

Efeito do uso de subprodutos da indústria de celulose na disponibilidade de Ca e Mg em solos de texturas distintas⁽¹⁾.

Joel Cardoso Filho⁽²⁾; Oziel Pinto Monção⁽²⁾; Ivoney Gontijo⁽³⁾; Héilton Maycon Lourenço⁽⁴⁾; Felipe Vaz Andrade⁽⁵⁾;

⁽¹⁾ Parte da dissertação do 1º autor. Projeto financiado pela Veracel Celulose S.A. ⁽²⁾ Engenheiro Agrônomo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES (cf_joe@hotmail.com); ⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor Adjunto do Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES; ⁽⁴⁾ Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Veracel Celulose S.A., Eunápolis – BA; ⁽⁵⁾ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor Adjunto do Centro de Ciências Agrárias – CCA, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES.

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito da aplicação dos subprodutos da produção de celulose na elevação das concentrações de Ca e Mg em dois solos coletados no norte do estado do Espírito Santo. As combinações de Cinza cálcio Magnésio - CCM 38:8 e Humoativo seguiram matriz Box Berard aumentada 3, com 12 combinações em torno de um ponto central (100% da necessidade de calagem - NC x 25 ton ha⁻¹ de Humoativo). Em todas as combinações com a presença da CCM 38:8 houve aumento nos teores de Mg, mas as doses ideais foram aquelas contempladas com a 100% da NC. O Humoativo não influenciou as variáveis. Os resíduos oriundos da produção de celulose mostraram-se eficientes na elevação das concentrações de Ca e Mg nos solos estudados excetuando o humoativo.

Termos de indexação: Humoativo, Nutriente, CCM 38:8.

INTRODUÇÃO

A correção de boa parte dos solos brasileiros é necessária para melhorar a fertilidade, aumentar a disponibilidade de nutrientes minerais e a capacidade de retenção de cátions no solo. A grande quantidade de resíduos gerada em caldeira pela queima de biomassa florestal de indústria de celulose e papel vem provocando preocupações ambientais e econômicas.

A crescente demanda por produtos provenientes da indústria de papel e celulose é responsável pela elevação da produção de celulose e, conseqüentemente, de resíduos sólidos gerados durante o processo de produção, sendo que, para cada tonelada de celulose produzida são gerados 800 kg de resíduos sólidos (Guerra, 2007).

Atualmente, pressionadas por essa tendência ecológica, as indústrias de papel e celulose buscam adequar-se às exigências legais destinadas a proteger o meio ambiente, por meio de ações alternativas, para o destino dos resíduos produzidos na industrialização da madeira. Esse resíduo,

comumente conhecido como cinza de caldeira apresenta potencial para ser utilizado como insumo agrícola, tanto pela quantidade produzida quanto pelas suas características químicas, podendo constituir-se em fonte alternativa de correção de acidez do solo e nutrientes para as plantas.

Alguns resíduos, como a lama de cal, o dregs, o grits e a cinza, contêm nutrientes e podem ter poder corretivo da acidez como CaO, CaOH, CaSiO₃, NaOH, além de CaCO₃ e MgCO₃. Desse modo, são usados como fertilizantes e corretivos da acidez, sendo uma alternativa ao uso de calcário (Carvalho-Pupatto et al., 2004; Ramos et al., 2006).

Os calcários são as principais fontes de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em cultivos agrícolas, entretanto, parte do Ca requerido pelas plantas é suprido pela aplicação do fosfato natural reativo da adubação fosfatada, que apresentam estes nutrientes em sua constituição. Porém, o uso de produtos alternativos, como resíduos industriais, que apresentam menor custo em comparação a essas fontes é crescente (Simonete et al., 2003; Almeida et al., 2007).

Objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito da aplicação dos subprodutos da produção de celulose (CCM 38:8 e Humoativo) na elevação das concentrações de Ca e Mg em dois solos no norte do Espírito Santo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Agrônomo de Análise de Solo (LAGRO) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.

Foram utilizadas amostras superficiais (0 - 20 cm) de um Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA) e de um Argissolo Amarelo (AA) de textura média coletados na região norte do Estado do Espírito Santo. A caracterização química e física dos solos utilizados nesse trabalho é apresentada na **tabela 1**.

Treze níveis de Cinza Cálcio Magnésio (CCM 38:8) e treze de Humoativo, ambos oriundos dos

rejeitos da produção de celulose, foram combinados de acordo com a matriz experimental Box-Berard aumentada 3, constituindo 13 tratamentos (**Tabela 2**), dispostos em delineamento inteiramente casualizados, com três repetições.

Amostras de 0,8 dm³ de TFSA dos solos foram acondicionadas e homogeneizadas em sacos plásticos onde realizou-se a aplicação do corretivo, de acordo com a dose estabelecida, em seguida adicionou-se água às amostras de solo até atingir 60 % do Volume Total de Poros (VTP) segundo Freire et al., (1980), e incubados no período de 60 dias, para promover a reação do material corretivo com o solo.

O estabelecimento das doses foi de acordo com a necessidade de calagem, obtida pelo método da saturação por bases (Prezotti et al., 2007), sendo o ponto central da matriz (0,0) tido como a dose padrão, referente a 100 % da necessidade de calagem para CCM 38:8 e 25 Mg ha⁻¹ para Humoativo. Os sacos plásticos ficaram fechados para evitar perda de umidade. Periodicamente, os sacos eram abertos para liberação do CO₂. Ao final do período de incubação uma sub-amostra de solo de 15 cm³ foi retirada de cada tratamento, e seca ao ar para obtenção de Terra Fina Seca ao Ar. Na sequência, as amostras foram submetidas a análises químicas, determinando as concentrações de Cálcio e Magnésio segundo metodologia da Embrapa (1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o Assistat versão 7.6 beta (Silva & Azevedo, 2009). Para a comparação das médias, foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores estudados para os teores de Mg dos solos (**Tabela 3**).

Para o Latossolo Amarelo de textura argilosa, a maior quantidade de Mg encontrado foi no tratamento 12 com 200 % da Necessidade de calagem (NC), o qual não diferiu dos tratamentos com 100 % da NC (Tratamentos 1, 8 e 9), o combinado com 6,25 e 31,25 ton ha⁻¹ de Humoativo, não diferirão estatisticamente. Esse resultado demonstra o potencial da CCM 38:8 elevar o nutriente no solo, assim como demonstra a ausência de influência do Humoativo sobre este atributo.

Ressalta-se ainda, que a CCM promoveu acréscimo no teor de Mg em todos os tratamentos aplicados, onde a dose mais adequada restringe-se àquela correspondente a 100 % da NC.

Medeiros et al. (2009) verificaram aumento no teor de Mg²⁺ do solo nas camadas de 0 – 20 cm de profundidade com aplicação isolada de Dregs, mostrando que há contribuição do resíduo para o aumento deste nutriente no solo, corroborando com a aplicação do CCM 38:8, o acréscimo do nutriente Mg, pois a sua constituição apresenta Dregs e Grits.

Avaliando o fator solos isoladamente percebe-se que o Latossolo Amarelo apresentou maior conteúdo de Ca em relação ao Argissolo Amarelo. Este fato ocorre devido aos solos mais argilosos apresentarem maior superfície específica, o que contribui para o aumento da disponibilidade de cátions trocáveis, e consequentemente na elevação da capacidade de troca catiônica (CTC).

Arruda (2010), avaliando o efeito da aplicação de uma mistura de resíduos da indústria de celulose sobre alguns atributos químicos do solo e como fonte de Ca para eucalipto, mostrou-se efetiva na correção da acidez do solo, neutralização do Al³⁺ e elevação dos teores de Ca, podendo ser utilizada em substituição aos calcários.

A disponibilidade de Cálcio foi menor nas combinações em que houve ausência da CCM 38:8. As combinações com proporções menores de CCM 38:8 também não elevaram a concentração de Cálcio nos solos, já as combinações contendo os maiores conteúdos de CCM 38:8 foram superiores na disponibilidade deste nutriente, concordando com estudos feitos por Guerrini e Moro (1994), onde a aplicação de resíduo celulósico e cinza em plantios de *Eucalyptus grandis*, proporcionou aumentos significativos nos teores de fósforo, cálcio, magnésio, CTC e saturação por bases (V%) no solo. De maneira semelhante, a aplicação de resíduo celulósico após o corte raso de um plantio comercial de *Eucalyptus grandis* com 12 anos de idade, em Latossolo Vermelho - Amarelo textura média e com baixa fertilidade alteraram a sua fertilidade aumentando o pH e o teor de Ca + Mg, reduzindo o teor de H+Al (Dedecek et al., 2007). O aumento de Cálcio não acompanhou o aumento de humoativo nas combinações, atribuindo assim, pouco efeito deste resíduo sobre este atributo do solo.

Os resultados obtidos neste trabalho permitem induzir que os resíduos da produção de celulose podem ser considerados uma alternativa como fontes de Ca e Mg para os solos distróficos.

CONCLUSÕES

Os resíduos oriundos da produção de celulose manifestaram-se eficientes na elevação das concentrações de Ca e Mg nos solos estudados.



AGRADECIMENTOS

À Veracel Celulose S.A. pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H.C.; ERNANI, P.R.; MARIN, H.H.; ESCAPINI, E.H. & MECABÔ JUNIOR, J. Influência da adição de um resíduo industrial alcalino na velocidade de neutralização de acidez do solo, adsorção de sódio e disponibilidade de magnésio para o trigo. *Ciências Agroveterinárias*, v.6, p. 104-113, 2007.

ARRUDA, J. A.; 1985 – Resíduos da indústria de celulose como corretivo da acidez do solo e fonte de cálcio para eucalipto / Jandeilson Alves de Arruda. – Viçosa, MG, 2010.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:1213-1218, 2004.

DEDECEK, R. A.; BELLOTE, A. F. J.; MENEGOL, O. Influence of residue management and soil tillage on second rotation Eucalyptus growth. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 74, p. 9-17, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. 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*, 4:5-8, 1980.

GUERRA, M. A. S. L. Avaliação de indicadores biológicos e físico-químicos no composto orgânico produzido a partir de resíduos da indústria de celulose. 2007.70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

GUERRINI, I. A.; MORO, L. Influência da aplicação de resíduos industriais de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto: efeitos no solo e na planta In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1.,

1994, Botucatu. Anais... Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas- UNESP, 1994. p. 188-215.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; BATISTELLA, F.; GRAH, J. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1657-1665, 2009.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S. & CAMARGO, M.S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:849-857, 2006.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A. & TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesq. Agropec. Bras.* v. 38, p. 1187 – 1195, 2003.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para Ca e Mg em dois solos corrigidos com a combinação de 2 resíduos da produção de celulose sob níveis crescentes.

FV ¹	Ca		Mg	
	QM	f	QM	f
Solos	4,22	5,39 [*]	1,20	43,34 ^{**}
(CCM 38:8 x Humoativo)	5,47	6,99 ^{**}	0,40	14,51 ^{**}
Interação	1,48	1,89 ^{ns}	0,06	2,50 [*]
Tratamentos	3,51	4,48 ^{**}	0,27	9,90 ^{**}
Resíduo	0,78		0,02	
C.V. (%)	43,19		26,43	

FV – Fonte de variação, QM – Quadrado médio, f – Teste de Fisher, C.V. – Coeficiente de variação, **Significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erros, *Significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erros ns não significativo.

Tabela 1 - Atributos químicos e físicas do Argissolo Amarelo de textura média (AA) e do Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA).

Atributos	AA	LA
pH	4,7	4,6
Fósforo (mg dm ⁻³) ¹	1,2	0,4
Potássio (mg dm ⁻³) ¹	16,0	13,5
Cálcio (cmol _c dm ⁻³) ²	0,4	0,2
Magnésio (cmol _c dm ⁻³) ²	0,2	0,3
Sódio (mg dm ⁻³) ¹	7,0	5,0
Alumínio (cmol _c dm ⁻³) ²	1,0	1,3
Acidez Potencial (cmol _c dm ⁻³) ⁴	5,8	5,2
Soma de Bases (cmol _c dm ⁻³) ⁵	0,7	0,6
CTC potencial (cmol _c dm ⁻³) ⁶	6,5	5,8
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³) ⁷	1,7	1,9
Saturação por bases (%) ⁸	10,3	10,9
Saturação por alumínio (%) ⁹	60,0	66,2
Areia Grossa (%)	75,3	37,0
Areia Fina (%)	13,1	11,5
Silte (%)	1,0	1,9
Argila (%)	10,6	49,6
Densidade do Solo (kg dm ⁻³) ¹¹	1,44	1,07
Densidade de Partículas (kg dm ⁻³) ¹²	2,54	2,54
Porosidade Total (%) ¹³	41,3	55,2

¹ extraído por Mehlich-1; ² extraído por KCl 1 M; ³ Colorimetria; ⁴ Correlação pH SMP; ⁵ K+Ca+Mg+Na; ⁶ SB+H+Al; ⁷ SB+Al; ⁸ SB/CTC x 100; ⁹ Al/t x 100; ¹⁰ proveta em agitação lenta; ¹¹ proveta; ¹² balão volumétrico; ¹³ (1-Ds/Dp) x 100.

Tabela 2 - Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em dois solos corrigidos com a combinação de 2 resíduos da produção de celulose.

X	Y	Tratamento	CCM 38:8 (g dm ⁻³)		Humoativo (g dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)	Mg (cmol _c dm ⁻³)
			AA	LA			
0,0	0,0	T1	2,6	2,3	12,5	2,27 acb ¹	0,87 a
-1,0	-1,0	T2	0,0	0,0	0,0	0,71 c	0,15 c
-1,0	1,0	T3	0,0	0,0	25	0,91 bc	0,35 c
1,0	-1,0	T4	5,3	4,7	0,0	2,63 ab	0,72 ab
1,0	1,0	T5	5,3	4,7	25,0	3,03 a	0,72 ab
-1,5	0,0	T6	1,3	1,1	12,5	1,74 abc	0,84 a
1,5	0,0	T7	6,7	5,9	12,5	3,22 a	0,43 bc
0,0	-1,5	T8	2,6	2,3	6,2	2,25 abc	0,88 a
0,0	1,5	T9	2,6	2,3	31,2	1,89 abc	0,87 a
-1,8	-1,0	T10	0,5	0,4	0,0	1,02 bc	0,43 bc
-1,0	-1,8	T11	0,0	0,0	2,5	0,73 c	0,27 c
1,8	1,0	T12	7,5	6,6	25,0	3,28 a	0,82 a
1,0	1,8	T13	5,3	4,7	35,0	2,89 a	0,79 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1 % de significância.