

COMPOSIÇÃO MINERAL DA SOJA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO AMARELO COM PASTAGENS DEGRADADAS DE PARAGOMINAS EM FUNÇÃO DA CALAGEM E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA¹

Francisco Ilton de Oliveira MORAIS²

Rosalha de Nazaré Oliveira ALBUQUERQUE³

RESUMO: A região de Paragominas é uma das áreas mais antigas e importantes de utilização de pastagens da Amazônia. O ciclo das pastagens na Amazônia, entretanto, tem sido de no máximo dez anos, sendo a degradação dessas pastagens o resultado do uso de gramíneas não adaptadas aos solos ácidos predominantes na região e o manejo inadequado da pastagem. O objetivo do presente trabalho é determinar o efeito da calagem e da adição de fósforo na composição mineral e nos atributos químicos de um Latossolo Amarelo muito argiloso sob vegetação de pastagem degradada. Os dados para as análises do tecido da soja e dos atributos do solo foram obtidos de um experimento fatorial 4 x 5, realizado em casa de vegetação, sendo os tratamentos equivalentes a quatro doses de calcário dolomítico: 0; 1,5; 3 e 6 vezes o teor de Al trocável do solo e cinco doses de fósforo: 0; 250; 500; 750 e 1000 mg.kg⁻¹ de solo. Os resultados obtidos demonstraram que a calagem aumentou significativamente ($P < 0,01$) o pH, as concentrações de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e reduziu o alumínio trocável do solo. A aplicação de fósforo e a interação calagem x fósforo provocaram aumentos significativos ($P < 0,01$) na concentração de fósforo do solo e no conteúdo de N e P ($P < 0,01$) no tecido da soja. A calagem modificou ainda os teores de potássio, ferro e manganês ($P < 0,01$) na parte aérea da planta. Os teores de cálcio, magnésio, enxofre e zinco na soja não foram modificados pelos tratamentos.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Macronutrientes, Micronutrientes, Solo Tropical, Textura Muito Argilosa, Amazônia.

MINERAL COMPOSITION OF SOYBEAN AND THE CHEMICAL PROPERTIES OF A CLAY YELLOW LATOSSOL UNDER DEGRADED PASTURES OF PARAGOMINAS, PA, BRAZIL AS A FUNCTION OF LIMING AND PHOSPHATE FERTILIZERS

ABSTRACT: Paragominas is one of the most important areas of cattle raising in the Amazon Basin of Brazil. The cycle of pastures in this region has been of at most ten years as a result of pasture degradation due to the use of grasses not well adapted to soil acidity and the misuse of the soil. This experiment was

¹ Aprovado para publicação em 25.08.06

Trabalho extraído da Dissertação de Mestrado do segundo autor, financiada pelo Convênio FCAP/BASA-FINAM/FUNPEA

² Engenheiro Agrônomo, PhD, Professor Visitante da UFRA

³ Engenheira Agrônoma, M.Sc, Professora do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM

made with the objectives of evaluating the effects of liming and phosphate fertilizers in the mineral composition of soybean and in the chemical properties of a clay yellow latosol under degraded pastures. Data for soil and plant analysis were collected from a 4 x 5 factorial experiment in greenhouse with treatments of phosphate fertilizer at the doses of 0, 250, 500, 750 and 1000 mg P.kg⁻¹ of soil and liming rates based on a factor of zero, 1.5; 3 and 6 times the exchangeable aluminum of the soil, with 4 replicates. Results showed that liming increased pH, the levels of phosphorus, calcium, magnesium and potassium and reduced the exchangeable aluminum of the soil. Doses of phosphate and the interaction P x lime increased ($P < 0,01$) the availability of phosphorus in the soil and the levels of N and P in soybean tissue for all liming rates. Liming also increased the concentration of potassium and reduced the levels of iron and manganese in the tops of soybean. The concentrations of calcium, magnesium sulfur and zinc in the aerial part of the plant were not changed by the treatments.

INDEX TERMS: Phosphate Fertilizers, Macronutrients, Micronutrients, Tropical Soil, Amazon Basin

1 INTRODUÇÃO

A região de Paragominas é uma das áreas mais antigas e importantes de utilização de pastagens da Amazônia (FALESI, 1976). As pastagens, de maneira geral, são consideradas como ecossistemas perenes, pois são capazes de apresentar produtividades primárias elevadas e por longo tempo. Entretanto, segundo Serrão (1988), o ciclo das pastagens na Amazônia é de no máximo dez anos, sendo a degradação dessas pastagens o resultado do uso de gramíneas não adaptadas aos solos de baixa fertilidade predominantes na região e o manejo inadequado da pastagem.

Os solos com pastagens degradadas de Paragominas classificam-se como Latossolos Amarelos (Oxisolos), sendo argilosos, ácidos, profundos, friáveis, de boa drenagem, com coloração bruno acinzentado muito escuro (VIEIRA; SANTOS, 1987). Pesquisas realizadas no estado do Amazonas com o objetivo de recuperar pastagens degradadas

em Latossolo Amarelo, muito argiloso, mostraram ser o fósforo o nutriente mais limitante da produtividade (EMBRAPA, 1981). De acordo com Borkert et al (1994), o limitado fornecimento de fósforo no solo reduz o número e a eficiência dos nódulos da soja e, em consequência, a fixação simbiótica do nitrogênio.

Para o sucesso do cultivo da soja em solos ácidos, a prática da calagem é fundamental pelo efeito na neutralização de elementos tóxicos, na disponibilidade de nutrientes e melhoria da microbiota (KURIHARA, 1996). Considerável aumento de produção de soja tem sido obtido com o uso da calagem, sendo que a maior produtividade é obtida com o pH em torno de 6 (GUAZELLI et al., 1973; RAIJ et al., 1977). Para Gallo et al. (1986) e Silva, Vale e Guilherme. (1994), a diminuição da acidez do solo pela aplicação da calagem criou melhor condição para a formação de nódulos em soja e, conseqüentemente, para

a fixação do nitrogênio, que se refletiu em acréscimo no teor de proteína dos grãos.

Entretanto, os conhecimentos disponíveis sobre o efeito da calagem e da aplicação de fósforo sobre a composição da soja e modificações nas propriedades de solos de pastagens degradadas em Paragominas são ainda escassos ou inexistentes devido ao estágio inicial de plantio da soja no estado do Pará.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da calagem e da aplicação de fósforo sobre a composição mineral da soja e modificações nos atributos do Latossolo muito argiloso de Paragominas, no Sudeste paraense.

2 MATERIALE MÉTODOS

Os dados de análise química do solo e de plantas foram obtidos de um experimento fatorial 4x5, onde os tratamentos eram quatro doses de calagem (0; 1,5; 3 e 6 vezes o alumínio trocável do solo) e cinco doses de KH₂P0₄ (0; 250; 500; 750 e 1000 mg P.kg⁻¹ de solo), com quatro repetições, conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia, utilizando-se sementes de soja da cultivar Sambaiba, cultivada em vasos com capacidade para 3 L. O solo usado foi coletado na camada arável de 0 a 20cm de um Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, do município de Paragominas no Sudeste do Pará e continha 65,6 dag.kg⁻¹ de argila e 1,7 mg P.kg⁻¹ de solo. As diferentes doses de calcário foram aplicadas usando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação 3:1, antes do plantio da soja e incubando-se o

solo por 30 dias. Dados analíticos iniciais do solo e detalhes do método experimental foram descritos por Albuquerque e Moraes (2006).

No solo, o pH foi determinado em água, utilizando-se a relação solo:solução 1:2,5; o fósforo disponível foi extraído com solução de Mehlich 1 (H₂SO₄ 0,05N + HCL 0,0125N); a acidez potencial com solução de acetato de cálcio 1N, pH 7 ; as bases trocáveis foram extraídas com solução de acetato de amônio 1N, pH 7 ; o carbono orgânico através de oxidação com K₂Cr₂O₇, na presença de H₂SO₄ (SILVA, 1991). As análises químicas da planta foram feitas determinando-se o nitrogênio, após digestão sulfúrica, pelo método Kjeldahl. Os demais elementos, através de digestão nitroperclórica, sendo o fósforo determinado por colorimetria, utilizando-se o molibdato de amônio; o potássio, por fotometria de chama; o cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Na planta, as variáveis foram os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn) da parte aérea e, no solo, o valor do pH, as concentrações de cátions trocáveis (Ca, Mg, K) e o fósforo disponível.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão entre as variáveis dependentes (macro e nutrientes no tecido da soja e pH, bases trocáveis e P disponível no solo) e independentes (calagem e adubação fosfatada) e de

correlação entre os resultados analíticos do solo e da planta utilizando-se o programa estatístico SAEG 8.0 desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

A análise de variância dos dados químicos do solo demonstrou que a calagem modificou significativamente ($P < 0,01$) o pH, as concentrações de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocável do solo. A aplicação de fósforo e a interação calagem x fósforo provocaram alterações significativas ($P < 0,01$) na concentração de fósforo do solo.

A Figura 1 ilustra o efeito da calagem sobre o pH do solo. A regressão obtida se ajustou a uma função linear ($P < 0,01$). As doses de calcário aumentaram o pH do solo, de um valor inicial de 5, na dose zero do corretivo, para 5,8, na dose de $1,8 \text{ t.ha}^{-1}$ de calcário. O efeito da calagem se deve à redução na concentração dos íons de hidrogênio (H^+) e aumento das hidroxilas (OH^-). Segundo Souza, Lobato e Miranda (1993) a cultura da soja se desenvolve bem a partir de pH 5,5, valor conseguido nesse experimento com a aplicação de $0,9 \text{ t.ha}^{-1}$ de calcário ou três vezes o teor de Al^{+3} trocável do solo. Segundo Lemos (2004), o aumento da saturação de bases pelo uso da calagem resultou em valores de pH variáveis entre 4,5, a 6,0 em solo ácido do cerrado de Redenção, no estado do Pará.

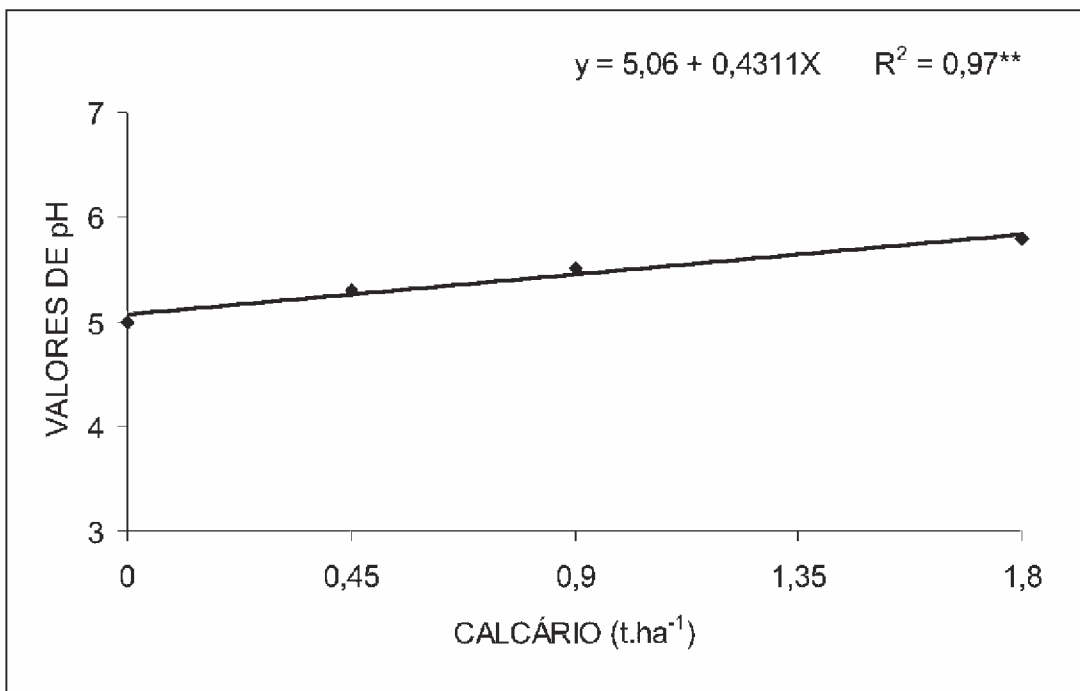


Figura 1- pH do solo após o cultivo da soja, cv. Sambaíba, em função da calagem.

A Figura 2 mostra que as doses de calcário reduziram a concentração de alumínio trocável do solo, ajustando-se a uma função quadrática ($P < 0,01$). Deve-se notar que houve uma diminuição da disponibilidade de alumínio no complexo de troca de 0,34 cmol_c.dm₃, na ausência de calagem, para 0,21 cmol_c.dm₃ na dose 1,83 t.ha⁻¹ de calcário, sugerindo a necessidade de doses mais elevadas de calcário para a neutralização completa do alumínio do solo. Barbo et al. (1980), em Latossolo Roxo Distrófico sob pastagem, verificaram que a concentração de

alumínio diminuiu em função das doses de calcário aplicados (0; 2; 4 e 6 t.ha⁻¹) de 1,5 para 0,2 cmol_c.dm₃. De acordo com Lemos (2004), o aumento da saturação de bases reduziu a disponibilidade do alumínio no complexo de troca de um solo de cerrado do Pará de 1,21 cmol_c.dm₃ para 0,09 cmol_c.dm₃. Segundo Raij (1991), a diminuição do Al trocável pela calagem se deve a precipitação do elemento sob a forma de hidróxidos, o que diminui a toxicidade para as plantas.

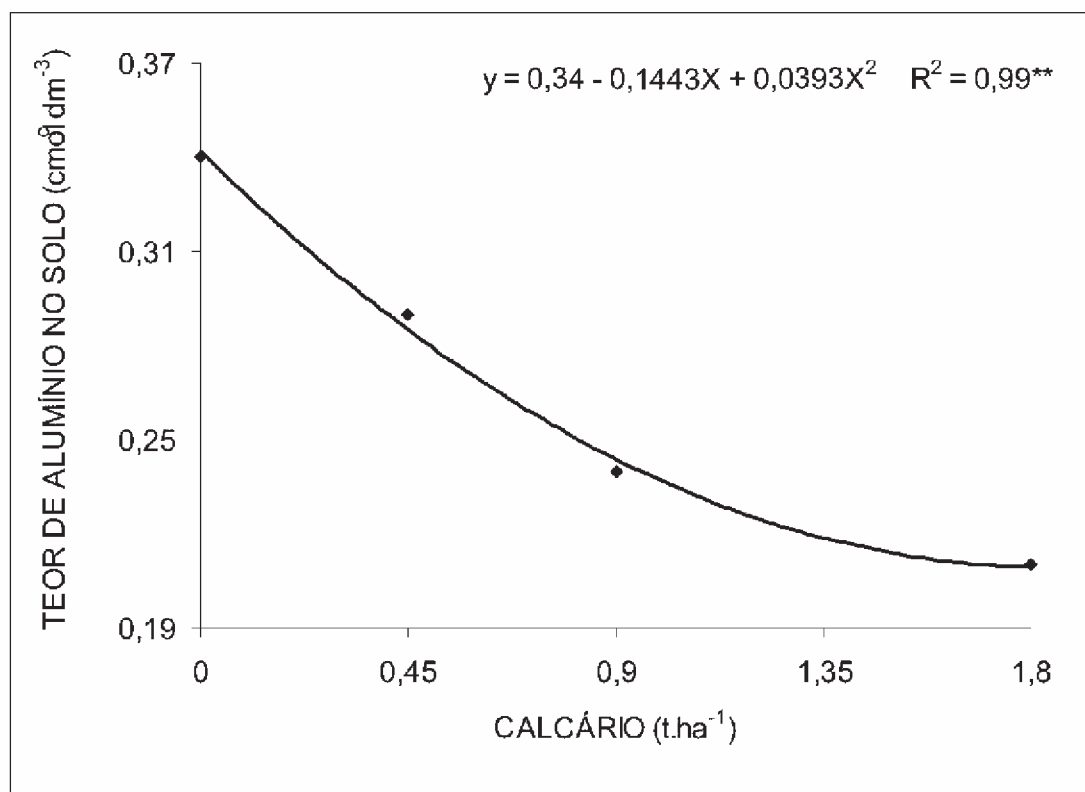


Figura 2 - Concentração de alumínio trocável após o cultivo da soja, cv. Sambaíba, em função da calagem.

A Figura 3 mostra que a concentração de cálcio aumentou em função das doses de calcário, de $2,60 \text{ cmol}_e.\text{dm}^{-3}$, na ausência da calagem, para o valor máximo de $4,6 \text{ cmol}_e.\text{dm}^{-3}$ na dose de $1,58 \text{ t.ha}^{-1}$. Os dados obtidos se ajustaram a regressões quadráticas ($P < 0,01$). Ishizura e Mesquita (1981), trabalhando com soja em um Latossolo

Vermelho Escuro, verificaram que a concentração do cálcio no solo aumentou, também, em função das doses de calcário aplicadas. De acordo com Malavolta e Kliemann (1985), níveis de cálcio entre $1,5$ a $4,0 \text{ cmol}_e.\text{dm}^{-3}$ são considerados médios para qualquer cultura em solos de cerrado.

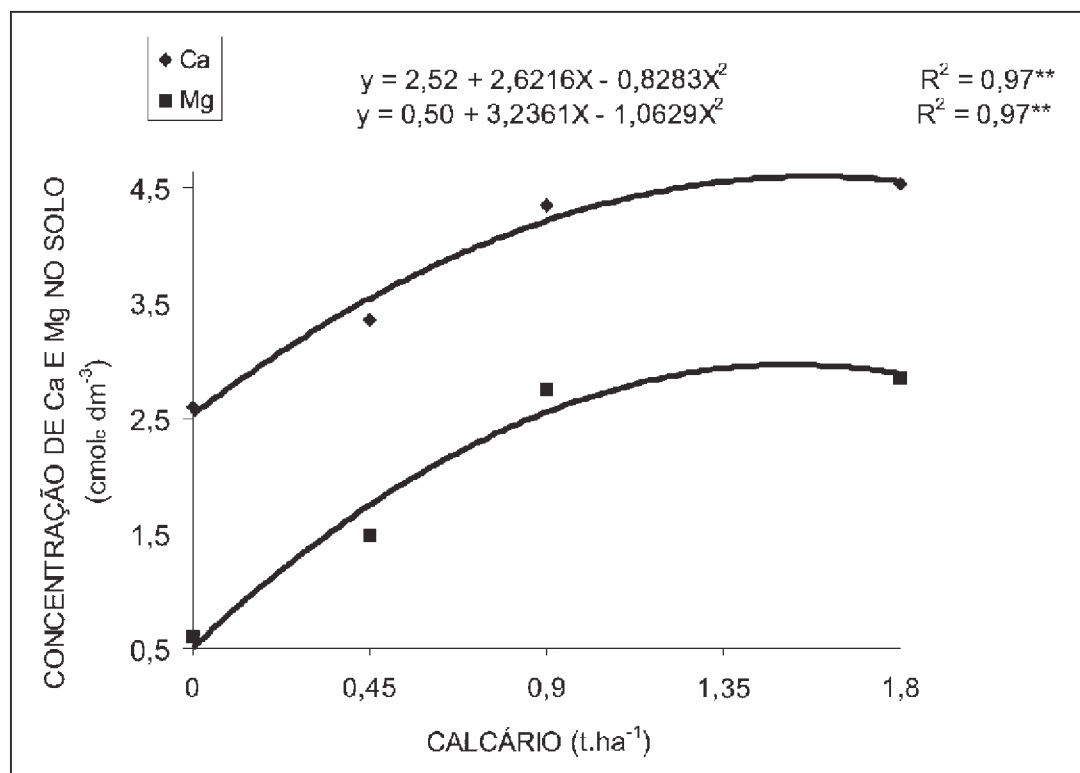


Figura 3 - Concentração de cálcio e magnésio do solo após o cultivo da soja, cv. Sambaíba, em função da calagem.

A Figura 3 mostra, ainda, que a correção do solo provocou aumento na concentração de magnésio trocável, sendo os dados ajustados a uma regressão quadrática ($P < 0,01$), alcançando o valor máximo de $2,96 \text{ cmol}_e.\text{dm}^{-3}$ na dose de $1,52 \text{ t.ha}^{-1}$ de calcário. Mascarenhas et al. (1978) obtiveram,

também, acréscimos na concentração de magnésio trocável do solo devido à aplicação de calcário dolomítico. Caíres e Fonseca (2000), verificando o efeito da calagem em Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, observaram aumento na

concentração de cálcio e magnésio ao utilizarem doses entre 0 e 6 t.ha⁻¹ de calcário no campo. Segundo Lemos (2004), os teores de magnésio encontrados em solos de cerrado do município de Redenção foram 0,5 a 1 cmol_c.dm⁻³ com o aumento da saturação de bases do solo de 15 para 80%.

O potássio trocável do solo aumentou com as doses de calcário de 0,16 cmol_c.dm⁻³ na dose zero, para o valor máximo de 0,33 cmol_c.dm⁻³ na dose de 1,75 t.ha⁻¹ de calcário, ajustando-se a uma função quadrática de regressão (P<0,01). Em solos ácidos, a concentração de potássio no complexo de troca do solo pode aumentar com a calagem

devido à maior facilidade de troca do elemento por cálcio ou magnésio do que por alumínio (TISDALE; NELSON, 1970). Além disso, a calagem favorece a manutenção do teor de K trocável do solo porque aumenta a CTC efetiva e reduz as perdas por lixiviação. Para Quaggio et al. (1993) e Miyazawa, Pavan e Santos (1996) a carga livre seria ocupada por K⁺ devido à alteração da carga de cátions divalentes pela formação de complexos com ligantes orgânicos hidrossolúveis, presentes nos resíduos das plantas, aumentando, assim, o teor de K trocável na camada superficial do solo (Figura 4).

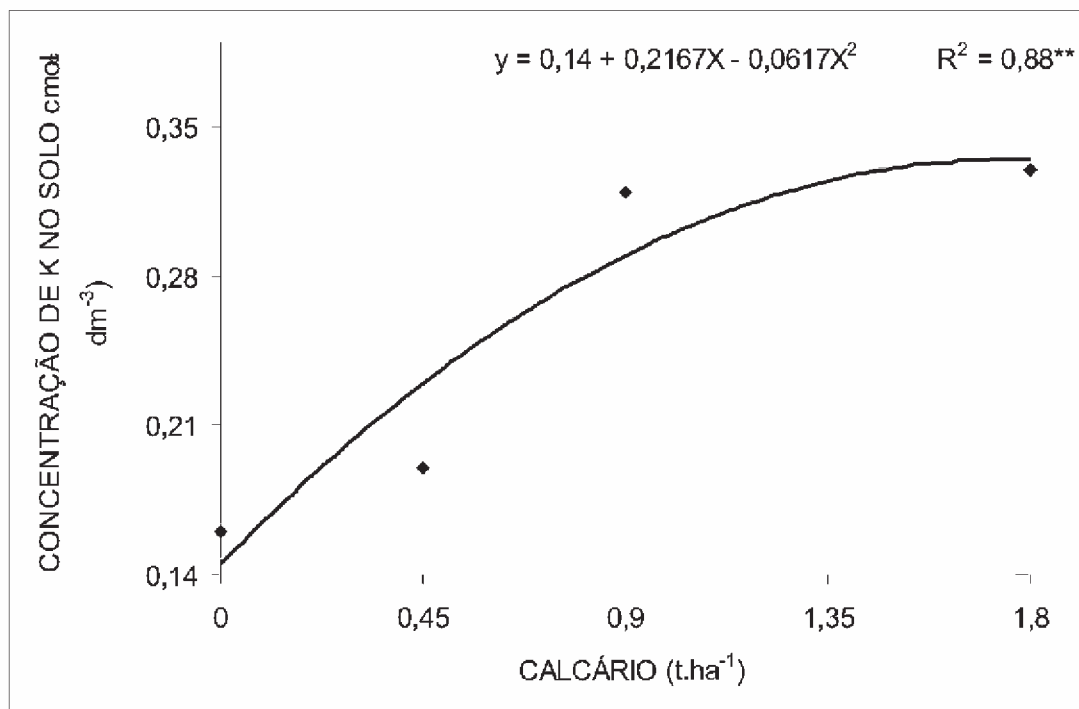


Figura 4 - Teor de potássio trocável após o cultivo da soja, cv. Sambaíba, em função da calagem.

A Figura 5 mostra que a disponibilidade de fósforo no solo apresentou comportamento quadrático ($P < 0,01$) em função da interação do fósforo com a calagem. As concentrações máximas de P encontradas foram de 2,55; 2,70; 3,51 e 3,91 mg P.kg⁻¹ de solo nas doses de 0,0; 0,45; 0,9 e 1,8 t.ha⁻¹ de calcário, respectivamente, com a

aplicação de 550; 575; 700 e 775 mg.kg⁻¹ P. Esses resultados demonstram que o Latossolo Argiloso de Paragominas apresenta média capacidade de sorção de P (em torno de 430 kg.ha⁻¹), o que pode dificultar o manejo desse solo para a agricultura.

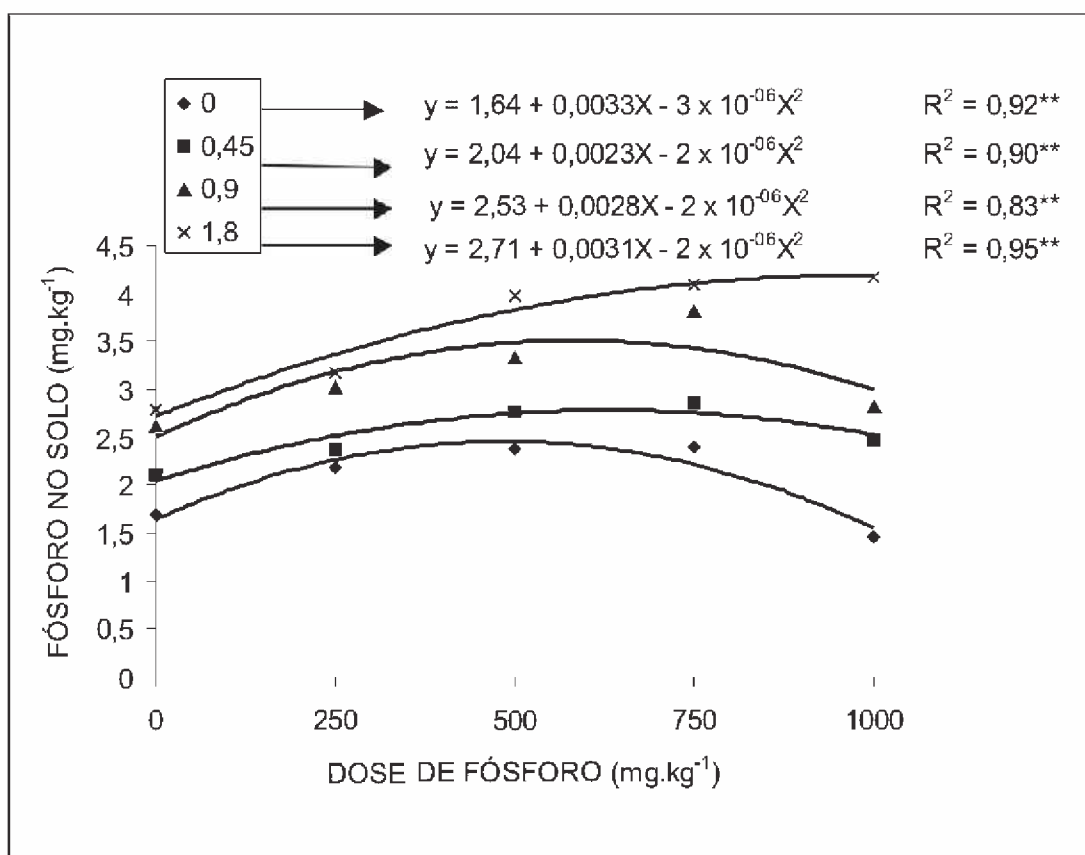


Figura 5 - Interação fósforo x calagem na concentração de fósforo disponível do solo após o cultivo da soja, cv. Sambaíba.

Cavalcante (1972) obteve, também, um modelo de regressão quadrática para a concentração de fósforo disponível do solo (0-30,7 mg P.kg⁻¹) ao utilizar doses crescentes de fósforo, entre 0 e 140 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, e de calcário, de 0 a 0,16 t.ha⁻¹, em um Argissolo Vermelho. Lemos (2004), por outro lado, mostrou que a disponibilidade de fósforo no solo sob vegetação de cerrado de Redenção aumentou de 10,6 mg P.kg⁻¹ para 13 mg P.kg⁻¹ de solo, apresentando comportamento linear crescente em função da saturação de bases.

3.2 TEOR DE NUTRIENTES NA PLANTA

A análise estatística dos dados analíticos do tecido da soja mostrou que a aplicação de fósforo, da calagem e a interação da calagem com o fósforo influenciaram

significativamente (P<0,01) os teores de nitrogênio e fósforo na planta. A calagem modificou ainda os teores de potássio, ferro e manganês (P<0,01).

A Figura 6 mostra a interação calagem x fósforo no teor de nitrogênio na parte aérea da soja. A absorção de nitrogênio apresentou comportamento quadrático crescente (P<0,01) em todas as doses usadas de calcário. O valor mínimo encontrado foi 15,19g N.kg⁻¹ de massa seca da soja na dose zero de calagem e P, enquanto que o valor máximo de N encontrado no tecido da soja foi de 19,8 g.kg⁻¹ de tecido nas doses de 1,8 t ha⁻¹ de calcário e 690 mg P.kg⁻¹ de solo, ficando acima do nível de suficiência proposto por Sfredo et al. (1996) para a cultura da soja.

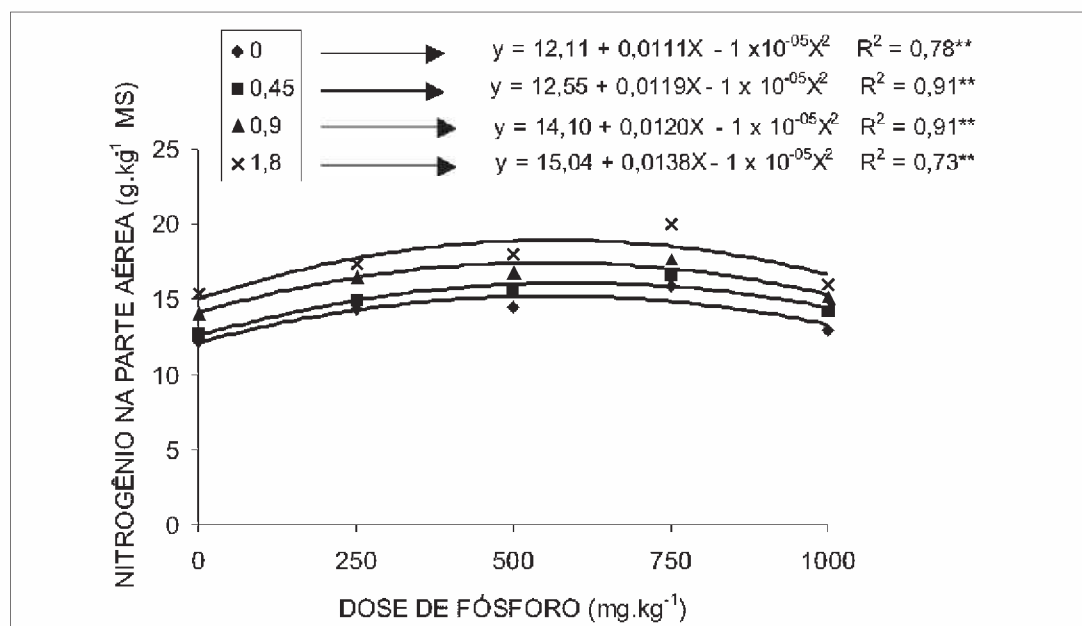


Figura 6 - Interação da calagem com o fósforo no teor de nitrogênio na parte aérea da soja, cv. Sambaíba, em LATOSSOLO AMARELO muito argiloso de Paragominas-PA.

A Figura 7 mostra a interação calagem x fósforo no teor de P na parte aérea da soja, observando-se aumento na absorção do nutriente em todas as doses usadas de calcário. Os dados obtidos ajustaram-se a modelos de regressão quadrática ($P < 0,01$), sendo a absorção máxima de P, $0,84 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa seca de soja, obtida nas doses de $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário e 750 mg.kg^{-1} de fósforo. A concentração máxima de P no tecido da soja,

entretanto, situou-se na faixa considerada baixa ($0,46$ a $0,84 \text{ g.kg}^{-1}$) por Sfredo et al (1996) para a planta. Ramos et al. (1989) obtiveram comportamento semelhante da calagem no teor de fósforo da soja, ao utilizar doses de 0 a 12 t.ha^{-1} de calcário, em condições de campo, alcançando níveis adequados de fósforo ($2,6$ a $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$) em doses do corretivo acima de $1,8 \text{ t.ha}^{-1}$.

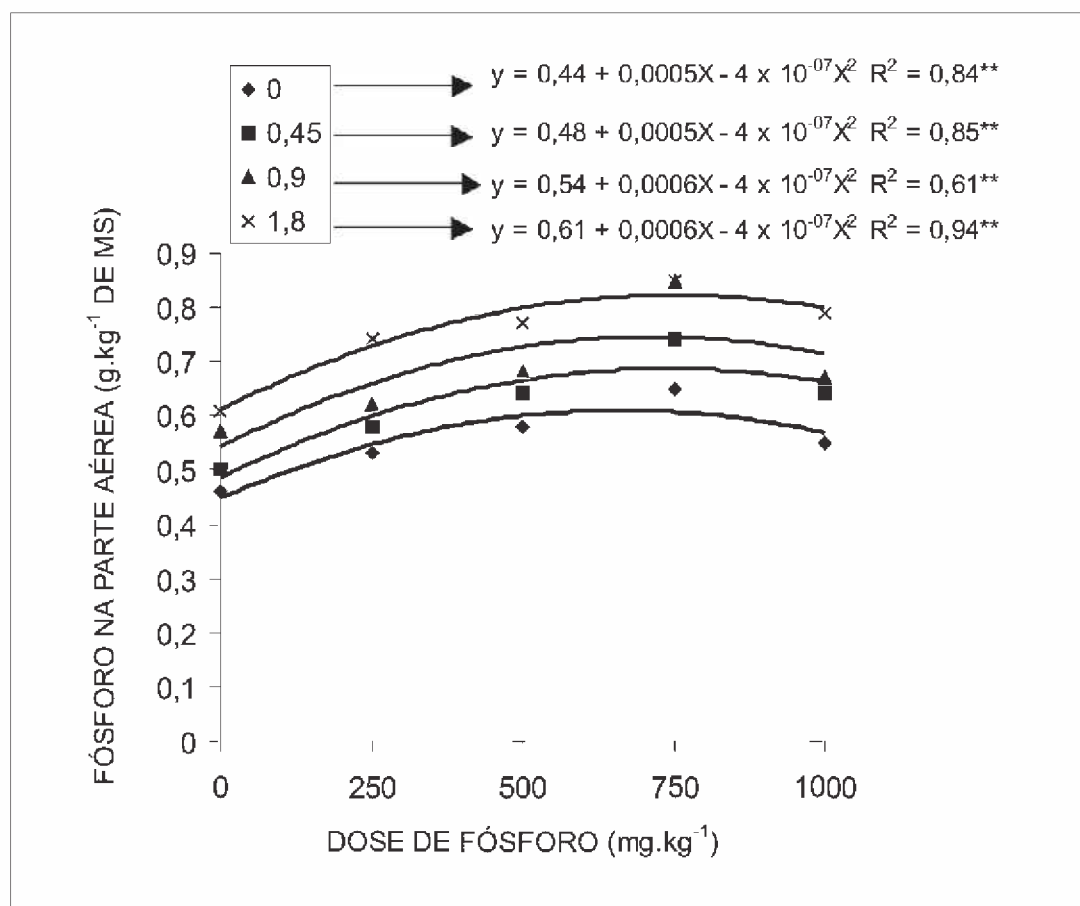


Figura 7 - Interação da calagem com o fósforo no teor de fósforo na parte aérea da soja, cv. Sambaíba, cultivada no solo muito argiloso de Paragominas (PA).

A aplicação isolada da calagem aumentou ($P < 0,05$) a absorção de potássio pela soja de $26,17 \text{ g.kg}^{-1}$, na dose zero da calagem, para o máximo de $27,83 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa seca, na dose de $1,74 \text{ t.ha}^{-1}$, ajustando-se a uma regressão quadrática (Figura 8). A calagem pode aumentar a disponibilidade de potássio para as plantas devido à maior facilidade desse elemento substituir o cálcio ou o magnésio, do que o alumínio, nas cargas negativas do solo (BARBER;

HUMBERT, 1963.) Desse modo, o efeito da calagem sobre a absorção de K pelas plantas de soja deve ter sido devido ao aumento da saturação do elemento no complexo de troca e, em consequência, na solução do solo, conforme demonstrado na Figura 4. Quaggio et al. (1993) revelaram, também, que a absorção de potássio pela soja foi influenciada pela aplicação de doses de calcário em Latossolo Vermelho Escuro.

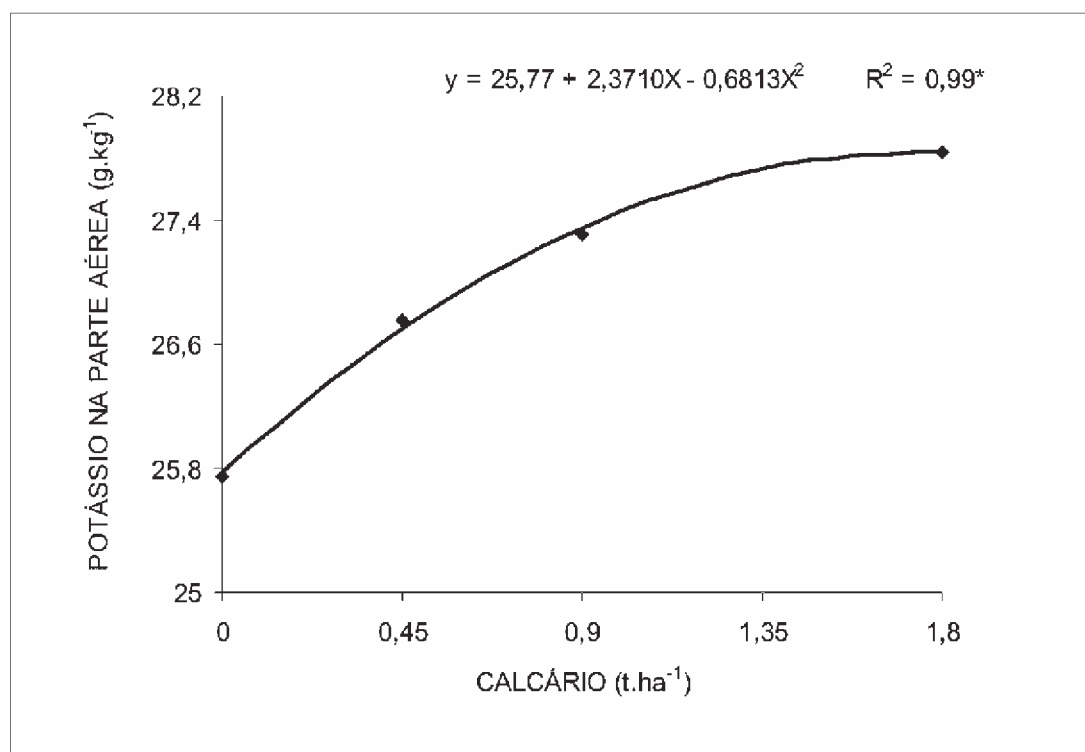


Figura 8 - Teor de potássio na parte aérea da soja, cv. Sambaíba, em função da calagem

A Figura 9 mostra que o teor de ferro e manganês na massa seca da parte aérea da soja decresceu com a calagem do solo em consequência, aparentemente, do aumento do pH e da precipitação desses elementos na forma de hidróxidos (RAIJ, 1991). O Fe se ajustou a uma função linear decrescente ($P < 0,01$), variando sua concentração no tecido da soja de 136,60 mg Fe.kg⁻¹, na ausência da calagem, para 98,31 mg Fe.kg⁻¹

de matéria seca, na dose de 1,8 t.ha⁻¹ calcário. O Mn, por outro lado, ajustou-se a uma função quadrática ($P < 0,01$), sendo o valor mínimo do elemento no tecido da soja de 40,45 mg Mn kg⁻¹, na dose de 1,75 t.ha⁻¹ de calcário. Tanto a toxidez como a deficiência de manganês têm limitado o crescimento e a produção da soja (HEENAN; CAMPBELL, 1980).

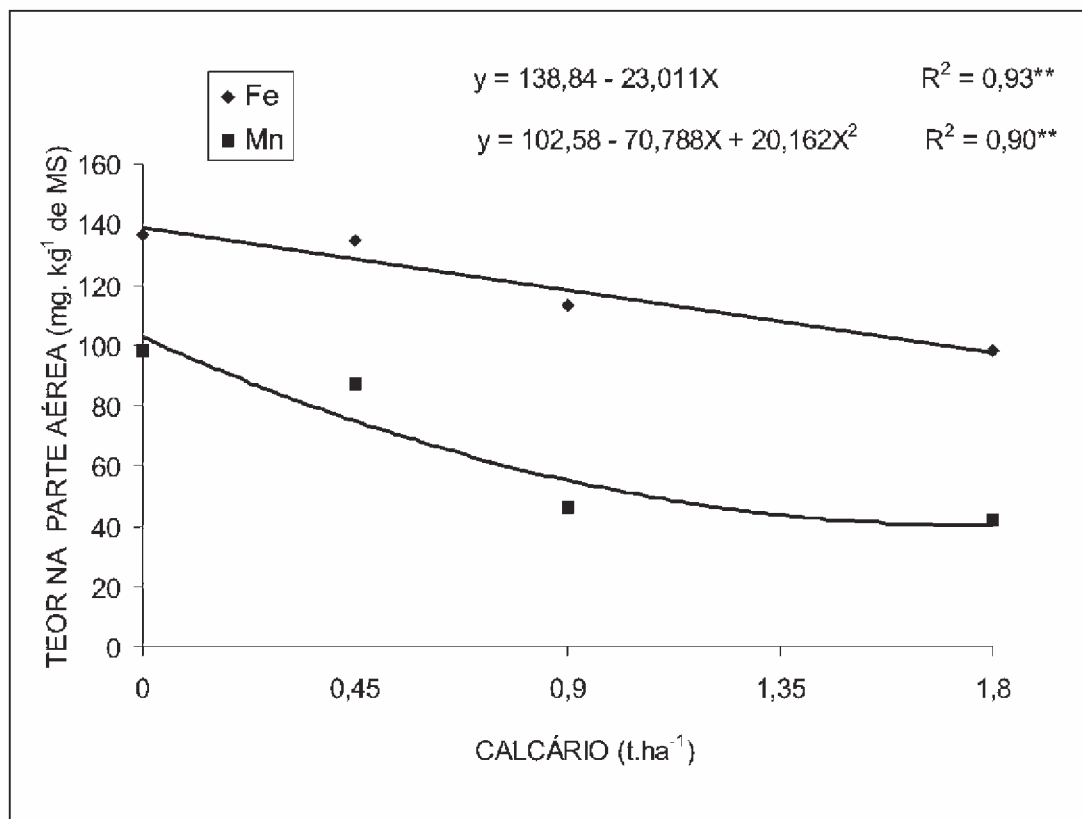


Figura 9 - Teores de ferro e manganês na parte aérea da soja, cv. Sambaíba, em LATOSSOLO AMARELO muito argiloso de Paragominas(PA) em função da calagem.

Para Quaggio et al. (1993) e Tanaka e Mascarenhas (1992), a calagem reduz o teor de manganês do solo a níveis não tóxicos, mas em doses excessivas pode causar deficiência do elemento na planta. Tanaka e Mascarenhas. (1992) verificaram que o teor de Mn nas folhas diminuiu com a aplicação de calcário, sendo esse fato decorrente da redução na concentração do elemento na solução do solo devido à calagem. O aumento dos teores de cálcio e magnésio trocáveis do solo pode, também, ter contribuído para a redução da absorção de manganês, conforme observado por Ritchey, Silva e Costa (1982). De acordo com Rosolem et al. (1992), teores na faixa de 11 a 22 mg Mn.kg⁻¹ de massa seca são considerados deficientes em folhas de soja, sendo os teores entre 140 a 300 mg Mn.kg⁻¹ de massa seca tóxicos para as plantas cultivadas. Os teores de ferro (98,31 a 136,60 mg.kg⁻¹) e manganês (40,45 a 98,03 mg.kg⁻¹) encontrados no tecido da soja, nesse trabalho, situaram-se na faixa considerada baixa para Sfredo et al (1996).

Os tratamentos não tiveram efeito sobre os nutrientes cálcio, magnésio, enxofre e zinco. Os teores de magnésio, enxofre e zinco nos tecidos da soja situaram-se na faixa média a baixa para a cultura da soja, segundo Sfredo et al (1996). Rosolem e Marcellos (1998), em experimento semelhante, não encontraram, também, efeito da calagem e da aplicação de fósforo sobre a absorção de Ca, Mg e S na parte aérea da soja, ratificando os dados obtidos nesse experimento. A ausência de efeito da calagem sobre a absorção de cálcio e magnésio pode estar vinculada aos médio-altos teores originais de Ca e Mg trocáveis do solo, ratificando, assim, as observações de

Caíres e Fonseca (2000). A ausência de efeitos da calagem e da adubação fosfatada sobre o enxofre absorvido pela soja pode ter sido devido à liberação do sulfato adsorvido em decorrência do aumento do pH e maior poder de substituição do P em relação ao S nas cargas positivas do solo.

3.3 CORRELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E OS TEORES DE NUTRIENTES NA PLANTA.

Os dados da Tabela 1, contendo os coeficientes de correlação entre os atributos químicos do solo e a concentração de nutrientes no tecido da soja, mostram que a absorção de nitrogênio foi positivamente correlacionada com o pH, teores de Ca e Mg trocáveis e, negativamente, com o alumínio trocável do solo, sendo esse efeito o resultado aparente das condições ambientais do solo para a fixação biológica de N pela soja (MALAVOLTA, 1980; GALLO et al, 1986; BORKERT et al., 1994).

O fósforo foi, também, positivamente correlacionado com o pH ($P < 0,01$), com a concentração de cálcio e magnésio ($P < 0,01$) e, negativamente, com o alumínio trocável do solo ($P < 0,01$). A correlação negativa do fósforo com o alumínio trocável se justifica pela formação de fosfato de alumínio insolúvel, que diminui a disponibilidade de fósforo para as plantas (MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985). A correlação do P com o pH, Ca e Mg, foi, aparentemente, devido à neutralização da acidez e aumento de bases

trocáveis no solo pela calagem (MALAVOLTA, 1980).

A concentração de potássio do tecido da soja correlacionou-se positivamente com o pH ($P < 0,01$) e os teores trocáveis de potássio, cálcio e magnésio ($P < 0,01$) do solo, devido, provavelmente, ao efeito da calagem sobre a disponibilidade de K no solo, conforme discutido anteriormente nesse trabalho, e a competitividade entre K, Ca e Mg.

Os micronutrientes ferro e manganês correlacionaram-se negativamente com o pH ($P < 0,01$) e os teores trocáveis de cálcio e magnésio ($P < 0,01$) do solo, em virtude da precipitação desses elementos na forma de hidróxidos insolúveis em pH básico, e, positivamente, com o alumínio, porque esse elemento, em concentração elevada no solo, aumenta a acidez e a solubilização de ferro e manganês.

Tabela 1- Coeficientes de correlação entre as características químicas do solo e os teores de nutrientes na parte aérea da soja, cv. Sambaíba.

Solo	Teor de nutrientes na parte aérea								
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn
pH	0,59**	0,39**	0,30**	0,40	0,11	0,33	-0,09**	-0,36**	-0,12
MO	-0,21	-0,06	-0,29	0,10	-0,06	0,02	0,32	0,23	0,18
P	0,64	1,00	0,40	0,45	0,32	0,44	-0,01	0,39	0,19
K	0,45	0,40	1,00**	0,24	0,29	0,18	-0,08	-0,02	0,15
Ca	0,41**	0,26**	0,35**	1,00	0,43	0,24	-0,11**	-0,09**	0,05
Mg	0,34**	0,27**	0,49**	0,43	1,00	0,13	-0,10**	-0,01**	0,10
Al	-0,41**	-0,22**	0,31	-0,02	-0,32	0,34	0,31**	0,64**	0,26

** significativo ao nível de 1%.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir:

a) a calagem aumentou o pH e a disponibilidade de cálcio, magnésio, potássio e reduziu o alumínio trocável do solo, de acordo com a teoria;

b) a calagem proporcionou ainda melhor aproveitamento de K e reduziu os teores de ferro e manganês no tecido da soja;

c) a interação do fósforo com a calagem elevou a concentração de P disponível no solo e os teores de N e P na parte aérea da soja.

d) os atributos do solo se correlacionaram com o conteúdo de macro e micronutrientes no tecido da soja, demonstrando a importância dessas práticas para a nutrição mineral da soja no Latossolo de Paragominas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R.; MORAIS, F. I. de O. Crescimento da soja em solo de pastagem degradada do sudeste paraense em função da calagem e da aplicação de fósforo adubação fosfatada. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n. 46, jul./dez. 2006(no prelo).

BARBER, S. A.; HUMBERT, R. P. Advances in knowledge of potassium relationship in the soil and plant. In: MCVICKAR, M. H.; BRIDGER, G. L.; NELSON, L. B. *Fertilizer technology and uses*. Madison: SSSA, 1963. cap. 11, p.231-268.

BARBO, C. V. S; FABRÍCIO, A. C; POTTKE, D; NAKAYAMA, L. H. I. *Efeito da calagem e adubação fosfatada na produtividade da soja e características químicas do solo na região de Dourados, MS*. Dourados:Embrapa-UEPA E Dourados,1980. 28p. (Boletim de Pesquisa, 4).

BORKERT, C. M; YORINORI, J. D; CORREA-FERREIRA, B. S; ALMEIDA, A. M. R; FERREIRA, L. P; SFREDO, G. J. L. Seja o doutor da sua soja. *Informações Agrônomicas*, n. 66, p. 1-16, 1994.

CAIRES, E. F; FONSECA, A. F. da. 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.

CAVALCANTE, F. J. A. Efeito da calagem e da adubação fosfatada em um Podzólico Vermelho Amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 7, p. 81-85, 1972.

EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus. Recuperação e melhoramento de pastagens degradadas PROPASTO. *Relatório Técnico Anual*, Manaus , p. 27-33, 1981.

FALESI, I. C. *Ecossistema de pastagem cultivada na Amazônia Brasileira*. Belém: EMBRAPA. CPATU, 1976. 193p.

GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A.; QUAGGIO, J. A.; BATAGLIA, O. C. Resposta diferencial das culturas de soja e sorgo à calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 10, p. 253-258, 1986.

GUAZZELLI, R. J.; MENDES, J. P.; RAUWIN, G. R.; MILLER, S. F. Efeitos agrônômicos e econômicos do calcário, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes nos rendimentos de soja, feijão e arroz em Uberaba, Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 6. p. 29-37, 1973.

HEENAN, D. P; CAMPBELL, L. C. Growth, yield components and seed composition of two soybean cultivars affected by manganese supply. *Australian Journal of Agricultural Research*, Canberra, v.31,p.471-476, 1980.

ISHIZURA, J.; MESQUITA FILHO, M. V. de. Effects of liming and phosphorus fertilization on status of mineral nutrients in soybean plants grown in the cerrado soil. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado. *Relatório parcial do projeto de cooperação em pesquisa agrícola no cerrado do Brasil - 1978-1980*. Planaltina: Embrapa/ JICA, 1981. p. 221-231.

KURIHARA, C. H. *Nutrição mineral e crescimento da soja sob influência do equilíbrio entre Ca, Mg e K*. 1996.95p. Dissertação (Mestrado) - Univ. Fed. de Lavras, Lavras, 1996.

LEMONS, R. de C. da S.; MORAIS, F. I de O. Crescimento da soja em um argissolo do cerrado de Redenção, PA, em função da saturação por bases e da adubação fosfatada. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n. 41, p.67-75, jan./jun. 2004.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

_____; KLIEMANN, H. J. *Desordens nutricionais no cerrado*. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.

_____; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 403p.

MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C.; FEITOSA, C. T.; NAGAI, V.; HIROCE, R.; BAGA, N. R. *Adubação da soja em solos de cerrado*. Campinas : Instituto Agronômico, 1978. 28p. (Boletim Técnico, 54).

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; SANTOS, J. C. F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisol. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. *Abstracts...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 8p.

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

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: POTAFOS, 1991. 343p.

_____; CAMARGO, A. P. de; MASCARENHAS, H. A. A.; HIROCE, R.; FEITOSA, C. T.; NERY, C.; LAUN, C. R. P. Efeito de níveis de calagem na produção da soja em solos de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 1, n.1, p. 28-31, 1977.

RAMOS, W. J.; MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C.; IGUE, T.; TANAKA, R. T. Acúmulo de matéria seca e teores de elementos químicos em três cultivares de soja em função da correção da acidez do solo de Itararé (SP). *Bragantia*, v.48, n.2, p.223-232, 1989.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clay B-horizons of savannah Oxisol. *Soil Sci.*, v. 133, p. 378-382, 1982.

ROSOLEM, C. A.; MARCELLOS, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. *Scientia Agrícola*, v. 55, n.1, p.448-445, 1998.

- ROSOLEM, C.A.; BESSA, M. A.; AMARAL, P. G. do; PEREIRA, H. F. M. Manganês no solo: sua avaliação e toxidez de manganês na soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.27, n. 2, p. 277-285, fev.1992.
- SERRÃO, E. A. S. Pasturas mejoradas en areas de bosque en el trópico húmedo brasileño. Conocimientos actuales. In: ENCUENTRO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 6., 1987, Cali; CONFERENCIA NACIONAL DE PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE PASTOS Y FORRAJES, 2., 1987, Cali. *Memórias....* 2. ed. Palmira: AZZOVALLE, 1988. p.43-85.
- SFREDO, G. J.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; GOMES, E. R.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Resposta de soja a fósforo e a calcário em Podzólico Vermelho Amarelo de Balsas, MA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, p.429-432, 1996
- SILVA, C. A.; VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, n.3, p.471-476, 1994.
- SILVA, S. B. e. *Análise química de solos*. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1991. 41p. (Informe Didático, 11).
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; MIRANDA, L. N. Correção do solo e adubação da cultura da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, D. I. M. *Cultura da soja nos cerrados*, Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.137-159.
- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. *Soja: nutrição, correção do solo, adubação*. Campinas: Fundação Cargil, 1992. p. 60.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. *Soil fertility and fertilizers*. London: Mac Milan, 1970. 694p.
- VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. dos. *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Ceres, 1987. 420p.