

Saturação de bases e CTC em dois solos após adição de resíduo alcalino da produção de celulose⁽¹⁾

Oziel Pinto Monção⁽²⁾; Joel Cardoso Filho⁽²⁾; Ivoney Gontijo⁽³⁾; Helton 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 (oziel.pm@bol.com.br); ⁽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⁾ Engenheiro Agrônomo, 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, São Mateus-ES.

RESUMO: O objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito da combinação de dois resíduos oriundos da produção de celulose sobre a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e a Saturação por Bases (V) de dois solos no norte do estado do Espírito Santo. Treze níveis de Cinza Cálcio Magnésio (CCM 38:8) e treze de Humoativo, ambos oriundos do processo de produção de celulose, foram combinados de acordo com a matriz experimental Box-Berard aumentada (3), constituindo 13 tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizados, com três repetições. A combinação dos resíduos não influenciou sobre as variáveis, mas a elevação da quantidade de CCM 38:8 promoveu acréscimo na saturação de bases. A CTC foi maior no solo argiloso, mas não houve interação com as combinações dos resíduos. Os resíduos apresentam potencial em elevar a saturação de bases nos dois solos estudados.

Termos de indexação: CCM 38:8, corretivos, humoativo,

INTRODUÇÃO

A grande quantidade de resíduos gerada em caldeira pela queima de biomassa florestal de indústria de papel e celulose vem provocando preocupações ambientais e econômicas. Esses resíduos têm potencial para serem utilizados como fonte alternativa de fertilizantes e corretivos na agricultura. A lama de cal e o dregs são dois resíduos utilizados como corretivos da acidez do solo (Almeida et al., 2007). Ambos são derivados do processo de separação da celulose, que é extraída da madeira por meio de ataque alcalino (CPRH, 1988). A Cinza de Biomassa tem mostrado resultados positivos no incremento da produção de diversas culturas agrícolas como em algodão (Sofiatti et al., 2007), em milho (Monção et al., 2010), em soja (Corrêa et al., 2008), bem como em alguns atributos químicos do solo como pH (Lima et

al., 2009), Ca e Mg (Corrêa et al., 2007; Medeiros et al., 2009).

Regiões com altas precipitações pluviais apresentam tendência à maior acidificação do solo pela remoção de cátions de caráter básico do complexo de troca, como Ca, Mg, K e Na e o conseqüente acúmulo de cátions de natureza ácida, como Al e H (Sousa et al., 2007). A correção destes solos é rotineiramente realizada com uso dos calcários, em suas variadas naturezas químicas, no entanto, outros materiais com compostos alcalinos podem substituir os calcários para este fim, bem como no fornecimento de bases para a CTC do solo.

Diante do exposto, o objetivou-se no presente trabalho determinar a combinação mais eficiente de subproduto da produção de celulose (CCM 38:8 e Humoativo) em alterar a CTC e saturação de bases (V) de dois solos do norte do estado do Espírito Santo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 15 de dezembro de 2012 a 15 de fevereiro de 2013 no Laboratório Agrônomo de Análise de Solo (LAGRO) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES, Universidade Federal do Espírito Santo.

Foram utilizadas amostras superficiais (0 - 20 cm) em um Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA) e 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 são apresentados 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 combinadas 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 Terra Fina Seca ao Ar dos solos foram acondicionadas e homogêneas em sacos plásticos onde se realizou a aplicação dos corretivos, de acordo com a dose estabelecida, sendo as amostras de solo umedecidas próximo a capacidade de campo, 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, 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 (**Tabela 2**). Os sacos plásticos ficaram fechados para evitar perda de umidade e abertos periodicamente para liberação do CO₂. Ao final da incubação uma sub-amostra de 15 cm³ de cada tratamento, foi seca ao ar. Na sequência, as amostras foram submetidas à medição do pH em água, por meio de um eletrodo combinado, e análise de química de solo conforme procedimento descrito (Embrapa, 1997). Após a análise química determinou-se a saturação por bases (V) e a capacidade de troca catiônica potencial (CTC).

Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando teve o F significativo, aplicou-se o teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade com auxílio do software Assistat versão 7,6 beta (Silva & Azevedo, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os solos e a combinação dos resíduos para a saturação de bases e CTC (**Tabela 3**). Os solos quando avaliados isoladamente apresentaram diferenças quanto à CTC, destacando o Latossolo Amarelo de textura argilosa com maiores valores. Já as combinações entre os resíduos não mostraram diferenças entre si. Esses resultados ao serem comparados com Oliveira et al., (2002), traz uma conjectura que o Humoativo não altera a CTC do solo. Os autores ao aplicar lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo distrófico observaram aumento na capacidade de troca de cátions do solo, porém não foram verificados aumentos proporcionais às doses aplicadas, concluindo que as alterações na CTC foram mais bem explicadas pelas variações no pH do que pelos acréscimos de C-orgânico.

A saturação de bases não sofreu interação das fontes de variação estudadas, mas foi influenciada pelas combinações dos resíduos, mostrando crescimento de acordo a quantidade de CCM 38:8

aplicada. Apesar de não evidenciar modelos matemáticos que esclareçam a combinação ideal dos resíduos para esta variável, pode-se inferir, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, que os tratamentos mais destacados foram aqueles correspondentes às doses de 100 % da NC (**Tabela 2**). Salienta-se que esses tratamentos elevaram a saturação de bases para um patamar entre 60 e 70 %, sendo esta a faixa requerida para a maioria das culturas agrícolas, conforme orienta Prezotti et al. (2007) e Filgueira (2008). Corrêa et al. (2009) avaliando a calagem superficial de um Cambissolo, notaram que aos três meses de reação do calcário e dos resíduos houve aumento significativo para saturação por bases.

O aumento na saturação de bases é decorrente da concentração de Ca, Mg, K e Na no solo em consonância com a redução da acidez potencial, representada pela concentração de H+Al trocáveis. Medeiros et al. (2009) ao aplicar resíduos alcalinos da produção de celulose sobre a superfície de um Cambissolo, pode constatar aumento nos teores de Ca e Mg. Corrêa et al. (2007) usando Lama de cal perceberam aumento significativo no teor de Mg trocável do solo até a profundidade de 40 cm em um Latossolo Vermelho distrófico, textura média. Já Albuquerque et al. (2002) notaram que a adição de resíduo alcalino da indústria de celulose aumentou o pH e os teores de Na, K e Ca e reduziu os teores de Al na camada superficial (0 - 5 cm) de um Latossolo e um Cambissolo.

Não observou-se influência do Humoativo sobre a CTC e saturação de bases, já que o acréscimo desta última foi acompanhado pelos níveis crescentes da CCM 38:8, no entanto o Humoativo, por possuir elevados teores de C pode melhorar a capacidade do solo em reter água e nutrientes, além de contribuir para a elevação dos teores de matéria orgânica. Além disso, é fonte de alguns nutrientes, como nitrogênio, fósforo e cálcio.

CONCLUSÕES

As combinações dos resíduos que levaram 100% da NC elevaram a saturação de bases à faixas adequadas aos cultivos.

A CTC não foi alterada pela combinação dos resíduos da produção de celulose.

AGRADECIMENTOS

À Veracel Celulose S.A. pelo fornecimento dos materiais e financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. C.; SILVEIRA, C. B.; ERNANI, P. R.; CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, D. Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (dregs). *Química Nova*, 30:1669-1672, 2007.

CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A.; MARCELINO, R.; MAUAD, M. Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama de cal, lodos de esgoto e calcário. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, 42:1307-1317, 2007.

CORRÊA, J. C.; FREITAG, E. E.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, D. M.; MARCELINO, R. Aplicação superficial de calcário e diferentes resíduos em soja cultivada no sistema plantio direto. *Bragantia*, 68:1059-1068, 2009.

CPRH. Roteiro complementar de licenciamento e fiscalização: indústria de papel e celulose, Companhia Pernambucana do Meio Ambiente: Recife, 1998. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Ver. E ampl. - Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; FERREIRA, G. B.; SAMPAIO, L. R.; BELTRÃO, N. E. M. Capacidade da cinza de madeira e do esterco bovino para neutralizar o alumínio trocável e promover o crescimento da mamoneira. *Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas*, Campina Grande, 13:9-17, 2009.

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.

MONÇÃO, O. P.; NUNES, W. S.; CORTE, I. S.; ROCHA, J. R. P.; BARBOSA, L. M. Efeito da adubação com cinza sobre o teor de macronutrientes em folhas de milho. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*. 29, 1996. Anais. Guarapari - ES: Incaper, 2010. CD-ROM

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-deaçúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:505-519, 2002.

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.

SOFIATTI, V.; LIMA, R. L. S.; GOLDFARB, M.; BELTRÃO, N. E. M. Cinza de madeira e lodo de esgoto como fonte de nutrientes para o crescimento do algodoeiro. *Revista de Biologia e Ciências da terra*, 7:144-152, 2007.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. L. *Fertilidade do solo*. 1. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 205-274.

Tabela 1 - Características físicas e químicas das amostras do Argissolo Amarelo de textura média (AA), do Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA).

Características	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 (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 de 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 - Capacidade troca catiônica (CTC) e níveis de saturação por bases (V) e em dois solos corrigidos com a combinação de 2 resíduos da produção de celulose sob níveis crescentes.

X	Y	Tratamento	CCM 38:8 (g dm ⁻³)		Humoativo (g dm ⁻³)	CTC (cmolc dm ⁻³)	V (%)
			LA	AA			
0	0	T1	2,68	2,37	12,5	5,32 a	62,23 ab
-1	-1	T2	0	0	0	5,61 a	15,42 d
-1	1	T3	0	0	25	5,44 a	30,84 cd
1	-1	T4	5,36	4,74	0	5,13 a	73,05 a
1	1	T5	5,36	4,74	25	5,52 a	76,48 a
-1,5	0	T6	1,34	1,185	12,5	6,06 a	47,57 bc
1,5	0	T7	6,7	5,925	12,5	4,69 a	82,25 a
0	-1,5	T8	2,68	2,37	6,25	5,18 a	63,93 ab
0	1,5	T9	2,68	2,37	31,25	5,37 a	62,02 ab
-1,8	-1	T10	0,536	0,474	0	4,73 a	32,70 cd
-1	-1,8	T11	0	0	2,5	5,89 a	20,08 d
1,8	1	T12	7,504	6,636	25	5,78 a	79,64 a
1	1,8	T13	5,36	4,74	35	5,33 a	77,32 a

⁷¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de significância.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para saturação por bases (V) e capacidade troca catiônica (CTC) em dois solos corrigidos com a combinação de 2 resíduos da produção de celulose sob níveis crescentes.

FV ¹	CTC		V	
	QM	f	QM	f
Solos	23,6	12,35**	251,66	2,23 ^{ns}
CCM 38:8 x Humoativo	0,9868	0,5164 ^{ns}	3373,29	29,92**
Interação	1,76	0,9261 ^{ns}	158,15,4	1,4 ^{ns}
Tratamentos	2,26	1,18 ^{ns}	1705,16	15,24**
Resíduo	1,91		112,74	
C.V. (%)	25,65		19,05	

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, ns não significativo.