CALPOT, fosfato e silício co-aplicados ao solo para a cultura da soja

CALPOT, phosphate and silicon co-applied to the soil on soybean crop

Cristine Elizabeth Alvarenga Carneiro^{1*}; Roberto Antunes Fioretto²;
Inês Cristina Batista Fonseca²; Geraldo Estevam de Souza Carneiro³

Resumo

Visando fornecer Ca, Mg, K e melhorar a disponibilidade de P para a soja, foi aplicado CALPOT e escória de siderurgia. As fontes também possuem poder de neutralização e diminuição da acidez do solo. Os tratamentos aplicados constituíram-se de: 1) Testemunha; 2) CALPOT + P + Si; 3) CALPOT + P; 4) CALPOT + Si; 5) Si + P; 6) Calcário; 7) CALPOT. Os cátions básicos Ca, Mg e K foram aplicados como CALPOT, (calcário dolomítico + cloreto de potássio) com dose calculada para se atingir um índice de saturação no solo equivalente a: 50% de Ca, 10% de Mg, e 3% de K. O P aplicado foi de 100 kg ha⁻¹ e Si foi duas vezes a dose de P (200 kg ha⁻¹). O tratamento CALPOT + P + Si atingiu o equilíbrio em bases como pré-estabelecido, aumentou disponibilidade de fósforo no solo, obteve maior peso de folhas e matéria seca total. A co-aplicação dos elementos não impossibilitou o fornecimento de fósforo e demais nutrientes à planta.

Palavras-chave: Cátions básicos, equilíbrio químico, nutrição, fósforo

Abstract

Seeking to supply Ca, Mg, K and to improve the P availability to soybean, CALPOT and metallurgy scum were applied. The treatments were: 1) Control; 2) CALPOT + P + Si; 3) CALPOT + P; 4) CALPOT + Si; 5) Si + P; 6) Lime; 7) CALPOT. The basic cations Ca, Mg and K were applied as CALPOT, (dolomitic lime and potassium chloride) with dosages in order to reach the base equilibrium of: 50% Ca, 10% Mg, and 3% K. The applied P was 100 kg ha⁻¹ and Si twice of P dose (200 kg ha⁻¹). The CALPOT + P + Si treatments established the balance in bases, increased the P availability in the soil, and produced larger weight of leaves, and total dry matter. The co-application of these elements did not disable phosphorus supply and other nutrients to the plants.

Key words: Index terms, basic cations, chemical balance, nutrition, phosphorus

¹ Bacharel e Licenciada em Química, Mestre em Agronomia. Aluna do Programa de Pós-graduação em Agronomia – UEL. Londrina-PR. E-mail: cristine@uel.br.

² Professores do Departamento de Agronomia, UEL, Londrina, PR.

³ Pesquisador da Embrapa Soja. Londrina –PR. E-mail: estevam@cnpsa.embrapa.br

* Autor para correspondência.

Introdução

Os fatores que influenciam o crescimento vegetal são genéticos e ambientais, sendo os fatores ambientais um conjunto de condições externas que afetam a vida e o desenvolvimento de uma planta. O suprimento de nutrientes, por sua vez, depende, entre outros fatores, das características do solo.

Freqüentemente o estado de baixa fertilidade dos solos agricultáveis é caracterizado pela elevada acidez e baixo teor de nutrientes como Ca, Mg, K e P, assim como, solos contendo apreciáveis quantidades de alumínio e ferro, são altamente responsáveis pela adsorção de fosfatos, os quais formam compostos insolúveis (PARFITT, 1978) que por sua vez tornam o fósforo indisponível. Na literatura são encontrados vários estudos que possibilitam melhorar a disponibilidade de P nos solos (MUNIZ et al., 1985; CASAGRANDE; CAMARGO, 1997; LEITE, 1997; MOTTA et al., 2002, CARNEIRO, 2003), sendo a aplicação de silicatos uma delas. A correção da acidez do solo com silicatos, além de elevar o pH, pode disponibilizar o P, pelo efeito adicional de deslocar o P adsorvido para a solução (VOLKWEISS; RAIJ, 1976). A interação silício-fósforo em um Cambissolo demonstrou otimizar o ganho em fósforo pelas plantas, quando o silício foi aplicado no solo numa etapa posterior à adubação fosfatada (CARVALHO, 1999). Fortes (1993), utilizando escórias de alto forno, obteve maior produção de matéria seca para o sorgo. Resultado semelhante foi observado por Lousada (1987), trabalhando com escórias em cultivos de sorgo e soja.

Porém, existe também a necessidade de reposição de outros elementos essenciais, tais como Ca, Mg, K, de forma a melhorar a disponibilidade (VELOSO et al., 1992; KAMINSKI, 2000; ABREU; MURAOKA; OLIVEIRA, 2001). Esta reposição pode ser efetuada pela utilização de corretivos da acidez, o que auxilia também na diminuição do problema da adsorção de P pelos solos, pois com a

elevação do pH, ocorre um aumento da solubilidade dos fosfatos de ferro e alumínio, como minerais, aumento da concentração de OH^- na solução do solo por troca de ligantes, reduzindo a adsorção do fosfato na fase sólida do solo (LEAL; VELLOSO, 1973; VASCONCELLOS et al., 1975; RAIJ, 1991; CASAGRANDE; CAMARGO, 1997; KAMINSKI, 1983; ALVARADO; CAJUSTE, 1993). A combinação de uma fonte de potássio com calcário por Dias e Fioretto (2002), resultou em uma mistura denominada CALPOT. Os teores de Ca, Mg e K da mistura eram determinados através da necessidade de reposição do solo, após verificação das análises químicas, sempre para atingir 50% de Ca^{+2} , 15% de Mg^{+2} e 3% de K^+ no complexo sortivo. Carneiro (2003) testou o CALPOT juntamente com silício e o fósforo para proporcionar a correção da fertilidade e a melhora da disponibilidade de fósforo, obtendo uma maior disponibilidade de fósforo no tratamento onde o CALPOT foi co-aplicado com silício e fósforo.

O objetivo deste trabalho visou melhorar o fornecimento dos elementos Ca, Mg e K e a disponibilidade do fósforo para plantas de soja (*Glycine max* L.) em um Latossolo Vermelho Distroférico em casa de vegetação, através da co-aplicação da mistura CALPOT, silício e fósforo no solo.

Material e Métodos

Utilizou-se um Latossolo Vermelho Distroférico coletado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina – UEL – Londrina-PR, (23° 19' S; 51° 11' W) coletado na profundidade entre 60 – 70 cm. O material foi seco ao ar, (TFSA) e passado em peneira de 2 mm (ABNT10) e submetido às análises físicas e químicas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997). O silício e a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) foram determinados em (CARNEIRO, 2003) Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do Latossolo Vermelho Distroférico utilizado no experimento.

ATRIBUTOS	SOLO
pH em água	5,3
pH em CaCl ₂	5,1
P (mg dm ⁻³) ^{1/}	0,91
K (cmol _c dm ⁻³)	0,03
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,30
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,31
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,20
H ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,41
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4,61
CO (g kg ⁻¹) ^{2/}	4,82
V %	36,38
CTC _{pH7} (cmol _c dm ⁻³)	7,24
S (SO ₄ ⁻²) (mg dm ⁻³)	80,55
Mn (mg dm ⁻³)	15,60
Fe (mg dm ⁻³)	38,0
Cu (mg dm ⁻³)	14,45
Zn (mg dm ⁻³)	0,46
B (mg dm ⁻³)	0,05
Fe ₂ O ₃ (g kg ⁻¹) ^{3/}	266
Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹) ^{3/}	177,5
SiO ₂ (g kg ⁻¹) ^{3/}	94,9
CMAF (mg kg ⁻¹) ^{4/}	3000
Si solúvel em água (mg dm ⁻³)	18,03
Si solúvel em ácido (mg dm ⁻³)	14,09
Areia (g kg ⁻¹)	7,2
Silte (g kg ⁻¹)	143,6
Argila (g kg ⁻¹)	849,2

^{1/}Extrator de P, Mehlich-I; ^{2/}CO= carbono orgânico; ^{3/}óxidos do ataque sulfúrico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997); ^{4/}CMAF=capacidade máxima de adsorção de fósforo.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com sete tratamentos e cinco repetições. Cada tratamento, após, misturado ao solo foi incubado em recipiente aberto, durante 60 dias à temperatura ambiente e 80% de umidade. Os tratamentos constaram de: 1) testemunha; 2) CALPOT + Si + P; 3) CALPOT + P; 4) CALPOT + Si; 5) Si + P; 6) Calcário; 7) CALPOT. A dose Ca, Mg e K como CALPOT aplicada foi estabelecida para se atingir um índice de saturação de 63%, sendo 50% de Ca, 10% de Mg e 3% de K, como definido no estudo de adsorção em (CARNEIRO, 2003). A dose de P foi

100 kg de P por ha⁻¹ de solo, utilizando como fonte de fósforo um resíduo industrial, denominado Fosfato Decantado – RLT2 tendo 20% de P₂O₅ solúvel em CNA, 20% de Ca e 0,7% de S. A dose de Si foi duas vezes a dose de P, (200 kg de Si por ha⁻¹ de solo). O silício utilizado (escória de siderurgia) foi fornecido pela Silifertil Ambiental Ltda (Tabela 2). Todos os elementos foram passados em peneira com abertura 0,3 mm (ABNT 50). O solo foi amostrado após incubação, para a realização das análises de pH, P, Al, Ca, Mg e K (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997).

Tabela 2. Resultado médio das análises químicas (teores totais) da escória silicatada de siderurgia utilizada como fonte de silício.

Elementos Químicos												
Macronutrientes(g kg ⁻¹)						Micronutrientes(mg kg ⁻¹)						
Ca	Mg	K	P	S	Si	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Mo	Co
400	90	9	10	9	420	700	16	29	300	150	100	70

O solo incubado com cada tratamento foi colocado em vaso de plástico com capacidade máxima de 4 kg, recebendo, cada um, 3 kg de solo, equivalendo a uma densidade de 1,2 kg dm⁻³. Utilizou-se como planta indicadora a soja, (*Glycine max* L.), cultivar BRS 133, cujas sementes foram cedidas pela Embrapa-Soja. Foram semeadas quatro sementes por vaso, deixando duas plantas por vaso após desbaste. Os vasos foram irrigados em turnos de rega para manter a umidade do solo a 70% do volume de poros.

Aos 40 dias após a semeadura, as plantas foram cortadas rente ao solo, separadas em raiz, caule e folha e secas a 65°C até peso constante, em estufa com ventilação, em seguida avaliou-se matéria seca das raízes e parte aérea. Para as análises químicas, os materiais vegetais foram moídos e peneirados,

determinando-se macro e micro nutrientes. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

Os resultados do experimento revelaram as alterações a que foram submetidos os elementos Ca, Mg e K do complexo sortivo (Tabela 3) do solo de acordo com Carneiro (2003), onde a co-aplicação dos elementos possibilitou o estabelecimento do equilíbrio químico para os elementos estudados nos determinados teores e aumentou a disponibilidade de fósforo no solo.

Tabela 3. Saturação do complexo de troca do solo por cátions básicos e Al³⁺, fósforo e pH após incubação de 60 dias com os respectivos tratamentos.

Tratamentos	Elementos (%)				P (mg dm ⁻³)	pH
	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³		
TESTEMUNHA	0,41D	32,00G	3,23E	13,52A	0,89D	5,3F
CALPOT + P + Si	3,59B	66,57A	14,05A	0,35C	15,62A	6,4B
CALPOT + P	3,86A	62,01B	12,92B	0,00D	9,90B	6,1D
CALPOT + Si	3,59B	58,14D	13,81A	0,35C	1,03D	6,4B
Si + P	0,69C	53,72F	9,94D	2,46B	6,64C	5,7E
CALCÁRIO	0,41D	56,35E	11,98C	0,35C	0,92D	6,5A
CALPOT	3,86A	60,08C	13,36AB	0,35C	0,92D	6,3C
C.V.(%)	0	1,33	3,06	4,79	5,95	0,33
D.M.S.	0,26	1,48	0,69	0,23	0,613	0,041

Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O crescimento da soja é representado pelas médias do peso do sistema radicular, de caule, de folhas e de matéria seca total (Tabela 4). Quando existe um equilíbrio entre os nutrientes aplicados (baseado no equilíbrio proposto), a planta responde

positivamente em crescimento o que pode ser visto no tratamento CALPOT + P + Si com maior valor na matéria seca total, 2 g planta⁻¹. Nos tratamentos CALPOT + P e CALPOT + Si, o peso de raiz não diferiu 0,47 g planta⁻¹, nestes tratamentos, foram

aplicados os mesmos cátions, e apresentavam a proposta do equilíbrio químico dos elementos, mudando apenas o fornecimento de entre P e Si. Com base nos dados observou-se que a aplicação de silício influenciou o aumento do desenvolvimento da raiz do mesmo modo que o fósforo, onde os tratamentos CALPOT + P e CALPOT + Si não diferem. A utilização do Si como fonte na nutrição da planta vem crescendo a cada dia e sua utilização tem mostrado-se promissora quanto a redução na incidência de doenças e aumento na produção (KORNDÖFER, 2002). Segundo Korndöfer (2002) os efeitos benéficos da aplicação de silicatos de Ca e Mg estão, normalmente, associados ao aumento na

disponibilidade do Si, à elevação do pH e ao aumento do Ca e Mg trocável do solo. No tratamento CALPOT ocorreu menor produção de matéria seca devido a falta de fornecimento do fósforo, elemento essencial ao metabolismo da planta. Já para o tratamento Calcário a menor produção de matéria seca pode ser explicada pela falta do fornecimento do K, o que também pode ter acarretado o desbalanço das bases no solo, dificultando a absorção das mesmas e a falta do fornecimento de fósforo. Lembrando que o mesmo encontra-se em nível bastante baixo, o que pode ser verificado na Testemunha, (0,89 mg kg⁻¹) e a disponibilidade se deu através do fornecimento.

Tabela 4. Matéria seca de raiz, caule, folhas e total das plantas de soja (g planta⁻¹).

Tratamentos	Raízes	Caule	Folhas	Mat.Seca Total
TESTEMUNHA	0,39BC	0,41D	0,37C	1,17D
CALPOT + P + Si	0,53A	0,75A	0,71A	2,00A
CALPOT + P	0,47AB	0,62AB	0,57B	1,66B
CALPOT + Si	0,47AB	0,51BCD	0,46BC	1,45BCD
Si + P	0,39BC	0,56BC	0,56B	1,52BC
CALCÁRIO	0,35C	0,45CD	0,42C	1,24CD
CALPOT	0,38BC	0,47CD	0,44C	1,30CD
C.V.%	13,69	12,24	10,87	11,27
DMS	0,11	0,133	0,11	0,33

Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A aplicação do tratamento CALPOT + P + Si, proporcionou o maior desenvolvimento das plantas em termos de peso seco de folhas e de matéria seca total (Tabela 4). As plantas responderam positivamente à associação dos elementos no tratamento CALPOT + P + Si, tendo 17% mais matéria seca total que no tratamento CALPOT + P, que utiliza os elementos convencionalmente aplicados na agricultura, ou seja, aplicação de calcário, potássio e fósforo.

As maiores absorções de fósforo pela soja foram nos tratamentos CALPOT + P + Si, CALPOT + P, P + Si (Tabela 4) os quais também apresentaram maiores teores de fósforo no solo. De acordo com Prado e

Fernandes (2000) a escória proporciona um aumento do P disponível no solo, deve-se este efeito a saturação dos sítios de adsorção de fósforo pelo silício. Em todos os tratamentos que foi aplicado K, houve resposta positiva da planta, não há diferença (Tabela 4), isto indica que a co-aplicação na forma de CALPOT ou CALPOT + P, CALPOT + Si ou CALPOT + P + Si não influencia de forma negativa a absorção de K pela planta. Mascarenhas (2000) conclui que as maiores produtividades de grãos de soja foram obtidas quando a concentração de potássio nas folhas variaram de 13 a 17 g kg⁻¹, observando a tabela 5 pode-se ver que o potássio na planta para os tratamentos, supera o teor obtido por Mascarenhas.

Apesar do cálcio não ter diferido estatisticamente observa-se que o maior teor nas folhas foi para o tratamento CALPOT + P + Si. Observando teores de Ca, é possível inferir que existe a necessidade de

que os elementos estejam em equilíbrio no solo para que ocorra uma melhor nutrição, onde o tratamento CALPOT + P + Si representa o melhor equilíbrio.

Tabela 5. Conteúdo de macro-elementos nas folhas da soja coletadas aos 40 dias após semeadura em Latossolo Vermelho Distroférrico submetido aos tratamentos.

Tratamentos	(g kg ⁻¹)				
	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
TESTEMUNHA	31,08AB	1,3C	8,43B	12,70	4,81C
CALPOT + P + Si	35,3A	2,1A	24,4A	19,4	6,0AB
CALPOT + P	31,2AB	1,8A	21,0A	16,3	5,1ABC
CALPOT + Si	30,5AB	1,3C	23,3A	17,0	5,1ABC
Si + P	26,1B	1,7AB	8,4B	18,8	6,4AB
CALCÁRIO	29,0AB	1,3C	8,2B	18,4	6,8A
CALPOT	26,7B	1,4BC	20,5A	14,0	4,1C
C.V.(%)	13,7	13,5	16,0	24,2	16,5
D.M.S.	8,2	0,4	5,2	8,1	1,8

Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os conteúdos de Fe e Zn nas folhas de soja não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, indicativo de que a mistura do tratamento CALPOT + P + Si não alterou a absorção destes elementos. O cobre, elemento essencial na síntese de compostos que participam do metabolismo, está abaixo do nível de interpretação (10 mg kg⁻¹) para todos os tratamentos,

isto ocorreu devido a não aplicação do elemento. Maior absorção de Mn pela planta, se deu na testemunha (Tabela 6), onde o pH do solo foi de 5,3 (Tabela 3). A disponibilidade de Mn no solo é controlada principalmente pelo pH, e pelo potencial de oxidação dos solos (LINDSAY, 1982). Na medida que houve aumento de pH, ocorreu menor absorção do Mn.

Tabela 6. Conteúdo de micro-elementos nas folhas da soja coletadas aos 40 dias após semeadura em Latossolo Vermelho Distroférrico submetido aos tratamentos.

Tratamentos	(mg kg ⁻¹)			
	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺
TESTEMUNHA	7,14AB	154,18A	502,61A	71,47A
CALPOT + P + Si	9,18A	177,35A	370,45B	71,48A
CALPOT + P	7,30AB	194,49A	329,96BCD	55,29A
CALPOT + Si	5,13B	262,13A	289,76BCD	46,71A
Si + P	5,77AB	194,78A	342,34BC	72,27A
CALCÁRIO	7,31AB	178,57A	230,54D	55,91A
CALPOT	6,96AB	204,13A	243,85D	53,92A
C.V.(%)	26,00	42,50	16,38	24,80
D.M.S.	3,63	166,38	108,45	30,36

Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Conclusão

As plantas de soja responderam de forma positiva à co-aplicação destes elementos no solo, resultando em maior peso da matéria seca total.

A co-aplicação de Ca, Mg, K, P, Si, não limita o fornecimento de nenhum nutriente testado e ainda aumenta a disponibilidade de fósforo no solo, o que possibilita melhor nutrição da soja.

Referências

- ABREU JR., C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.58,n.4,p.813-824, 2001.
- ALVARADO, J.; CAJUSTE, L. J. Encalado y retención de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Turrialba*, San Jose, v.43, n.4, p.235-241, 1993.
- CARNEIRO, C. E. A. *Disponibilidade de fósforo no solo pela interação do CALPOT e silício*. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- CARVALHO, R. *Interações silício-fósforo em latossolo vermelho-escuro e cambissolo cultivados com mudas de eucalipto*. 1999. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CASAGRANDE, J. C.; CAMARGO, O. A. Adsorção de fosfato em solos com caráter ácido avaliada por um modelo de complexação de superfície. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, p.353-360, 1997.
- DIAS, A. M.; FIORETTO, R. A. *Utilização do efluente da industrialização de trifuralina como fonte de potássio no solo*. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2002. (Informe Técnico, 2).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- FORTES, J.L.O. *Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo*. 1993. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- KAMINSKI, J. *Efeito de cinco fosfatos pré-, co- e pós-aplicados ao calcário no suprimento de fósforo ao sorgo em três solos ácidos*. 1983. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- KAMINSKI, J. *Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto*. Pelotas: Núcleo Regional Sul, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. (Boletim Técnico n. 4)
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. *Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura*. Uberlândia, 2002. (Boletim Técnico n.1).
- LEAL, J. R.; VELLOSO, A C. X. Dessorção do fosfato adsorvido em latossolos sob vegetação de cerrado II. Reversibilidade da isoterma de adsorção de fosfato em relação ao pH da solução de equilíbrio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.8, p.89-92, 1973.
- LEITE, P. C. *Interação silício-fósforo em latossolo roxo cultivado com sorgo em casa de vegetação*. 1997. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- LINDSAY, W. L. *Chemical equilibrium in soils*. New York: John W. & Sons, 1982,
- LOUSADA, P. T. C. *Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo*. 1987. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; CARMELLO, Q. A. C.; Gallo, P. B; AMBROSANO, G. M. B. Calcário e potássio para a cultura de soja. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.57, n.3, p.445- 449, 2000.
- MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O. VAN RAIJ, B. FURITINI, A. E.; LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da minareologia e histórico de uso. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, p.349-359, 2002.
- MUNIZ, A. S.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES J. C. L. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, v.9, p.237-243, 1985.
- PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. *Advances in Agronomy*, Orlando, v.30, p.1-50, 1978.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.57, n.4, p.739-744, 2000.

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do cafeeiro em resposta à adubação potássica. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.2, p.247-255, 2003.

VASCONCELOS, C. A.; BRAGA, J. M.; NOVAIS, R. F.; PINTO, O. C. B. Fósforo em dois latossolos do Estado de MG. III – Relações entre planta, solo e P. *Revista Ceres*, Viçosa, v.22, n.119, p.22-49, 1975.

VELOSO, C. A. C.; BORGES, A. L.; MUNIZ, A. S.; VEIGAS, I. A. J. M. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.49, n.1, p.123-128, 1992.

VOLKWEISS, S. J.; RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO: BASE PARA A UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA. 4, 1976, Brasília. *Anais*. São Paulo: EDUSP, 1977. p.317-332.