

CRESCIMENTO DA SOJA EM SOLO DE PASTAGEM DEGRADADA DO SUDESTE PARAENSE EM FUNÇÃO DA CALAGEM E DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO¹

Rosalha de Nazaré Oliveira ALBUQUERQUE²

Francisco Ilton de Oliveira MORAIS³

RESUMO: O cultivo da soja vem se expandindo no sudeste do estado do Pará, principalmente no município de Paragominas, em áreas de pastagem degradada, onde as pesquisas sobre adubação e calagem para a soja são escassas e a recomendação dessas práticas adaptada de outras regiões do país. O objetivo deste experimento é determinar o efeito da calagem e da aplicação de fósforo sobre a produção de matéria seca da soja cultivada em solo de pastagem degradada de Paragominas. O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará FCAP, atual UFRA, utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos arranjados em um esquema fatorial 4 x 5, 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, com quatro repetições. Os resultados obtidos mostraram que a adubação fosfatada aumentou (P<0,01) a produção de massa seca da parte aérea e massa seca total da soja, e a interação da calagem com o fósforo incrementou (P<0,01) a produção de massa seca das raízes da planta. O tratamento que promoveu o maior crescimento da soja foi a aplicação de 605 mg P.kg⁻¹ de solo associado à calagem na dose de seis vezes o alumínio trocável do solo.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Adubação Fosfatada, Latossolo Amarelo Textura Argilosa, Alumínio Trocável, Amazônia.

GROWTH OF SOYBEAN ON A CLAY SOIL UNDER DEGRADED PASTURES OF SOUTHEASTERN PARÁ, BRAZIL, AS A FUNCTION OF LIMING AND PHOSPHATE FERTILIZERS

ABSTRACT: Cropping of soybean is wide spreading in the southeastern Para state, specially in the county of Paragominas under degraded pastures, where the knowledge about liming and fertilizers application are scarce and recommendation of these practices are based on results adapted from other places of Brazil. The objective of this research was to determine the effects of liming and phosphate

¹ Aprovado para publicação em 14.12.06

Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor; trabalho financiado pelo Convênio UFRA/BASA-FINAM/FUNPEA.

² Engenheira Agrônoma, M.Sc., Professora do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM.

³ Engenheiro Agrônomo, PhD, Professor Visitante da UFRA.

fertilizers on dry matter production of soybean grown on a clay soil under degraded pastures of Paragominas, Pará, Brazil. The experiment was conducted in the greenhouse of the Federal University of Amazonia - UFRA using a complete randomized experimental design, with treatments arranged in a factorial 4 x 5 and four replicates. Treatments were four levels of lime (0, 1.5, 3 and 6 times exchangeable Al of soil) and 0, 250, 500, 750 and 1000 mg P.kg⁻¹ of soil. Results showed that phosphate fertilizers increased ($P<0,01$) total dry matter production and the interaction liming x phosphate fertilizers increased ($P<0,01$) growth of roots of soybean. Highest growth of soybean was obtained with the application of 605mg P.kg⁻¹ of soil in addition to liming to neutralize 6 times de exchangeable aluminum.

INDEXTERMS: Clay Yellow Latosol, Exchangeable Aluminum, Amazon Basin of Brazil.

1 INTRODUÇÃO

O plantio da soja foi iniciado em 1996 no Pará com a criação dos Pólos de Produção de Grãos, pelo governo estadual, abrangendo vários municípios, entre eles Paragominas no sudeste paraense. A implantação do pólo de soja no município de Paragominas está sendo considerada o início de uma nova cadeia econômica na região, devido à ampla disponibilidade de terras, condições climáticas adequadas, adaptação do cultivo ao ambiente e facilidades de escoamento da produção. A introdução dessa leguminosa na região sudeste deve ser um importante fator para o aumento da produção de grãos no estado do Pará, especialmente em rotação com o arroz e o milho, contribuindo ainda para o fortalecimento da avicultura regional e para promover o desenvolvimento da suinocultura.

O solo predominante no município de Paragominas é o Latossolo Amarelo caracterizado pela textura argilosa, acidez alta, com boa profundidade, friabilidade e drenagem, de coloração bruno acinzentado

muito escuro (VIEIRA; SANTOS, 1987). A deficiência de fósforo e a toxidez de alumínio são as principais limitações para o aumento da produtividade da soja cultivada em solos ácidos. O fósforo é um dos elementos mais limitantes para a nutrição dessa leguminosa e para a nodulação e fixação de N₂. A presença de alumínio em níveis tóxicos no solo, indicativo de acidez elevada, pode inibir o crescimento das raízes, diminuir a absorção de cálcio e magnésio, a translocação de fósforo na planta, e aumentar a capacidade de sorção de fósforo do solo (SFREDO et al., 1996; CAÍRES; FONSECA, 2000).

Assim, para incorporação dessas áreas ao processo produtivo, há a necessidade da aplicação de calcário ao solo com a finalidade de corrigir a acidez e fornecer cálcio e magnésio, elementos indispensáveis ao metabolismo das plantas, e da adubação fosfatada pela influência que o elemento exerce na transferência e armazenagem de energia e, em consequência, no crescimento vegetal.

Entretanto, informações sobre a quantidade a ser aplicada de calcário e fósforo em solos do município de Paragominas cultivados com soja são inexistentes e as recomendações em uso são adaptadas de outras regiões do país.

O objetivo deste trabalho é determinar os efeitos da calagem e da aplicação de diferentes doses de fósforo na produção da massa seca da soja cultivada na casa de vegetação em um Latossolo Amarelo, muito argiloso, coletado sob pastagem degradada do município de Paragominas (PA).

2 MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, atualmente Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no período de fevereiro a maio de 2001, utilizando sementes de soja, cv. Sambaíba, de maturação tardia, desenvolvida pela Embrapa. Foram utilizadas amostras de um Latossolo Amarelo muito argiloso (EMBRAPA. CPATU, 2000) coletado à profundidade de 0 a 20cm em uma pastagem degradada com mais de oito anos de idade, do município de Paragominas (PA). O solo foi peneirado em malha de 2 mm, seco ao ar e colocado em vasos de polietileno com capacidade para 3 kg.

As análises químicas do solo foram feitas determinando-se o pH em água, utilizando-se a relação solo: solução de 1: 2,5; o fósforo disponível foi extraído com solução de H_2SO_4 0,05N + HCl 0,025 N; as bases

trocáveis foram extraídas com acetato de amônio 1N pH 7; o alumínio com KCl 1N; o hidrogênio + alumínio com solução de acetato de cálcio 1N pH 7; o carbono orgânico, através da oxidação com $K_2Cr_2O_7$, em presença de H_2SO_4 (SILVA, 1991). A capacidade máxima de adsorção de P foi determinada de acordo com o método de Olsen e Watanabe (1957), utilizando como modelo matemático a Isoterma de Langmuir.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com arranjo de tratamentos dispostos em um fatorial 4 x 5. Os tratamentos constaram de quatro doses de calcário (0; 1,5; 3,0 e 6,0 vezes o teor de alumínio trocável do solo) e cinco doses de fósforo (0; 250; 500; 750 e 1000 mg kg^{-1} de solo), com quatro repetições, totalizando 80 parcelas. Foram utilizados como corretivos o $CaCO_3$ (carbonato de cálcio) e $MgCO_3$ (carbonato de magnésio), pré-análise, relação 3:1, nas quantidades de 0; 0,45; 0,9 e 1,8 t.ha⁻¹, respectivamente. O fósforo foi aplicado sob a forma de KH_2PO_4 .

Inicialmente, foi feita a aplicação das quantidades de $CaCO_3$ e $MgCO_3$ e efetuada a incubação das amostras do solo por, aproximadamente, 30 dias. Ao fim do período de incubação, as sementes de soja foram tratadas com Benlate, na concentração de 5%, equivalente a 0,5 mL para 100 kg^{-1} de sementes, sendo colocadas 12 sementes por vaso, na profundidade de 5 a 10 cm. O desbaste foi efetuado após 15

dias do semeio, com a queda dos cotilédones, deixando-se seis plantas por vaso. No decorrer do experimento foi ainda aplicado o fungicida Decis para controle da lagarta da soja.

As plantas de soja receberam uma adubação básica, em solução contendo 1,5 mg.L⁻¹ de Zn (ZnCl₂); 3 mg. L⁻¹ de B (H₃BO₃); 3 mg. L⁻¹ de Cu (CuCl₂.2H₂O); 3 mg. L⁻¹ de Mn (MnCl₂); 450 mg. L⁻¹ de K (KCl e KH₂PO₄); 90 mg kg⁻¹ de S (MgSO₄) e 600 mg. L⁻¹ de N (NH₄NO₃), juntamente com as doses de P. Os vasos foram manualmente irrigados diariamente, sendo o controle da umidade do solo efetuada através do método das pesagens, procurando-se manter o teor de umidade próximo da capacidade de campo.

A coleta das plantas foi realizada aos sessenta dias após o plantio, quando foi separada a parte aérea da raiz. A parte aérea foi cortada junto à superfície do solo, sendo retiradas as raízes pela lavagem do conteúdo dos vasos. O material vegetal foi lavado com água destilada, acondicionado em sacos de papel, colocados em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 65°C, até atingir peso constante. Após a determinação do peso seco, o material vegetal foi moído, em moinho tipo Wiley, para posterior digestão e análise química. Ao final do experimento foi feita nova coleta de solo de cada vaso para serem efetuadas as análises químicas.

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 de resposta foram a produção de massa seca da parte aérea e das raízes. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão entre as variáveis dependentes (massa seca da soja) e independentes (calagem e adubação fosfatada) e de correlação entre a massa seca de soja e 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

A Tabela 1 contém os resultados analíticos do solo usado no experimento. Deve-se notar o elevado conteúdo de argila (65,6%), o que classifica o solo como de textura muito argilosa. O pH situa-se na faixa de acidez moderada (pH 5) e o P disponível (1,7 mg.kg⁻¹ de solo) é baixo para a maioria das culturas agrícolas. O solo apresenta 3,08 cmolc.dm⁻³ de soma de bases e saturação de bases baixa para o cultivo da soja, em torno de 32%, pelos critérios estabelecidos pela pesquisa em outras regiões do país (RAIJ,

1991;ROSOLEM; MARCELO, 1998). A sorção máxima de P obtida pela equação linear de Langmuir é de 610 mg kg⁻¹ de solo,

ou 1 220 kg.ha⁻¹, considerado alto, devido, provavelmente, ao elevado conteúdo de argila do solo.

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos do Latossolo Amarelo de Paragominas (PA).

Atributo do solo	Valor
Areia (dag. kg ⁻¹)	5,9
Silte (dag.kg ⁻¹)	28,5
Argila (dag.kg ⁻¹)	65,6
pH em água, relação solo: solução 1:2, 5	5,0
P (mg.kg ⁻¹)	1,7
Ca (cmol c, dm ⁻³)	2,6
Mg (cmol c, dm ⁻³)	0,3
K (cmol c, dm ⁻³)	0,18
Al ((cmol c, dm ⁻³)	0,3
H + Al ((cmol c, dm ⁻³)	6,6
Soma de bases (cmol c, dm ⁻³)	3,08
Saturação de bases (%)	31,82
CTC pH 7,0 (cmol c, dm ⁻³)	9,68
Sorção máxima de P (mg kg ⁻¹)	610

A análise de variância da produção de massa seca da soja em função dos tratamentos revelou que a aplicação de fósforo aumentou significativamente (P<0,01) a produção de massa seca total e da parte aérea da soja e que houve efeito significativo (P<0,01) da interação calagem x fósforo na produção de massa seca das raízes da planta.

3.1 EFEITO DO FÓSFORO SOBRE A PRODUÇÃO DE MASSA SECA TOTAL E DA PARTE AÉREA DA SOJA

Os dados de massa seca total e da parte aérea da soja se ajustaram a funções quadráticas de regressão (P<0,01), indicando que o crescimento da soja aumentou com as doses de fósforo,

alcançando o valor máximo de 10,5 g.vaso⁻¹ de massa seca total, na dosagem de 605 mg P.kg⁻¹ de solo. Na parte aérea da soja, a maior massa seca obtida foi de 9 g.vaso⁻¹, na dose de 580 mg P.kg⁻¹ de solo (Figura 1). Rosolem e

Marcello (1998) obtiveram, também, resposta crescente de massa seca da parte aérea da soja em função da aplicação de fósforo até a dosagem de 200 mg de P.kg⁻¹ de solo.

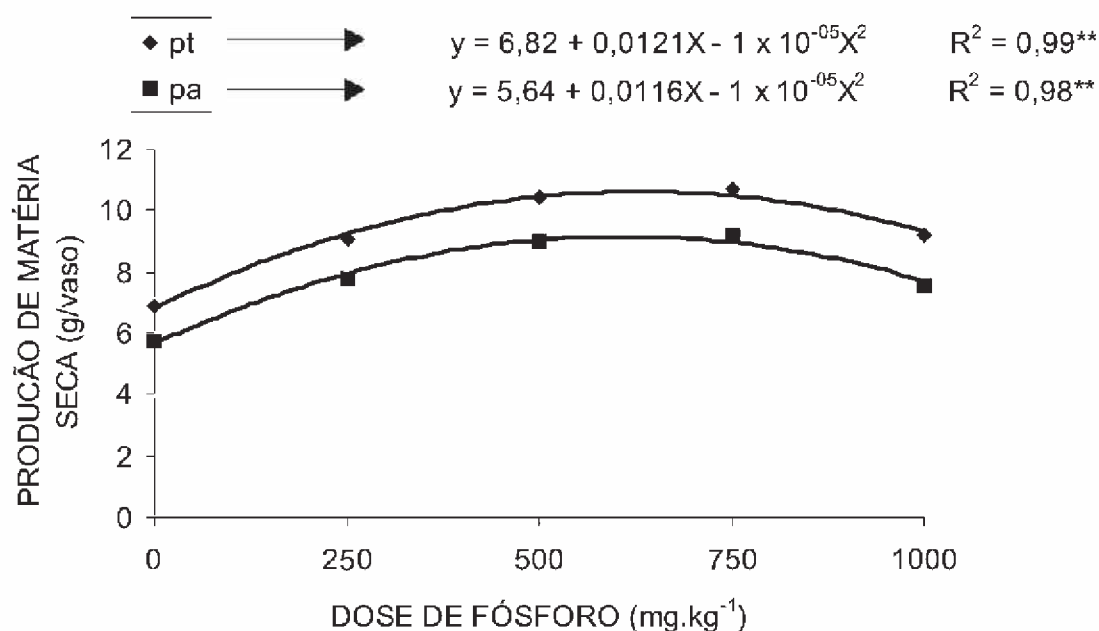


Figura 1- Produção de massa seca da parte aérea (pa) e total (pt) da soja, cv. Sambaíba, em função da aplicação de doses de fósforo.

3.2 INTERAÇÃO FÓSFORO X CALAGEM NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA DA RAIZ

A interação do fósforo com a calagem provocou incrementos na produção de massa seca das raízes da soja, sendo os dados ajustados ($P < 0,01$) a modelos quadráticos de regressão (Figura 2). A produção máxima de massa seca de raízes da soja foi de 1,2 g.vaso⁻¹ na dose de 750 mg P.kg⁻¹ de solo, na ausência de calagem, e de 1,6 g.vaso⁻¹ na dose

de 550 mg P.kg⁻¹ de solo, quando se aplicou calcário na dose mais alta. A calagem parece ter diminuído a sorção de P, uma vez que a dose desse elemento para a obtenção de produção máxima de massa seca de raízes da soja foi menor na dose mais alta de calcário do que no tratamento sem a aplicação de calcário. Resultado similar foi obtido por Carvalho et al. (1988) e Fernandes et al. (1995) em leguminosas tropicais.

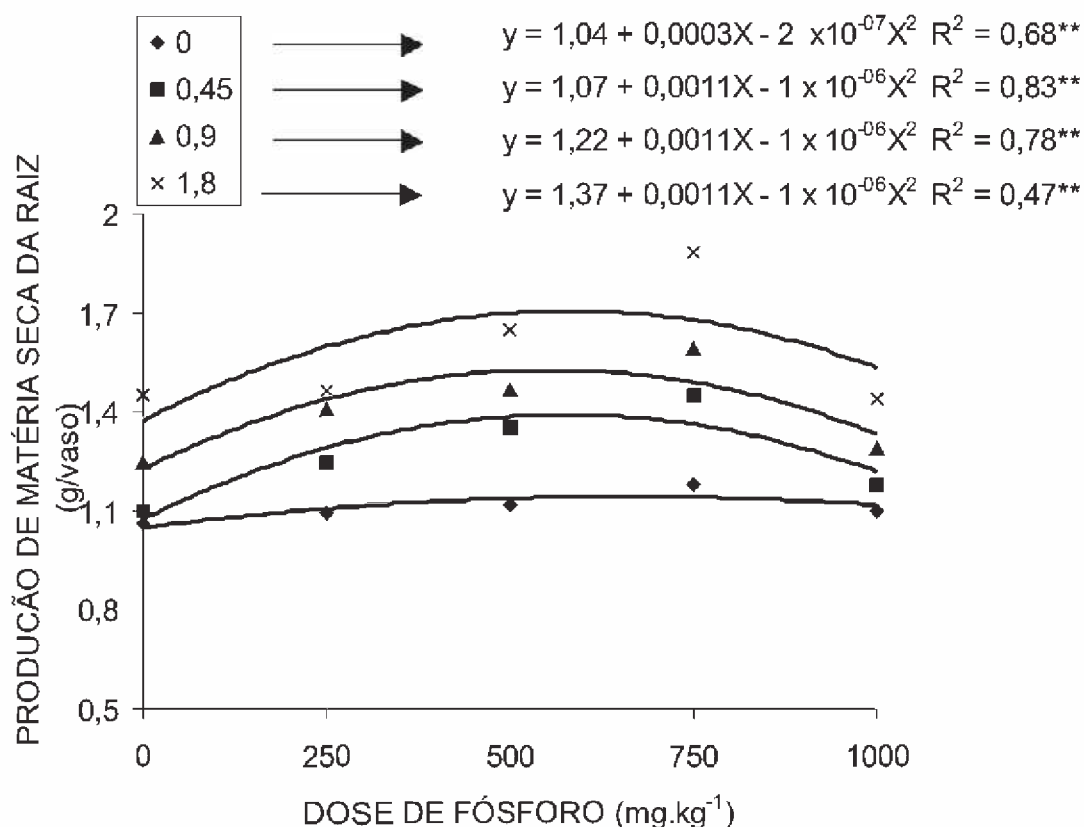


Figura 2 - Interação fósforo e calagem na produção de massa seca da raiz de soja, cv. Sambaíba.

3.3 CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DE MASSA SECA COM OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E OS TEORES DE NUTRIENTES NA SOJA

A produção de massa seca da soja foi correlacionada positivamente ($P < 0,01$) com a disponibilidade de fósforo do solo, considerada a variável mais importante, com os teores de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar, e negativamente ($P < 0,01$) com os teores de ferro e manganês no tecido da soja

(Tabela 2). A correlação positiva com a disponibilidade de fósforo do solo e com os teores de nitrogênio, fósforo e potássio do tecido da soja ratifica o efeito da adubação fosfatada e da calagem sobre essas variáveis discutido por Moraes e Albuquerque (2006). A correlação negativa da produção de matéria seca da soja com os teores de ferro e manganês no tecido foi, provavelmente, devido à redução da toxicidade desses metais pela calagem no solo de pastagem degradada de Paragominas (MORAIS; ALBUQUERQUE, 2006).

Tabela 2 - Coeficiente de correlação entre a produção de matéria seca com as características químicas do solo e os teores de nutrientes na planta.

Variável	Produção de matéria seca		
	Total	Parte aérea	Raiz
pH solo	0,55	0,53	0,50
MO solo	0,03	0,07	0,26
P solo	0,59**	0,57**	0,63**
K solo	0,42	0,38	0,56
Ca solo	0,26	0,23	0,44
Mg solo	0,20	0,17	0,39
Al solo	-0,62	-0,65	-0,27
N planta	0,79**	0,77**	0,77**
P planta	0,63**	0,59**	0,72**
K planta	0,53**	0,51**	0,53**
Ca planta	0,59	0,59	0,45
Mg planta	0,29	0,28	0,24
S planta	0,45	0,44	0,41
Fe planta	-0,09**	-0,12**	-0,12**
Mn planta	-0,69**	-0,70**	-0,40**
Zn planta	-0,33	-0,31	-0,36

** Significativo ao nível de 1%.

4 CONCLUSÃO

a) a produção de massa seca total e da parte aérea da soja foi aumentada pela adubação fosfatada, sendo o maior crescimento da planta obtido pela aplicação de 605 mg P.kg⁻¹ de solo;

b) a interação da calagem com o fósforo aumentou a produção de massa seca

das raízes da planta até a dose máxima de 550 mg P.kg⁻¹ de solo na dose mais alta de calcário dolomítico;

c) a produção de massa seca da soja foi correlacionada positivamente ($P < 0,01$) com a disponibilidade de fósforo do solo, com os teores de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar e, negativamente,

($P < 0,01$) com os teores de ferro e manganês no tecido da soja;

d) esses resultados parecem demonstrar a importância da calagem e da aplicação de fósforo no desenvolvimento da soja em solo ácido, muito argiloso, de Paragominas (PA).

REFERÊNCIAS

CAIRES, Eduardo Fonseca; FONSECA, Adriel Ferreira 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.

CARVALHO, M. M.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, F. T. T.; MARTINS, C. E. Respostas de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 12, p.153-159, 1988.

EMBRAPA. CPATU. *Caracterização e avaliação da potencialidade dos solos e zoneamento agroecológico do município de Paragominas, Estado do Pará*. Belém, 2000.

FERNANDES, A. R.; CHAVES, R. de S.; SILVA, G. R.; DIAS, A. C. da. C. P.; ROCHA NETO, O. G. da. Doses de superfosfato e de calcário no crescimento de leguminosas herbáceas. *Boletim da FCAP*, Belém, n.26, p.53-66, jul./dez. 1995.

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

MORAIS, F. I. de O.; ALBUQUERQUE, R. de N. O. Composição mineral da soja e propriedades químicas de um latossolo amarelo com pastagens degradadas de Paragominas em função da calagem e adubação fosfatada. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n. 46, jul./dez. 2006. (No prelo).

OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir Isotherm. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, v.21, p.144-149, 1957.

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

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, S. B. *Análise química de solos*. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1991. 41p. (Informe Didático, 11).

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 123p.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. dos. *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Ceres, 1987. 420p.