

RELAÇÃO Ca/Mg NO SOLO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DE ELEVADAS DOSES DE GESSO AGRÍCOLA

Jailson Castilho Rodrigues¹, Davi Lopes do Carmo², Dulcimara Carvalho Nannetti³, Hadas Marques⁴, Rogério Araújo Pereira⁵

¹ Tecnólogo em Cafeicultura – Instituto Federal, Campus Machado-MG, jallasrod@hotmail.com

² D.Sc. Ciência do Solo – Universidade Federal de Lavras (UFLA)-MG, davigoldan@yahoo.com.br

³ D.Sc., Professora – Instituto Federal, Campus Machado-MG, dulcimara.nannetti@ifsuldeminas.edu.br

⁴ Graduando em Agronomia – Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS-MG, hadasmarques@yahoo.com.br

⁵ Tecnólogo em Cafeicultura – Instituto Federal, Campus Machado-MG, r.adp@hotmail.com

RESUMO: A produtividade do cafeeiro e a relação Ca/Mg no solo podem ser alteradas em função da aplicação de elevadas doses de gesso agrícola. Objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito da aplicação de doses de gesso agrícola, em dois modos de aplicação (linha do cafeeiro e área total), na relação de Ca/Mg no solo e na produtividade da 1ª safra do cafeeiro. O estudo foi desenvolvido no município de Paraguaçu-MG. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 2, cinco doses de gesso agrícola (0, 13, 26, 39 e 52 t ha⁻¹), correspondendo a 0; 3,5; 7,0; 10,5 e 14 kg de gesso por metro linear, em dois modos de aplicação, na linha de plantio com 0,5 m de largura e em área total nas entrelinhas do cafeeiro. A parcela experimental foi constituída de três linhas com 11 plantas cada, totalizando 33 plantas, sendo considerada área útil, as cinco plantas centrais. O gesso foi aplicado a lanço, aos quatro meses após a implantação da lavoura. Aos 28 meses após a implantação da lavoura, foram realizadas as avaliações dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo. As amostras de solo foram coletadas em março de 2012, na profundidade de 0–20 cm em cada parcela para as determinações de Ca²⁺ e Mg²⁺. A colheita da primeira safra foi realizada em maio de 2013, aos 42 meses após a implantação da lavoura, colhendo-se as cinco plantas centrais de cada parcela. A aplicação de doses elevadas de gesso agrícola provocou aumento nos teores de Ca²⁺, diminuição dos teores de Mg²⁺ e, conseqüentemente, aumento da relação de Ca/Mg no solo, podendo-se chegar a valores muito altos de até 244, na dose de 52 t ha⁻¹. A relação de Ca/Mg até 244 no solo não afetou a produtividade do cafeeiro na primeira colheita. A aplicação de doses elevadas de gesso agrícola proporcionou aumento de produtividade na primeira colheita do cafeeiro, com aumentos crescentes até a dose de 52 t ha⁻¹. A produtividade do cafeeiro é influenciada pelo modo de aplicação de elevadas doses de gesso, com alcance de maiores produtividades através da aplicação realizada em área total.

PALAVRAS-CHAVE: condicionador de solo, sulfato de cálcio, subsolo, nutrição do cafeeiro.

THE Ca/Mg RATIO IN THE SOIL AND THE PRODUCTIVITY OF COFFEE AS A FUNCTION OF HIGH DOSES OF GYPSUM

ABSTRACT: The productivity of coffee and the Ca/Mg ratio in the soil can be changed depending on the application of high doses of gypsum. The objective of this study was to evaluate the effect of gypsum doses in two application modes (line of coffee and total area), the ratio of Ca/Mg in soil and the first yield of coffee plants. The study was carried out at the municipality of Paraguaçu-MG. The design was a randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications. The treatments were arranged in a factorial 5 x 2, five doses of gypsum (0, 13, 26, 39 and 52 t ha⁻¹), corresponding to 0; 3.5; 7.0; 10.5 and 14 kg of gypsum per meter, in two application modes, in the rows with 0.5 m wide and the total area of the coffee lines. The experimental plot consisted of three rows with 11 plants each, totaling 33 plants and is considered useful area, the 5 central plants. The gypsum was applied to haul four months after the crop establishment. Twenty eight months after planting the crop, Ca²⁺ and Mg²⁺ in the soil were evaluated. . Soil samples were collected in March 2012 at a depth of 0–20 cm in each plot for Ca²⁺ and Mg²⁺ determinations. The first harvest of the crop was held in May 2013, at 42 months after planting the crop, harvesting up the five central plants in each plot. The application of high doses of gypsum increased Ca²⁺ levels, decreased Mg²⁺ concentration and consequently increased the ratio of Ca/Mg at values as high as 244 at the dose of 52 t ha⁻¹. The ratio of Ca/Mg up to 244 on the soil does not affect the coffee yield in the first harvest. The application of high doses of gypsum provided an increase at the first yield of the coffee crop, as higher was the increase at the dose, up to 52 t ha⁻¹. Coffee yield is influenced by the mode of application of gypsum at high doses to reach higher yields by applying to in total area.

KEYWORDS: soil conditioner, calcium sulfate, underground, coffee nutrition.

INTRODUÇÃO

A aplicação do gesso agrícola em lavouras cafeeiras tem sido realizada no sentido de promover melhoria química no ambiente de crescimento do sistema radicular das plantas, propiciando condições adequadas para o seu aumento em profundidade. O aumento do sistema radicular proporciona maior exploração no volume de solo, fazendo com que as raízes das plantas absorvam mais água e nutrientes, além proporcionar às plantas melhor tolerância à seca em períodos de veranicos e aumentar a produção (DALLA et al., 2013). Os efeitos positivos do gesso no solo se devem principalmente aos aumentos nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} nas camadas subsuperficiais (> 20 cm) e a diminuição da atividade do Al^{3+} tóxico, com a formação do sulfato de alumínio (AlSO_4^+), uma vez que o excesso de Al^{3+} e a falta de Ca^{2+} atuam como barreira química prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro (RAIJ, 2008).

A recomendação do gesso é realizada com base na análise de solo das camadas subsuperficiais de 20–40 cm ou mais profundas, quando o teor de Ca^{2+} for $\leq 0,4$ $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, teor de $\text{Al}^{3+} >$ que $0,5$ $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou a saturação por $\text{Al}^{3+} >$ que 30% (RAIJ et al., 1996; RIBEIRO et al., 1999). Seguindo esses critérios agrônômicos para a aplicação do gesso, raramente as doses ultrapassam 5 t ha^{-1} , no entanto, têm-se observado aplicações de elevadas doses de gesso, podendo causar modificações na relação Ca/Mg no solo e na produtividade do cafeeiro.

Além da dose, a relação Ca/Mg e a produtividade do cafeeiro podem ser afetados pelo modo de aplicação que geralmente se diferenciam em lavouras cafeeiras com aplicações na linha de plantio e em área total. O modo de aplicação pode provocar alterações na fertilidade do solo da área explorada pelas raízes das plantas, principalmente dos teores de Ca e Mg no solo com variações tanto na horizontal quanto na vertical.

De modo geral as relações de Ca/Mg no solo, consideradas ideais para as cultura variam de 1:1 a 8:1 (RIBEIRO et al., 1999; VENTURIN et al., 2000; MEDEIROS et al., 2008), e para a cultura do cafeeiro têm sido sugerido de 4,5:1 (MALAVOLTA, 2006), visando o fornecimento equilibrado entre esses cátions. Em contrapartida, Raij et al. (1996) relatam que a relação Ca/Mg não é um fator limitante para o crescimento e produtividade das culturas, desde que os teores de Ca e Mg estejam acima dos níveis críticos para as plantas, podendo variar de 0,5/1 a 30/1. Assim, a variação da relação Ca/Mg no solo parece não ser o fator limitante da produtividade do cafeeiro, desde que os teores de Ca e Mg estejam acima dos níveis críticos. Além disso, são escassos os estudos que permitem avaliar o efeito do modo de aplicação de elevadas doses de gesso na relação Ca/Mg no solo e na produtividade do cafeeiro. Dessa forma, há a necessidade de estudos no sentido de dar subsídios e aprimorar a recomendação do gesso na cafeicultura.

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da aplicação de doses de gesso agrícola em dois modos de aplicação (linha do cafeeiro e área total), na relação de Ca/Mg no solo e na produtividade da primeira safra do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de dezembro de 2009 a maio de 2013, em um Latossolo Vermelho distrófico, na Fazenda Paraíso, localizada no município de Paraguaçu, Sul do estado de Minas Gerais, nas proximidades das coordenadas geográficas de $21^{\circ}31'59'' \text{ S}$ e $45^{\circ}45'59'' \text{ W}$. Antes de instalar o experimento foi realizado a caracterização química das amostras de solo em área total, coletadas nas profundidades de 0–20, 21–40 e 41–60 cm (Tabela 1). Na caracterização química do solo, foram analisados pH em água, teores de P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} e matéria orgânica (MO) e calculados os valores de acidez potencial (H+Al), saturação por Al (m), saturação por bases (V) e capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7, de acordo os protocolos descritos em Silva (2009).

Tabela 1. Caracterização química do solo antes da implantação do experimento, em três profundidades.

Profundidade (cm)	pH	P ⁽²⁾	K ⁺⁽²⁾	Ca ²⁺⁽³⁾	Mg ²⁺⁽³⁾	Al ³⁺⁽³⁾	H ⁺ +Al ³⁺⁽⁴⁾	T	m	V	MO ⁽⁵⁾
	água	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				%		dag kg ⁻¹	
0–20	5,1	2,64	40	3,0	1,1	0,0	3,8	8,69	0,0	53	2,73
21–40	4,3	0,63	24	0,8	0,3	0,7	6,4	6,35	25	15	2,10
41–60	4,3	0,63	12	0,7	0,2	0,7	5,8	6,28	31	13	1,63

⁽¹⁾ pH (H₂O), relação 1:2,5; ⁽²⁾ Extrator Mehlich-1; ⁽³⁾ Extrator KCl 1 mol L⁻¹; ⁽⁴⁾ Extrator SMP; ⁽⁵⁾ MO-matéria orgânica: Oxidação com Na₂Cr₂O₇ 2 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 5 mol L⁻¹. T= CTC-capacidade de troca de cátions.

Após o preparo e a correção do solo foi realizado o sulcamento para a adubação de plantio. No sulco foram aplicados 250 g metro⁻¹ de sulco de superfosfato simples e 200 g metro⁻¹ de sulco de calcário dolomítico. A correção do solo e as adubações de plantio e pós-plantio realizadas durante o período experimental foram feitas de acordo com recomendações da 5ª aproximação (RIBEIRO et al., 1999) com base na análise de solo. As fontes utilizadas para N, P e K foram: 20-00-20 e superfosfato simples. Após as operações de preparo do solo, aplicação de calcário e adubação de plantio, foi realizado o transplante das mudas de café (*Coffea arabica* L), cultivar Catucaí, linhagem 2SL amarela, no espaçamento de 2,7 m x 0,7 m, em dezembro de 2009. Após o plantio, foram realizadas adubações de cobertura divididas em quatro parcelas iguais.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 2, cinco doses de gesso agrícola (0, 13, 26, 39 e 52 t ha⁻¹), correspondendo a 0; 3,5; 7,0; 10,5 e 14 kg de gesso por metro linear, em dois modos de aplicação, na linha de plantio com 0,5 m de largura e em área total nas entrelinhas do cafeeiro. A parcela experimental foi constituída de três linhas com 11 plantas cada, totalizando 33 plantas, sendo considerada área útil, as cinco plantas centrais. O gesso foi aplicado a lanço, em março de 2010, quatro meses após a implantação da lavoura.

Vinte e oito meses após a implantação da lavoura foram realizadas as avaliações dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo. As amostras de solo foram coletadas em março de 2012, na profundidade de 0–20 cm em cada parcela. As determinações de Ca²⁺ e Mg²⁺ foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo as metodologias descritas em Silva (2009). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus Machado.

A colheita da primeira safra foi realizada em maio de 2013, 42 meses após a implantação da lavoura, colhendo-se as cinco plantas centrais de cada parcela. Para a caracterização da produtividade por hectare, multiplicou-se a média de litros de café colhido nas cinco plantas centrais de cada parcela por 5.291, número de plantas contidas em 1 ha e dividiu-se por 500, valor em litros de café considerados para se obter uma saca de café beneficiada.

Os dados foram submetidos à análise de variância, com a aplicação do teste F, a 5% de probabilidade de erro (P <0,05), utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2014) e, quando significativo, foram realizadas análises de regressões entre as doses de gesso e os atributos avaliados com auxílio do programa Sigma Plot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relação Ca/Mg no solo

Vinte e quatro meses após as aplicações de gesso, tanto na linha de plantio quanto em área total, observaram-se aumentos lineares nos teores de Ca²⁺ em solo, na profundidade de 0–20 cm, em função do aumento da dose de gesso, com aumento mais expressivo na linha de plantio (Figura 1a). Os teores de Ca²⁺ no solo variaram de 3,9 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺ para o controle (dose 0) a 36 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺ para a maior dose (52 t ha⁻¹), com aumento de 0,63 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺ no solo para cada t ha⁻¹ aplicada na linha e de 0,35 cmol_c dm⁻³ para cada t ha⁻¹ aplicada em área total. Este resultado é justificado pela concentração de Ca (17-20%) que o gesso agrícola possui. Os maiores aumentos dos teores de Ca²⁺ verificados para a aplicação na linha de plantio ocorreu em função de maior concentração do gesso por área de aplicação, tendo em vista que a aplicação na linha limitou-se a uma largura de 0,5 m de cada lado da linha de plantio, enquanto que a aplicação em área total, à largura de aplicação foi referente ao espaçamento de 2,7 m, entre as linhas de plantio.

Para os teores de Mg²⁺ no solo houve uma relação inversa à apresentada pelos teores de Ca²⁺, com decréscimos lineares nas duas formas de aplicação na linha de plantio e área total, em função do aumento nas doses de gesso, com resultados similares entre os dois modos de aplicação (Figura 1b). Os teores de Mg²⁺ no solo variaram de 0,75 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺ para o controle (dose 0) a 0,20 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺ para a maior dose (52 t ha⁻¹), com diminuição de 0,012 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺ no solo para cada t ha⁻¹ aplicada na linha e de 0,01 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺ para cada t ha⁻¹ aplicada em área total, na profundidade de 0–20 cm.

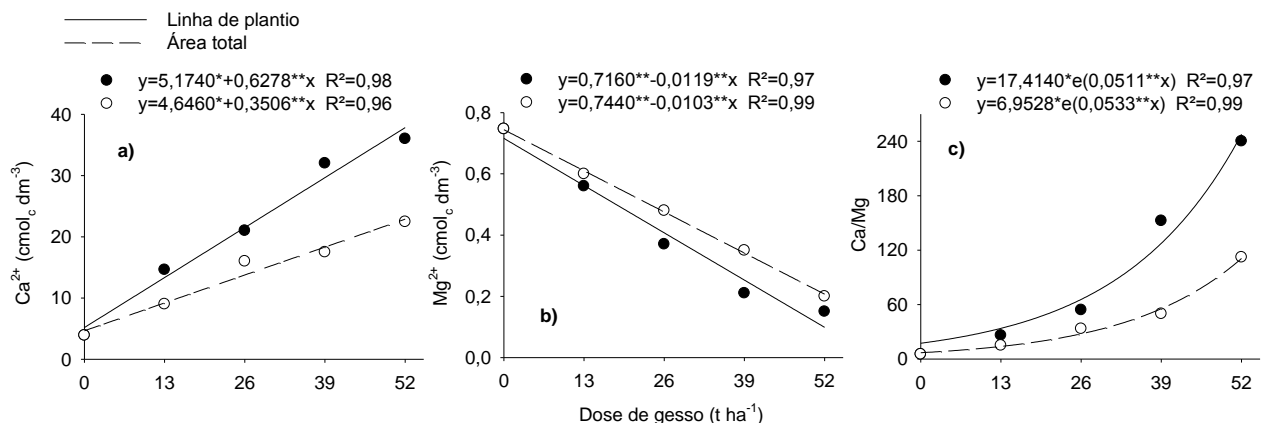


Figura 1. Teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ e relação Ca/Mg, em função da aplicação de doses de gesso agrícola em lavoura cafeeira, em dois modos de aplicação (linha de plantio e área total), na profundidade de 0–20 cm. * e ** = significativos a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

O fato de o Ca²⁺ ter preferência nos sítios de troca na competição com o Mg²⁺ pelas cargas negativas do solo (LOYOLA Jr. & PAVAN, 1989), o aumento do teor de Ca²⁺ provocado pela a aplicação de elevadas doses de gesso promove o deslocamento do Mg²⁺ dos sítios de troca, podendo ser lixiviado no perfil do solo na forma de par iônico (MgSO₄⁰) com

o SO_4^{2-} ou na forma de íons Mg^{2+} (ZAMBROSI et al., 2007). No caso do cafeeiro a lixiviação de Ca e Mg no solo não se torna prejudicial às plantas pois o gesso favorece o desenvolvimento das raízes em camadas mais profundas, resgatando estes nutrientes, além da reciclagem que ocorre com o manejo das plantas invasoras nas entrelinhas do cafeeiro. É importante ressaltar que neste caso torna-se importante à utilização de calcários dolomíticos que apresentam maiores concentrações de Mg, visando à reposição das quantidades de Mg lixiviado para as camadas mais profundas do solo, quando se utiliza doses elevadas de gesso.

Com o aumento dos teores de Ca^{2+} e diminuição dos teores de Mg^{2+} no solo provocados pela aplicação do gesso, elevou-se a relação Ca/Mg de forma exponencial nas duas formas de aplicação (linha de plantio e em área total), com resultados mais expressivos na linha de plantio (Figura 1c). O desbalanço entre Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo é o motivo de maior preocupação, principalmente quanto ao uso de elevadas doses de gesso, que podem causar desequilíbrios nutricionais e perdas de nutrientes mais lixiviáveis como o Mg (RAIJ, 2008). As alterações dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} modificaram a relação de Ca/Mg do solo, que aumentou de 5,2 no tratamento controle (dose 0), para 244 e 182, na linha de plantio e área total, respectivamente, na maior dose de gesso aplicada (52 t ha^{-1}), na profundidade de 0–20 cm, ficando muito além da relação considerada ideal (4,5:1) para o cafeeiro (MALAVOLTA, 2006).

Produtividade

A produtividade do cafeeiro aumentou de forma linear em função do aumento das doses de gesso, nas duas formas de aplicação (linha de plantio e área total), no entanto, a aplicação em área total se destacou com as maiores produções (Figura 2). A produtividade alcançada com a aplicação de gesso em área total chegou a 26% superior em comparação a aplicação na linha de plantio, com $89,6 \text{ sacas ha}^{-1}$, enquanto a aplicação na linha de plantio proporcionou produtividade de $71,1 \text{ sacas ha}^{-1}$, na maior dose de 52 t ha^{-1} de gesso. Os aumentos na produtividade proporcionados pela aplicação do gesso agrícola se devem principalmente pelo aumento dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , além da neutralização do Al^{3+} tóxicos e aumentos de S-SO_4^- nas camadas mais profundas do solo, favorecendo o aumento do sistema radicular com exploração de maior volume de solo (ZAMBROSI et al., 2007; CARDUCCI et al., 2014) e consequentemente maior absorção de água e nutrientes (DALLA et al., 2013; PAULETTI et al., 2014).

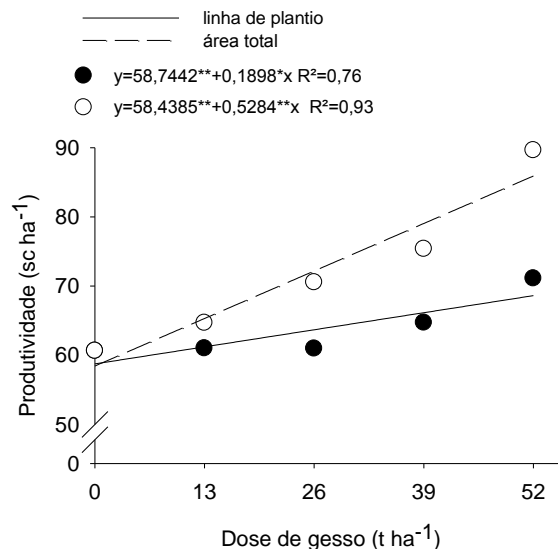


Figura 2. Relação da produtividade do cafeeiro, em função da aplicação de doses de gesso agrícola, em dois modos de aplicação (linha de plantio e área total). * e ** = significativos a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

As maiores produtividades constatadas para a aplicação do gesso em área total, podem ser justificadas pelo aumento da biomassa de plantas invasoras nas entrelinhas do cafeeiro, que pode encontrar um melhor ambiente para o desenvolvimento do sistema radicular, favorecendo uma maior reciclagem de nutrientes e melhor cobertura do solo pela biomassa produzida, reduzindo a temperatura e mantendo a umidade do solo. Outro fator que pode ter contribuído é que devido à aplicação ser em área total ocorreu um aumento da taxa de solubilidade do gesso agrícola potencializando os efeitos positivos no solo. Apesar das variações extremas na relação Ca/Mg, na camada de 0–20 cm, constatadas neste trabalho com aplicações de elevadas doses de gesso agrícola, a produtividade aumentou significativamente até a dose de 52 t ha^{-1} de gesso

CONCLUSÕES

- 1) A aplicação de doses elevadas de gesso agrícola provocaram aumentos nos teores de Ca^{2+} , diminuições dos teores de Mg^{2+} e conseqüentemente o aumento da relação de Ca/Mg no solo, podendo-se chegar a valores muito altos de até 244, na dose de 52 t ha⁻¹.
- 2) A relação de Ca/Mg até 244 no solo não afeta a produtividade do cafeeiro na primeira colheita.
- 3) A aplicação de doses elevadas de gesso agrícola proporcionaram aumentos de produtividade na primeira colheita do cafeeiro, com aumentos crescentes até a dose de 52 t ha⁻¹.
- 4) A produtividade do cafeeiro foi influenciada pelo modo de aplicação de elevadas doses de gesso, com alcance de maiores produtividades através da aplicação realizada em área total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N.; HECK, R. J.; ROSSONI, D. F.; CARVALHO, T. S.; COSTA, A. L. Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. *Soil Tillage Research*, v. 145, p. 171-180, 2014.
- DALLA NORA, D.; AMADO, T. J. C. Improvement in chemical attributes of Oxisol subsoil and crop yields under no-till. *Agronomy Journal*, v. 105, p. 1393-1403, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 38, p. 109-112, 2014.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. *Semina: Ciências Agrárias*, v.29, p.799-806, 2008.
- PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 495-505, 2014.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1996. 184p.
- RAIJ, B. V. Gesso na agricultura. Campinas, SP: IAC. 2008. 233 p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627 p.
- VENTURIN, R. P.; BASTOS, A. R. R.; MENDONÇA, A. V. R.; CARVALHO, J. G. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). *Cerne*, v. 6, p. 30-39, 2000.
- ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system. *Scientia Agricola*, v. 65, p. 190-203, 2008.