

DINÂMICA DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM SOLO SUBMETIDO A DIFERENTES MATERIAIS CORRETIVOS DE ACIDEZ SOB LAVOURA DE CAFÉ CONILON

Amarilson de Oliveira Candido¹; Natiélia Oliveira Nogueira¹; Felipe Vaz Andrade¹; Renato Ribeiro Passos¹; Marcelo Antonio Tomaz¹

¹ Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo – CCAUFES / Departamento de Produção Vegetal, Alto Universitário, Cx. P. 16, CEP: 29500-000, Alegre, ES, amarilsonoc@hotmail.com, natielia_nogueira@yahoo.com.br, fvandrade@cca.ufes.br, renatopassos@cca.ufes.br, tomaz@cca.ufes.br

Resumo- O cultivo agrícola dos solos ácidos e deficientes em cálcio e magnésio exige a aplicação de materiais corretivos, os quais elevam seu pH e, fornecerem cálcio e magnésio como nutrientes. Objetivou-se com este trabalho comparar o efeito de diferentes materiais corretivos de acidez do solo, quanto à sua capacidade de fornecer cálcio e magnésio na camada superficial e subsuperficial do solo sob lavoura de café conilon em produção. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com distribuição fatorial de 4 x 5, sendo os fatores: (4) corretivos (escória de siderurgia, óxido de magnésio, pó de mármore e calcário); (5) doses (0, 30, 60, 90, 120% da necessidade de corretivo), com 3 repetições. Os corretivos calcário e escória de siderurgia foram mais eficientes na elevação dos teores de cálcio na profundidade de 0-20 cm. Já na camada de 20-40 cm os corretivos mais eficientes foram o óxido de magnésio e escória de siderurgia. Quanto à elevação dos teores de magnésio nas duas camadas estudadas, o corretivo mais eficiente foi o óxido de magnésio.

Palavras-chave: Correção do solo, resíduos industriais, deficiência nutricional.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias.

Introdução

A correção do solo em áreas com cultivos já estabelecidos é realizada na superfície do solo. Os materiais corretivos da acidez utilizados na agricultura são pouco solúveis, e os produtos da reação do calcário com o solo têm mobilidade limitada, ficando a ação da calagem, restrita às camadas superficiais do solo (CAIRES et al., 1998).

As deficiências de cálcio e de magnésio têm sido observadas no Brasil, tanto pelo aparecimento dos sintomas nas plantas quanto pela quantidade de massa seca produzida. Nas plantas, o cálcio é absorvido como Ca^{2+} e transportado da raiz para a parte aérea sem depender do fornecimento de energia. A falta de cálcio reduz o desenvolvimento radicular, diminuindo a absorção, podendo a raiz inclusive perder íons previamente absorvidos (MARTINEZ et al., 1984). O problema, entretanto, é de difícil solução, principalmente em áreas com cultivos, onde o calcário não pode ser incorporado.

A correção do subsolo deficientes em cálcio e magnésio pode ser feita por meio da calagem profunda. Contudo, essa prática necessita de revolvimento do solo, razão por que não é realizada em áreas já estabelecidas com sistema de cultivo. Além disso, a calagem profunda exige máquinas potentes e equipamentos caros, o que torna a prática onerosa (CAIRES et al., 1998).

Uma alternativa seria a utilização de materiais corretivos alternativos que possibilitasse essa correção em profundidade. Como a escória de siderurgia, um resíduo da indústria do aço e ferro-gusa, constituída quimicamente de um silicato de cálcio ($CaSiO_3$) (AMARAL et al., 1994) com propriedade corretiva da acidez do solo semelhante à do calcário (RIBEIRO et al., 1986), pode também aumentar os teores de cálcio, magnésio. O óxido de magnésio (MgO), produto obtido da calcinação do mineral magnesita ($MgCO_3$), segundo Alves et al. (2006) tem a capacidade de fornecer Mg^{2+} e Ca^{2+} abaixo da camada arável, se aplicado juntamente com gesso agrícola em dosagens adequadas. O pó de mármore é um resíduo das indústrias de rochas ornamentais que apresentam altos teores de cálcio e magnésio, o que é explicado pela própria composição química da rocha carbonática (RAIMUNDO, 2008).

Esses materiais apresentam características de uso na agricultura, mas suas composições químicas e físicas são variadas, o que leva ao estudo específico de uso e recomendação. Além de existir a possibilidade da reciclagem de grande parte desse resíduo, contribuindo para diminuir os problemas ambientais de acúmulo desse material.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes doses de materiais corretivos de acidez nos valores de cálcio e magnésio na camada superficial e subsuperficial do solo, sob a cultura de café conilon em condições de campo.

Metodologia

O trabalho foi realizado em uma propriedade cafeeira na cidade de Muniz Freire situada na microrregião do Caparaó – Sul do Estado do Espírito Santo com plantas de café conilon em produção, cultivada no espaçamento de 2,80 x 1,70 m com sete anos de idade.

O experimento foi instalado em blocos casualizados, com distribuição fatorial de 4 x 5 com 3 repetições, sendo os fatores: (4) corretivos (calcário, escória silicatada, óxido de magnésio e pó de mármore); (5) doses (0, 30, 60, 90, 120% da necessidade de calagem). Cada parcela experimental foi composta por seis plantas. As

doses foram definidas utilizando o método da elevação da saturação de bases, elevando para $V = 60\%$, segundo recomendações de Prezotti et al. (2007). Para os corretivos óxido de magnésio e pó de mármore com o objetivo de igualar a relação cálcio: magnésio em 3:1, foi adicionado gesso agrícola de acordo com cada dose. Os demais corretivos já continha essa esta relação em sua composição.

Foram encaminhadas sub-amostras de cada corretivo ao laboratório para caracterização (Tabela 1). O solo da propriedade foi caracterizado física e quimicamente, antes da instalação do experimento (Tabela 2).

Tabela 1 - Características dos corretivos utilizados.

Parâmetros	Calcário	Escória	Óx. Magnésio	Pó mármore
Óxido de cálcio (%)	33,60	32,00	-	26,88
Óxido de magnésio (%)	9,58	10,75	53,0	20,00
Dióxido de silício (%)	-	21,3	-	-
Poder de neutralização ¹	89,05	83,84	195,0	95,75
Eficiência Relativa (%) ²	93,92	71,01	100	97,85
PRNT (%) ³	83,64	59,53	195,0	93,69

¹ Poder de neutralização: $\%CaO \times 1,79 + \%MgO \times 2,48$; ² Eficiência relativa: $[(A \times 0,0) + (B \times 0,2) + (C \times 0,6) + (D \times 1,0)]/100$, sendo A, B, C = % de corretivo que fica retido, respectivamente, nas peneiras nº 10, 20 e 50, e D = % de corretivo que passa na peneira nº 50; ³ PRNT = $PN \times ER / 100$.

Tabela 2. Caracterização química e física da propriedade, antes da instalação do experimento

	Caracterização física				Caracterização química									
	Areia ^(a)	Silte ^(a)	Argila ^(a)	Ds ^(b)	pH ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	K ⁽³⁾	Na ⁽³⁾	Ca ⁽⁴⁾	Mg ⁽⁴⁾	Al ⁽⁵⁾	H+A ⁽⁶⁾	T	V
	-----g/kg-----			kg dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----									
0 - 20 cm	458,66	94,83	446,51	1,42	5,6	2	51	0	2,4	0,7	0	2,9	6,09	52,2
20 - 40 cm	480,52	157,92	361,56	1,43	5,7	2	49	0	2,4	0,6	0	2,6	5,71	54,8

^aMétodo da Pipeta (Agitação Lenta); ^bMétodo da Proveta; ¹pH em água (relação 1:2,5); ²fósforo extraído por Mehlich-1 e determinado por colorimetria; ³potássio e sódio, extraídos por Mehlich⁻¹ e determinado por fotometria de chama; ⁴cálcio e magnésio, extraídos com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; ⁵alumínio extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulação; ⁶H+Al extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e determinado por titulação (EMBRAPA, 1997).

As doses dos corretivos foram calculadas e aplicadas de acordo com os tratamentos previamente estabelecidos. Decorridos seis meses da aplicação foi realizado análise de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm para avaliação do cálcio e magnésio.

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o Software SISVAR (FERREIRA, 2000), utilizando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para os fatores qualitativos e a análise de regressão para os fatores quantitativos. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão,

utilizando-se o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade e pelo coeficiente de determinação (R²).

Resultados

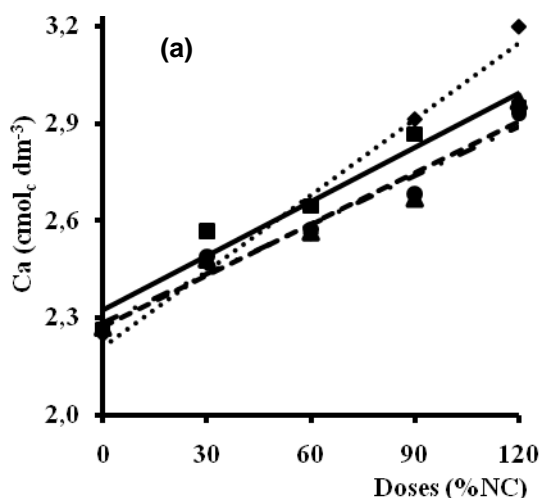
Verifica-se que o calcário e a escória de siderurgia apresentaram maiores valores de cálcio na profundidade de 0 – 20 cm que os demais corretivos aplicados (Tabela 3). Na profundidade de 20 – 40 cm os corretivos óxido de magnésio e escória de siderurgia proporcionaram os maiores valores de cálcio no solo, sendo que a escória de siderurgia não diferiu do calcário e do pó de mármore (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios de cálcio (cmol_c dm⁻³) do solo em função dos corretivos (calcário, escória, óxido de magnésio e pó de mármore), para as profundidades 0 - 20 e 20 - 40 cm.

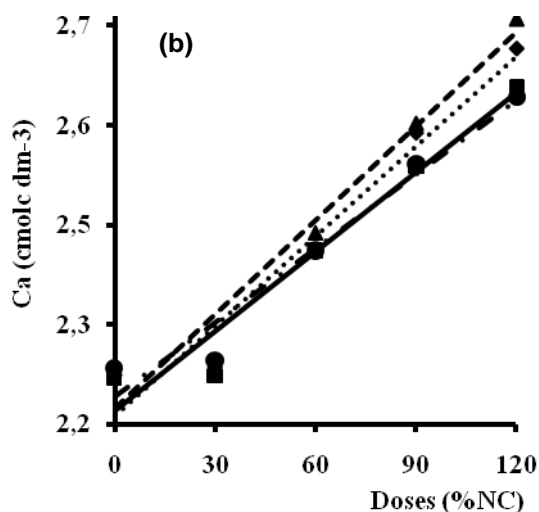
	0- 20 cm	20 – 40 cm
Corretivos	Ca (cmol _c dm ⁻³)	
Calcário	2,66 a	2,42 b
Escória	2,68 a	2,44 ab
Óx. Magnésio	2,59 b	2,46 a
Pó mármore	2,58 b	2,43 b

*Médias seguidas de mesma letra, para cada profundidade, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Os teores de cálcio no solo apresentaram incrementos à medida que aumentava as doses dos corretivos dentro dos intervalos estudados, ajustando modelos lineares para as duas profundidades estudadas (Figura 1).



■ ____ Calcário $\hat{Y}=2,3233 + 0,0056x$ $R^2= 95,52$
 ◆Escória $\hat{Y}= 2,2067 + 0,0078x$ $R^2= 96,74$
 ▲ ---- -Óx. Magnésio $\hat{Y}=2,2733+0,0053x$ $R^2=94,93$
 ● -.-.-.-Pó mármore $\hat{Y}=2,2833+0,005$ $R^2= 96,64$



■ ____ Calcário $\hat{Y}= 2,2187 + 0,0034x$ $R^2=95,29$
 ◆Escória $\hat{Y}= 2,212 + 0,0039x$ $R^2=94,92$
 ▲ ---- -Óx. Magnésio $\hat{Y}=2,2213 + 0,0041x$ $R^2=95,53$
 ● -.-.-.-Pó mármore $\hat{Y}=2,2373 + 0,0032x$ $R^2=95,82$

Figura 1 – Valores médios de cálcio (cmol_c dm⁻³) do solo para cada corretivo (calcário, escória, óxido de magnésio e pó de mármore) em função das doses (0, 30, 60, 90 e 120 % da necessidade de correção) nas profundidades 0 - 20 (a) e 20 -40 cm (b).

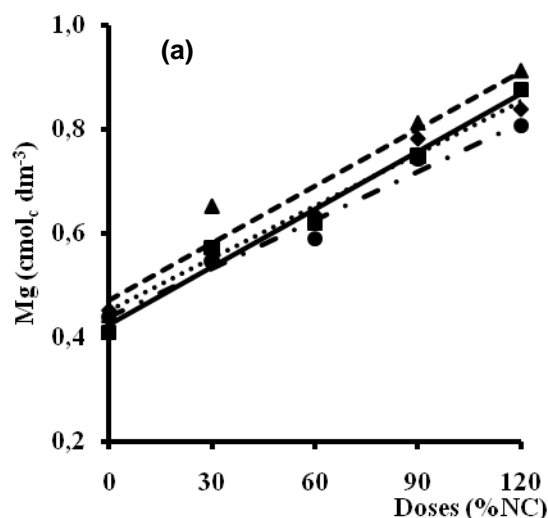
Quando analisados os valores de magnésio no solo, a aplicação do óxido de magnésio proporcionou maiores teores deste nutriente que os demais corretivos estudados nas duas profundidades estudadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de magnésio (cmol_c dm⁻³) do solo em função dos corretivos (calcário, escória, óxido de magnésio e pó de mármore), para as profundidades 0 - 20 e 20 - 40 cm.

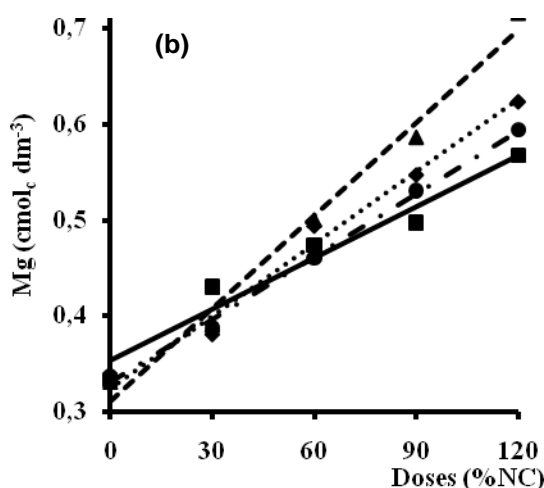
	0- 20 cm	20 – 40 cm
Corretivos	Mg (cmol _c dm ⁻³)	
Calcário	0,64 b	0,49 b
Escória	0,65 b	0,50 b
Óx. Magnésio	0,69 a	0,53 a
Pó mármore	0,62 c	0,49 b

*Médias seguidas de mesma letra, para cada profundidade, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Todos os corretivos estudados apresentaram incrementos dos valores de magnésio do solo em função do aumento de suas doses, dentro do intervalo estudado, ajustando modelos lineares (Figura 2).



- _____ Calcário $\hat{Y} = 0,424 + 0,0037x$ $R^2=98,04$
- ◆ Escória $\hat{Y} = 0,4513 + 0,0034x$ $R^2=98,68$
- ▲ - - - - Óx. Magnésio $\hat{Y}=0,472+0,0037x$ $R^2=93,00$
- - - - - Pó mármore $\hat{Y}=0,4393+0,0031x$ $R^2=97,63$



- _____ Calcário $\hat{Y} = 0,3833 + 0,0018x$ $R^2=95,31$
- ◆ Escória $\hat{Y} = 0,354 + 0,0025x$ $R^2=98,66$
- ▲ - - - - Óx. Magnésio $\hat{Y} = 0,3407 + 0,0032x$ $R^2=98,68$
- - - - - Pó mármore $\hat{Y} = 0,36 + 0,0022x$ $R^2=99,68$

Figura 2 – Valores médios de magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) do solo para cada corretivo (calcário, escória, óxido de magnésio e pó de mármore) em função das doses (0, 30, 60, 90 e 120 % da necessidade de correção) nas profundidades 0 - 20 (a) e 20 - 40 cm (b).

Discussão

Por apresentar menor eficiência relativa e poder de neutralização (Tabela 1), a granulometria dos corretivos calcário e escória de siderurgia são maiores que os demais corretivos, o que pode estar relacionado que sua ação fique localizada na

superfície (0 - 20 cm) do solo e possuam efeito residual maior.

A adição de gesso agrícola no corretivo óxido de magnésio pode associado aos maiores teores de cálcio na camada 20 - 40 cm. Isso deve-se ao fato do gesso ser solúvel (SUMNER, 1995) e, quando aplicado na superfície do solo, movimentar-se no perfil com a influência da umidade. O gesso quando alcança o subsolo, proporciona aumento no suprimento de Ca^{2+} e redução da toxicidade de Al^{3+} (SUMNER, 1995).

É provável que a escória de siderurgia tenha a vantagem de aumentar a concentração de cálcio em profundidade em relação ao calcário, uma vez que apresenta silicato de cálcio, composto mais solúvel que os carbonatos contidos no calcário, permitindo que os produtos da reação de dissociação apresentem maior mobilidade no solo (ALCARDE, 1992).

Nogueira (2009) estudando os teores de cálcio no solo em diferentes materiais corretivos de acidez sob a cultura do cafeeiro, em condição de casa de vegetação num Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa encontrou comportamento linear e crescente para os corretivos calcário, escória de siderurgia e óxido de magnésio.

Acredita-se que essa elevação do magnésio na profundidade de 20 - 40 cm, se deve ao fato do poder de neutralização e a eficiência relativa apresentado pelo MgO ser elevado e sua granulometria ser bastante fina o suficiente para ser carregado para essa profundidade.

Conclusão

Os corretivos escória de siderurgia e escória de siderurgia foram mais eficientes na elevação dos teores de cálcio, na profundidade de 20 - 40 cm. Já na camada de 20 - 40 cm os corretivos mais eficientes foram o óxido de magnésio e escória. Quanto à elevação dos teores de magnésio nas duas camadas estudadas, o corretivo mais eficiente foi o óxido de magnésio.

Referências

- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações**. São Paulo, ANDA, 1992. (Boletim Técnico, 6)
- ALVES, R.E.A; ANDRADE, C.; LOBATO, E.M. C.; PRADO, R.B.; BENITES, V.M.; POLIDORO, J. C. Óxido de Magnésio – Fator de produtividade para o cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CAFEICULTURA. **Anais...** Araguari-MG, 2006.
- 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**, v. 29, p.1351-1358, 1994.

-CAIRES, E.F.; MADRUGA, E.F.; CHUEIRI, W.A.; FIGUEIREDO, A. Alterações das características químicas do solo e respostas da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.27-34, 1998.

-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 212p,1997.

-FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do *Sisvar* para Windows 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, p. 255-258, 2000.

-MARTINEZ, H. E. P.; ALOISI, A. M. D.; BOLIANI, A. C. Macronutrientes em gramíneas. In: NUTRIÇÃO MINERAL DE FORRAGEIRAS NO BRASIL. Campinas, 1984. **Anais...** Campinas, Cargill, p. 63-73, 1984.

-NOGUEIRA, N.O. **Propriedades químicas do solo e desenvolvimento inicial de Coffea arabica L. influenciados pela aplicação de corretivos alternativos**. Alegre, 2009, 91 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo.

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

-RAIMUNDO, V. **Uso de resíduos de serragem de mármores do estado do espírito santo como corretivo da acidez de solos**. Alegre, 2008, 72 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo.

-RIBEIRO, A.C.; FIRME, D.J.; MATOS, A.C.M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez. **Revista Ceres**, v. 33, p. 242-248, 1986.

-SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: JAYAWARDANE, N.S. & STEWART, B.A., eds. **Subsoil**

management techniques. Athens, GA, Lewis Publishers, p.147-185,1995.