

PH, CÁLCIO E MAGNÉSIO INFLUENCIADOS PELO USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS UTILIZADOS COMO CORRETIVOS, EM LAVOURA DE CAFÉ CONILON

Natiélia Oliveira Nogueira¹, Marcelo Antonio Tomaz², Felipe Vaz Andrade³, Amarilson de Oliveira Candido⁴,
Sebastião Vinícius Batista Brinate⁵

¹ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre-ES, natielia_nogueira@yahoo.com.br.

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, Dep. de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre-ES, tomaz@cca.ufes.br.

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Dep. de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre-ES, felipe@cca.ufes.br.

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre-ES, amarilsonoc@hotmail.com.

⁵ Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre-ES, svbbrinate@hotmail.com.

RESUMO: Os calcários representam a quase totalidade dos corretivos empregados no Estado do Espírito Santo. Entretanto, existem materiais corretivos alternativos, como a escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore que apresentam potenciais de utilização na agricultura. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de calcário, escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore nos valores de pH, cálcio e magnésio trocáveis do solo, em lavoura de café Conilon. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Feliz Lembrança, localizada no Município de Alegre-ES, no período de Outubro de 2008 a Abril de 2010. O delineamento experimental foi instalado em blocos casualizados, com distribuição fatorial de 4 x 5 x 2, com três repetições, contendo quatro tipos de materiais corretivos de acidez (calcário dolomítico, escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore), cinco níveis de doses de materiais corretivos (0, 30, 60, 90 e 120 % da dose recomendada de calagem) e duas épocas de amostragem do solo (seis meses após cada aplicação dos corretivos). Os resultados mostraram que os valores de pH e os teores de magnésio proporcionados pela aplicação dos corretivos alternativos foram semelhantes ou superiores ao calcário. Os teores de cálcio na primeira época de amostragem foram superiores com a aplicação da escória de siderurgia. Os teores de cálcio na segunda época de amostragem não apresentaram diferença quanto à utilização de calcário, escória e resíduo mármore.

Palavras-Chave: *Coffea canephora*, acidez do solo, corretivos alternativos.

PH, CALCIUM AND MAGNESIUM INFLUENCED BY THE USE OF INDUSTRIAL WASTE USED AS CORRECTIVES IN CONILON COFFEE PLANTATION

ABSTRACT : Lime represents almost all of the correctives applied in the state of Espírito Santo. However, there are alternative corrective materials such as slag, magnesium oxide and residual marble that have potential use in agriculture. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effects of different dose in lime, slag, magnesium oxide and residual marble, pH values of each corrective material, calcium and magnesium from exchangeable soil in Conilon coffee plantation. The experiment was carried out at a local farm called Fazenda Feliz Lembrança, located in the municipality of Alegre-ES, starting in October 2008 to April 2010. The experiment was held in intrablock with factorial distribution of 4 x 5 x 2, with three replications of four types of corrective acidity materials such as lime, slag, magnesium oxide and residual marble, five different levels of doses of corrective materials (0, 30, 60, 90 and 120% of recommended dose of lime) and two periods of soil sampling (every six months after each correction application). The results showed that the values of pH and the concentration of magnesium provided by the application of alternative corrections were similar or superior to the lime. The calcium content in the first sampling time was higher with the application of slag. The calcium content in the second sampling time showed no difference regarding the use of lime, slag and residual marble.

Key words: *Coffea canephora*, soil acidity, corrective alternative.

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros apresenta um alto grau de intemperismo favorecido por um ambiente tropical de chuvas intensas e elevadas temperaturas. Solos ácidos, como os Latossolos, ocupam grandes extensões do território brasileiro (KER, 1997). No Brasil, o material mais utilizado como corretivo de acidez do solo é o calcário. Todavia, a utilização de resíduos industriais para a mesma finalidade, vem sendo uma alternativa viável.

As escórias de siderurgia são subprodutos das indústrias do ferro e do aço, cujos componentes neutralizantes são os silicatos de cálcio e magnésio (Carvalho-Pupatto, 2004). O óxido de magnésio proveniente da calcinação do carbonato de magnésio ($MgCO_3$), vem sendo estudado com intuito de corrigir a acidez do solo semelhante à reação e correção do calcário. Outro produto que surge como alternativa para correção da acidez e para reposição do solo de nutrientes à agricultura é o uso do resíduo de mármore.

A atividade da mineração é um dos setores produtivos que mais causa impacto negativo ao meio ambiente. Apesar de ter uma atuação pontual em torno das jazidas, esta atividade causa uma série de transformações e gera uma grande quantidade de resíduos no ambiente (Pinheiro, 2009). De acordo com Machado et al. (2010), esses resíduos ocupam áreas de descarga cada vez maiores, além dos inconvenientes ecológicos, principalmente para o Estado do Espírito Santo, que é o maior produtor de rochas ornamentais do Brasil, e especificamente para a cidade de Cachoeiro de Itapemirim, que atua como pólo de produção e extração de rochas ornamentais.

Com base no exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore em lavoura de café Conilon, quanto aos valores de pH, cálcio e magnésio trocáveis do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma lavoura de café Conilon da Fazenda Feliz Lembrança, localizada no Município de Alegre-ES, no período de outubro de 2008 a abril de 2010. O clima predominante na região é do tipo Cwa (clima subtropical, quente e úmido no verão e seco no inverno), conforme classificação de Köppen.

Para a realização deste experimento foi selecionada uma lavoura com plantas de café Conilon em produção, cultivada no espaçamento de 2,50 x 1,20 m com oito anos de idade. As características químicas do solo, por ocasião da instalação do experimento, podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos atributos físicos e químicos do solo antes da instalação do experimento

Caracterização física										
Areia ^(a)		Silte ^(a)		Argila ^(a)		Ds ^(b)				
-----g/kg-----		-----g/kg-----		-----g/kg-----		----kg dm ⁻³ ----				
548,18		37,31		414,51		1,40				
Caracterização química										
pH ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	K ⁽³⁾	Na ⁽³⁾	Ca ⁽⁴⁾	Mg ⁽⁴⁾	Al ⁽⁵⁾	H+A ⁽⁶⁾	T	V	
-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----							---%---
4,5	3,01	53,0	0,00	1,36	0,28	0,40	4,0	5,89	31,30	

^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 Mehlich¹ 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).

Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados com três repetições, em arranjo fatorial 4 x 5 x 2, contendo quatro tipos de materiais corretivos de acidez (calcário dolomítico, escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore), cinco níveis de doses de materiais corretivos (0, 30, 60, 90 e 120 % da dose recomendada de calagem) e duas épocas de amostragem (seis meses após cada aplicação dos corretivos).

Foram realizadas duas aplicações das doses dos corretivos, sendo a primeira aplicação em outubro de 2008 e a segunda em outubro de 2009. A amostragem do solo para análise dos valores de pH, cálcio e magnésio trocáveis foram realizadas em abril de 2009 e 2010. A primeira aplicação dos corretivos foi baseada na análise inicial do solo (Tabela 1). Enquanto, a segunda aplicação foi realizada de acordo com os resultados médios da análise de solo correspondente a amostra do solo referente à dose estimada de 100% de cada material corretivo na primeira aplicação.

Cada parcela experimental foi composta por seis plantas de café. As doses dos materiais corretivos foram calculadas e aplicadas na superfície do solo na projeção da saia do cafeeiro de acordo com os tratamentos previamente estabelecidos. As doses foram definidas utilizando-se o método da elevação da saturação por bases, com a elevação da saturação de bases para 60%, conforme sugerido por Prezotti et al. (2007). Para os corretivos óxido de magnésio e resíduo de mármore, foi adicionado gesso agrícola de acordo com cada dose, com o objetivo de igualar a relação cálcio:magnésio em 3:1 existente nos demais corretivos. A análise dos materiais corretivos utilizados está apresentada na Tabela 02.

Tabela 2 - Características químicas dos corretivos utilizados

Parâmetros	Calcário	Escória de Siderurgia	Óxido de Magnésio	Resíduo de Mármore
Óxido de cálcio (%)	33,60	32,00	-	26,88
Óxido de magnésio (%)	9,58	10,75	53,0	20,00
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 x 1,79 + %MgO x 2,48; ² Eficiência relativa: [(A x 0,0) + (B x 0,2) + (C x 0,6) + (D x 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 x ER / 100.

As Adubações minerais foram baseadas na análise do solo e de acordo com as recomendações para cultura no Estado do Espírito Santo. As doses recomendadas foram divididas em três aplicações durante o período chuvoso,

Para as análises correspondentes a primeira época de amostragem, foram retiradas amostras de solos das unidades experimentais, após seis meses da aplicação dos tratamentos, para análise de pH, cálcio e magnésio trocáveis do solo, conforme EMBRAPA (1997) e para as análises referentes a segunda época de amostragem foram coletadas amostras de solo após seis meses da segunda aplicação dos materiais corretivos.

Os dados foram submetidos aos testes preliminares para verificação da normalidade (Teste de Lilliefors) e homogeneidade de variância (Teste de Bartlett). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), utilizando-se o Software SISVAR (Ferreira, 2000). Quando significativo foi utilizado 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 (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH em água, cálcio e magnésio trocáveis do solo, para cada corretivo e as épocas de amostragem, são apresentados na Tabela 3. Os resultados das análises das amostras de solos mostram, que não houve diferenças significativas para os valores de pH em água, em função dos corretivos utilizados e épocas avaliadas, fato que evidencia a potencialidade de utilização dos resíduos como corretivos alternativos da acidez do solo.

Tabela 3 - Valores médios de pH em água, cálcio e magnésio trocáveis do solo, em função do tipo de corretivo (calcário, escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore) para a primeira época e amostragem (época 1) e segunda época de amostragem (época 2)

Corretivos	Época 1 (abril-2009)	Época 2 (abril-2010)
	pH em água	
Calcário	4,67 aA	4,60 aA
Escória de siderurgia	4,73 aA	4,68 aA
Óxido de magnésio	4,59 aA	4,62 aA
Resíduo de mármore	4,66 aA	4,60 aA
Cálcio trocável (cmol _c dm ⁻³)		
Calcário	1,41 bA	1,37 aA
Escória de siderurgia	1,53 aA	1,22 abB
Óxido de magnésio	1,27 cA	1,28 cA
Resíduo de mármore	1,25 cA	1,22 abA
Magnésio trocável (cmol _c dm ⁻³)		
Calcário	0,30 aA	0,26 cA
Escória de siderurgia	0,32 aA	0,31 bcA
Óxido de magnésio	0,33 aB	0,44 aA
Resíduo de mármore	0,32 aA	0,34 bA

*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem significativamente entre si para cada variável pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Analisando o cálcio trocável, verifica-se que para a primeira época de amostragem, a escória de siderurgia proporcionou maiores valores desse nutriente no solo, seguido do calcário, óxido de magnésio e resíduo de mármore, sendo que os dois últimos corretivos não diferiram significativamente. Entretanto, para a segunda época de amostragem, observa-se que não houve diferença significativa para os corretivos calcário, escória de siderurgia e resíduo de mármore, sendo que estes favoreceram maiores concentrações de cálcio no solo, comparados aos teores deste elemento proporcionados pelo óxido de magnésio. Este fato pode estar associado à aplicação conjunta do óxido de magnésio com o gesso. O gesso possui uma característica de maior mobilidade no perfil do solo, o cálcio pode ter movimentado para uma maior profundidade no perfil do solo.

Quanto aos corretivos analisados para as duas épocas de amostragem, nota-se que apenas a escória de siderurgia apresentou diferença significativa entre as épocas de amostragem, recebendo menor valor para segunda época (Tabela 3).

Quando analisado os teores de magnésio trocável, não se observou diferenças significativas para os corretivos avaliados na primeira época de amostragem, o que apontou similaridade dos efeitos da aplicação do calcário frente aos corretivos alternativos utilizados. Entretanto, observou-se diferenças significativas para os valores médios de magnésio para a segunda época e amostragem, com valores superiores para o óxido de magnésio (Tabela 3). Este fato pode ser justificado pelo elevado valor de magnésio no óxido de magnésio (Tabela 2), que possibilitou maior incremento de magnésio no solo para a segunda época de amostragem.

Considerando as dosagens dos corretivos e o pH, observa-se incrementos lineares do pH com o aumento das doses dos corretivos. Este comportamento linear foi verificado em ambas as épocas de amostragens (Figura 1a e 1b). Nota-se ainda que todos os corretivos utilizados corrigiram a acidez do solo, demonstrando resultados satisfatórios frente ao uso do calcário.

Estes resultados corroboram com os resultados encontrados por Prado & Fernandes (2000), quando comprovaram que o calcário e a escória de siderurgia proporcionaram resultados semelhantes na correção da acidez do solo. Estes estudos mostraram que à medida que se aumenta as doses desses corretivos houve também um aumento nos valores de pH do solo. Resultados semelhantes foram verificados por Mesquita et al. (2008) ao utilizar escória de siderurgia e o óxido de magnésio como corretivos da acidez em Latossolos.

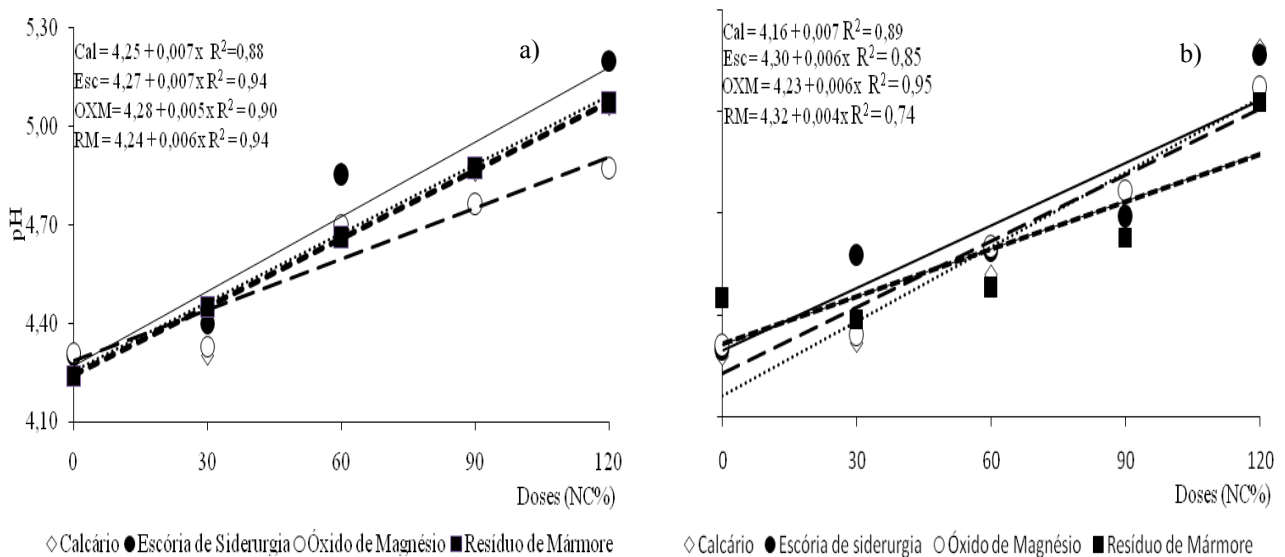


Figura 1 - Valores médios de pH do solo para cada tipo de corretivo (calcário, escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore) em função das doses (0, 30, 60, 90 e 120% da dose recomendada de calagem) estudadas para primeira época de amostragem (a) e para a segunda época de amostragem (b).

Quanto ao efeito das dosagens dos corretivos no teor de cálcio trocáveis do solo, nos dois períodos de amostragem, observa-se que os teores desse nutriente aumentam à medida que a dose dos corretivos foi elevada (Figura 2a e 2b).

Analisando o teor de magnésio trocáveis do solo em função das dosagens, o resultado foi semelhante ao cálcio, com exceção da escória de siderurgia para a segunda época de amostragem, onde não foi possível ajustar um modelo de regressão (Figura 3a e 3b).

Os efeitos proporcionados pelo calcário e escória de siderurgia corroboram com os resultados encontrados por Prado et al. (2003) e Rezende et al. (2007). Este fato provavelmente deve-se ao fato dos dois corretivos terem em sua composição porcentagens de óxido de cálcio e de óxido de magnésio semelhantes (Tabela 2). Os resultados

relacionados ao resíduo de mármore concordam com os resultados encontrados por Machado et al. (2010), que observaram que a adição do resíduo de mármore aumentou os teores de cálcio e magnésio trocáveis no solo.

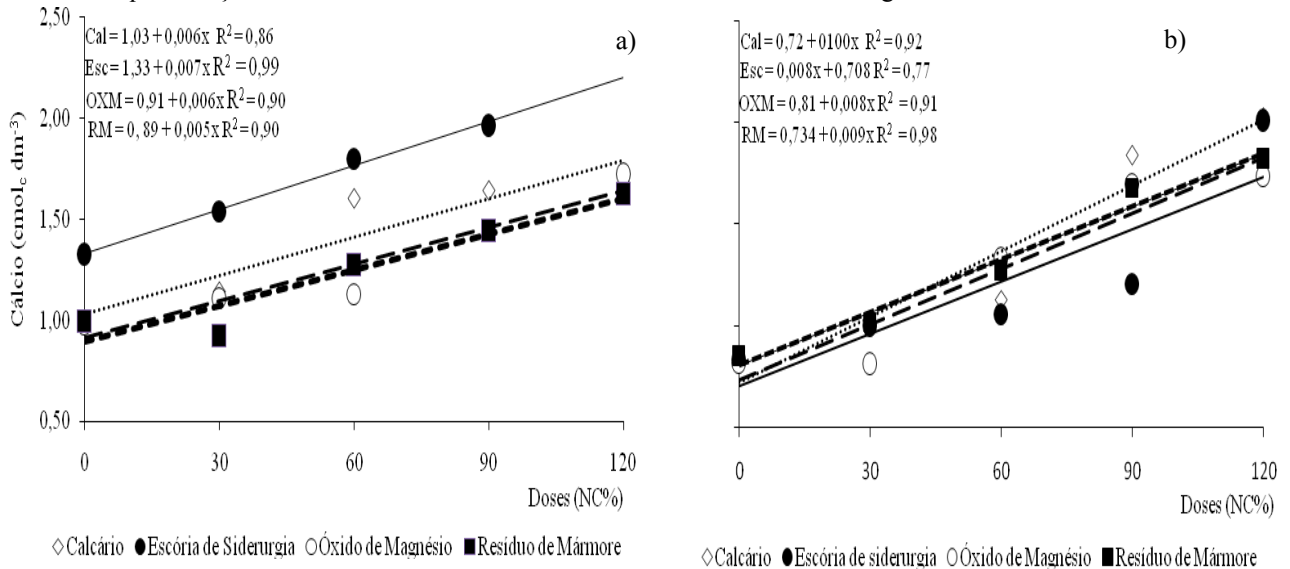


Figura 2 - Valores médios de cálcio trocáveis do solo para cada tipo de corretivo (calcário, escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore) em função das doses (0, 30, 60, 90 e 120% da dose recomendada de calagem) estudadas para primeira época de amostragem (a) e para a segunda época de amostragem (b).

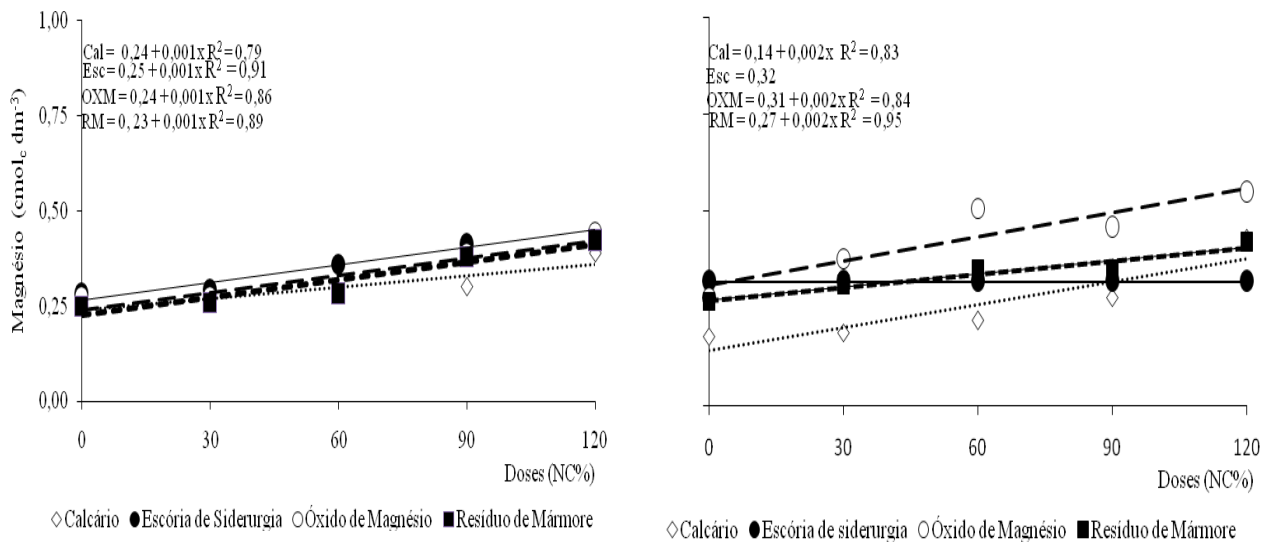


Figura 3 - Valores médios de magnésio trocáveis do solo para cada tipo de corretivo (calcário, escória de siderurgia, óxido de magnésio e resíduo de mármore) em função das doses (0, 30, 60, 90 e 120% da dose recomendada de calagem) estudadas para primeira época de amostragem (a) e para a segunda época de amostragem (b).

CONCLUSÕES

Os valores de pH e os teores de magnésio proporcionados pela aplicação dos corretivos alternativos foram semelhantes ou superiores ao calcário.

Os teores de cálcio na primeira época de amostragem foram superiores com a aplicação da escória de siderurgia.

Os teores de cálcio na segunda época de amostragem não apresentaram diferença quanto à utilização de calcário, escória e resíduo mármore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M.; SILVA, R.H. da. Efeito de escória de alto forno no crescimento radicular e na produtividade de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1323-1328, 2003.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- 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, 2000. p. 255-258.
- KER, J.C. Latossolos do Brasil: uma visão. **Geonomos**. v.5, n.1, p.17-40. 1997.
- MACHADO, R.V.; RIBEIRO, R.C.; ANDRADE, F.V.; PASSOS, R.R.; MESQUITA, L.F. Utilização de resíduos oriundos do corte de rochas ornamentais na correção da acidez e adubação de solos. Rio de Janeiro: CETEM / MCT, 2010. 50 p. (Série Tecnologia Ambiental, 55)
- MESQUITA, L. F. et al. Escória de siderurgia e óxido de magnésio como corretivos da acidez em latossolos. In: XII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 2008, São Bernardo do Campo. **Anais...** São Bernardo do Campo: UNIVAP. CD.
- PINHEIRO, C.M. **Rocha potássica no crescimento inicial, comportamento fotossintético e colonização micorrízica de duas espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Bahia. 2009. 79p.
- 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, 2007. 305p.
- 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**, v.57, n.4, p. 739-744, 2000.
- 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, 2003.
- REZENDE, L.; SOUZA, I.; BARROS, N.; MILAGRES, J. Eficiência agronômica do agrosilício, comparativamente ao calcário dolomítico, na correção do solo e na disponibilidade de Ca e Mg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007, CD Rom.
- SILVEIRA, M.L. da.; LIMA, F.M.R.S.; **O uso de pó de rocha fosfática para o desenvolvimento da agricultura familiar no Semi-Árido brasileiro**. Disponível em:
< http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XV_jic_2007/Maira_Leao_Francisco_Mariano.pdf>. Acesso em 30 mar. 2011.