

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO MILHO EM FUNÇÃO DA
CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

LUCIANO FLORIANO DE CAMARGO

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO MILHO EM FUNÇÃO DA
CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

LUCIANO FLORIANO DE CAMARGO

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

633.15
C172d

Camargo, Luciano Floriano de.
Desenvolvimento vegetativo do milho em
função da calagem e adubação fosfatada /
Luciano Floriano de Camargo. – Presidente
Prudente, 2011.
31 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) –
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE:
Presidente Prudente – SP, 2011.
Bibliografia

1. Solos arenosos. 2. Saturação por bases. 3.
Fósforo remanescente. 4. Milho l. Título.

LUCIANO FLORIANO DE CAMARGO

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO MILHO EM FUNÇÃO DA
CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 05 de Julho de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Dr. Fábio Alvares de Oliveira
Embrapa/Soja
Londrina - PR

AGRADECIMENTOS

Ao professor orientador, Dr. Carlos Sergio Tiritan que esteve ao meu lado na caminhada e busca por novos saberes, me mostrando o melhor caminho a ser percorrido, sempre a procura do aprimoramento técnico e humano.

Aos professores, que me deram suporte para a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

Os amigos que estiveram comigo nesta caminhada, ao grupo Ecolab e em principal aos meus amigos Fabrício e Thiago, por não medir esforços para o termino deste trabalho.

Aos familiares que deram suporte para todas estas etapas vencidas e as que ão de vir.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Levina D. Camargo e meu pai Adão F. Camargo, que me dão apoio em tudo, não medindo esforços, me dando animo e vontade de seguir a diante mesmo que as batalhas sejam impossíveis, pois vocês estão sempre presente em todos os momentos de minha vida e realizações.

A minha esposa Danielli, pelo carinho e confiança, principalmente nos momentos de fraqueza onde pensando em desistir você foi meu alicerce.

A toda minha família que, em todos os momentos de realização desta pesquisa, esteve presente.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO MILHO EM FUNÇÃO DA CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA

O trabalho teve por objetivo determinar a melhor interação entre saturação por bases (V%) e adubação fosfatada na implantação da cultura do milho no Oeste Paulista em solos arenosos. O estudo foi conduzido em Casa-de-Vegetação, em vasos, na Faculdade de Agronomia da Universidade do Oeste Paulista, UNOESTE, durante os meses de setembro de 2009 a janeiro de 2010. O solo utilizado foi um argissolo vermelho-amarelo distrófico típico. O experimento foi realizado com a utilização de duas saturações por bases, V% 40 (solo original) e V% 70 (corrigido com a calagem), como também a adubação de cinco doses de fósforo, sendo 0, 25, 50, 75, e 100 mg dm⁻³. Foi avaliado o fósforo no solo pelo método da resina trocadora de ânions e pelo método do fósforo remanescente, como também na planta através de análise foliar. Os dados foram submetidos à análise de variância e ajustados as equações de regressão linear para o efeito de V%, das doses de fósforo e da interação entre ambos. O tratamento com calcário, na dose de 100 mg dm⁻³ de fósforo proporcionou o maior teor de fósforo solúvel no solo. Para as parcelas que foram utilizado calcário, todas as doses de fósforo encontrado foi maior que a parcela onde não recebeu calcário. Os tratamentos que apresentaram maior teor de fósforo remanescente foram com doses de 75 e 100 mg dm⁻³ de fósforo, para os tratamentos com e sem a calagem. Quanto maior a dose de fósforo, maior o teor do elemento acumulado na matéria seca. Para os solos da região, a utilização do calcário associado ao fósforo, ficou evidenciado que nas doses entre 50 e 100 mg dm⁻³ apresentam resultados satisfatórios. A calagem proporcionou aumento na produção de massa seca do milho e nos teores de fósforo solúvel no solo. As doses de fósforo elevaram os teores de fósforo solúvel e fósforo remanescente na presença e na ausência da calagem. Na ausência da calagem as doses de fósforo elevaram os teores de fósforo na planta, enquanto que os teores de cálcio na planta foram maiores com a dose de 75 mg dm⁻³ de P₂O₅ na presença e ausência da calagem.

Palavras-chave: Solos Arenosos. Saturação por Bases. Fósforo Remanescente

ABSTRACT

VEGETATIVE DEVELOPMENT CORN IN FUNCTION OF LIMING AND PHOSPHATE FERTILIZATION

The study aimed to determine the best interaction between base saturation (V%) and phosphorus in the implementation of the maize crop in the West Paulista in sandy soils. The study was carried out in a greenhouse in pots at the Faculty of Agronomy, University of Oeste Paulista, UNOESTE during the months of September 2009 to January 2010. The soil was an Ultisol typical dystrophic red-yellow. The experiment was conducted with the use of two base saturation levels, V% 40 (original soil) and 70% V (corrected with lime), as well as the fertilization of five doses of phosphorus, 0, 25, 50, 75, and 100 mg dm⁻³. We evaluated the phosphorus in the soil by the method of anion exchange resin method and the remainder of the match, but the plant through foliar analysis. Data were subjected to analysis of variance and adjusted linear regression equations for the effect of V%, the doses of phosphorus and the interaction between them. Treatment with lime at a dose of 100 mg dm⁻³ phosphate gave the highest content of soluble phosphorus in the soil. For parts which are used limestone, all doses of phosphorus was higher than the portion where it was treated with lime. Treatments that had higher phosphorus content remaining doses were 75 and 100 mg dm⁻³ from match for treatments with and without liming. The higher the dose of phosphorus, the higher the content of the element accumulated in the dry matter. For the soils of the region, the use of limestone associated with phosphorus, it was evident that at doses between 50 and 100 mg dm⁻³ show satisfactory results. Liming resulted in an increase in dry matter production of corn and phosphorus soluble in the soil. The levels of phosphorus increased the levels of soluble phosphorus and phosphorus remaining in the presence and absence of liming. In the absence of liming doses increased the phosphorus content of phosphorus in the plant, while the calcium in the plant were higher with the dose of 75 mg dm⁻³ of P₂O₅ in the presence and absence of liming.

Keywords: Sandy soils. Saturation. Remaining phosphorus

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Análise de Fósforo pelo método resina trocadora de ânions, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho	23
FIGURA 2	- Análise de Fósforo Remanescente , avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho	24
FIGURA 3	- Análise de Fósforo Foliar, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho	25
FIGURA 4	- Análise de Cálcio pelo método resina trocadora de ânions, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho	26
FIGURA 5	- Análise Foliar de Cálcio, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho	26
FIGURA 6	- Análise de Matéria Seca, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho	27
FIGURA 7	- Análise de Saturação por Bases (V%), avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho	28

SUMÁRIO

1 Introdução	10
2 Revisão de Literatura	12
3 Material e Métodos	17
4 Resultados e Discussão	20
5 Conclusão	27
Referências	28

1 INTRODUÇÃO

A correção da acidez do solo é de suma importância para o acréscimo da produção do milho, principalmente quando levado em consideração o potencial genético e tecnológico que a cultura possui. Embora existam materiais genéticos mais tolerantes às condições de acidez, a elevação do pH do solo altera a disponibilidade dos nutrientes, aumentando a absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (TISSI, 2004).

Considera-se que a fertilidade do solo seja um essencial fator responsável por baixas produtividades de milho, tanto das áreas destinadas para a produção de grãos, como de forragem. Esse fato não se deve apenas aos baixos níveis de nutrientes presentes nos solos, mas também ao uso inadequado de calagem e adubações, principalmente com nitrogênio e potássio, e também à extração nutricional do milho, principalmente quando colhido para produção de forragens (COELHO, 1995).

A calagem é considerada como uma das práticas que mais contribui para o aumento da eficiência dos adubos e conseqüentemente, da produtividade e rentabilidade agropecuária. Quando se aplica um corretivo de acidez no solo, sendo comum o uso de carbonato de cálcio ou magnésio, ocorrem reações químicas, onde o carbonato de Ca ou de Mg reage com o hidrogênio do solo, liberando água e gás carbônico, assim também o alumínio é insolubilizado na forma de hidróxido (LOPES, 1991).

Em solos com baixo pH, a utilização da calagem é de suma importância para o aumento da disponibilidade de fósforo para as plantas, tendo em vista que, a elevação do pH proporciona um aumento na densidade de cargas negativas nas superfícies dos colóides do solo, minimizando o processo de adsorção entre o fosfato e a superfície adsorvente (SILVA, 2007).

Para uma maior eficiência dos fertilizantes fosfatados e menor adsorção do mesmo, podem ser utilizadas as seguintes práticas, como calagem adequada, precipitando o alumínio e o ferro, diminuindo as reações do fósforo com esses elementos, além de reduzir a adsorção pela geração de cargas negativas, aplicações localizadas de fertilizantes fosfatados solúveis, em sulcos ou em faixas, evitando o contato íntimo das partículas de solo com os fertilizantes e facilitando o

processo de difusão até as raízes, como também o uso dos fertilizantes contendo silicatos que compete com fosfato pelos sítios de adsorção.

Quanto aos ânions, em especial, o fosfato, sua disponibilidade depende das formas em que ocorre no solo. A determinação do fósforo remanescente (quantidade do P-adicionado que fica na solução de equilíbrio após definido tempo de contato com o solo) presta-se muito bem para estimar o nível crítico do fósforo disponível e sua declividade, como função do fósforo adicionado ao solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do milho (*Zea mays L.*) ocupou uma área de 13.182,3 milhões de hectares na safra 2009/10, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, sendo responsável por uma produção de 50.488,3 milhões de toneladas de grãos, sendo 32.347,3 milhões na safra (Safrinha) e 18.141 milhões na segunda safra (Safrinha), apresentando um rendimento médio de 3.906 kg ha⁻¹. Para a safra 2010/11, a estimativa de produção da primeira safra é de 31,35 milhões de toneladas de grãos. O estado de São Paulo apresentou uma área de aproximadamente 667 mil hectares, já na Região do Oeste Paulista as áreas cultivadas com milho se encontram aproximadamente com 22 mil hectares (CATI, 2008/2009).

Mesmo que se considere o rendimento dos estados da região Centro-Sul, que foi em média de 3,6 ton ha⁻¹, esse rendimento é muito inferior ao que poderia ser obtido, levando-se em consideração o potencial produtivo da cultura, que pode chegar a mais de 12 ton ha⁻¹ em áreas de alta produtividade (EMBRAPA, 2006).

Para o desenvolvimento inicial das plantas, o fósforo é um elemento fundamental no metabolismo, estando interligado na transferência da energia celular, como também na respiração e fotossíntese das plantas. É também componente estrutural de ácidos nucleicos de genes dos cromossomos, enzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios (GRANT, 2001).

Segundo Grant et al. (2001), a deficiência de fósforo no início do crescimento das plantas de milho, podem acarretar danos irreversíveis ao seu desenvolvimento, ainda que haja posteriormente um suprimento adequado de fósforo, a planta já apresentará diminuição na produção.

O fósforo é um nutriente elementar para o desenvolvimento das plantas, atuando na transferência de energia celular, na respiração e na fotossíntese. Ele se comporta como componente estrutural de ácidos nucleicos de genes e cromossomos, como também de coenzimas, fosfoproteínas, fosfolipídeos, entre outros. A concentração de fósforo na solução do solo geralmente é baixa, tendo em vista a rápida adsorção na superfície dos colóides do solo ou precipitados

como fosfatos de cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe) e alumínio (Al) (GRANT et al., 2001)

O fósforo é um dos nutrientes que mais limita a produção agrícola em solos tropicais, e os solos brasileiros são muito carentes deste nutriente, isto levando em consideração o material de origem destes solos como também a interação do fósforo com os mesmos. Neste contexto, estimasse que cerca de 0,1% deste fósforo esteja na solução do solo e prontamente disponível para as plantas (CORRÊA et al., 2004).

O melhoramento genético tem gerado grandes benefícios na produção de alimentos. Na cultura do milho, este melhoramento foi de grande expressão, se considerado o avanço produtivo no decorrer dos anos.

Coelho e França (1995), ao avaliarem a exportação de nutrientes pelos grãos na colheita, verificaram que o fósforo é quase todo translocado para as sementes (80 a 90%), seguindo do nitrogênio (75%), enxofre (60%), magnésio (50%), potássio (20 a 30%) e o cálcio (10 a 15%).

Em condições naturais, os solos arenosos apresentam baixos teores de fósforo e devem ser elevados através da adubação (PRADO, 1995). O Latossolo, que podem ser classificado de acordo com sua cor, textura, entre outros aspectos, apresenta um bom potencial agrícola, sendo encontrado por todo território nacional, principalmente na região Centro-Oeste. São solos profundos, antigos, com baixa disposição à erosão e geralmente utilizados para a produção de grãos, como a soja e o milho. Essa utilização agrícola é praticada em geral de forma intensiva, com aplicação maciça de calcário e fertilizantes químicos, bem como mecanização (IBGE 2003).

A maior concentração do fósforo se apresenta na forma inorgânica (NOVAIS; SMYTH, 1999), entretanto, o fósforo orgânico apresenta uma porção significativa do fósforo total, variando entre 15 a 80 % de acordo com os vários tipos de solos (STEVENSON, 1994).

Outro aspecto relevante para se obtenha uma produção satisfatória, é a correção do pH no solo e a neutralização dos elementos tóxicos para as plantas, como por exemplo o alumínio. O excesso de acidez no solo dificulta a formação e penetração das raízes, principalmente em camadas mais profundas (20 a 40 cm) onde se concentram hidrogênio e alumínio em altas quantidades e cálcio, magnésio

e potássio em quantidades menores. Estes fatores determinaram uma baixa produção de raízes e um alto estresse nutricional (ANDREOTTI, 2000).

Segundo Silva et al. (2007), a utilização da calagem é um meio para elevar a disponibilidade de fósforo para as plantas, isto devido ao aumento na densidade de cargas negativas nos colóides do solo, reduzindo assim o poder de adsorção de fosfato na superfície adsorvente. Ernani et al. (2000), concluíram que houve um acréscimo na produção de milho quando utilizado a mesma dose de fósforo, mas com a correção da acidez. Tal aumento pode ser explicado devido à redução nos teores solúveis de ferro (Fe) e alumínio (Al).

Guilherme et al., (1989) observaram que em relação ao fósforo, os teores encontrados em diferentes solos tiveram grandes variações. Solos com teores elevados de saturação por base (V%) e matéria orgânica, apresentaram teores de fósforos resina superiores aos solos com menores teores de matéria orgânica e saturação.

Já Tissi et al., (2004), em estudos com um Latossolo Vermelho distrófico textura muito argilosa, manejado há seis anos em semeadura direta, no Estado do Paraná, concluiu que elevando a saturação por bases para 70 %, ha aumento na disponibilidade e na absorção do fósforo pelas plantas, maiores que os encontrados em saturações menores para a cultura do milho. Estas diferenças podem ser explicadas na literatura levando em consideração o poder de fixação e adsorção do fósforo nos solos.

Segundo Valladares (2003), solos com maiores teores de argila apresentam uma maior capacidade de adsorção do fósforo, variando ainda entre teores de colóides amorfos e de matéria orgânica. A adsorção do fósforo tem íntima ligação com os óxidos, hidróxidos e oxidroxidos de ferro e alumínio presentes no solo (LOPES; COX, 1979). Além da goethita, há também reações de adsorção proporcionadas pela presença dos minerais de argila de grupo OH, como a caulinita, responsável pelo processo de adsorção do fósforo (MCBRIDE, 1994). A fixação do fósforo pode ocorrer em solos com pH básicos, onde o fósforo pode ligar-se ao cálcio, formando compostos de baixa solubilidade, (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Para Souza et al. (2007), a adoção do Sistema Plantio Direto auxilia o aumento de microorganismos e matéria orgânica no solo, elevação do pH, além de reduzir ou minimizar o processo de adsorção do fósforo nos solos tropicais, isto

devido aos grupos fenólicos e carboxílicos, que formam uma espécie de bloqueio das cargas positivas dos óxidos de ferro e alumínio (HUE, 1991).

A calagem propicia o aumento da concentração de cargas OH^- na solução do solo, desta maneira aumentando as ligações iônicas reagem com o ferro e alumínio, formando cargas negativas nos colóides de argila e matéria orgânica, promovendo a repulsão entre o fósforo e os materiais adsorventes (MCBRIDE, 1994).

Segundo Andreotti et al. (2000), a concentração de fósforo nas folhas são afetadas pelas interações entre solos e saturação por bases, onde solos de texturas mais arenosas com a mesma saturação por bases, apresentam maiores concentrações de fósforo lábil que solos de textura mais argilosa. Concluindo que solos com teores de argilas diferentes, mas saturação por bases de 70%, os níveis de fósforo lábil nos solos de textura mais arenosas eram superiores aos encontrados em solos de texturas mais argilosas. Quando trabalha-se com solos de mesma textura, com saturação por base de 70%, os resultados apresentaram, por sua vez, maiores níveis de fósforo nas folhas de milho comparado a solos com saturação de 40%.

A quantidade de fósforo presente na solução do solo pode ser determinada através da análise de fósforo remanescente, podendo ser obtido a concentração do fósforo na solução, como também tem sido utilizado para definir as concentrações de P nas soluções a serem colocadas em equilíbrio para determinar a capacidade máxima de adsorção de fosfatos, isto devido uma estreita relação do fósforo remanescente e a capacidade tampão dos fosfatos nos solos (DONAGEMMA et al., 2008).

Sendo assim, há uma grande necessidade de buscar novas técnicas que visem melhor aproveitamento, tanto de insumos agrícolas quanto de áreas com alto índice de produção, e assim minimizar os danos ao ambiente e aumentar a viabilidade econômica da cultura.

A hipótese do trabalho é que em solos arenosos a fixação do fósforo seja menor, havendo uma maior disponibilidade deste para as plantas. Neste contexto não seria necessário a elevação da saturação de bases da cultura do milho para 70%, e sim a busca de um melhor aproveitamento do adubo pelas plantas, conseqüentemente tendo maior produtividade e melhores aspectos agrônômicos.

Teve-se por objetivo determinar a interação entre a relação de saturação por base (V%) e adubação fosfatada na implantação da cultura do milho na região do Oeste Paulista em solos arenosos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos no interior de casa-de-vegetação, na área experimental da Faculdade de Agronomia da Universidade do Oeste Paulista, UNOESTE, no município de Presidente Prudente, oeste do Estado de São Paulo, durante os meses de setembro de 2009 a janeiro de 2010. O solo foi caracterizado, segundo Embrapa (2006), como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico. Foram coletadas amostras para caracterização dos atributos químicos (RAIJ et al., 2001) e para granulometria (EMBRAPA, 1997), sendo obtidos os seguintes resultados: pH (CaCl_2 1 mol L⁻¹) 4,7; 4 g dm⁻³ de M.O.; 8,3 mg dm⁻³ de P_{resina}; 15 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 1,5 mmol_c dm⁻³ de K; 6,7 mmol_c dm⁻³ de Ca; 1,8 mmol_c dm⁻³ de Mg; 10 mmol_c dm⁻³ de SB; 25 mmol_c dm⁻³ de CTC; 40% de saturação por bases (V%); 710 g kg⁻¹ de areia; 80 g kg⁻¹ de silte; 210 g kg⁻¹ de argila. Através da análise de solo foi possível determinar a quantidade de calcário necessária para elevar a saturação por bases (V%) de 40 para 70 (RAIJ et al., 1997).

A parcela de solo que recebeu calcário ficou incubado por 90 dias para reação do calcário, este solo foi mantido úmido para a máxima reação do mesmo. A partir deste período todo o solo foi peneirado e adubado com nitrogênio, seguindo recomendação de (RAIJ et al. 1997), sendo utilizado na base de plantio, 30 kg ha⁻¹ de N (66,7 kg ha⁻¹ de uréia), 100 kg ha⁻¹ de K₂O (166 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio), variando apenas as doses de P₂O₅, segundo o delineamento experimental. A fonte de P₂O₅ utilizada foi o Superfosfato Triplo, fonte solúvel em água.

A partir da análise de solo determinou-se o V% para cada parcela, onde foram admitidos dois valores: V% = 40 (original) e V% = 70.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições e cinco doses de fósforo (P); 0,00 mg dm⁻³ de P; 25 mg dm⁻³ de P; 50 mg dm⁻³ de P; 75 mg dm⁻³ de P e 100 mg dm⁻³ de P. E duas saturações por bases (40 e 70%) constituindo um total de 40 vasos de 15 dm³ no experimento.

Utilizou-se no plantio do milho a cultivar Robusta, com duas sementes por vaso. Após a emergência foi realizado o desbaste mantendo apenas uma planta por vaso. A irrigação foi realizada diariamente até que o solo atingisse a capacidade de campo, sendo utilizados 100 ml de água por dm³ de solo. Também foi realizada

semanalmente adubação nitrogenada em cobertura, sendo aplicado 0,5 g de N por vaso, na forma de uréia na qual possuía teor de 45 % de nitrogênio.

O cultivo do milho em vasos foi mantido por 90 dias, avaliando-se somente a fase vegetativa da cultura. Foram coletadas todas as plantas, parte aérea, onde foram pesadas para determinar a matéria verde. Posteriormente as plantas foram acondicionadas em estufa a 60°C durante 48 horas para secagem e pesadas novamente para determinação da matéria seca. As plantas foram enviadas ao Laboratório de Tecido Vegetal da Universidade do Oeste Paulista para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes absorvidos pelas plantas através de análise química de tecido vegetal, segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Após a coleta das plantas, realizou-se nova análise química de solo para determinar a quantidade de nutrientes, assim como do teor de fósforo adsorvido no solo, através da análise de fósforo remanescente por meio do método de referência. Os teores de fósforo foram avaliados através de duas formas, uma utilizando a resina trocadora de ânions, para determinação dos nutrientes disponíveis no solo, outra para determinar o fósforo remanescente, que auxiliou tanto na interpretação da disponibilidade de fósforo lábil para as plantas como na taxa de adsorção no solo, pois o fósforo remanescente apresenta uma estreita relação com a capacidade tampão do fósforo no solo.

A determinação do fósforo remanescente foi realizado a partir da obtenção da solução de equilíbrio, sendo para esta utilizado um Erlenmeyer de 125 ml, então medido 5 cm³ do solo em análise já moído e peneirado, em seguida foi adicionado 50 ml da solução de CaCl₂ a 0,01 mol/L contendo 60 mg/L de fósforo. Foi agitado em agitador horizontal por uma hora e transferido o sobrenadante para um tubo de centrifugação, e centrifugado a 3.000 rpm por 5 minutos. Em seguida filtrou-se a solução com papel de filtração lenta do tipo Whatmam 42.

Para o preparo da solução de leitura, foi utilizado um tubo de ensaio de 50 ml, uma pipeta com 1,0 ml da solução de equilíbrio e adicionado 9,0 ml do reagente do trabalho (RT), tendo o RT como uma solução com 0,4 g de vitamina C (ácido L (+) ascórbico) em 200 ml de água destilada e adicionando 50 ml da solução de 1,0 g de subcarbonato de bismuto em 500 ml de água. Foi agitado em agitador de tubos de ensaio e aguardado 30 minutos para a completa formação da cor, e lido

em espectrofotômetro no comprimento de onda de 725 nm. O fósforo remanescente foi determinado por meio do método de referência.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ajustados as equações de regressão linear para o efeito de V%, das doses de fósforo e da interação entre ambos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, os tratamentos com calcário que receberam as maiores doses de fósforo foram superiores aos tratamentos sem a mesma correção. Evidenciado também por Souza et al. (2007), o fator calagem elevou todas as formas de fósforo encontrada no solo, levando em consideração o poder que o calcário tem em aumentar os teores de Ca e Mg, e diminuir o Al trocável. Estas alterações químicas podem influenciar alguns atributos físicos e principalmente químicos do solo, além de aumentar a disponibilidade do fósforo (FIGURA 1).

O tratamento com calcário na dose de 100 mg dm^{-3} de fósforo, proporcionou o maior teor de fósforo trocável (disponível) no solo (FIGURA 1). Entretanto, quanto maior a dose de fósforo, maior o teor do nutriente encontrado. Para tratamento que foi utilizado calcário, todas as doses de fósforo obtidas foram maiores que a parcela que não recebeu calcário. Não houve diferença significativa para os tratamentos com e sem calcário nas doses de fósforo de 25 mg dm^{-3} e testemunha, contudo, para os tratamentos com calcário nas doses de 50, 75 e 100 mg dm^{-3} de fósforo, houve diferença significativa em relação aos demais tratamentos. Os valores variaram entre 9,25 a 72 mg dm^{-3} , semelhantes aos encontrados por Eberhardt et al. (2008). Isto pode ser observado devido as doses de fósforo aplicado como pelo poder de fixação do fósforo no solo, tanto pelas características granulométricas como estrutural do solo, ou ainda pela matéria orgânica, deixando o fósforo não lábil para as plantas, ou seja, tornando-o indisponível para a absorção radicular das plantas.

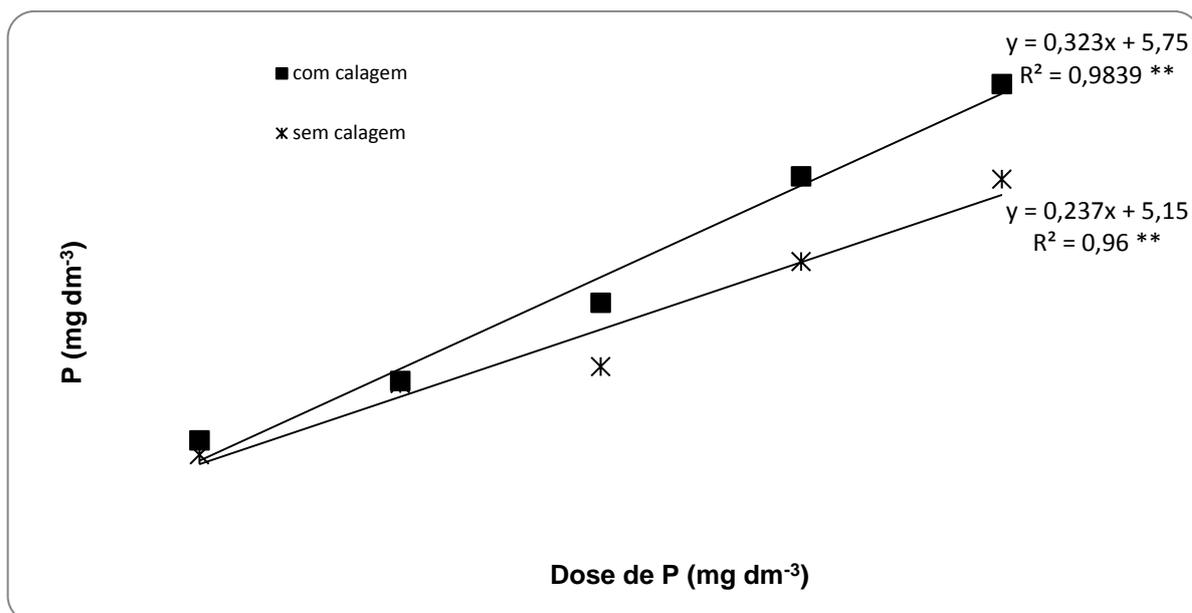


FIGURA 1 - Análise de fósforo pelo método resina trocadora de ânions, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho, em função da calagem, e adubação fosfatada, onde ns: não significativo. ** significativo a 1%, respectivamente

Os tratamentos que apresentaram maior teor de fósforo remanescente foram com doses de 75 e 100 mg dm⁻³ de fósforo (FIGURA 2). Os valores encontrados nos tratamentos sem a correção com calcário variam de 112 a 126 mg dm⁻³, e para os tratamentos com o calcário variaram entre 120,25 e 140,5 mg dm⁻³, valores muito semelhantes aos encontrado por Bedin et al. (2003).

Os teores de fósforo encontrados na matéria seca mostraram que para as testemunhas, com ou sem calcário, os valores foram praticamente os mesmos, não apresentando significância entre ambos, com valores entre 0,2 e 0,3 g kg⁻¹. Em contrapartida, para os tratamentos com e sem a calagem, o aumento nas doses de fósforo proporcionou uma maior concentração na matéria seca, variando de 0,40 a 0,45 g kg⁻¹, (FIGURA 3). Contudo, para o tratamento sem calcário, a dose que proporcionou Máximo teor de P foi de 50 e 75 mg dm⁻³ de fósforo, e para os tratamentos com calcário, os resultados se mantiveram praticamente constantes. Valores semelhantes também foram obtidos por Caires et al. (2000), que observaram a absorção de luxo do fósforo e do magnésio para os tratamentos com a calagem, e de zinco e manganês para os tratamentos sem calagem.

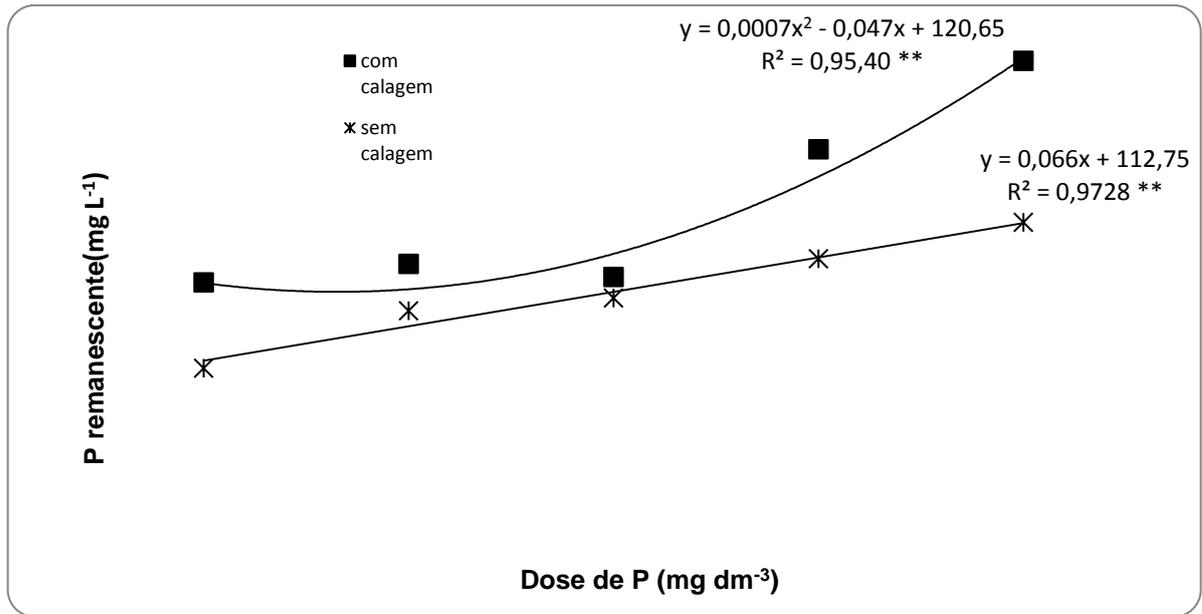


FIGURA 02 - Análise de fósforo remanescente , avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho, em função da calagem e adubação fosfatada, onde ns: não significativo. ** significativo a 1%, respectivamente

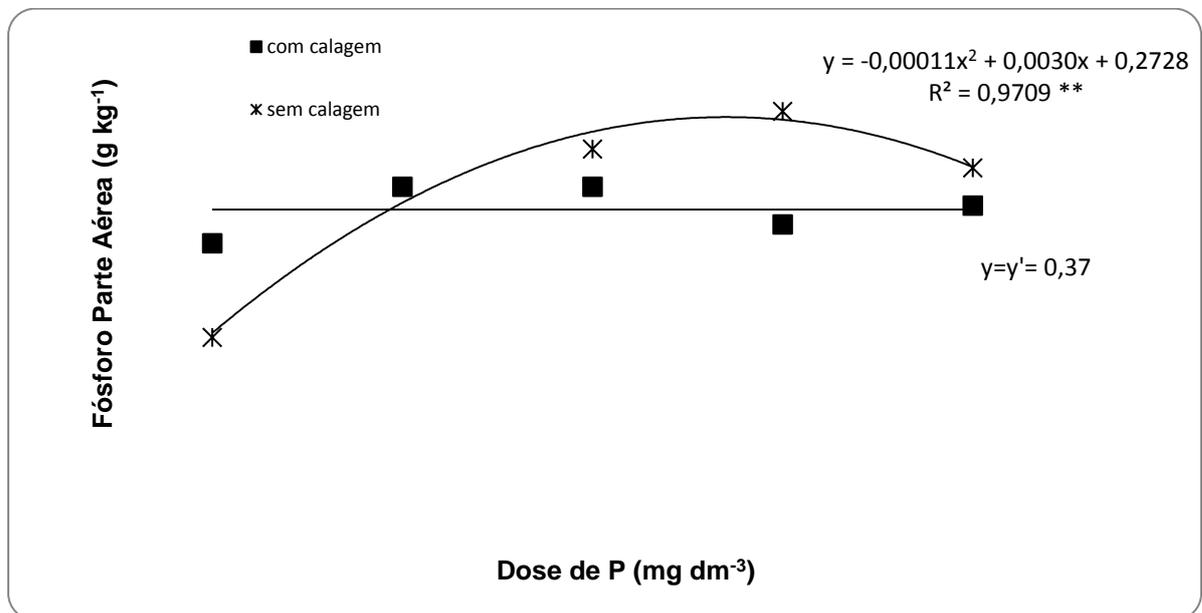


FIGURA 03 - Análise química de fósforo da parte aérea da planta, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho, em função da calagem, e adubação fosfatada, onde ns: não significativo. ** significativo a 1%, respectivamente

Com relação aos teores de cálcio, a maior concentração encontrada foi com o tratamento de 100 mg dm^{-3} de fósforo corrigido com calcário. Todavia, para os demais tratamentos com calcário, estes teores foram aumentando proporcionalmente à elevação das doses de fósforo, pois o aumento no teor de P_2O_5 proporcionou uma maior liberação de OH^- . Sem calcário não houve diferença estatística para os tratamentos (FIGURA 4).

Já o cálcio analisado na matéria seca, as doses de fósforo entre 50 e 75 mg dm^{-3} apresentou o maior valor significativo para ambos os tratamentos com e sem calcário, contudo, os valores de cálcio na folha para os tratamentos com o calcário, foram superiores aos encontrados em relação aos tratamentos sem calcário (FIGURA 5).

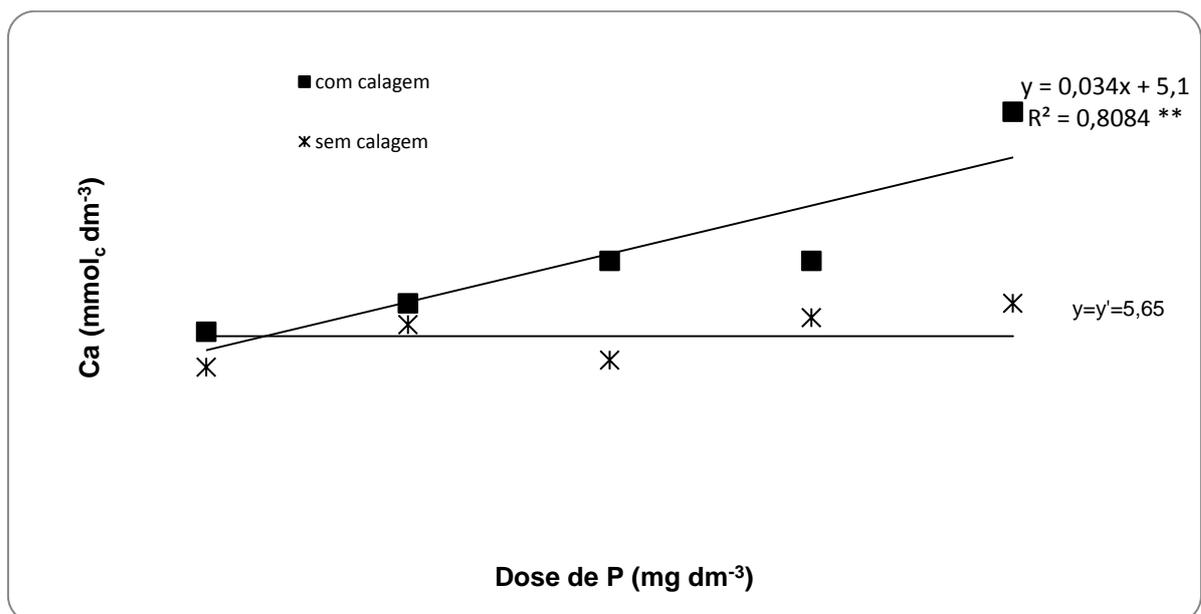


FIGURA 04 - Análise de cálcio pelo método resina trocadora de ânions, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho, em função da calagem e adubação fosfatada, onde ns: não significativo. ** significativo a 1%, respectivamente

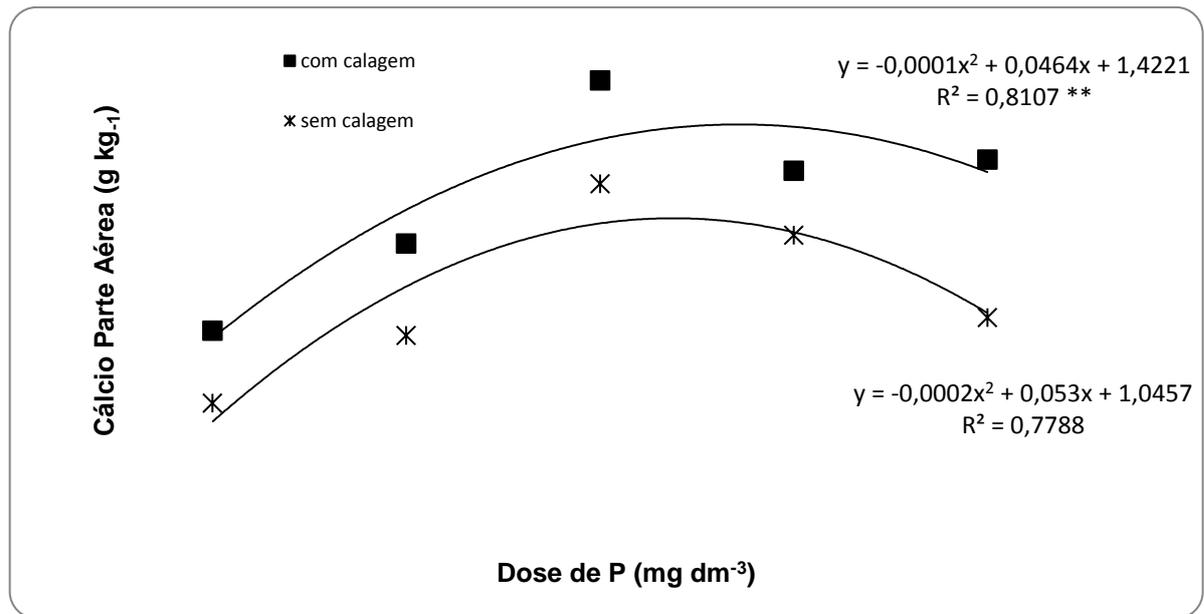


FIGURA 05 - Análise química de cálcio da parte aérea da planta, avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho, em função da calagem e adubação fosfatada, onde ns: não significativo. ** significativo a 1%, respectivamente

Para os valores encontrados na matéria seca, o resultado de maior expressão foi obtido no tratamento de 75 mg dm⁻³ de fósforo, este em ambas as parcelas, tanto para a correção com calcário como para a parcela sem a utilização do calcário. O menor valor apresentado foi o da testemunha sem e com calcário.

Estes valores tiveram grande relação com os tratamentos, sendo determinados pelas dosagens de fósforo, uma vez que estavam diretamente relacionados na fixação do fósforo, aumentando assim a concentração do cálcio (FIGURA 6).

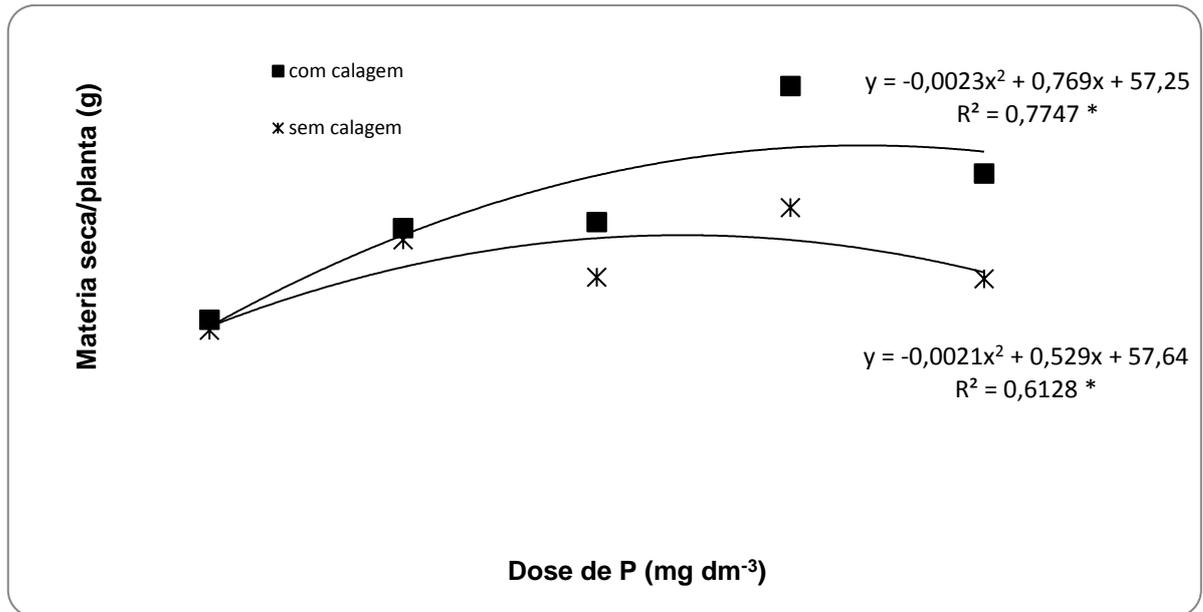


FIGURA 06 - Análise de matéria seca da planta de milho, avaliada aos 90 dias após o cultivo do milho, em função da calagem e adubação fosfatada, onde ns: não significativo. ** significativo a 1%, respectivamente

Na saturação por bases, os tratamentos que receberam correção de calcário apresentaram resultados significativos para os tratamentos com fósforo, já para o tratamento sem a correção, os valores se mantiveram praticamente constantes, mostrando que a calagem eleva o V%, visto que é uma fonte de cálcio e magnésio (FIGURA 7).

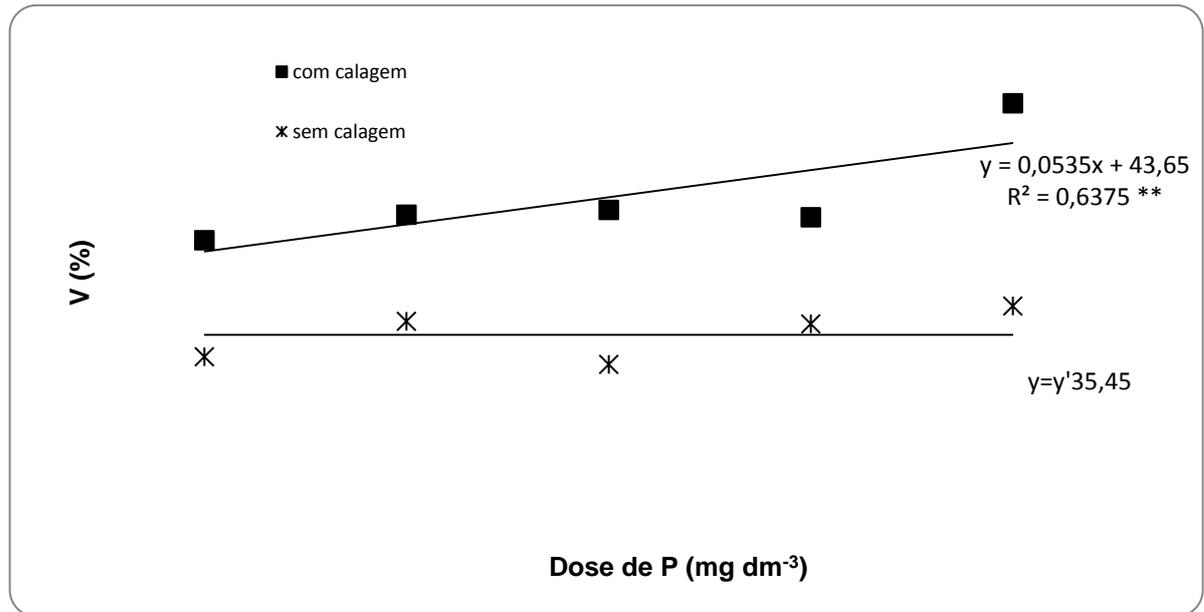


FIGURA 7 - Análise de saturação por bases (V%), avaliado aos 90 dias após o cultivo do milho, em função da calagem e adubação fosfatada, onde ns: não significativo. ** significativo a 1%, respectivamente

A dose de 100 mg dm⁻³ de fósforo no tratamento com calcário apresentou melhor resultado, no entanto, quando comparado com os tratamentos com e sem calcário, todas as doses de fósforo que utilizaram calcário se mostraram superiores às sem calcário. Isto demonstra que a melhor relação de Ca, Mg e K na CTC encontra-se na saturação por bases de 70 %. Pode haver ainda relação entre as ligações do fósforo com o alumínio, o ferro, entre outros, e assim aumentar a disponibilidade do cálcio, magnésio e potássio disponíveis para as plantas. Andreotti et al. (2001) encontraram resultados similares quando trabalharam duas saturações por base e adubação potássica.

5 CONCLUSÃO

A calagem proporcionou aumento na produção de massa seca do milho e nos teores de fósforo solúvel no solo;

As doses de fósforo elevaram os teores de fósforo solúvel e fósforo remanescente na presença e na ausência da calagem;

A produção de matéria seca do milho foi aumentada pela adubação fosfatada e aplicação de calcário.

REFERÊNCIAS

ANDREOTTI, M. et al. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2437-2446, 2000.

ANDREOTTI, M. et al. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 145-150, 2001.

BEDIN, I. et al. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 640-646, ju./ago. 2003.

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

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja doutor do seu milho**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. (Arquivo do Agrônomo nº2).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2010. Brasília, Publicação mensal, p. 39, 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos_09.12.pdf>. Acesso em: 28 julho 2010.

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

DONAGEMMA G. K. et al. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, jul./ ago. 2008.

EBERHARDT, D. N. et al. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 1009-1016, 2008.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Serviço de Produção de Informações. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa-SPI. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

ERNANI, P. R. et al. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 537-544, 2000.

GRANT, C. A. et al. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Potafos, 2001. (Informações Agronômica nº 95).

GUILHERME, L. R. G.; CURI N.; GUEDES G. A. A. Calagem e disponibilidade de fósforo para o arroz irrigado cultivado em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 341-347, 1998.

HUE, N. V. Effects of organic acids/anions on phosphorus sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. **Soil Sci.**, v. 152, p. 463-471, 1991.

IBGE e Embrapa lançam Mapa de Solos do Brasil. 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/31072003mapasoloshtml.shtm>>. Acesso em: 28 julho 2010.

LOPES, A. S.; SILVA M. C.; GUILHERME L. R. G. Acidez do solo e calagem. São Paulo: **ANDA, ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS**, 1991. (Boletim Técnico nº 1).

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas. **ANDA, ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS**, Boletim Técnico Nº 4, 2000.

LOPES, A. S.; COX, F. R. Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, p. 82-88, 1979.

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

McBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: University Press, 1994. 406 p.

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

PRADO, H. **Solos tropicais** – potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso. Piracicaba: Potafos, 1995.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC. 1997. p.45-47. (Boletim Técnico 100).

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

SEAB. Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo. **Coordenadoria de Assistência Técnica Integral**, Instituto de Economia Agrícola, LUPA 2007/2008; São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 05/05/2009.

SILVA C. A.; RANGEL O. J. P.; BELIZÁRIO M. H. Interação calagem-adubação fosfatada e sua influência nos níveis críticos de P e crescimento do eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 73, p. 63-72, 2007

SOUZA, R. F. et al. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1535-1544, 2007.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 496 p.

TISSI, J. A.; CAIRES E. F.; PAULETTI V. Efeitos da calagem em semeadura direta de milho. **BRAGANTIA**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 405-413, 2004.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA M. G.; ANJOS L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **BRAGANTIA**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 111-118, 2003.