

## ESCÓRIA DE SIDERURGIA E A DISPONIBILIDADE DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM LATOSSOLOS

**Luciana Ventura Machado<sup>1</sup>, Ramires Ventura Machado<sup>2</sup>, Maria Maiara Cazotti<sup>2</sup>,  
Felipe Vaz Andrade<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFES Campus Alegre, Alegre – ES,  
[luvetmac@gmail.com](mailto:luvetmac@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Produção Vegetal; Cx Postal 16,  
CEP 29500-000, Alegre-ES, [ramiresmachado@hotmail.com.br](mailto:ramiresmachado@hotmail.com.br); [mcazotti@cetem.gov.br](mailto:mcazotti@cetem.gov.br);  
[fvandrade@cca.ufes.br](mailto:fvandrade@cca.ufes.br);

**Resumo-** O presente trabalho visa avaliar a potencialidade das escórias siderúrgicas serem utilizadas para a adubação de solos no fornecimento de Ca e Mg. Para isso, foi realizada a aplicação de escória de siderurgia em comparação com um calcário comercial como fonte de Ca e Mg para o solo, contribuindo para a valorização econômica da indústria siderúrgica, transformando resíduos em subprodutos, além de mitigar impactos causados no meio ambiente e fornecer adubos alternativos de baixo custo. Foram feitos experimentos de incubação em laboratório com dois tipos de solos (LV e LVA), duas fontes de Ca e Mg (calcário; escória) e em cinco doses diferentes (0; 30; 60; 90; 100; 120% da necessidade de calagem), que por meio de análises estatísticas mostrou que não houve diferença significativa entre o calcário e a escória de siderurgia nos teores de Ca e Mg encontrados nos solos em estudo. A escória de siderurgia tem potencial para ser usada no fornecimento de Ca e Mg para o solo.

**Palavras-chave:** fertilidade do solo, meio ambiente e adubos alternativos

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias (Agronomia)

### Introdução

Os solos podem ser naturalmente ácidos pela pobreza do material de origem desprovidos de bases como cálcio e magnésio, ou por condições de pedogenese e acúmulo residual de alumínio, que é tóxico as plantas o que ocorre facilmente em regiões tropicais.

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 à viabilidade de seu uso na agricultura. Dentre estes resíduos, tem-se a escória de siderurgia, resíduo da fabricação do ferro-gusa e do aço (Chaves & Farias, 2008).

No Brasil, são produzidas cerca de 6,25 milhões de toneladas de escórias de siderurgia (Medeiros et al. 2009). Assim, os materiais inertes do minério de ferro e do carvão, que não foram reduzidos no processo siderúrgico de formação do aço, combinam-se com o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) do calcário, dando origem à escória de siderurgia (Pereira 1978). Essas escórias são constituídas basicamente de silicato de cálcio e de magnésio (AMARAL et al., 1994).

Nesse contexto, as atividades agrícolas apresentam reais possibilidades de reciclagem e integração desses sub-produtos produzidos pelo setor, desde que os mesmos apresentem características agrônômicas adequadas e, que

não possuam potencial contaminante para o solo ou para os recursos hídricos.

O presente trabalho objetiva estudar a aplicação de escória de siderurgias em comparação com um calcário comercial como fonte de Ca e Mg para o solo, contribuindo para a valorização econômica desse setor, transformando resíduos em subprodutos. Além de reduzir impactos causados ao meio ambiente, disponibilizando um material que possa fornecer Ca e Mg para o solo.

### Metodologia

O experimento seguiu um esquema fatorial 2x2x5 em que os fatores em estudo foram: dois solos, Latossolo Vermelho (LV) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA); duas fontes de Ca e Mg (calcário; escória) e cinco doses de corretivos (0; 30; 60; 90; 100; 120% da necessidade de calagem) com três repetições, totalizando 120 unidades experimentais.

Amostras de 0,5 dm<sup>3</sup> de TFSA do solo foram acondicionadas e homogeneizadas em sacos plásticos onde se realizou a aplicação dos corretivos, sendo as amostras de solo umedecidas até atingir 60% do Volume Total de Poros (VTP), de acordo com (FREIRE et al. 1980), e incubados durante 30 dias. Os sacos plásticos foram fechados com barbante, vedando-se o máximo possível para evitar perda de umidade. Decorridas 24 horas após a montagem do experimento, uma

sub-amostra de cada saco plástico, contendo cerca de 20 cm<sup>3</sup>, foi retirada e deixada para secar ao ar em seguida encaminhada para análise de Ca e Mg conforme descrito em (EMBRAPA, 1997). A cada 24 horas, os sacos plásticos eram abertos para a eliminação do CO<sub>2</sub>, proveniente da reação de neutralização da acidez e, em seguida, eram novamente fechados para evitar a perda de umidade. Novas amostras foram retiradas aos 5<sup>o</sup>, 10<sup>o</sup>, 20<sup>o</sup> e 30<sup>o</sup> dia. Foram executadas as caracterizações químicas e físicas dos solos e dos resíduos por análises laboratoriais, os solos foram incubados com diferentes doses dos corretivos, para posteriores análises.

### Resultados

Os resultados obtidos no trabalho estão apresentados nas tabelas abaixo, onde as análises químicas e físicas dos solos e a composição química do calcário e da escória de siderurgia estão apresentadas conforme mostra as Tabelas 1 e 2 respectivamente. As análises

estatísticas dos solos e das fontes de nutriente (Calcário e Escória de Siderurgia) com relação aos valores médios do Ca e Mg em relação ao tempo de aplicação estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

A densidade do solo para o LV foi de 1,04 kg dm<sup>-3</sup> e para o LVA de 1,20 kg dm<sup>-3</sup>. Além disso ambos os solos apresentam a mesma densidade de partícula 2,63 kg dm<sup>-3</sup> (Tabela 1).

Pode-se notar que o calcário apresenta maiores teores de CaO e MgO 39,00 e 14,00 dag kg<sup>-1</sup> quando comparado a escória de siderurgia 37,00 e 12,7 dag kg<sup>-1</sup> respectivamente (Tabela 2). Os valores do poder de neutralização (PN), eficiência relativa (ER) e poder relativo de neutralização total (PRNT) para as diferentes fontes de nutrientes estão apresentados na tabela 2, onde os valores encontrados foram de 104,53%, 95,37% e 99,7% para o calcário e de 97,5%, 100% e 97,5% para a escória de siderurgia respectivamente.

Tabela 1- Composição química e física dos solos

Característica	LV	LVA
Areia grossa (%) <sup>1/</sup>	24,13	35,44
Areia fina (%) <sup>1/</sup>	9,01	13,12
Silte (%) <sup>1/</sup>	9,5	1,73
Argila (%) <sup>1/</sup>	44,4	44,53
Densidade de Partículas (kg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3/</sup>	2,63	2,63
Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2/</sup>	1,04	1,20
pH-H <sub>2</sub> O <sup>4/</sup>	4,5	4,9
Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>5/</sup>	0,8	0,7
Ca <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>5/</sup>	0	1,8
Mg <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>5/</sup>	0,1	0,4
t (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>6/</sup>	0,94	3,03
T (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>7/</sup>	6,36	5,62
V (%) <sup>8/</sup>	3	40,8

<sup>1/</sup> Método da pipeta; <sup>2/</sup> Método da proveta; <sup>3/</sup> Método do balão volumétrico <sup>4/</sup> Relação solo-água 1: 2,5; <sup>5/</sup> Extrator KCl 1 mol/L; <sup>6/</sup> CTC efetiva; <sup>7/</sup> CTC a pH 7,0; <sup>8/</sup> Porcentagem de saturação por bases; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo.

Tabela 2 – Composição química das fontes de cálcio e magnésio utilizadas.

Tratamentos	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	PN	ER	PRNT
	----- dag kg <sup>-1</sup> -----			-----%-----		
Calcário	39,00	14,00	-----	104,53	95,37	99,7
Escória	37,00	12,6	21,3	97,5	100	97,5

Tabela 3 – Valores médios de cálcio e magnésio em função do tempo de aplicação nos diferentes solos.

Solos	1º coleta	2º coleta	3º coleta	4º coleta	5º coleta
	Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
LV	0,90 a	0,68 a	9,08 a	3,56 a	4,98 a
LVA	0,75 a	0,57 a	8,26 a	3,26 a	4,81 a
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					
LV	0,12 a	0,11 a	1,56 a	0,54 a	0,65 a
LVA	0,10 a	0,10 a	1,47 a	0,37 b	0,48 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4 – Valores médios de cálcio e magnésio em função do tempo de aplicação para as diferentes fontes de nutrientes aplicadas.

Corretivos	1º coleta	2º coleta	3º coleta	4º coleta	5º coleta
	Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
Calcário	0,95 a	0,70 a	9,59 a	3,45 a	4,99 a
Escória	0,72 b	0,54 a	7,77 a	3,37 a	4,80 a
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					
Calcário	0,11 a	0,10 a	1,47 a	0,41 a	0,50 a
Escória	0,11 a	0,11 a	1,56 a	0,50 a	0,62 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## Discussão

A tabela 1 mostra os resultados das análises química e física dos solos, onde apresentam segundo EMBRAPA (1999) a mesma classificação textural (textura argilosa). Os teores de areia, silte e argila de ambos os solos estudados ( LV e LVA) foram semelhantes porém os mesmos apresentavam coloração diferente, isso devido as características mineralógicas diferenciada desses solos.

O LV apresentou menor densidade do solo em relação ao LVA, isso possivelmente devido a um menor teor de areia encontrado naquele solo (TABELA 1). Analizando a densidade de partícula o valor que se assemelha a densidade do quartzo e ao feldspato que é um dos principais minerais que compõem esses solos fazendo parte da fração areia dos mesmos.

De acordo com a Tabela 1 verifica-se a baixa saturação de bases (V%) e baixa capacidade de troca de cátions (CTC). Ambos os solos apresentam Al trocável em solução, pH baixo,

valores de cálcio e magnésio baixos, demonstrando a necessidade de realização de correção de pH e adubação (PREZOTTI et al., 2007).

A composição química das fontes de cálcio e magnésio utilizadas (calcário e escória de siderurgia) esta apresentada na tabela 2. Pode-se notar que o calcário apresenta maiores teores de A eficiência relativa depende da natureza geológica da rocha, é relacionada com a velocidade de reação do material, pois quanto menor a granulometria mais rápida e maior a liberação de nutrientes, sendo um fator preponderante na disponibilização de nutrientes.

A aplicação do calcário e da escória de siderurgia ao solo aumentou os teores de Ca + Mg corroborando com os resultados encontrados por Prado et al., (2003a) e Rezende et al., (2007).

Os valores médios de cálcio e magnésio em função do tempo de aplicação nos diferentes solos (LV e LVA) independente da fonte utilizada como nutriente esta apresentada na Tabela 2. Podemos

notar que não houve diferença significativa nos teores de cálcio para ambos os solos em estudo. Este fato pode ser explicado pelo teor de CaO ser muito semelhante entre o calcário e a escória de siderurgia 39,00 e 37,00 dag kg<sup>-1</sup>, e por sua semelhança na eficiência relativa (ER) 100% e 95,37% respectivamente.

Analisando os teores de magnésio nos solos podemos notar que não houve diferença significativa entre o LV e o LVA até a 3ª coleta, porém nas coletas posteriores o LV apresentou-se estatisticamente diferente, demonstrando maiores teores de magnésio 0,54 e 0,65 cmolc dm<sup>-3</sup> quando comparado com o LVA 0,37 e 0,48 cmolc dm<sup>-3</sup> na 4ª e 5ª coleta respectivamente.

Os resultados encontrados por Prado et al, (2003b) trabalhando com mudas de goiaba corroboram com os nossos, onde pode verificar que a aplicação da escória de siderurgia aumentou significativamente os teores de cálcio e magnésio do solo.

A Tabela 4 mostra os valores médios de cálcio e magnésio com relação ao do tempo de aplicação das fontes de nutrientes, independente do solo utilizado. De maneira geral não houve diferença significativa entre os tratamentos com calcário e com a escória de siderurgia para os teores dos nutrientes avaliados. Apenas na primeira coleta o calcário foi estatisticamente diferente com uma maior liberação de cálcio quando comparado a escória de siderurgia. Este fato pode estar relacionado com o PRNT do calcário ser maior (Tabela 2) e ter proporcionado uma maior liberação de cálcio no início do experimento. Este fato indica a potencialidade das escórias de siderurgia serem utilizadas para a adubação de solos como fonte de Ca e Mg uma vez que de maneira geral não houve diferença quando comparada ao calcário, possibilitando a valorização econômica das indústrias siderúrgicas transformando resíduos em subprodutos.

## Conclusão

De uma maneira geral não houve diferença significativa entre o calcário e a escória de siderurgia nos teores de cálcio e magnésio encontrados nos solos em estudo.

A escória de siderurgia tem potencial para ser utilizada como fonte de cálcio e magnésio para o solo.

## Referências

- AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M.; FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alfaca

em dois solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.29, n.9, p.1351-1358, 1994.

- CHAVES, L.H.G.; FARIAS C.H.A. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo e na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo. Revista Caatinga, Mossoró, Brasil, v.21, n.5, p.75-82, 2008.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Ministério da Agricultura e do abastecimento: Rio de Janeiro, 1997. 212p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; J. REICHARDT, K.; TIMM, L.C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478p.

- MEDEIROS, L. B. et al. Micronutriente na cana-de-açúcar irrigada: correção do solo com escória siderúrgica. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 447-461, 2009.

- PEREIRA, J. E. Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno. 1978. 84 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978.

- 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, 2003a.

- PRADO, R.M.; CORREA, M.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, Cruz das Almas, v.25, n.1, p.160-163, 2003b.

- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADATO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Espírito Santo – 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

- REZENDE, L.; SOUZA, I.; BARROS, N.; MILAGRES, J. Eficiência agrônômica do agrosilício, comparativamente ao calcário dolomítico, na correção do solo e na

# XVINIC

Encontro Latino Americano  
de Iniciação Científica

# XI EPG

Encontro Latino Americano  
de Pós Graduação

# VINIC Jr

Encontro Latino Americano  
de Iniciação Científica Júnior

disponibilidade de Ca e Mg. In: CONGRESSO  
BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007,  
Gramado. Anais... Gramado: SBCS, 2007, CD  
Rom.