP (%)	4,60	15,74	28,16	11,93	22,25	21,37	21,17	8,21	19,28	17,45	25,13
CV-G (%)	9,48	18,34	26,76	10,45	23,36	20,72	19,26	8,38	16,14	15,29	29,50
0,20-0,30 m											
DMS-FP	0,57	2,37	0,216	0,920	0,030	0,823	0,821	1,507	0,845	7,18	10,69
DMS-G	0,46	1,92	0,175	0,745	0,024	0,666	0,664	1,220	0,684	5,81	8,65
CV-FP (%)	7,31	14,71	23,76	7,73	26,50	16,06	15,30	6,87	14,99	13,78	13,72
CV-G (%)	5,97	17,23	19,57	7,23	20,31	25,89	24,67	9,39	19,07	17,65	21,44
0,30-0,40 m											
DMS-FP	0,74	0,89	0,342	1,264	0,040	0,655	0,659	1,405	0,699	5,77	16,81
DMS-G	0,60	0,89	0,277	1,024	0,032	0,530	0,534	1,138	0,566	4,67	13,61
CV-FP (%)	8,38	19,15	21,37	4,22	21,13	21,59	20,19	4,31	16,72	18,26	17,95
CV-G (%)	7,99	20,24	24,53	6,83	24,34	25,99	24,55	6,63	17,15	23,13	24,59

Apêndice 3. Diferença mínima significativa, DMS, e Coeficiente de variação, CV(%), dos teores de macronutrientes na folha da base da espiga do híbrido de milho BRS 3150. FP- Fonte de fósforo; G-Gesso.

	N	P	K	Ca	Mg	S
DMS-FP	1,77	0,28	3,15	0,77	0,46	0,51
DMS-G	1,44	0,23	2,55	0,63	0,37	0,42
CV-FP (%)	10,00	6,76	3,23	8,43	10,62	18,58
CV-G (%)	4,54	5,17	5,69	12,51	9,14	15,75