

ACÇÃO DOS SILICATOS PRESENTES EM ESCÓRIAS DE SIDERURGIA COMO FERTILIZANTES E CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO.

Victor Almeida Pereira¹, Henrique de Sá Paye², Fernando de Aguiar Pedron¹, Edvaldo Fialho dos Reis³, Adilson Caten⁴, Renato Ribeiro Passos⁵

¹Graduando em Agronomia, CCA-UFES, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES ,

²Engenheiro Agrônomo - CCA-UFES, ³Prof. Adjunto, Dept^o Produção Vegetal, CCA-UFES, Alegre-ES

⁴Prof. Adjunto, Dept^o Engenharia Rural, CCA-UFES, Alegre-ES

⁵Prof. Orientador, Dept^o Produção Vegetal, CCA-UFES, Alegre-ES

victorap1@hotmail.com, henriquepaye@yahoo.com.br, renatopassos@cca.ufes.br

Resumo- O trabalho objetivou avaliar a viabilidade do uso de silicatos em solo, comparativamente ao calcário, como corretivo do pH e acidez potencial (H+Al), além de sua influência sobre os elementos cálcio, magnésio e alumínio no solo em diferentes tempos de incubação. Para avaliar o comportamento dos corretivos (calcário dolomítico, escória CST e escória Recmix), foram realizadas análises químicas das amostras de solo, após secagem das mesmas ao ar, aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos e incubação. As análises químicas compreenderam: pH em água, cálcio e magnésio trocáveis, alumínio trocável e acidez potencial (H+Al). Os resultados mostraram que as escórias de composição silicatada constituem-se fontes alternativas de correção de acidez, em relação ao calcário, pois aumentaram o pH do solo a níveis desejáveis, neutralizando a acidez do solo, além de liberarem, elementos essenciais às plantas como o cálcio e o magnésio.

Palavras-chave: escórias de siderurgia, calcário, correção da acidez do solo, fertilidade do solo.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

Uma agricultura com níveis razoáveis de produtividade exige a correção do pH do solo e o aumento de sua fertilidade, o que se consegue pelo uso de corretivos e fertilizantes. As escórias básicas de siderurgias, cujos componentes neutralizantes são os silicatos de cálcio e magnésio, têm sido material de pesquisas por apresentarem constituintes neutralizantes e elementos nutrientes que podem ser assimilados pelas plantas, comportando-se semelhantemente aos calcários (GOMES, GARGANTINI e BLANCO, 1965; CAMARGO, 1972), sendo mais eficientes devido à maior solubilidade dos silicatos, sendo que o silício (Si) tem demonstrado sua importância e benefício às plantas, com a interações de natureza abiótica em algumas culturas (KORNDÖRFER, PEREIRA e CAMARGO, 2002). As escórias básicas de siderurgia constituem as fontes mais abundantes e baratas de Si, possuindo alto conteúdo de Si-solúvel, facilidade para a aplicação, boas relações e quantidade de cálcio e magnésio, baixo custo e ausência de potencial de contaminação do solo, com metais pesados, apresentando ainda, alguns dos principais macro e micronutrientes requeridos na agricultura, como o fósforo, o ferro e o manganês (KLUGER, 1989). Nesse sentido, os silicatos se mostram como alternativas viáveis na busca de produtos de melhor qualidade, custo mais baixo e excelente aceitação de mercado. A possibilidade

do uso das escórias como corretivo e fertilizante ganha destaque com a ampliação crescente do parque siderúrgico e com as maiores dificuldades de aquisição de calcário e fertilizantes em virtude do preço do produto acrescido do frete. Diante dessas considerações e dada à falta de informações relacionadas ao tema em questão, pesquisas envolvendo a utilização de silicatos em solos cultivados com morangueiro se fazem necessárias, devendo assim avaliar seu efeito, comparativamente ao calcário, na correção da acidez do solo, visando eliminar a toxidez por alumínio e manganês, melhorar o ambiente radicular e aumentar a disponibilidade de nutrientes às plantas.

Materiais e Métodos

O Projeto de Pesquisa foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), em Alegre-ES. Para tal, foram coletadas amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, na profundidade de 0-20 cm, no distrito de Caxixe Quente, município de Venda Nova do Imigrante, Estado do Espírito Santo. Depois de coletado, o solo foi seco ao ar e passado em peneira de 2 mm, para caracterização física e química. A caracterização física do solo apresentou os seguintes resultados: areia = 528,95 g kg⁻¹; silte = 257,99 g kg⁻¹, argila = 213,06

g kg⁻¹; densidade do solo = 1,12 kg dm⁻³; densidade de partículas = 2,54 kg dm⁻³ e porosidade total = 0,559 m³ m⁻³, de acordo com EMBRAPA (1997). Os resultados das análises químicas foram: pH em água = 5,0; cálcio = 0,4 cmol_c dm⁻³, magnésio = 0,3 cmol_c dm⁻³; potássio = 24,0 mg dm⁻³; sódio = 2,0 mg dm⁻³; alumínio = 0,4 cmol_c dm⁻³ e acidez potencial (H+Al) = 6,8 cmol_c dm⁻³, de acordo com EMBRAPA (1997).

Os materiais que foram utilizados como corretivos da acidez dos solos compreendem duas escórias de siderurgia: 1)-escória de aciaria da CST com a seguinte composição: 39,80% de CaO, 2,64% de MgO, 0,04% de P, 2,30% de S, 13,30% de SiO₂, 77,44% de PN, 82,01% de ER e 63,51% de PRNT; e 2)- escória de aciaria da RECMIX (Agrosilício) com: 36,00% de CaO, 6,00% de MgO, 79,32% de PN, 72,65% de ER e 57,63% de PRNT, e um calcário dolomítico com 32,50% de CaO, 14,80% de MgO, 94,83% de PN, 98,60% de ER e 93,50% de PRNT. Ambas as escórias foram passadas em peneira de 50 mesh.

De posse dos resultados das análises das amostras de solo e das análises dos corretivos de acidez dos solos, calcularam-se as quantidades de escórias de siderurgia e de calcário necessárias para elevar a saturação por bases a 80% (V = 80%), conforme Balbino (2004), utilizando-se: 1,86 gramas de escória da CST por vaso (8,3 t ha⁻¹), 2,05 gramas de escória da Recmix por vaso (9,2 t ha⁻¹) e 1,26 gramas de calcário dolomítico por vaso (5,3 t ha⁻¹).

Para isso, foram utilizados recipientes plásticos contendo 500 g de solo, os quais foram incubados, após homogeneização manual cuidadosa, mantendo-se a umidade do solo a 60% do VTP (Volume Total de Poros), de acordo com FREIRE et al. (1980).

Para avaliar o comportamento dos corretivos, foram realizadas análises químicas das amostras de solo de acordo com a EMBRAPA (1997), após secagem das mesmas ao ar, aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos e incubação. As análises químicas compreenderam: pH em água, cálcio e magnésio trocáveis, alumínio trocável e acidez potencial (H+Al).

Para cada época de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias), foram utilizados quatro tratamentos relacionados à correção e/ou adubação do solo: 1)- testemunha (sem correção); 2)- quantidade de calcário para elevar V = 80%; 3)- quantidade de escória de aciaria da CST para elevar V = 80%; 4)- quantidade de escória de aciaria da RECMIX para elevar V = 80%. Os atributos químicos do solo foram analisados considerando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

No final do experimento, foram realizadas análises estatísticas dos atributos químicos do solo avaliados, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de tratamentos, conforme Gomes (1985), utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG).

Resultados

Pelos resultados das análises químicas do solo, antes da incorporação dos corretivos, percebe-se que o solo apresenta baixa fertilidade, com acidez alta e com baixos teores de cálcio e magnésio, conforme Dadalto & Fullin (2001).

Após 30 dias de incubação do solo com os tratamentos relacionados à correção e/ou adubação do solo, observa-se um aumento do pH para os três tratamentos que tem características de correção da acidez do solo (CST, Recmix e Calcário) comparativamente à testemunha (TABELA 1). As concentrações de cálcio aumentaram, assim como as concentrações de magnésio, promovendo a elevação do pH (TABELA 1). Contrariamente, o teor de alumínio trocável no solo, o qual se constitui um elemento tóxico às plantas, atingiu valores iguais a zero nos 3 tratamentos (escórias e calcário).

Tabela 1- Caracterização química do solo, aos 30 dias, após a aplicação dos tratamentos e incubação⁽¹⁾

Variáveis	Tratamentos			
	Test.	CST	Recmix	Calcário
pH em H ₂ O	5,2 b	6,1 a	6,1 a	6,1 a
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,43 b	3,90 a	3,45 a	3,35 a
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,28 b	0,55 ab	0,78 a	0,43 b
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,4 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4,08 a	0,95 c	1,25 bc	2,15 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentados os resultados das análises químicas do solo, respectivamente, aos 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos e incubação. Semelhantemente ao ocorrido aos 30 dias, observam-se valores superiores de pH em água, cálcio, magnésio, e inferiores de alumínio nos tratamentos que têm características de corretivos (CST, Recmix e Calcário) comparativamente à

testemunha. Como o potássio e o sódio não são elementos constituintes das escórias de siderurgia e do calcário não foram observadas diferenças, de maneira geral, entre estes tratamentos e a testemunha quanto à disponibilidade destes elementos no solo, independentemente da época de avaliação. Observou-se também uma redução do pH do solo no tratamento testemunha (sem aplicação de corretivo) aos 90 e 120 dias (TABELAS 3 e 4) após a incubação comparativamente à avaliação feita aos 30 e 60 dias (TABELAS 1 e 2).

Tabela 2- Caracterização química do solo, aos 60 dias, após a aplicação dos tratamentos e incubação⁽¹⁾

Variáveis	Tratamentos			
	Test.	CST	Recmix	Calcário
pH em H ₂ O	5,2 c	6,3 a	6,1 b	6,0 b
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,46 d	3,33 b	3,80 a	2,48 c
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,56 b	1,23 a	1,03 a	0,95 a
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,4 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4,80 a	1,41 b	1,55 b	1,51 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 3- Caracterização química do solo, aos 90 dias, após a aplicação dos tratamentos e incubação⁽¹⁾

Variáveis	Tratamentos			
	Test.	CST	Recmix	Calcário
pH em H ₂ O	4,4 b	6,2 a	6,1 a	6,1 a
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,43 c	2,94 a	3,13 a	2,00 b
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,30 b	1,51 a	1,28 a	1,65 a
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,6 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4,78 a	1,15 c	1,77 bc	2,35 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4- Caracterização química do solo, aos 120 dias, após a aplicação dos tratamentos e incubação⁽¹⁾

Variáveis	Tratamentos			
	Test.	CST	Recmix	Calcário
pH em H ₂ O	4,4 c	6,3 a	6,3 a	6,1 b
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,85 b	2,90 a	2,45 a	2,80 a
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,63 b	2,20 a	2,20 a	1,65 a
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,6 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,26 a	1,40 b	1,40 b	1,48 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Discussão

Os valores significativamente superiores de pH do solo encontrados nos tratamentos CST, Recmix e calcário, em relação à testemunha, independentemente da época de amostragem, se devem ao elevado poder de neutralização (PN) destes corretivos de acidez do solo que já na primeira época de avaliação (30 dias) demonstraram sua capacidade de reação, através da liberação de íons OH⁻, e, consequentemente, promovendo a elevação do pH do solo, como demonstrado por Veloso et. al. (1992). Os resultados da comparação das médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de significância, aos 30 e 90 dias de incubação, mostraram que os valores de pH do solo dos tratamentos com escórias da CST e Recmix e o calcário não tiveram diferença significativa, provavelmente por apresentarem ação neutralizante semelhante nestas épocas de avaliação. Aos 60 dias de incubação, o pH do solo com escória da CST foi significativamente superior aos demais tratamentos e aos 120 dias se igualou estatisticamente ao pH do solo com a escória da Recmix, os quais diferiram estatisticamente do calcário que por sua vez diferiu da testemunha. Resultados semelhantes foram obtidos por Ribeiro et al. (1986), Prado et al. (2002) e Prado & Fernandes (2003). Apesar do calcário apresentar maior valor de poder de neutralização (PN) em relação às escórias de siderurgia, isto não refletiu em reação mais rápida deste corretivo, o que pode ser atribuído à menor dosagem utilizada deste corretivo comparativamente às escórias, haja visto que o objetivo era elevar a saturação por bases (V) a 80% para todos os tratamentos relacionados à correção e/ou adubação do solo. De acordo com Alcarde (1992), a base química SiO₃ das escórias é fraca (K_b = 1.6 x 10⁻³), porém é mais forte que a base CO₃ do calcário (K_b = 2,2 x 10⁻⁴), o que pode

refletir em valores mais altos de pH para os tratamentos com escórias no início do período de avaliação, mas sempre sendo acompanhado pelo tratamento com calcário, tendendo a se aproximar mais com o decorrer do período de avaliação. A redução do pH do solo, observada aos 90 e 120 dias, no tratamento testemunha provavelmente se deva à nitrificação da amônia liberada durante a fase inicial de mineralização da matéria orgânica, fato também encontrado por Veloso et. al. (1992).

Semelhantemente ao observado para o pH em água, os teores de cálcio e magnésio do solo também aumentaram nos tratamentos relacionados à correção e/ou adubação do solo (CST, Recmix e calcário), o que se deve à presença destes elementos na constituição química destes corretivos. Prado & Fernandes (2000), trabalhando com escória de siderurgia, também encontraram aumentos nos teores de Ca e Mg nos solos cultivados com cana-de-açúcar.

Contrariamente aos teores de cálcio e magnésio, os teores de alumínio no solo, dada à reatividade dos corretivos no solo, foram reduzidos significativamente, atingindo valores iguais a zero, já aos 30 dias, nos tratamentos CST, Recmix e calcário. Com o aumento do pH do solo, os íons OH⁻ liberados reagiram com o Al³⁺ tóxico no solo, formando Al(OH)₃⁰, diminuindo assim os níveis deste elemento no solo, como descrito por Pavan & Oliveira (1997). A acidez potencial (H + Al) também apresentou redução significativa dos valores nos tratamentos CST, Recmix e calcário em relação à testemunha.

Conclusão

Os resultados obtidos permitem concluir que as escórias apresentam grande potencial como corretivo de acidez do solo, bem como fornecedora de nutrientes, como cálcio e magnésio, atuando na redução dos teores de alumínio tóxico no solo e melhorando assim as condições para o desenvolvimento vegetal.

Referências

- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo, Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos, 1992. (Boletim Técnico, 6).
- BALBINO, J. M. de S., ed. **Tecnologias para produção e pós colheita de morangoiro**. Vitória, ES: Incaper. 2004.
- CAMARGO, A.P. **Influência da granulometria de três materiais corretivos na neutralização da acidez do solo**. 1972. Tese D.S., USP-ESALQ, Piracicaba, 1972.

-DADALTO, G.G., FULLIN, E.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: SESA/INCAPER, 2001.

-EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 2.ed., 1997.

-FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, jan./abr. 1980.

-GOMES, A. G., GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. **Comportamento de tipos de escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo**. Bragantia, 24, 1965.

-KLUGER, V. P. Utilização de escória de aciaria LD para agricultura - uma visão geral. **I Seminário Nacional de Aproveitamento de Descartes de Resíduos da Indústria**. Salvador. 1989.

-KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU. 2002 (GPSi-ICIAG-UFU. Boletim Técnico, 01)

-PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. de. **Manejo da acidez do solo**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1997. (Circular, 95).

-GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 11 ed. Piracicaba, SP, Livraria Nobel, 1985.

-PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v. 27, n. 2, 2003.

-PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vasos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, 2000.

-PRADO, R. M.; FERNANDES, F. 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 alfaca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, 2002.

-RIBEIRO, A. C.; FIRME, D. J.; MATTOS, A. C. M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 33, n. 187, 1986.

-VELOSO, C. A. C.; et. al. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.46, 1992.