

## NOTAS CIENTÍFICAS

### **Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar<sup>(1)</sup>**

Renato de Mello Prado<sup>(2)</sup> e Francisco Maximino Fernandes<sup>(3)</sup>

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da escória de siderurgia e calcário na concentração do P disponível em um Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), em Ituverava, SP. Foram aplicados calcário calcítico e a escória de siderurgia, objetivando elevar a saturação por bases a 50%, 75% e 100%, e usou-se testemunha (sem correção). O efeito linear da escória de siderurgia no P disponível do solo, em contraste com a ausência de relação quando se aplicou calcário, sugere que o efeito positivo da escória de siderurgia se deve mais ao efeito do silicato, de saturar os sítios de adsorção de P, do que ao efeito de aumento do pH.

Termos para indexação: *Saccharum*, calagem, pH, fósforo disponível.

### **Effect of slag and limestone on the availability of phosphorus of an Oxisol planted with sugarcane**

Abstract – The aim of this work was to evaluate the effect of slag and limestone, on the available P concentration of the soil planted with sugarcane. A field experiment was conducted in Ituverava, SP, Brazil, in a Red-Yellow Oxisol. Calcitic limestone and the slag were added in order to increase the base saturation to 50%, 75% and 100%, in addition to the control without correction. The linear effect of the slag on the soil available P, contrasting the lack of relationship when the limestone was applied, suggests that the positive effect of the slag is mainly due to the silicate effect than to the pH effect.

Index terms: *Saccharum*, liming, pH, available phosphorus.

A reação ácida e as baixas concentrações de P disponível em solos tropicais limitam a produtividade das culturas. Portanto, estes solos requerem altas quantidades de fertilizantes fosfatados para manter a produtividade das culturas em níveis economicamente sustentáveis.

O P no solo tem sido amplamente estudado, em relação aos métodos de amostragem de terra, melhores extratores de P, fontes eficientes, e modos de

---

<sup>(1)</sup> Aceito para publicação em 20 de novembro de 2000.

Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Ilha Solteira, SP.

<sup>(2)</sup> Unesp, FCAV, Dep. de Solos e Adubos, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14870-000 Jaboticabal, SP. Bolsista da Fapesp. E-mail: [rmprado@fcav.unesp.br](mailto:rmprado@fcav.unesp.br)

<sup>(3)</sup> Unesp, FEIS, Dep. de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Caixa Postal 31, CEP 15385-000 Ilha Solteira, SP. E-mail: [maximino@agr.feis.unesp.br](mailto:maximino@agr.feis.unesp.br)

aplicação do P ao solo. Além disso, uma das formas para aumentar a eficiência da fertilização fosfatada seria a utilização de ânions (silicatos) competidores com fosfato pelos mesmos sítios de adsorção do solo (Fassbender, 1987).

Uma das fontes mais abundantes e de baixo custo dos silicatos no Brasil é a escória de siderurgia, resíduo da fabricação do ferro-gusa e do aço, constituída quimicamente de um silicato de cálcio. Embora exista a wollastonita, provinda de uma rocha, com extração semelhante à do calcário, não é explorada comercialmente no Brasil. Sua comercialização depende de importações.

A maioria das pesquisas desenvolvidas no Brasil com a escória analisou apenas seu efeito corretivo e como fonte de alguns nutrientes presentes na sua constituição (Gomes et al., 1965; Fortes, 1993; Piau, 1995). No entanto, são escassos os trabalhos que avaliaram o efeito destes resíduos no P disponível do solo. Tratando-se de um produto conhecido como corretivo de acidez, torna-se difícil afirmar se os ganhos na redução da adsorção do P são uma ocorrência apenas do incremento do pH ou do efeito do silicato em deslocar ou saturar os sítios de adsorção de P do solo. Há, portanto, a necessidade de isolar o efeito do pH do efeito do silicato.

Este trabalho teve por objetivo avaliar sob condições de campo o efeito da escória de siderurgia, comparado ao calcário na concentração do P disponível de um Latossolo Vermelho-Amarelo e seu efeito na produção da cana-de-açúcar.

O trabalho de campo foi realizado na área experimental da Fazenda Nossa Senhora Aparecida, no Município de Ituverava, SP, cujo clima é mesotérmico tipo Cwa, pelo sistema Köppen, em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico (Embrapa, 1988), cujas características químicas (0-20 cm) eram: matéria orgânica, 24 g dm<sup>-3</sup>; pH em CaCl<sub>2</sub>, 4,6; P-resina, 5 mg dm<sup>-3</sup>; K, 0,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca, 8,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg, 5,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al, 34,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V, 26%, avaliadas segundo Raij & Quaggio (1983).

A escória de siderurgia utilizada foi de aciaria básica da siderúrgica Dedini, produtora de aço, do Município de Piracicaba, SP, cujas características químicas eram: Cu, 0,4 g kg<sup>-1</sup>; Zn, 0,9 g kg<sup>-1</sup>; B, 0,3 g kg<sup>-1</sup>; Mn, 24,7 g kg<sup>-1</sup>; Fe, 261,8 g kg<sup>-1</sup>, analisados em extrato de DTPA, exceto o B, que foi por água quente; CaO, 252 g kg<sup>-1</sup>; MgO, 25 g kg<sup>-1</sup>; PN, 51,4%; RE, 79,4%; PRNT, 41,0%. O teor de SiO<sub>2</sub> total era de 280 mg dm<sup>-3</sup>, extraído com HCl 6M, determinado por espectrometria de emissão atômica, conforme Valadares et al. (1974). Foi utilizado calcário calcítico com as seguintes características: CaO, 372 g kg<sup>-1</sup>; MgO, 27 g kg<sup>-1</sup>; PN, 87,8%; RE, 73,3% e o PRNT, 64,0%. Este calcário foi escolhido por apresentar um teor de Mg semelhante ao da escória.

Os tratamentos, em quatro repetições, foram dispostos em blocos casualizados, combinando duas fontes de corretivos: calcário calcítico e escória de siderurgia, e quatro níveis de correção: a testemunha sem correção, além das doses para elevar a saturação por bases a 50%, 75% e 100%, correspondendo, respectivamente, em equivalente a CaCO<sub>3</sub> em 1,23, 2,52 e 3,8 t ha<sup>-1</sup>, e considerando o PRNT de cada corretivo as doses corresponderam, para o calcário, 1,92, 3,92 e 5,93 t ha<sup>-1</sup>, e para a escória de siderurgia, 3,0, 6,12 e 9,27 t ha<sup>-1</sup>.

Nos tratamentos com calcário, aplicaram-se os micronutrientes Cu, Zn e B nas doses de 5,91, 8,63 e 3,28 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para o V% igual a 50, e assim proporcionalmente para o V% igual a 75 e 100. Este procedimento

objetivou equilibrar o teor destes micronutrientes dos tratamentos com calcário com os da escória, que apresenta em sua composição tais nutrientes. Como fontes, usaram-se o sulfato de cobre, o sulfato de zinco e o ácido bórico.

A aplicação da escória de siderurgia e do calcário obedeceu à seguinte seqüência: metade, aplicado a lanço, em área total, antes da aração; e a outra metade, aplicado a lanço, em área total, depois da aração e antes da gradagem. Posteriormente, realizou-se o plantio da cana-de-açúcar, variedade SP 80-1842 (cana de ano) de modo que cada parcela ficou constituída por seis linhas a espaços de 1,30 m com 7,5 m de comprimento, sendo as quatro linhas centrais a área útil da parcela.

Como adubação básica, aplicaram-se no sulco de plantio, em todos tratamentos, 79,4 kg ha<sup>-1</sup> de P (superfosfato simples), 52 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia), e 86,3 kg ha<sup>-1</sup> de K (cloreto de potássio). Na mesma ocasião, foi aplicado inseticida para o controle de pragas. Em cobertura, utilizaram-se 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia), e 49,8 kg ha<sup>-1</sup> de K (cloreto de potássio), aos 42 dias após o plantio. Na cana-soca, foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de N e 124,5 kg ha<sup>-1</sup> de K, aos 30 dias após a emergência dos brotos, incorporados em sulco raso a 40 cm da linha plantada. Após cada colheita, aos 12 e aos 24 meses após a aplicação dos corretivos ao solo, retiraram-se 15 subamostras de solo por parcela, para compor a amostra composta da camada de 0-20 cm de profundidade, nas entrelinhas da parcela útil, e o teor de P disponível extraído com resina, conforme Raij & Quaggio (1983).

Os resultados foram submetidos a análise de variância, e em seguida, foram utilizados modelos estatísticos lineares.

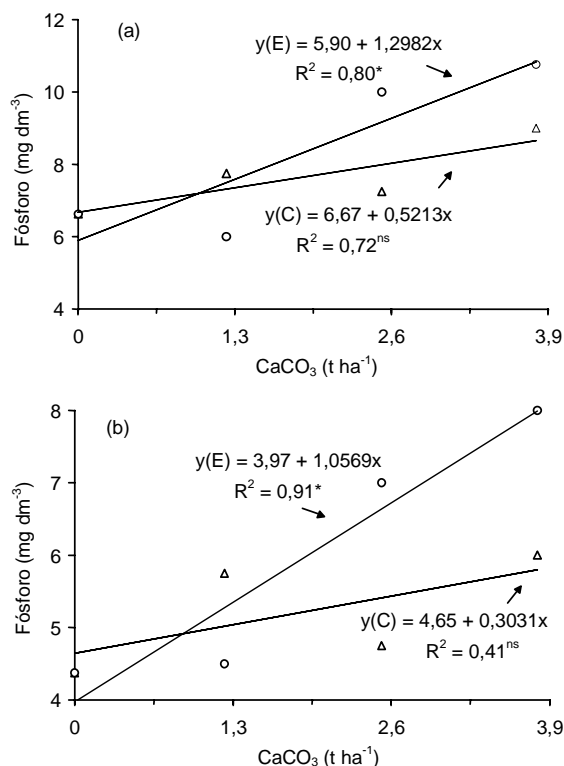
Pela análise de variância, observou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) das doses dos corretivos na concentração do P disponível do solo nas duas épocas de amostragem, ou seja, aos 12 e 24 meses após a incorporação dos corretivos. Portanto, avaliou-se, pelas regressões, separadamente, a relação entre as doses de calcário e da escória na concentração do P disponível do solo (Figura 1).

A aplicação da escória de siderurgia incrementou os níveis de P disponível do solo, de maneira linear ( $P < 0,05$ ), ao passo que a aplicação do calcário não apresentou uma relação significativa, tanto aos 12 como aos 24 meses após a aplicação (Figura 1). Esta falta de relação da aplicação do calcário e do P disponível do solo foi também observada por Haynes (1982). Ressalta-se, ainda, que tanto o calcário como a escória apresentaram um efeito linear semelhante na redução da acidez potencial ( $y_{(\text{Escória})} = 25,72 - 3,2144x$ ,  $R^2 = 0,95^{**}$  e  $y_{(\text{Calcário})} = 26,24 - 2,9241x$ ,  $R^2 = 0,93^{**}$ ), e na elevação da saturação por bases do solo ( $y_{(\text{Escória})} = 52,83 + 8,4030x$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$  e  $y_{(\text{Calcário})} = 54,24 + 6,8585x$ ,  $R^2 = 0,93^{**}$ ), tendo em vista que a aplicação de ambos os corretivos foram em equivalente a CaCO<sub>3</sub>. Entretanto, percebe-se a influência positiva da escória de siderurgia na concentração de P disponível do solo (Figura 1). Prado & Fernandes (1999) observaram resultados semelhantes em um experimento em vasos com dois solos, sendo que, na Areia Quartzosa, a escória foi superior ao calcário no aumento do P disponível, enquanto no Latossolo Vermelho-Escuro, ambos os corretivos aumentaram o P disponível, porém o tratamento com calcário necessitou de dose duas vezes maior em equivalente de CaCO<sub>3</sub>.

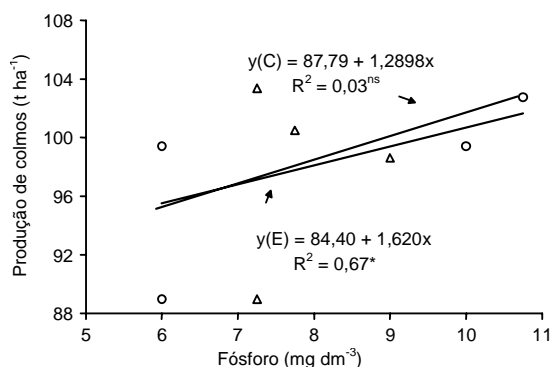
em relação à escória, para expressar o mesmo efeito, ou seja para atingirem o mesmo nível de P disponível do solo.

A maior eficiência da escória sobre o calcário no aumento do P disponível do solo relatado na literatura deve-se mais ao efeito do silicato contido na escória, exercendo uma competição dos ânions de silicato com o P pelos mesmos sítios de adsorção (Smyth & Sanchez, 1980), do que ao efeito do pH propriamente dito. 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 no solo e, sim, na saturação ou bloqueio destes sítios de adsorção de P pelo ânion silicato. De qualquer modo, estas hipóteses contrariam Baldeón (1995), que observou que o efeito do silicato no aumento do P disponível ocorre principalmente por influência da elevação do pH.

Em função dos efeitos dos tratamentos no P disponível do solo, optou-se em correlacionar o P determinado no solo com a produção de colmos da cana-planta. Houve uma relação direta linear entre as concentrações de P do solo e a produção de colmos apenas com a aplicação da escória (Figura 2). Portanto,



**Figura 1.** Concentração de P disponível (extraído com resina) em amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo (camada de 0-20 cm de profundidade) após 12 meses (a) e 24 meses (b) da aplicação do calcário (C) e de escória de siderurgia (E) (dados médios de quatro repetições).



**Figura 2.** Efeito da concentração de P disponível do solo (extraído com resina) na camada de 0-20 cm de profundidade na produção de colmos da cana-planta, em virtude da aplicação do calcário (C) e da escória de siderurgia (E) (dados médios de quatro repetições).

estes resultados confirmam o efeito linear da escória no aumento do P disponível, que, por sua vez, também levou a uma relação linear com a produção de colmos.

Os efeitos positivos do silicato no P disponível do solo foram encontrados também por Leite (1997), que indica a inclusão de silicatos em programas de adubação fosfatada em latossolos intemperizados, objetivando aumentar a eficiência da adubação fosfatada.

Os resultados sugerem que o efeito da escória de siderurgia no P disponível do solo se deve mais ao efeito do silicato do que ao efeito do pH. Portanto, o uso agrônomo da escória de siderurgia pode contribuir para aumentar a eficiência da adubação fosfatada em solos semelhantes ao estudado, com reflexo na produtividade das culturas.

## Referências

- BALDEÓN, J. R. M. **Efeito da ação alcalinizante e da competição entre silicato e fosfato na eficiência do termofosfato magnésiano em solos ácidos.** Piracicaba: Esalq, 1995. 88 p. Tese de Doutorado.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 1988. 122 p.
- FASSBENDER, H. W. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina.** 2. ed. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para Agricultura, 1987. 420 p.
- FORTES, J. L. O. **Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo.** Viçosa: UFV, 1993. 66 p. Dissertação de Mestrado.
- GOMES, A. G.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Comportamento de tipos de escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 24, p. 173-179, 1965.

HAYNES, R. J. Effects of liming on phosphate availability in acid soil. A critical review. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 68, p. 289-308, 1982.

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

LOPES, M. S. **Relações entre o pH e a adsorção de fósforo e silício em solos**. Porto Alegre: UFRGS, 1977. 45 p. Dissertação de Mestrado.

PIAU, W. C. **Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: USP-Cena, 1995. 124 p. Tese de Doutorado.

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**, Piracicaba, v. 74, n. 2, p. 235-242, 1999.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

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**, Madison, v. 44, n. 3, p. 500-505, 1980.

VALADARES, J. M. A. S.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Estudo de materiais calcários usados como corretivo no Estado de São Paulo: III. Determinação de Mo, Co, Cu, Zn, Mn e Fe. **Bragantia**, Campinas, v. 33, p. 147-152, 1974.