

USO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO CORRETIVO DE SOLO PARA A CULTURA DO FEIJÃO-VAGEM

LUIZ FERNANDO FAVARATO¹, CAETANO MARCIANO DE SOUZA²,
DARLAN NASCENTES CUNHA³, GUILHERME DE SOUSA PAULA³,
MATEUS ALVES DOS SANTOS³, MARIO JOSÉ DE OLIVEIRA DOS SANTOS³

Recebido em 15.10.2013 e aceito em 07.06.2014.

¹Pesquisador M.Sc. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). Centro Regional de Desenvolvimento Rural – Centro Serrano, Rodovia BR 262, Km 94, CEP 29.278.000, Domingos Martins, ES. e-mail: luiz.favarato@incaper.es.gov.br; ²Professor Adjunto D.Sc., Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Fitotecnia, Avenida P.H. Rolfs, s/no, Campus Universitário, CEP 36570-000 Viçosa, MG. e-mail: cmsouza@ufv.br; ³Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Fitotecnia, Avenida P.H. Rolfs, s/no, Campus Universitário, CEP 36570-000 Viçosa, MG. e-mail: darlannc@yahoo.com.br, guilherme_825@hotmail.com, mateus.vrbmg@gmail.com, mario.jose@ufv.br

RESUMO: Um dos maiores problemas do cultivo de feijão-vagem em solos ácidos é o elevado teor de alumínio e manganês trocáveis, o que prejudica o desenvolvimento das plantas. Dessa forma, uma das técnicas mais importantes a ser aplicada à cultura é o uso adequado dos corretivos agrícolas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de escória de aciaria na correção do solo, crescimento e produtividade do feijão-vagem. O estudo foi realizado em casa de vegetação, sendo disposto em um esquema fatorial 2x3, sendo o primeiro fator composto pelos solos de textura arenosa ou argilosa e o segundo por testemunha sem correção, correção com calcário dolomítico ou escória de aciaria. Fez-se uso de quatro repetições, seguindo um delineamento inteiramente casualizado, totalizando seis tratamentos e vinte e quatro unidades experimentais. A escória de aciaria, aplicada de forma equivalente ao calcário dolomítico, é capaz de corrigir os solos, elevando o pH para faixa de 5,5 a 6,5, fornecendo Ca²⁺ e Mg²⁺ e eliminando o alumínio trocável. A correção do solo arenoso com escória de aciaria proporciona um incremento de 80% na produtividade de vagens verdes, sendo semelhante à produtividade obtida com o solo corrigido com calcário dolomítico.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., calcário dolomítico, correção do solo

USE OF STEEL SLAG AS SOIL CORRECTIVE TO THE SNAP-BEAN CROP

ABSTRACT: One of the biggest problems of snap-bean growing on acidic soil is the high content of exchangeable aluminum and manganese, which undermines the development of the plants. Thus, one of the most important techniques to be applied to crop is the proper use of agricultural correctives. The objective of this work was to evaluate the effect of application of steel slag in the soil correction, productivity and growth of the snap-bean. The study was carried out in a greenhouse, organized in a 2 x 3 factorial scheme, being the first factor composed of sandy or clay texture soils and the second by control without correction, correction with dolomite lime or steel slag. It was used four repetitions, in a completely randomized design, with a total of six treatments and twenty-four experimental units. The Steel slag applied equivalently to dolomitic limes, is able to correct the soil, raising the pH to the range of 5.5 to 6.5, providing Ca²⁺ and Mg²⁺ and eliminating the exchangeable aluminum. The correction of sandy soil with steel slag provides an increase of 80% in productivity of green pods, being similar to the productivity gained from the soil corrected with dolomitic lime.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., dolomite lime, soil correction

INTRODUÇÃO

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) é a mais importante Fabacea no grupo das olerícolas. Difere do feijão comum por suas vagens serem colhidas ainda imaturas, sendo utilizadas na alimentação humana, tanto de maneira industrializada quanto in natura (Filgueira, 2000).

Está entre as hortaliças de maior comercialização, com produção média no Brasil em torno de 57 mil toneladas (IBGE, 2006). A comercialização é feita durante todos os meses do ano, sendo julho, agosto, setembro e outubro os meses de menor oferta do produto.

Um dos maiores problemas do cultivo de feijão-vagem em solos ácidos é o elevado teor de alumínio e manganês trocáveis, o que prejudica o desenvolvimento das plantas. Dessa forma, uma das técnicas mais importantes a ser aplicada à cultura é o uso adequado dos corretivos agrícolas. A aplicação de calcário traz grandes benefícios ao solo, pois eleva o pH, a saturação por bases, reduz o alumínio e o manganês trocáveis, fornece cálcio e magnésio e melhora as condições do solo para os microrganismos (Vale & Nakagawa, 1996).

Atualmente, o corretivo de acidez do solo mais utilizado é o calcário. Estudos têm começado a dar ênfase a um novo corretivo, que é um subproduto da fabricação do aço, conhecido como escória de aciaria.

As escórias são originadas da reação do calcário com a sílica (SiO_2) presente no minério de ferro, resultando num produto rico em silicato de cálcio (CaSiO_3) e silicato de magnésio (MgSiO_3). A reação de neutralização da acidez do solo, proporcionada pela aplicação da escória, ocorre pela dissociação do CaSiO_3 e do MgSiO_3 em Ca^{2+} , Mg^{2+} e SiO_3^{2-} , sendo que este último reage com H^+ da solução do solo, formando H_4SiO_4 , reduzindo, assim, sua acidez (Prezotti & Martins, 2012). Assim como para o calcário, a reatividade da escória varia conforme a granulometria, a dose e o tempo de contato com o solo. O silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio, presente nos calcários (Alcarde, 2005).

Estudos realizados por Prado & Fernandes (2000 e 2003) demonstraram que a escória, quando aplicada ao solo, aumenta o pH e reduz o H+Al. Incrementos na disponibilidade de P, Si, Ca e Mg foram observados por Prado et al. (2003). De acordo com Coelho (1998), gera-se, em média, uma tonelada de escória de alto forno para cada quatro toneladas de ferro-gusa produzidas.

O Brasil é o sexto maior produtor mundial de ferro-gusa, com produção anual de cerca de 25 milhões de toneladas, o que corresponde à geração de cerca de 6,25 milhões de toneladas de escória por ano (Medeiros et al., 2009). Minas Gerais é o maior produtor brasileiro, responsável por mais da metade de todo o ferro-gusa e do aço produzidos nacionalmente.

A elucidação das vantagens propiciadas pelo uso dos resíduos, no que tange à conservação ambiental, diminuição de custos industriais com aterros, redução nos custos de manutenção de culturas agrícolas, aumentos de

produtividade das mesmas e respostas positivas na qualidade de solos agricultáveis, têm resultado em aumento na procura e uso das escórias industriais no Brasil (Sousa et al., 2010).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de escória de aciaria na correção do solo e no crescimento e na produtividade do feijão vagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação, no período de janeiro a abril de 2011, sendo disposto em um esquema fatorial 2x3, sendo o primeiro fator composto pelos solos de textura arenosa ou argilosa e o segundo por testemunha sem correção, correção com calcário dolomítico ou com escória de aciaria. Fez-se uso de quatro repetições, seguindo o delineamento inteiramente casualizado, totalizando seis tratamentos e vinte e quatro unidades experimentais. Os solos utilizados foram um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (argiloso) e um Neossolo Quartzarênico (arenoso) (EMBRAPA, 2006).

As unidades experimentais consistiram de vasos com capacidade para seis litros de solo. Determinou-se a quantidade de calcário dolomítico a ser aplicada em cada vaso utilizando-se método de saturação por bases, objetivando-se atingir 70% de saturação. Para determinar as quantidades de escória de aciaria a serem aplicadas, tomou-se como referência as quantidades equivalentes de CaO (óxido de cálcio) veiculadas com a dose de calcário dolomítico determinada. Após a aplicação dos tratamentos, foi realizada incubação dos vasos com solo por 30 dias. Durante este período, a umidade foi mantida próxima a 80% da retenção máxima para cada tipo de solo.

Após o período de incubação, foram retiradas amostras simples de solo de cada vaso para compor uma amostra composta para cada tratamento. As amostras foram enviadas para o laboratório de análise de solo para determinação dos atributos químicos pH em água, Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} .

Passado o período de incubação dos solos, foi feita a adubação de plantio com a aplicação de 1,00 g vaso⁻¹ de sulfato de amônio, 10,00 g vaso⁻¹ de superfosfato simples e 1,00 g vaso⁻¹ de cloreto de potássio. Após o

transplântio do feijão-vagem, foram realizadas adubações de cobertura aos 15, 30 e 45 dias, com 1,00 g vaso⁻¹ de sulfato de amônio e 1,00 g vaso⁻¹ de cloreto de potássio.

Para o transplântio, foram utilizadas mudas de feijão-vagem da cultivar 'Macarrão Baixo', com hábito de crescimento determinado e ciclo de colheita de 60 dias após o plantio, com vagens cilíndricas de coloração verde.

Aos 70 dias após o transplântio, foi feita a colheita das vagens e determinados o número de vagens por planta e a massa fresca de vagens. Após a colheita das vagens, a parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo e foram determinadas a massa fresca e a massa seca total (parte aérea mais vagens).

Os dados provenientes das avaliações do feijão-vagem foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Tukey $p < 0,05$, utilizando-se o sistema computacional de análises estatística SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de calcário dolomítico e escória de aciaria elevou o pH dos solos incubados durante 30 dias, saindo de valores próximos a 4,00 unidades de pH e atingindo valores de 5,50 e 6,00, no solo de textura argilosa, para calcário dolomítico e escória de aciaria, respectivamente (Figura 1). Para o solo de textura arenosa, observa-se que o pH inicial apresentava valor próximo a 5,50, passando a 6,10 e 6,60 após a incubação por 30 dias, com a aplicação de calcário dolomítico e escória de aciaria, respectivamente.

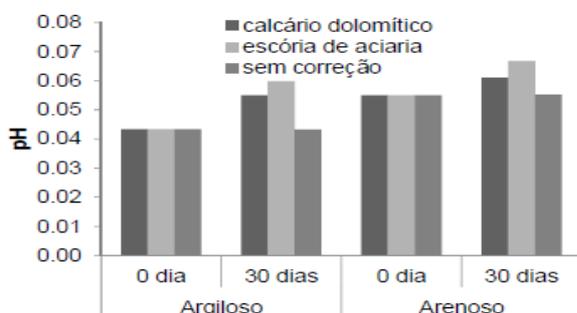


Figura 1. Valores de pH em solo argiloso e arenoso antes e após a incubação por 30 dias com calcário dolomítico e escória de aciaria.

Os efeitos da escória de aciaria na neutralização da acidez do solo foram, também, constatados por Prado e Fernandes (2001), em Latossolo Vermelho-Amarelo; por Prado et al. (2003), em Argissolo Vermelho-Amarelo; e por Barbosa et al. (2008), em Neossolo Quartzarênico. Alcarde (2005) e Pavan & Oliveira (1997) atribuem a elevação do pH, com o uso da escória de aciaria e do calcário, ao decorrente aumento da concentração de hidroxilas, redução da concentração de H^+ em solução e precipitação do alumínio, na forma de $Al(OH)_3$. Este fato é comprovado pelos resultados apresentados na FIGURA 2, sendo que, após a incubação dos solos por 30 dias com calcário dolomítico e escória de aciaria, não foi identificada a presença de Al^{+3} na solução do solo.

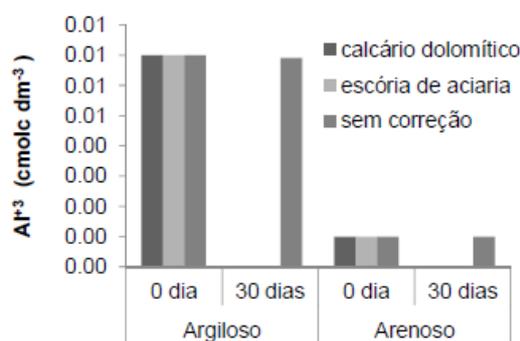


Figura 2. Valores de Al^{+3} na solução do solo argiloso e arenoso antes e após a incubação por 30 dias.

A aplicação da escória e do calcário resultaram em aumento das concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} para ambos os solos (FIGURAS 3 e 4), confirmando a reação dos materiais corretivos com os mesmos, durante o período de incubação. Korndörfer et al. (2010), ao estudar o efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo, concluiu que o silicato de cálcio aumentou o pH, as concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} , a saturação por bases do solo e reduziu o teor de alumínio, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

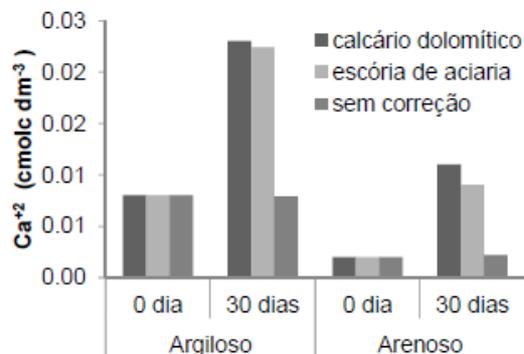


Figura 3. Valores de Ca²⁺ na solução do solo argiloso e arenoso antes e após a incubação por 30 dias com calcário dolomítico e escória de aciaria.

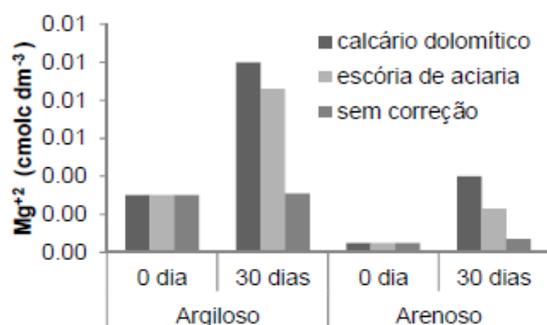


Figura 4. Valores de Mg²⁺ na solução dos solos argiloso e arenoso antes e após a incubação por 30 dias com calcário dolomítico e escória de aciaria.

O acréscimo nos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ é resultante da composição química do material utilizado, haja visto que no processo de fundição do aço, o Ca e o Mg oriundos do calcário e do silicato, participam das reações. Tais acréscimos foram mais expressivos para o solo de textura argilosa, atingindo valores de 2,30 e 1,00 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺ e Mg²⁺, respectivamente, com correção feita mediante aplicação de calcário dolomítico. Este fato pode ser explicado pela textura contrastante dos solos utilizados no experimento, visto que solos com textura argilosa apresentam maior capacidade de adsorver os cátions em questão, o que eleva os teores disponíveis no solo. No entanto, observa-se uma diferença pronunciada para os teores de Mg²⁺ em ambos os solos corrigidos, com maiores valores obtidos quando corrigidos com calcário dolomítico, atingindo diferenças da ordem de 16%

e 42% para os solos argiloso e arenoso, respectivamente.

A correção dos solos influenciou significativamente o número de vagens produzidas por planta, apresentando significância para a interação tipos de solo e correção com calcário dolomítico ou escória de aciaria e sem correção (Tabela 1). O número de vagens por planta apresentou-se semelhante para o solo arenoso corrigido com ambos os materiais. No entanto, foi 30% menor quando o solo não foi corrigido. Este resultado deve-se à alteração na relação fonte-dreno da cultura, visto que o solo não corrigido aparentou baixos valores de nutrientes e presença de alumínio trocável, após a incubação. Esta relação direta entre calagem e número de vagens por planta, já havia sido constatada por vários autores, em diferentes situações (RODRIGUES et al., 2002 e SOUZA et al., 2004b) e está, certamente, vinculada à maior disponibilidade de nutrientes, alterando as relações fonte-dreno e permitindo maior vingamento de flores e vagens (SOUZA et al., 2004a).

Tabela 1. Valores médios de número de vagens por planta de feijão-vagem.

Tratamento	Solo		Média
	Arenoso	Argiloso	
Calcário Dolomítico	22,00 aA ⁽¹⁾	25,50 aA	23,75
Escória de Aciaria	21,00 aA	25,25 aA	23,13
Testemunha	15,00 bB	29,50 aA	22,25
Média	19,33	26,75	23,04
CV% ⁽²⁾	15,80		

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey $p < 0,05$; ⁽²⁾ CV(%): coeficiente de variação.

Para o solo argiloso, observa-se que não houve diferença entre o número de vagens por planta, tanto para o solo corrigido quanto para o solo sem correção, indicando que, apesar de não ser corrigido, tal solo foi capaz de fornecer os nutrientes necessários para que não houvesse redução do número de vagens. Tais nutrientes podem ter sido fornecidos através da adubação de plantio, aplicada em cada vaso.

Os resultados de massa fresca de vagens por planta (Tabela 2) apresentaram-se de forma semelhantes aos resultados de número de vagens, sendo influenciados

significativamente pela interação entre tipos de solo e correção, com menores valores de massa fresca de vagens para o solo arenoso sem correção e não havendo distinção entre os solos corrigidos com ambos os materiais, caso não evidenciado para o solo argiloso, em que não houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 2. Valores médios de massa fresca de plantas de vagens de feijão-vagem.

Tratamento	Solo		Média
	Arenoso	Argiloso	
Calcário	77,72	aA ⁽¹⁾	79,20
Dolomítico	82,22	aA	79,84
Escória de Aciaria	45,10	bB	65,98
Testemunha	68,35	81,66	75,00
Média	15,19		
CV% ⁽²⁾			

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey $p < 0,05$; ⁽²⁾ CV(%): coeficiente de variação.

Considerando um espaçamento de plantio de 0,50 m x 0,25 m com duas plantas por cova (160.000 pl ha⁻¹), as produtividades de vagens verdes para o solo arenoso seriam 12.435 kg ha⁻¹ e 13.155 kg ha⁻¹, quando feita a correção com calcário dolomítico e escória de aciaria, respectivamente, sendo cerca de 70% e 80% superior à produção obtida no solo não corrigido.

Para os valores de massa fresca da parte aérea sem vagem (TABELA 3), observa-se que houve diferença significativa apenas para o solo argiloso, produzindo 23% e 41 % mais que o solo corrigido, respectivamente, com calcário dolomítico e escória de aciaria. O maior percentual de produção de massa fresca das plantas de feijão-vagem cultivadas em solo corrigido com escória de aciaria pode estar relacionado ao efeito do fornecimento de silício via escória. A ação benéfica do Si tem sido associada a diversos efeitos indiretos, dentre os quais, destacam-se o aumento na capacidade fotossintética, plantas mais eretas, redução da transpiração, aumento da resistência mecânica das células, maior resistência das plantas a certos insetos e doenças, diminuição do efeito tóxico do B, Mn, Fe e outros metais pesados, aumento da absorção e metabolismo de elementos, tais como o fósforo (Lana et al., 2003 e Gunes et al., 2007).

Tabela 3. Valores médios de massa fresca da parte aérea sem vagens de plantas de feijão-vagem, em gramas por planta.

Tratamento	Solo		Média
	Arenoso	Argiloso	
Calcário	47,30	aB ⁽¹⁾	55,37
Dolomítico	42,15	aB	56,79
Escória de Aciaria	39,28	aA	44,92
Testemunha	61,81	61,81	52,36
Média	31,49		
CV% ⁽²⁾			

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey $p < 0,05$; ⁽²⁾ CV(%): coeficiente de variação.

Neste sentido, as plantas de feijão-vagem que foram cultivadas na presença do silício apresentaram redução na taxa de transpiração (Agarie et al., 1998), o que proporcionou maior teor de água no tecido, conseqüentemente, elevando os valores de massa verde, visto que, os valores de massa seca total da parte aérea (Tabela 4) não apresentaram diferença significativa para aplicação de escória de aciaria em ambos os solos, diferindo apenas entre os tipos de solo.

Tabela 4. Valores médios de massa seca total da parte aérea de plantas de feijão-vagem.

Tratamento	Solo		Média
	Arenoso	Argiloso	
Calcário	31,93	31,68	31,80
Dolomítico	32,40	38,33	35,36
Escória de Aciaria	27,23	36,68	31,95
Testemunha	30,52	B ⁽¹⁾	33,04
Média	12,22		
CV% ⁽²⁾			

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ⁽²⁾ CV(%): coeficiente de variação.

CONCLUSÃO

A escória de aciaria, aplicada de forma equivalente ao calcário dolomítico, foi capaz de corrigir os solos, elevando o pH para faixa de

5,5 a 6,5, fornecendo Ca^{+2} e Mg^{+2} e eliminando o alumínio trocável.

A correção do solo arenoso com escória de aciaria proporcionou um incremento cerca de 80% na produtividade de vagens verdes, sendo semelhante à produtividade obtida com o solo corrigido com calcário dolomítico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGARIE, S.; UCHIDA, H.; AGATA, W.; KUBOTA, F.; KAUFMAN, P.B. Effects of silicon on transpiration and leaf conductance in rice plants (*Oryza sativa* L.). **Plant Production Science**, Sendai, v.1, p.89-95, 1998.
- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**. São Paulo: ANDA, 2005. (Boletim Técnico, 6).
- BARBOSA, N.C.; VENÂNCIO, R.; ASSIS, M.H.S.; PAIVA, J.B.; CARNEIRO, M.A. C.; PEREIRA, H.S. Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em Neossolo Quartzarênico de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, p.290-296, 2008.
- COELHO, P.E. Da escória ao vidro. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v.49, p.36-45, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4.1. pacote computacional).
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2000. 402p.
- GUNES, A.; INAL, A.; BAGCI, E.G.; COBAN, S. Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v.164, p.807-811, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 396p.
- KORNDÖRFER, P.H. SILVA, G.C.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, A.G.; FREITAS, R.S. Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.2, p.119-125, 2010.
- LANA, R.M.Q.; KORNDÖRFER, G.H.; ZANÃO-JÚNIOR, L.A.; SILVA, A.F. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, p.15-20, 2003.
- MEDEIROS, L.B.; VIEIRA, A.O.; AQUINO, B.F.; BELTRÃO, N.E.M. Micronutriente na cana-de-açúcar irrigada: correção do solo com escória siderúrgica. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, p.447-461, 2009.
- PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. **Manejo da acidez do solo**. Londrina: IAPAR, 1997. (Circular, 95).
- 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**, São Paulo, v.57, 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**, Brasília, v.36, p.1199-1204, 2001.
- PRADO, R.M.; CORRÊA C.M.; CINTRA, A.C.O.; NATALE, W. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, p.160-163, 2003.
- 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**, Viçosa, v.27, p.287-296, 2003.

PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A.G. Efeito da escória de siderurgia na química do solo e na absorção de nutrientes e metais pesados pela cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, p.530-536, 2012.

RODRIGUES, J.R.M.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; REZENDE, P.M. População de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, p.1218-1277, 2002.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. IAPAR 81) em Gleissolo de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.26, p.347-352, 2004a.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G. Densidades de semeadura, níveis de adubação NPK e calagem para o feijoeiro (cv. IAPAR 81) em latossolo argiloso de Ponta Grossa - PR. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.25, p.5-12, 2004b.

SOUZA, R.T.X.; KORNDÖRFER, G.H.; WANGEN, D.R.B. Aproveitamento de silício proveniente de escória siderúrgica por cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.69, p.669-676, 2010.

VALE, L.S.R.; NAKAGAWA, J. Efeitos de doses de calcário na qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Botucatu, v.18, p.129-133, 1996.

