

ESCÓRIA DE SIDERURGIA E CALCÁRIO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E NA DISPONIBILIDADE DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E FÓSFORO

Lúcia Helena Garófalo Chaves

Profa. Titular, UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola, CEP 58109-970, Campina Grande, PB
E-mail: lhgarofalo@hotmail.com

Carlos Henrique de Azevedo Farias

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Destilaria Miriri S/A, Fone (83) 21062764
Email: carlos.henrique@miriri.com.br

Resumo - As escórias de siderurgia representam uma alternativa recomendável em substituição às fontes tradicionais de corretivos ou fertilizantes. Este trabalho objetivou avaliar diferentes níveis de saturação por bases, utilizando escória de siderurgia, comparando-a com calcário dolomítico na correção da acidez do solo e na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo. Para isto, realizou-se um ensaio de incubação com solo, em laboratório, durante um período de 60 dias. Os tratamentos constaram de duas fontes de corretivos, calcário dolomítico e escória de siderurgia, oito níveis de correção, estimados pelo método da saturação por base (V%) (56, 58, 60, 62, 65, 67, 69 e 71 %) e duas repetições. Após o período de incubação as amostras do solo foram analisadas quimicamente. Todos os corretivos foram eficientes na correção da acidez do solo, especialmente quando se utilizou escória de siderurgia. Os teores de Ca + Mg aumentaram em função das doses crescentes dos corretivos, diminuindo a relação K ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)^{-0.5}. A reação de neutralização da acidez do solo foi mais rápida com o uso da escória de siderurgia. Os teores de P disponível no solo não aumentaram em função da aplicação dos corretivos ao solo

Palavras-chave: resíduo industrial, saturação por base, nutrientes minerais.

SLAG AND LIMESTONE FOR SOIL ACIDITY CORRECTION AND FOR AVAILABILITY OF CALCIUM, MAGNESIUM AND PHOSPHORUS

Abstract - The slag represent an alternative recommended to replace the traditional source of corrective or fertilizers. This study evaluated different base saturation levels, comparing basic slag to dolomitic limestone as soil acidity corrective agents and in the availability of calcium, magnesium and phosphorus. Thus, one experiment involving soil incubation was conducted in laboratory, during 60 days. The treatments consisted of two corrective agents: dolomitic limestone and basic slag, evaluated by the base saturation method, with eight correction levels (V%) (56, 58, 60, 62, 65, 67, 69 e 71 %) and two replicates. After the incubation period the soil samples was analyzed chemically. The application of the corrective agents promoted efficient neutralization of acidity in soil, especially when basic slag was used. The Ca + Mg level increased depending on the increasing amounts of correctives, reducing the K ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)^{-0.5} ratio. The neutralization of acidity in soil reaction was fast when the slag was used. The soil available P did not increase with increasing levels of soil acidity correctives.

Key-words: residue industrial, base saturation, mineral nutrients.

INTRODUÇÃO

Em solos ácidos, decorrentes do acentuado processo de intemperismo e lixiviação de bases trocáveis, a toxidez por alumínio e/ou manganês e os baixos níveis de cálcio e magnésio, são fatores limitantes do crescimento e aprofundamento do sistema radicular, da disponibilidade de nutrientes e da atividade biológica, afetando o estabelecimento como o desenvolvimento das culturas (PAIVA et al., 1996; ERNANI et al., 2000).

A aplicação de corretivos em solos ácidos eleva o pH, aumenta as cargas negativas no complexo de troca e diminui a solubilidade do alumínio e do ferro, aumentando, por isso, a disponibilidade de fósforo na

solução do solo e a retenção de cátions (ERNANI et al., 2000). Deste modo, a calagem é uma prática necessária na maior parte dos solos brasileiros, uma vez que estes se caracterizam como ácidos.

A calagem, tradicionalmente, é feita com o uso de calcários, no entanto, muitos resíduos industriais, por terem na sua composição elementos que podem substituir esses calcários, vêm sendo pesquisados quanto a viabilidade de seu uso na agricultura. Dentre estes resíduos, tem-se a escória de siderurgia, resíduo da fabricação do ferro-gusa e do aço.

A escória é constituída quimicamente por óxidos e silicatos de cálcio e de magnésio, óxidos de ferro e

manganês, ferro metálico e outros elementos em menores proporções.

A composição é influenciada por diversos fatores, como por exemplo, pela técnica de produção do aço, pelo tipo de aço a ser produzido, pela qualidade da matéria prima utilizada e pelo tipo de refratário usado nas paredes do forno (PRADO et al., 2001).

Uma escória para ser utilizada na agricultura deve apresentar granulometria adequada, ação neutralizante da acidez do solo e presença de elementos nutrientes. Além dessas características positivas, a presença de metais pesados deve ser analisada pelo aspecto ambiental de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas (SOUZA, 2007).

As pesquisas realizadas com escórias, na sua grande maioria, têm demonstrado o poder das mesmas de aumentar os teores de cálcio e magnésio do solo assim como de neutralizar a acidez do solo (PRADO; FERNANDES, 2000; ASSIS et al., 2007; REZENDE et al., 2007). Esta neutralização ocorre porque os silicatos, presentes nas escórias, promovem a reação dos ânions SiO_3^{2-} com a água, liberando hidróxidos (OH^+) para a solução do solo (KORNDÖRFER et al., 2007). Entretanto, alguns experimentos mostram que os efeitos deste resíduo, na reação do solo, são diferentes daqueles correspondentes ao calcário, ou seja, apresentam reação mais lenta em doses equivalentes em carbonato de cálcio (FÁZIO; GUTIERREZ, 1989; FORTES, 1993).

A utilização do ânion silicato, proveniente, por exemplo, das escórias, por competir com o ânion fosfato pelos mesmos sítios de adsorção do solo (FASSBENDER, 1987), poderia ser uma das formas para aumentar a eficiência da fertilização fosfatada (PRADO; FERNANDES, 2001). Por outro lado, Lopes (1977), ressalta que a eficiência do silicato em aumentar o P disponível do solo não está na capacidade de troca dos ânions silicato pelo fosfato e, sim, na saturação ou bloqueio destes sítios de adsorção de P pelo ânion silicato. Apesar de serem poucos os trabalhos na literatura a este respeito, Leite (1997), Prado & Fernandes (1999) e Prado & Fernandes (2001) encontraram efeitos positivos do silicato no P disponível do solo.

Devido à dinâmica das reações de troca iônica nos solos e as inter-relações que existe entre potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), é importante estar atento ao aumento dos teores de Ca e Mg, uma vez que o excesso de um poderá prejudicar os processos de adsorção do outro e, conseqüentemente, influir diretamente nos processos de absorção pelas plantas (ORLANDO FILHO, et al., 1996). A relação K, Ca e Mg, por exemplo, afeta os teores de K na solução do solo (RAIJ, 1982), influenciando a absorção deste elemento pelas plantas.

No mercado agrícola existem diversas escórias sendo comercializadas, no entanto, é necessário investigar o efeito dessas escórias nos diferentes tipos de solos. Isto porque, as diversas composições das escórias, devido aos

fatores acima comentados, e os diversos fatores envolvidos na dinâmica destes resíduos, quando aplicados ao solo, dificultam e mesmo impedem a generalização de respostas (SOUZA, 2007). De acordo com Prado & Fernandes (2000), a reatividade da escória de siderurgia depende da classe de solo.

Com base no exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da escória de siderurgia produzida pela RD RECMIX do Brasil e comercializada com o nome de agrosilício, quanto à eficiência da correção da acidez de solo ácido comparando-a ao do calcário, bem como o efeito destes corretivos na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento, que consistiu na incubação de solo com corretivos, foi conduzido em laboratório utilizando-se um Argissolo Acinzentado Distrófico. Amostras deste solo, o qual se encontra sob cultivo de cana-de-açúcar, foram coletadas a 30 cm de profundidade, na Fazenda Capim II pertencente à Destilaria Miriri S/A, no município de Capim, PB, tendo como coordenadas 6° 54' 59,88" de latitude sul e 35° 09' 17,86" de longitude oeste, com altitude média de 121 metros. Estas amostras após terem sido secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2mm de abertura, foram analisadas de acordo com Embrapa (1997), apresentando as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5) = 5,2; Ca ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) = 1,04; Mg ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) = 1,26; Na ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) = 0,03; K ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) = 0,07; H ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) = 4,73; Al ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) = 0,20; P (mg dm^{-3}) = 15,0; CTC a pH 7 ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) = 7,33 MO (g kg^{-1}) = 9,3.

Como corretivos foram utilizados o agrosilício produzido pela RD RECMIX do Brasil, com 36% de CaO, 9% de MgO e PRNT de 64,6%, e calcário dolomítico com 30,80 % de CaO, 14,00 % de MgO e PRNT de 84 %, utilizado na Fazenda Capim II e carbonato de cálcio (p.a.), sendo este último como material de referência.

Os tratamentos consistiram em oito doses crescentes dos corretivos correspondentes as quantidades necessárias para elevar a saturação por bases do solo em torno de 56, 58, 60, 62, 65, 67, 69 e 71 % (Tabela 1). Estes tratamentos foram misturados em 2 kg de solo, contidos em vasos plásticos (unidades experimentais), com umidade correspondente a 80% da capacidade de campo, a qual foi mantida durante todo o período de incubação, ou seja, 60 dias. Estas unidades foram montadas em duplicata.

Sub-amostras de solo foram coletadas das unidades experimentais aos 7, 14, 21, 32, 40, 60 dias para a determinação do pH em água (1:2,5). As sub-amostras de solo da última coleta também foram caracterizadas quimicamente (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1. Quantidades de carbonato de cálcio, agrosilício e calcário, aplicados no solo utilizado no experimento

Doses dos corretivos	Porcentagem de Saturação	Carbonato de Cálcio		Agrosilício		Calcário	
	%	t ha ⁻¹	g/vaso	t ha ⁻¹	g/vaso	t ha ⁻¹	g/vaso
1	56	1,70	1,21	2,63	1,88	2,07	1,48
2	58	1,86	1,33	2,88	2,06	2,27	1,62
3	60	2,02	1,45	3,13	2,23	2,46	1,76
4	62	2,18	1,56	3,38	2,41	2,66	1,90
5	65	2,34	1,68	3,63	2,59	2,86	2,04
6	67	2,51	1,79	3,88	2,77	3,06	2,18
7	69	2,67	1,91	4,13	2,95	3,25	2,32
8	71	2,83	2,02	4,38	3,13	3,45	2,47

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas do Argissolo Acinzentado Distrófico antes da incorporação dos corretivos mostraram tratar-se de um solo com acidez média, com baixos teores de cálcio e potássio, alto teor de magnésio, teor de fósforo médio e CTC média, segundo Lopes & Guidolin (1989).

Analisando os valores de pH do solo incubado com doses crescentes de carbonato de cálcio em função do tempo de incubação, observa-se que com sete dias de incubação todas as unidades experimentais apresentaram valores de pH maiores, quando comparados com o pH original do solo (5,2). Na segunda coleta, aos 14 dias de incubação, observou-se uma diminuição nos valores do pH tendo estes, em geral, apresentado pequenos aumentos até os 32 dias para, então, diminuir aos 40 dias de incubação (Figura 1). Segundo Assis et al. (2007), este

comportamento pode estar relacionado ao baixo tamponamento do solo arenoso, em que o efeito do corretivo diminui quando o pH atinge valores elevados.

As amostras de solo que receberam doses crescentes de calcário e de agrosilício apresentaram valores de pH também maiores que o pH 5,2, original do solo, corroborando com Prado & Fernandes (2000) e Assis et al. (2007). Neste caso os valores do pH foram crescentes ao longo do tempo, até aos 40 dias de incubação; após este período houve uma diminuição dos valores de pH das amostras de solo que receberam calcário, e naquelas amostras de solo que receberam o agrosilício, os valores de pH se estabilizaram (Figuras 2 e 3). Isto confirma o fato de que, após uma calagem, é necessário um tempo, no mínimo de trinta dias, para que o pH do solo se estabilize, ou seja, que a acidez seja neutralizada como o esperado.

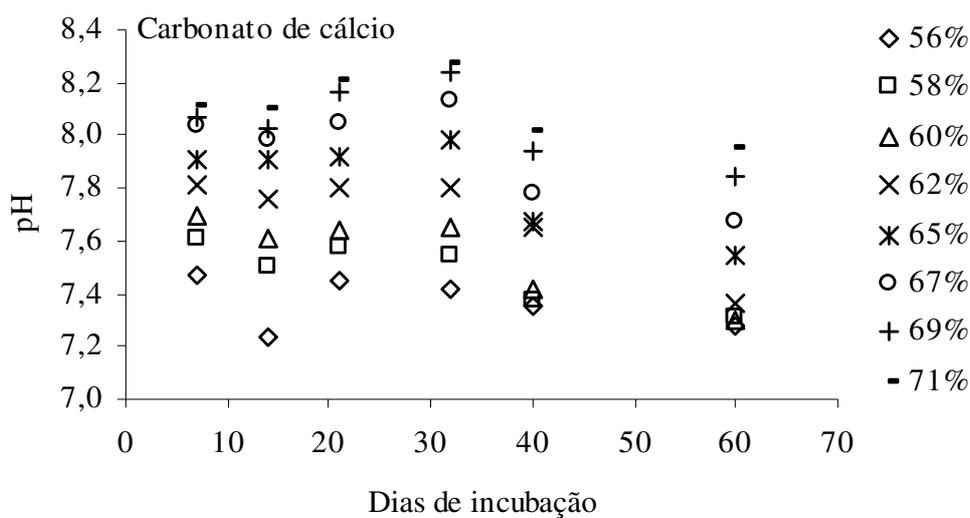


Figura 1. Variação do pH do solo incubado com doses crescentes de carbonato de cálcio em função do período de incubação

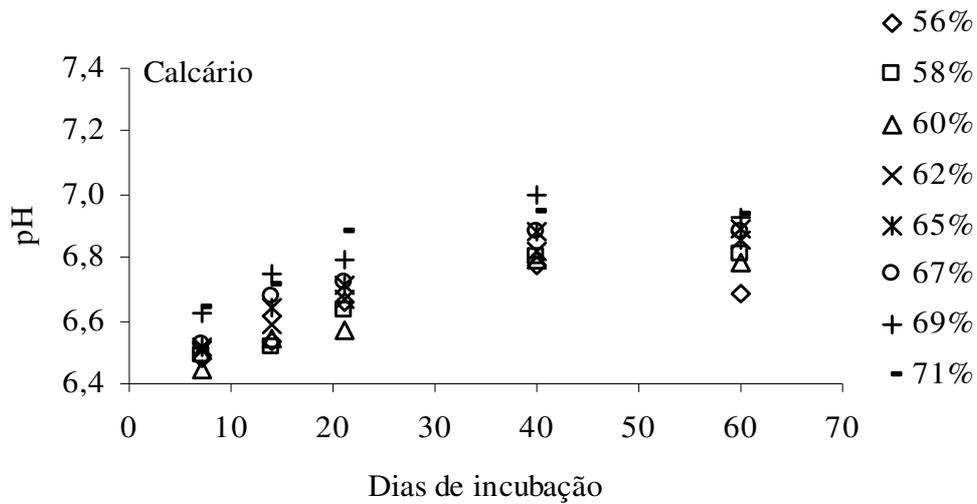


Figura 2. Variação do pH do solo incubado com doses crescentes de calcário dolomítico em função do período de incubação.

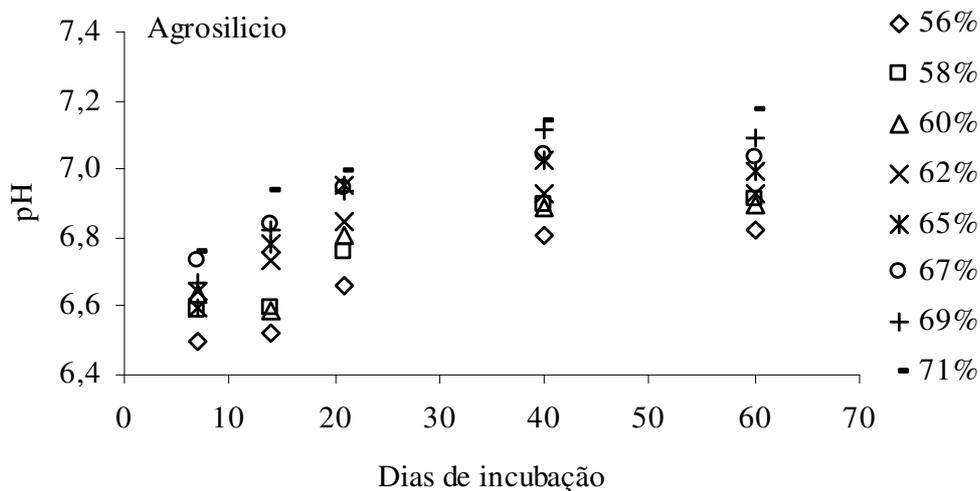


Figura 3. Variação do pH do solo incubado com doses crescentes de agrosilício em função do período de incubação.

Ao contrário do que foi observado por Fázio & Gutierrez (1989) e Fortes (1993), aparentemente, a reação de neutralização da acidez pelo agrosilício, foi mais rápida do que aquela ocorrida pelo calcário. Pode-se observar nas Figuras 2 e 3 que, após 21 dias de incubação, os valores de pH das amostras de solo que receberam agrosilício eram ligeiramente mais elevados do que aqueles obtidos com o calcário, com o mesmo período de incubação.

Os valores de pH obtidos após 40 dias de incubação nas unidades experimentais que receberam carbonato de cálcio, independente das doses utilizadas,

foram maiores do que aqueles obtidos com a aplicação de calcário e agrosilício (Figura 4). Estes dois corretivos, tendo o carbonato de cálcio como referência, não tiveram bom desempenho quanto ao aumento de pH corroborando com Louzada (1987), Nolla & Korndörfer (2007) e Araujo et al. (2007), o que não era de se esperar, pois as doses empregadas destes corretivos foram equivalentes em CaCO_3 . No entanto, todos os valores de pH aumentaram em função das doses utilizadas, apesar deste aumento ter sido mais pronunciado utilizando-se carbonato de cálcio (FOLTRAN; CRUSCIOL, 2007).

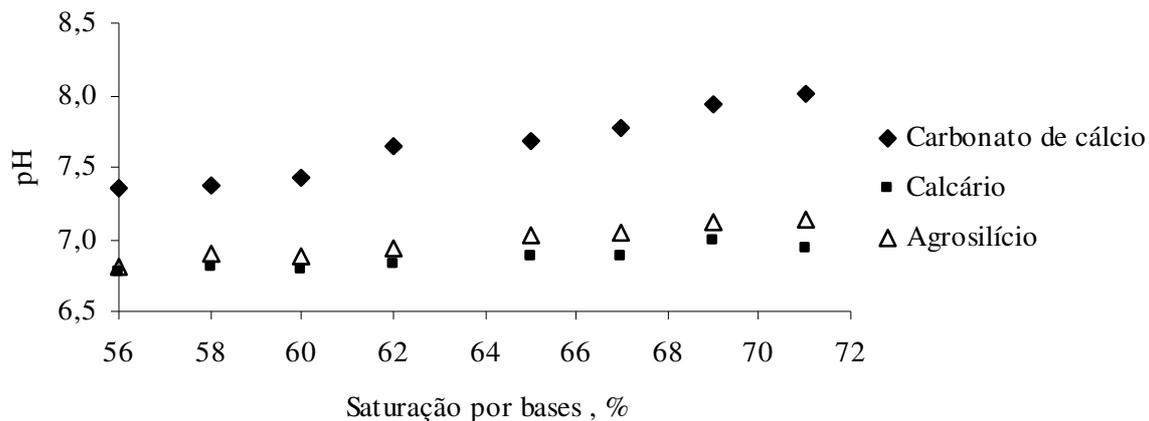


Figura 4. Variação do pH do solo após 60 dias de incubação em função das doses crescentes dos corretivos

Os valores de pH das unidades experimentais que receberam o agrosilício foram superiores àqueles das unidades experimentais que receberam o calcário discordando de Rezende et al. (2007) e Prado et al. (2002), os quais observaram que as escórias são pouco menos eficientes que o calcário na elevação do pH do solo. No entanto, a diferença entre os valores de pH das unidades experimentais que receberam o calcário e o agrosilício foi pequena, condição esta expressa com clareza na Figura 4. Isto mostra que os dois corretivos apresentam efeitos semelhantes na correção da acidez do solo, o que também foi observado por Fonseca et al. (2007) e Crusciol et al. (2007). Segundo Alcarde (1992), o efeito do agrosilício na reação do solo, deve ter ocorrido devido à neutralização dos prótons (H^+) pelo ânion silicato (SiO_3^{-2}), presente no solo decorrente do processo de solubilização deste produto.

Considerando que o agrosilício apresentou comportamento semelhante ao do calcário quanto à elevação do pH, que o mesmo possui silício em sua composição e que a presença deste elemento no solo tem apresentado efeito benéfico, principalmente em gramíneas como cana-de-açúcar, arroz e sorgo, controlando estresses bióticos e abióticos (KORNDÖRFER et al., 2004), aparentemente, parece ser possível a substituição do calcário pelo agrosilício. No entanto, como os resultados na literatura ainda são contraditórios à respeito do aumento de produção das culturas com o uso de agrosilício (ZANÃO JÚNIOR et al., 2007; ALOVISI et al., 2007; CASTRO; CRUSCIOL, 2007), faz-se necessário continuar os estudos nesta linha de pesquisa. Também é importante que seja avaliada sua viabilidade econômica considerando os benefícios a serem obtidos com seu uso como corretivo de acidez e como fonte de silício para as culturas.

A aplicação dos corretivos ao solo aumentou os teores de Ca + Mg corroborando com Prado et al. (2003) e Rezende et al. (2007). Este aumento ocorreu de forma semelhante, tendo os teores de Ca + Mg variado de 2,65 a 3,04 $cmol_c kg^{-1}$ com a aplicação do agrosilício e de 2,60 a 2,99 $cmol_c kg^{-1}$ com a aplicação de calcário. Isto,

provavelmente, deve-se ao fato dos dois corretivos terem em sua composição porcentagens de CaO e MgO semelhantes. Os teores de potássio no solo, praticamente não foram alterados com a aplicação dos corretivos, tendo variado de 0,05 a 0,07 $cmol_c kg^{-1}$. Desta forma, a relação K ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)^{-0,5}, proposta por Castro & Meneghelli (1989) para avaliar a probabilidade de resposta da produção de culturas em razão desta relação, que antes da incorporação dos corretivos era de 0,046, após o período de incubação, diminuiu variando em torno de 0,030 e de 0,040 com a aplicação do agrosilício e do calcário, respectivamente. Segundo Reis Junior (2001), estes valores, para a cultura de cana-de-açúcar, são muito baixos, uma vez que relações K ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)^{-0,5} no solo inferiores a 0,2547 estão associadas a probabilidades de resposta da produção à adubação potássica superiores a 75%. Isto indica que, a aplicação de agrosilício no solo em estudo, o qual se encontra sob plantio de cana-de-açúcar, exigirá uma adubação potássica ainda maior, ou seja, em quantidades necessárias para elevar a relação K ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)^{-0,5} a 0,3330, valor este considerado crítico, em torno do qual pequenos aumentos da relação K ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)^{-0,5} resultam em grandes reduções da probabilidade de resposta à adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar (REIS JUNIOR, 2001).

O comportamento do fósforo disponível (P) em função das doses crescentes dos corretivos é mostrado na Figura 5. Com base no teor inicial de P no solo, 15 $mg dm^{-3}$, pode-se dizer que, em geral, o mesmo diminuiu com a aplicação dos corretivos, contrariando o que foi observado por Prado & Fernandes (2001). Assim, o efeito da calagem sobre a diminuição da adsorção de P não foi observado, podendo isto ser decorrente de diferentes causas. Segundo Haynes (1984), por exemplo, os polímeros de hidróxidos de alumínio formados com a calagem, apresentam alta afinidade pelo P, aumentando a adsorção do elemento. Essa adsorção também pode ser consequência da diminuição do potencial eletrostático do plano de adsorção decorrente do aumento de cátions, por exemplo, do cálcio na superfície negativamente carregada (NOVAIS; SMYTH, 1999).

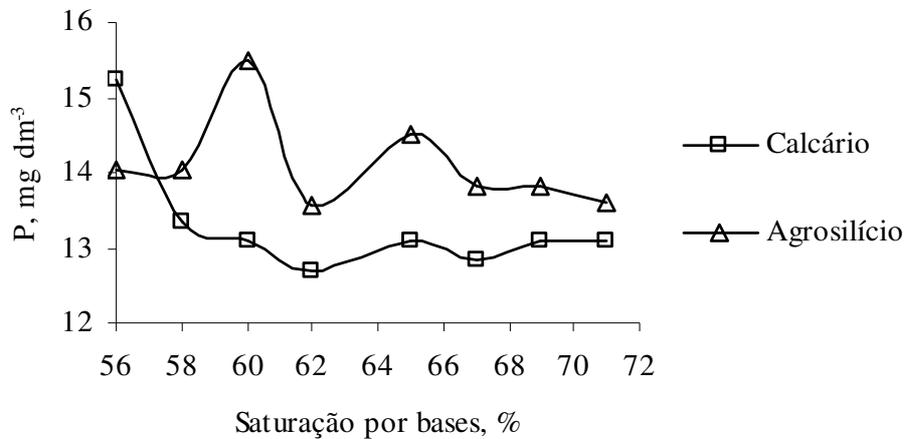


Figura 5. Variação do P disponível no solo após 60 dias de incubação em função das doses crescentes dos corretivos

O fato de não ter sido aplicado fósforo ao solo, também pode ter contribuído para que não houvesse o efeito positivo do silicato sobre o P disponível no solo, uma vez que, nos trabalhos em que este efeito foi observado, o fósforo e alguma fonte silicatada foram aplicados conjuntamente no solo. Neste caso, os sítios de adsorção de P podem ter sido bloqueados pelo ânion silicato aumentando o P disponível do solo (LOPES, 1977). No presente trabalho, os sítios de adsorção já deveriam estar saturados com o P existente no solo, evitando, assim, o efeito positivo do ânion silicato sobre a sua disponibilidade.

Comparando o efeito do calcário e do agrosilício quanto à disponibilidade de P, apesar de todos os teores de P estarem abaixo do teor inicial (15 mg dm⁻³), observa-se que a partir da segunda dose destes corretivos, as amostras de solo que receberam o agrosilício apresentaram teores de P disponível mais elevados em relação aquelas que receberam calcário, corroborando com Prado & Fernandes (2001) e Crusciol et al. (2007). A maior eficiência do agrosilício em manter os teores de P disponível no solo mais elevados do que o calcário, pode ter sido decorrente de algum efeito do silicato contido no agrosilício, exercendo uma competição dos ânions de silicato com o P pelos mesmos sítios de adsorção (Smith & Sanchez, 1980), ou do efeito do pH, propriamente dito.

CONCLUSÕES

Todos os corretivos foram eficientes na correção da acidez do solo, especialmente quando se utilizou o agrosilício.

Os teores de Ca + Mg aumentaram em função das doses crescentes dos corretivos, diminuindo a relação K (Ca²⁺ + Mg²⁺)^{-0,5}.

A reação de neutralização da acidez do solo foi mais rápida com o uso do agrosilício.

Os teores de P disponível no solo não aumentaram em função da aplicação dos corretivos ao solo

AGRADECIMENTO

Agradecemos à empresa RECMIX do Brasil S/A pela doação do agrosilício utilizado na pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. **Corretivo de acidez do solo: características e interpretações**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1992. 26 p. (Boletim Técnico, 6).

ALOVISI, A.M.T.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; CARNEIRO, L.F.; ALOVISI, A.A.; RIGOTTI, M. Efeito da aplicação de silício e fósforo em solo arenoso cultivado com arroz em casa de vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2007. p.240-2473.

ARAÚJO, L.S.; MARÇAL, H.T.; CORREIA, J.P.T. Viabilidade do uso da escória transformada com corretivo de acidez do solo e fonte de silício para as plantas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2007. p.111-113.

ASSIS, M.H.S.; PEREIRA, H.S.; BARBOSA, N.C.; CARNEIRO, M.A.C.; PAIVA, J.B. Formas de aplicação

de fertilizante silicatado e seus efeitos no solo e na produção de sorgo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007, CD Rom.

CASTRO A.F.; MENEGHELLI, N.A. As relações $K^+/Ca^{2+} + Mg^{2+})^{1/2}$ e $K^+/Ca^{2+} + Mg^{2+}$ no solo e as respostas a adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.6, p.751-760, 1989.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Efeito da aplicação superficial de calcário e silicato na cultura da soja. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2007. p.191-194.

CRUSCIOL, C.A.C.; PULZ, A.L.; LEMOS, L.B.; SPRATTO, R.P. Adubação silicatada e estresse hídrico em batata. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2007. p.218-221.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1997. 212p.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; CAMPOS, M.L. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.537-544, 2000.

FASSBENDER, H.W. **Química de suelos com ênfasis em suelos de América Latina**. 2.ed. San José: Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura, 1987. 420p.

FÁZIO, P.I.; GUTIERREZ, A.S.D. **Uso de corretivos de acidez do solo comercializados no Estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, 1989. 27p. (Boletim Técnico, 12).

FOLTRAN, R.; CRUSCIOL, C.A.C. Aplicação superficial de calcário e silicato de cálcio associado ou não ao gesso em soqueira de cana-de-açúcar sem queima prévia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2007. p.195-198

FONSECA, I.M.; PRADO, R.M.; VIDAL, A.A.; NOGUEIRA, T.A.R. Efeito da escória de siderurgia e do calcário na disponibilidade de silício no solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2007. p.26-29.

FORTES, J.L.O. **Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 66p. Dissertação de Mestrado.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. **Advance Agronomy**, Madison, 37:249-315, 1984.

KORNDÖRFER, G.H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L.A. **Aplicação de silicatos no solo**. <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Fontes%20de%20Si/fontes.htm>, acessado em 21/9/2007.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na Agricultura**. Uberlândia: GPSi/ICIA/UFU, 2004. 28p. (Boletim Técnico, 1).

LEITE, P.C. **Interação silício-fósforo em latossolo roxo cultivado com sorgo em cada de vegetação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 87p. Tese de Doutorado.

LOPES, M.S. **Relações entre o pH e a adsorção de fósforo e silício em solos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977. 45p. Dissertação de Mestrado

LOPES, A.S.; GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações**. 2.ed. São Paulo: Comitê de Pesquisa/Técnico/ANDA, 1989. 64p.

LOUZADA, P.T.C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 52p. Dissertação de Mestrado.

NOLLA, A. KORNDÖRFER, G.H. Produção de cana-de-açúcar e correção da acidez de um Neossolo submetido à aplicação de carbonato e silicato de cálcio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2007. p.30-33.

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

ORLANDO FILHO, J.O.; BITTENCOURT, V.C.; CARMELLO, Q.A.C.; BEAUCLAIR, E.G.F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.14, n.5, p.13-17, 1996.

PAIVA, P.J.; VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E.; FAQUIN, V. Acidificação de um latossolo roxo do estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.1, p.71-75, 1996.

- PRADO, R.M.; COUTINHO, E.L.M.; ROQUE, C.G.; VILLAR, M.L.P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.4, p.539-546, 2002.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade de fósforo no Latossolo Vermelho-Escuro e na Areia Quartzosa. **Revista de Agricultura**, v.74, n.2, p.235-242, 1999.
- 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**, v.57, n.4, p.739-744, 2000.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1199-1204, 2001.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil: estudos na cultura da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 67p, 2001.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.2, p.287-296, 2003.
- RAIJ, B. van. **Disponibilidade de potasio em solos do Brasil**. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILII, O.; USHERWOOD, N.R. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.67-76.
- REIS JUNIOR, R.A. probabilidade de resposta da cana-de-açúcar à adubação potássica em razão da relação $K^+(Ca^{+2} + Mg^{2+})^{-0,5}$ do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1175-1183, 2001.
- REZENDE, L.; SOUZA, I.; BARROS, N.; MILAGRES, J. Eficiência agronômica do agrosilício, comparativamente ao calcário dolomítico, na correção do solo e na disponibilidade de Ca e Mg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBSC, 2007, CD Rom.
- SMYTH, T.J.; SANCHEZ, P.A. Effects of lime, silicate, and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, n.3, p.500-505, 1980.
- SOUZA, C.M. **Uso de escória siderúrgica no cultivo de cana**. [http://www.jornalcana.com.br/conteúdo/noticia.asp?area=Tecnologia + Agrícola & seção...](http://www.jornalcana.com.br/conteúdo/noticia.asp?area=Tecnologia+Agrícola+%26+seção...) acessado em 21/09/2007.
- ZANÃO JÚNIOR, L.A.; FONTES, R.L.F.; ÁVILA, V.T. Doses de Si e Mn aplicadas em arroz cultivado num Latossolo Vermelho em casa de vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4, 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2007. p.244-247.