

Alteração em características químicas de um solo ácido pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel

Chemical traits alteration of an acid soil by lime and recycling paper residue application

Alvadi Antonio Balbinot Junior¹, André Nunes Loula Tôrres², José Alfredo da Fonseca¹, João Ribeiro Teixeira³, Cristiano Nunes Nesi⁴

Recebido em 26/08/2005; aprovado em 11/08/2006.

RESUMO

O processo de reciclagem de papel gera resíduos que são geralmente depositados em aterros. No entanto, esses resíduos apresentam constituintes que podem atuar como corretivos da acidez do solo e como fonte de nutrientes, principalmente o cálcio. Por outro lado, nesses resíduos também há presença de metais pesados, que podem causar impacto ambiental negativo. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de doses de calcário dolomítico e de dois tipos de resíduo de indústria que recicla papel sobre o $pH_{\text{água}}$, pH_{SMP} ; teores de P, K, M.O., Al, Ca, Mg, Al+H; CTC; saturação por bases e por Al; relação Ca/Mg; e teores de S, Zn, Cu, B, Mn, Fe, Hg, Pb, Ni, Cd e Cr. O calcário e os resíduos de reciclagem de papel corrigiram a acidez do solo, bem como alteraram significativamente outras características químicas. Os teores de K no solo foram reduzidos pela aplicação dos resíduos. A aplicação de resíduos de reciclagem de papel não aumentou os teores de metais pesados no solo.

PALAVRAS-CHAVE: correção do solo, metais pesados, ambiente, lodo ETE.

SUMMARY

The recycling paper process generates residues that are usually placed in embankments. However, these residues present some constituents that can correct soil acidity and act as a source of nutrients, such as

calcium. On the other hand, these residues also have heavy metals, which can cause negative environmental impacts. This work aimed to evaluate the effects of doses of lime and two kinds of recycling paper industry residues on the pH_{water} , pH_{SMP} ; levels of P, K, M.O., Al, Ca, Mg, Al+H; CTC; saturation by bases and by Al; Ca/Mg ratio; and levels of S, Zn, Cu, B, Mn, Fe, Hg, Pb, Ni, Cd and Cr. The lime and recycling paper residues corrected soil acidity, as well as modified significantly other soil chemical characteristics. The soil K levels were reduced by recycling paper residue application. Conversely, the application of recycling paper industry residues didn't increase the soil heavy metals levels.

KEY WORDS: soil correction, heavy metals, environment, ETE residue.

INTRODUÇÃO

A transformação ou reciclagem de papel em novos produtos a serem comercializados, como, por exemplo, papel higiênico e papel toalha, gera resíduos, denominados de lodo de ETE. A produção desses resíduos ocorre a partir da perda de fibra de celulose e principalmente remoção da carga mineral contida nas aparas de papel durante o processo de reciclagem. A composição química dos resíduos é afetada pelo tipo de aparas que chega à indústria, sendo que as aparas podem ser divididas em dois grupos: aparas naturais (jornais, revistas, papelão) e aparas brancas (folhas brancas de papel).

¹ Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Canoinhas, BR 280, km 219,5, bairro Campo da Água Verde, CP 216, 89.460-000, Canoinhas, SC. E-mail: balbinot@epagri.rct-sc.br.

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia – Adab. E-mail: antorres@bol.com.br.

³ Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador Vida Desenvolvimento Ecológico Ltda. E-mail: joao@vida-e.com.br.

⁴ Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador da Epagri/Cepaf. E-mail: cristiano@epagri.rct-sc.br.

O lodo de aparas apresenta característica de uma massa fibrosa de cor acinzentada, sendo classificado como um resíduo de classe IIA – não inerte (ABNT.NBR10004, 2004). A maioria das indústrias produtoras desse material tem adotado os aterros como alternativa de disposição final. Mais recentemente, as empresas vêm buscando alternativas de uso mais nobres para esses resíduos, com intuito de evitar ou reduzir passivos ambientais.

Entre as alternativas estudadas, a disposição dos resíduos no solo, visando à melhoria de suas propriedades químicas e físicas tem merecido grande atenção (FIERRO et al., 1999; NEMATÍ et al., 2000; FOLEY e COOPERBAND, 2002). Nos resíduos gerados pelo processo de reciclagem, constata-se a presença de compostos que podem atuar como corretivos da acidez do solo, principalmente óxidos de cálcio e magnésio.

Pesquisas foram realizadas para verificar as variações em características químicas do solo decorrentes da aplicação de resíduos de fábrica de celulose (SUZUKI et al., 1991). No entanto, há escassez de trabalhos sobre o uso de resíduos de reciclagem de papel para correção da acidez do solo e/ou como fonte de nutrientes às culturas agrícolas.

Nesse sentido, é possível que os resíduos de reciclagem de papel possam ser utilizados pelos agricultores, a fim de elevar o pH do solo, reduzindo os problemas de fitotoxicidade por Al, com custo menor do que a calagem.

Enfatiza-se que esses resíduos também apresentam em sua composição elementos que, potencialmente, podem causar danos ao ambiente, tais como: Pb, Cd, Cr, Ni e Hg (Tabela 1). Assim, é necessário verificar os efeitos do uso desses resíduos sobre a elevação dos níveis desses elementos no solo e nas plantas. O consumo de plantas contendo elevados níveis de metais pesados pode acarretar sérios riscos à saúde humana (SILVEIRA et al., 2003). Além disso, a elevação nos níveis de metais pesados no ambiente pode influenciar na cadeia alimentar (BERTON, 2000; SILVEIRA et al., 2003; BASTA et al., 2005).

A hipótese dessa pesquisa é de que resíduos de reciclagem de papel corrigem a acidez do solo, sem elevar significativamente os teores de metais

pesados no solo e nas plantas. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar em vasos os efeitos de diferentes doses de resíduos de reciclagem de papel (apara natural e branca) e calcário dolomítico sobre características químicas de um solo ácido.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação na Estação Experimental da Epagri, em Canoinhas, SC, entre os meses de abril e julho de 2004.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com 2 dm³ de solo em base seca. Utilizaram-se amostras de solo coletadas na camada de 0-20 cm de um Cambissolo Húmico, no município de Canoinhas, no Planalto Norte de Santa Catarina, o qual apresentava as seguintes características: 620 g/kg de argila; pH_{água}=4,1; pH_{SMP}=4,2; P=1,2 mg/dm³; K=44 mg/dm³; matéria orgânica=29 g/kg; Al=6,2 cmol_c/L; Ca=0,8 cmol_c/L; Mg=0,4 cmol_c/L; Na=3 mg/dm³; H+Al=18,1 cmol_c/L; soma de bases=1,3 cmol_c/L; CTC=19,4 cmol_c/L e saturação de bases=6,8 % (TEDESCO et al., 1995).

Os corretivos consistiram da aplicação de calcário dolomítico e dois tipos de resíduos de reciclagem de papel (apara natural e branca). As doses de calcário utilizadas foram de 13,3; 26,6; 39,9; 53,2 e 66,4 Mg ha⁻¹ (PRNT = 79%). Essas doses correspondem a 50, 100, 150, 200 e 250% da dose recomendada para elevar o pH_{água} a 6,0, de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (1994). As doses de resíduos de reciclagem de apara natural foram 85,2; 170,4; 255,6; 340,8 e 426 Mg ha⁻¹ e da apara branca 45,4; 90,9; 136,3; 181,7; 227,2 Mg ha⁻¹, ambos em base úmida. Essas doses foram estabelecidas de acordo com a unidade do produto e o valor de neutralização, e correspondem às seguintes doses do calcário utilizado (PRNT = 79%): 9,0; 18,1, 27,2, 36,2 e 45,3 Mg ha⁻¹. Avaliou-se, ainda, um tratamento testemunha, sem aplicação de qualquer produto. As características químicas dos dois tipos de resíduos utilizados no experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas e químicas dos resíduos de reciclagem de papel avaliados no experimento.

Características	Resíduo de apara natural	Resíduo de apara branca
Umidade (g/100g)	65	66
PH	7,6	7,3
Carbono orgânico (g/100g)	15	13
Nitrogênio (TKN) (g/100g)	0,28	0,19
P ₂ O ₅ total (g/100g)	0,16	0,18
K ₂ O total (g/100g)	0,11	0,11
CaO total (g/100g)	13	22
MgO total (g/100g)	0,83	0,42
Enxofre total (g/100g)	0,07	0,17
Cobre total (mg/kg)	176	91
Zinco total (mg/kg)	132	321
Ferro total (g/100g)	0,28	0,22
Manganês total (mg/kg)	59	55
Sódio total (g/100g)	0,66	0,45
Boro total (mg/kg)	11	17
Chumbo total (mg/kg)	27	23
Níquel total (mg/kg)	< 5	35
Cádmio total (mg/kg)	< 2	< 2
Cromo total (mg/kg)	46	10
Mercúrio (mg/kg)	0,04	0,01
Molibdênio (mg/kg)	< 15	<15
Cobalto total (mg/kg)	16	23
Alumínio total (g/100g)	6,3	5,1
Cinzas (g/100g)	71	72
Cond. Elétrica (µS/cm)	129	2,8
Valor de neutralização (%)	24	45

Obs.: Resultados expressos no material seco a 75°C – método TEDESCO et al. (1995).

Após a aplicação dos tratamentos, o solo foi umedecido até aproximadamente 80% da capacidade de campo e incubado dentro de sacos de polietileno na temperatura ambiente. Após três meses, em cada unidade experimental, foi coletada uma amostra de solo, as quais foram secas em estufa com circulação forçada a 60°C durante três dias e nelas determinou-se as seguintes características: teor de argila; $pH_{\text{água}}$; pH_{SMP} ; teores de P, K e M.O.; $Al_{\text{trocável}}$; $Ca_{\text{trocável}}$; $Mg_{\text{trocável}}$; Al+H; CTC; Saturação da CTC por bases e Al; Relação entre Ca/Mg; teores de S, Zn, Cu, B, Mn, Fe, Hg, Pb, Ni, Cd e Cr (TEDESCO et al., 1995). As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório de Análises da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Os resultados foram submetidos à análise de

variância. Quando o efeito dos tratamentos foi significativo a 5 % de probabilidade do erro, realizou-se análise de regressão. Selecionou-se os modelos que apresentaram o melhor ajuste aos dados e ao fenômeno estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o aumento das doses de calcário e resíduos de papel natural e branco aplicadas no solo, houve aumento do pH do solo em água e em SMP (Figura 1 A, B e C). O pH em água para o adequado desenvolvimento de grande parte das culturas anuais varia de 5,5 a 6,5 (MARSCHNER, 1995). Nesse sentido, verifica-se que as doses de 100 e 50 toneladas por hectare de resíduo de papel natural e

branco, respectivamente, foram suficientes para elevar o pH em água do solo até 5,5. Nas doses mais elevadas de resíduo de papel houve aumento excessivo do pH (Figura 1 B e C), chegando a quase 8, o que não é recomendável, já que nesse pH podem haver reduções na atividade microbiana e na disponibilidade de micronutrientes, com exceção de molibidênio (Mo) (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1984).

Em decorrência do aumento do pH promovido pela aplicação de calcário e dos resíduos de reciclagem de papel, houve redução dos teores de alumínio (Al) + hidrogênio (H) (Figura 2 A, B e C), já que essas variáveis se correlacionam negativamente (ABREU Jr. et al., 2003). O Al é um elemento que pode causar toxicidade às principais culturas, já que, em elevados níveis, pode inibir o crescimento e desenvolvimento de raízes. Verifica-se também que, com o aumento das doses de calcário e resíduos de reciclagem de papel, elevou-se a capacidade de troca de cátions do solo (CTC) (Figura 2 A, B e C). Esse comportamento foi similar entre os três produtos testados.

Os teores de matéria orgânica e P do solo não foram alterados pelos tratamentos. Todavia, com o aumento das doses dos dois tipos de resíduos de reciclagem de papel houve redução linear da disponibilidade do K no solo (Figura 3 A e B), o que não é adequado, pois as culturas necessitam desse elemento em grande quantidade para expressarem seu potencial de crescimento e de produção. Isso pode ter ocorrido porque a relação C/K do resíduo é elevada (Tabela 1); por isso, é provável que durante o processo de mineralização do produto tenha ocorrido imobilização temporária de K pelos microorganismos do solo.

A aplicação de calcário aumentou os teores de Ca e Mg (Figura 4 A), já que o calcário dolomítico é rico nesses dois elementos (OLIVEIRA et al., 2002). A aplicação de resíduos de apara natural e branca aumentou o teor de Ca e não o de Mg (Figura 4 B e C). Isso ocorreu porque os dois tipos de resíduos possuem teores elevados de Ca e baixos de Mg (Tabela 1). Assim, tanto o resíduo de apara natural, quanto o resíduo de apara branca, caracterizaram-se como fornecedores de Ca às culturas.

A relação Ca/Mg do solo se constitui numa variável importante a ser avaliada, pois os mecanismos de absorção desses dois elementos pelas plantas são semelhantes (MARSCHNER, 1995). Um desequilíbrio muito acentuado nessa relação pode gerar deficiência de um desses elementos. Com o aumento das doses de calcário dolomítico, rico em Mg, houve redução expressiva da relação Ca/Mg, chegando a um patamar próximo a 1 (Figura 5 A), o qual pode causar deficiência de Ca em algumas culturas. Já, altas doses de resíduos de apara natural e branca aumentaram esta relação até 140 (Figura 5 B), o que pode causar deficiência de Mg às culturas. Assim, constata-se que os dois resíduos avaliados podem ser empregados estrategicamente em solos que apresentam relação Ca/Mg muito baixa, o que frequentemente ocorre em solos que receberam somente calcário dolomítico. Esses resíduos podem ser utilizados em culturas que exigem elevadas quantidades de Ca, caso da maçã e do tomate. Ainda, a aplicação de mistura de calcário dolomítico (rico em Mg) e os resíduos testados (ricos em Ca), pode ser uma prática eficiente para elevar o pH de solos ácidos e, ao mesmo tempo, manter a relação Ca/Mg entre 4 e 8.

Os três produtos testados apresentaram efeitos semelhantes na saturação por bases (Figura 6 A, B e C). Com o aumento nas doses de calcário e resíduos de aparas natural e branca, houve aumento na saturação por bases. Isso decorre, em especial, pelo aumento nos teores de Ca e Mg na aplicação de calcário e de Ca na aplicação dos resíduos.

Os três produtos avaliados aumentaram os teores de S (Figura 7 A, B e C), efeito desejado porque o S é um elemento absorvido e utilizado em grandes quantidades pelas plantas. Em algumas situações, notadamente em solos com baixos teores de matéria orgânica, as plantas podem apresentar sintomas de deficiência de S (MARSCHNER, 1995). Com a aplicação do calcário, possivelmente houve maior mineralização da matéria orgânica e conseqüente aumento nos teores de S.

O aumento das doses de calcário reduziu os teores no solo dos micronutrientes Zn, Cu e Mn, não interferindo nos teores de Fe (Figura 8 A). Já, com o aumento das doses de resíduos de apara natural e branca, observou-se redução nos teores de Cu, Fe e

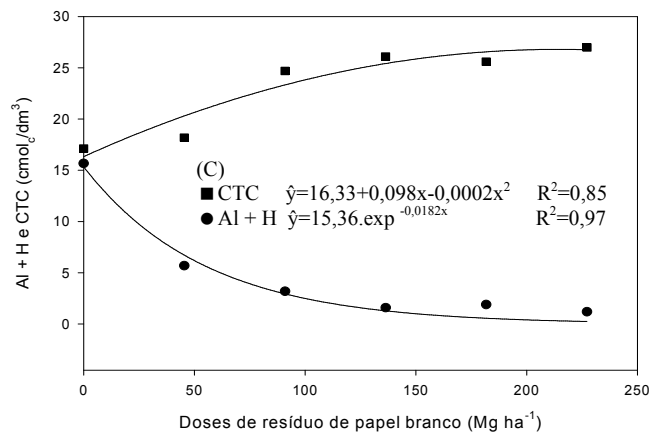
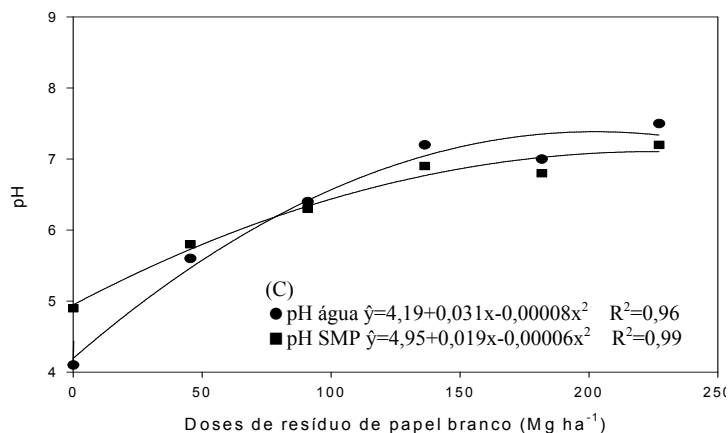
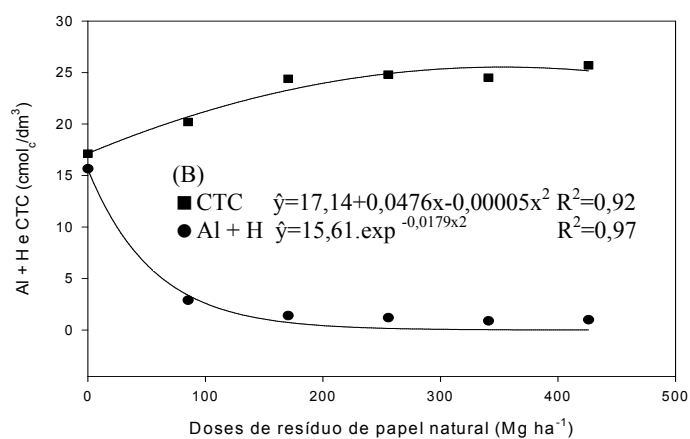
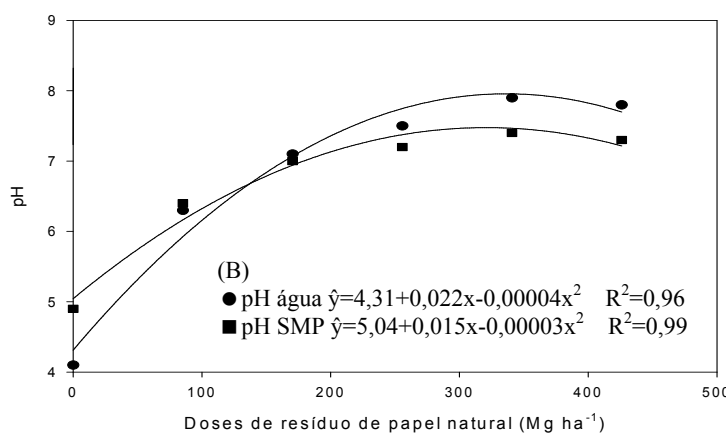
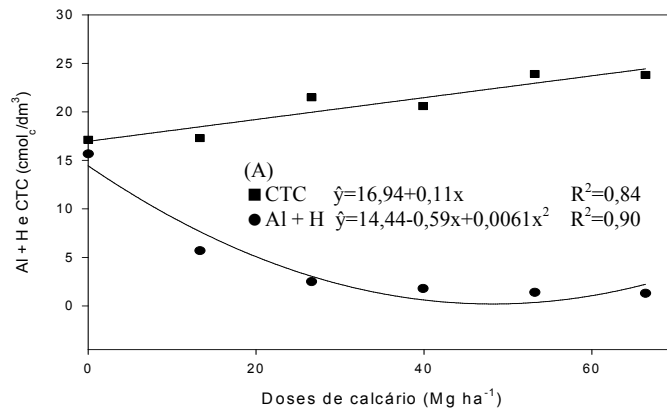
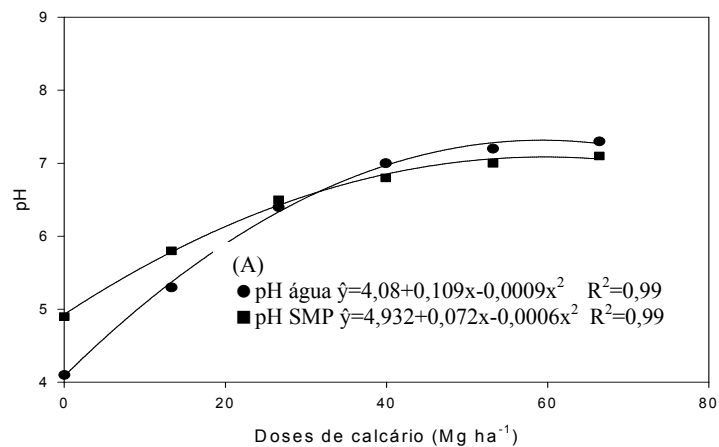


Figura 1- pH do solo em água e em SMP com aplicação de diferentes doses de calcário dolomítico (A), resíduo de papel natural (B) e resíduo de papel branco (C).

Figura 2 - Teores de Alumínio (Al) + Hídrogênio (H) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) no solo com aplicação de diferentes doses de calcário dolomítico (A), resíduo de papel natural (B) e resíduo de papel branco (C).

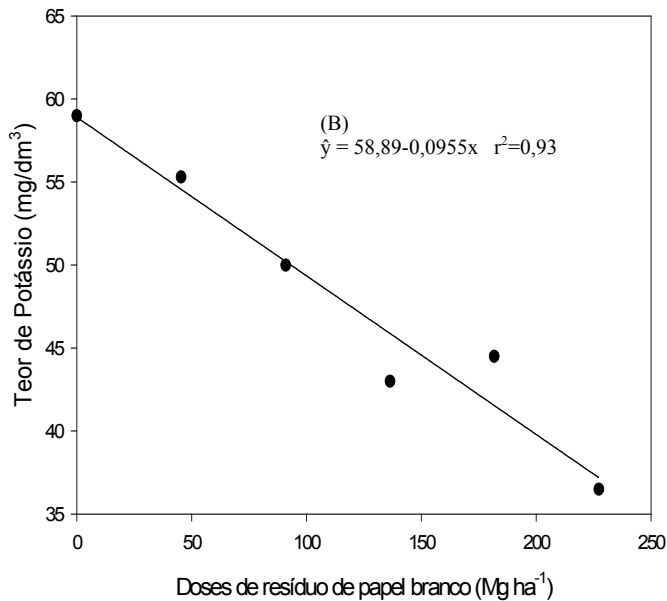
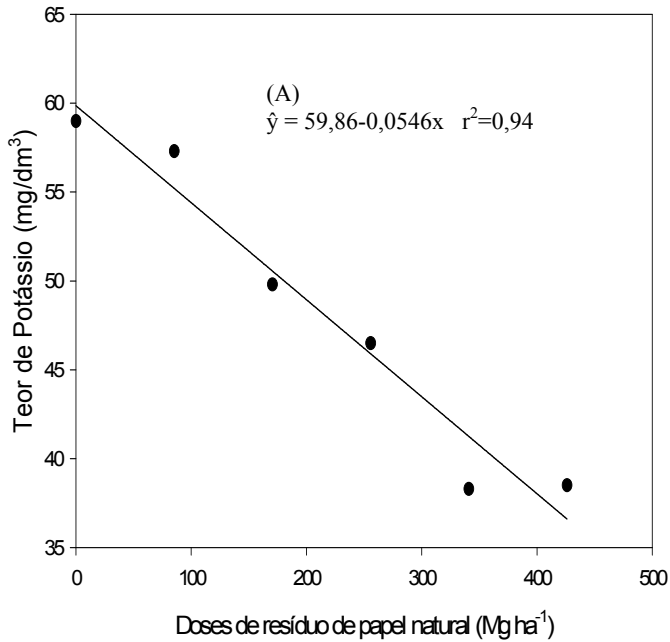


Figura 3 - Teores de Potássio (K) no solo com aplicação de diferentes doses de resíduo de papel natural (A) e resíduo de papel branco (B).

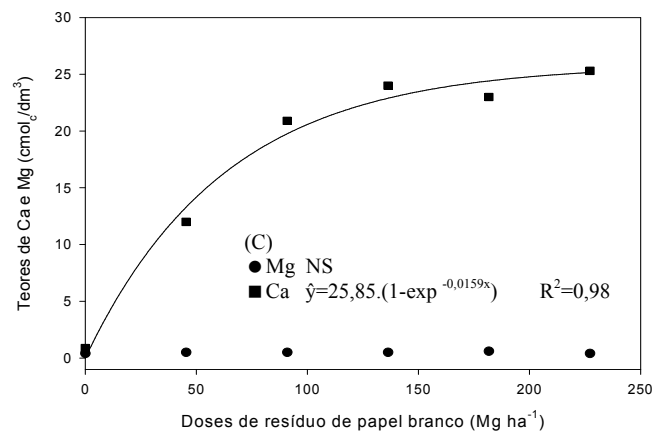
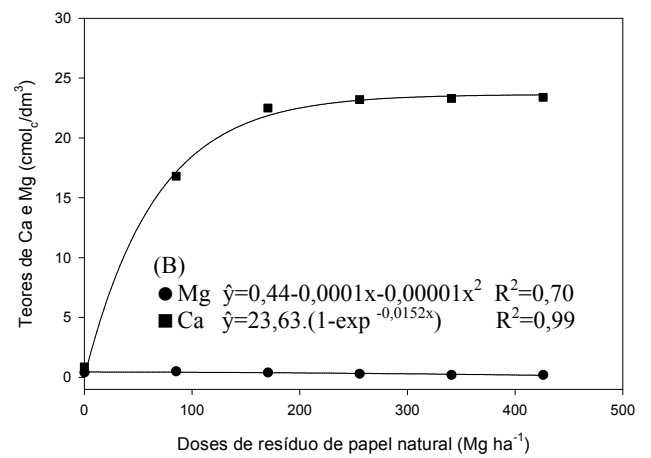
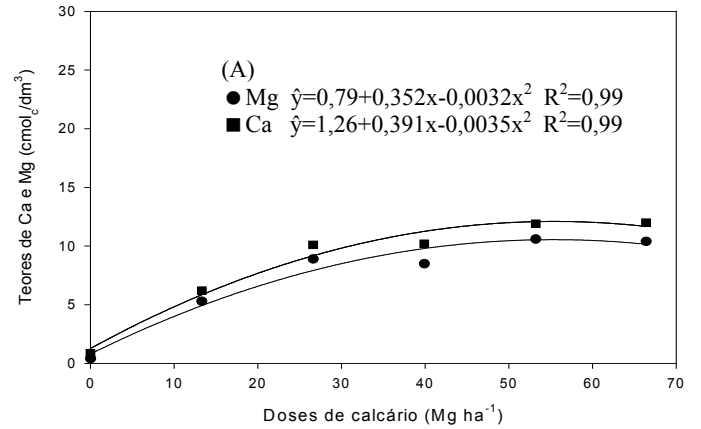


Figura 4 - Teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) no solo com aplicação de diferentes doses de calcário dolomítico (A), resíduo de papel natural (B) e resíduo de papel branco (C).

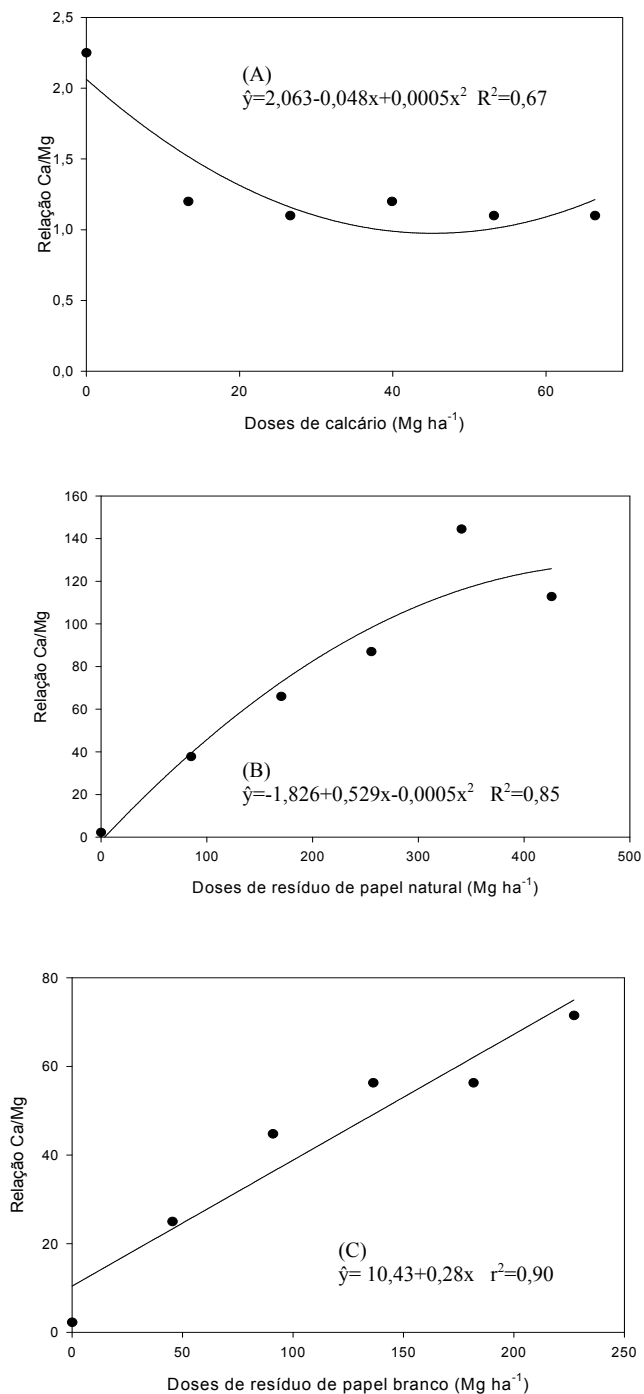


Figura 5 - Relação Cálcio (Ca)/Magnésio (Mg) no solo com aplicação de diferentes doses de calcário dolomítico (A), resíduo de papel natural (B) e resíduo de papel branco (C).

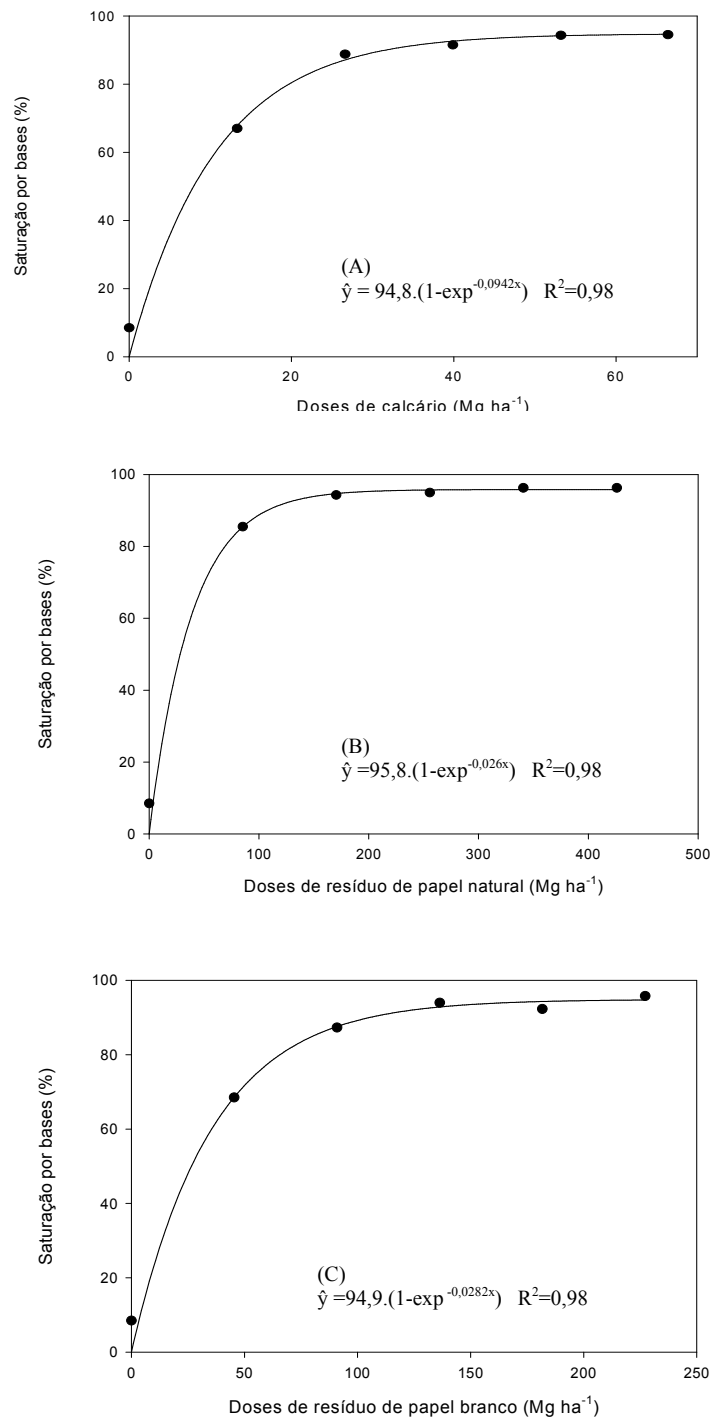


Figura 6 - Saturação por bases no solo com aplicação de diferentes doses de calcário dolomítico (A), resíduo de papel natural (B) e resíduo de papel branco (C).

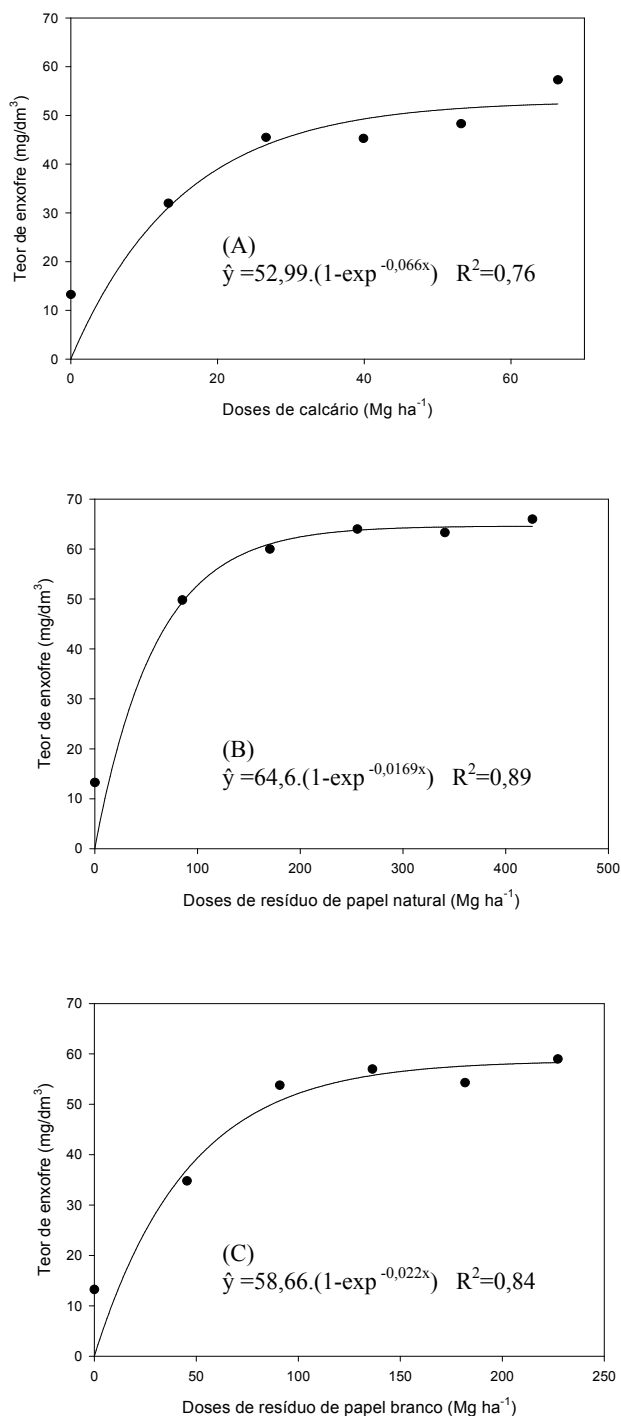


Figura 7 - Teor de Enxofre (S) no solo, com aplicação de diferentes doses de calcário dolomítico (A), resíduo de papel natural (B) e resíduo de papel branco (C).

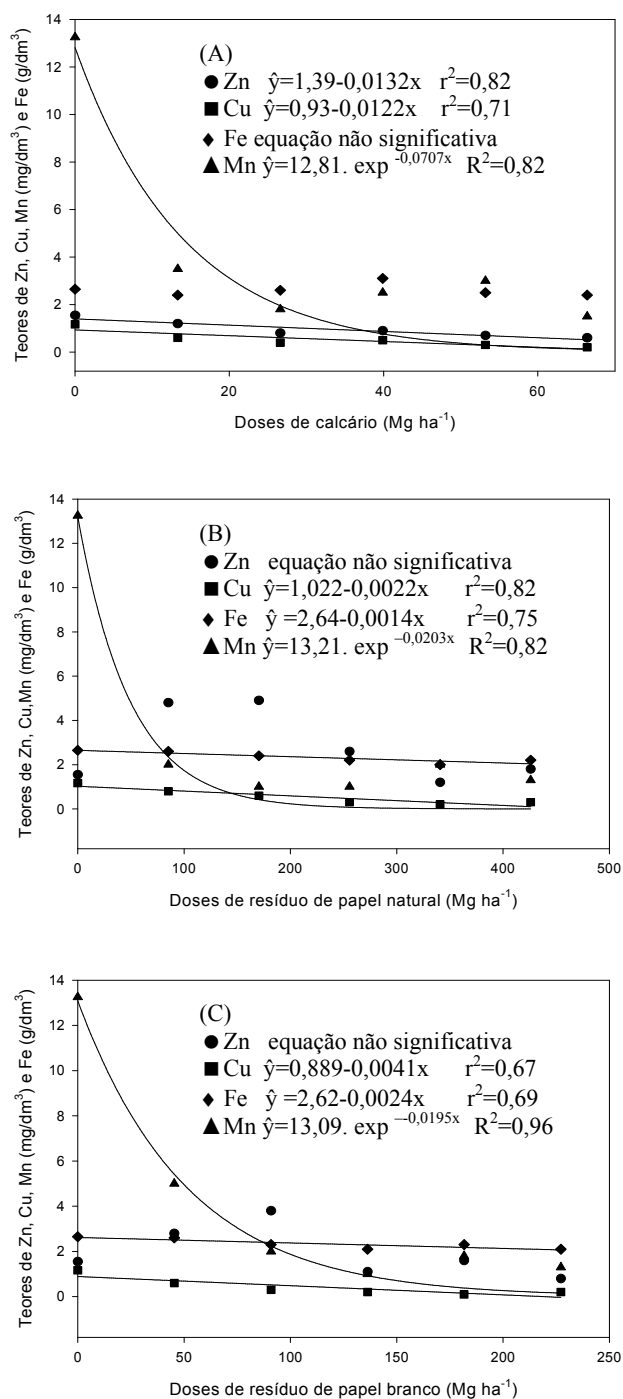


Figura 8 - Teores de Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) no solo, com aplicação de diferentes doses de calcário dolomítico (A), resíduo de papel natural (B) e resíduo de papel branco (C).

Mn (Figura 8 B e C). Os teores de Zn não foram afetados pelas doses desses dois tipos de resíduos. A redução nos teores desses micronutrientes decorre do aumento do pH promovido pela aplicação de calcário e dos dois tipos de resíduo de reciclagem de papel. Esse comportamento demonstra a complexidade de reações químicas que ocorrem no solo decorrente da aplicação desses produtos. Por isso, há necessidade de estudos aprofundados para determinação de doses que sejam eficazes na correção da acidez do solo, mas que não reduzam acentuadamente a disponibilidade de micronutrientes, os quais são essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas.

Os tratamentos não alteraram significativamente os teores de B e dos metais pesados Hg, Pb, Ni, Cd

e Cr no solo (Tabela 2). Salienta-se que os óxidos de ferro e a matéria orgânica têm alto poder em adsorver metais pesados, tornando-os indisponíveis às plantas e impedindo a lixiviação desses elementos (SILVEIRA et al., 2003). Os resultados obtidos nesse estudo sugerem que a aplicação de resíduos de reciclagem de papel é segura sob o ponto de vista ambiental para o solo estudado, já que os níveis de metais pesados permaneceram inalterados, mesmo considerando as maiores doses dos resíduos. No entanto, é evidente que são necessários estudos em campo para investigar os efeitos desses resíduos sobre propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, a fim de obter resultados consistentes sobre a viabilidade técnica, econômica e ambiental do uso desses resíduos em áreas cultivadas.

Tabela 2 - Teores de Boro (B), Mercúrio (Hg), Chumbo (Pb), Níquel (Ni), Cádmiio (Cd) e Cromo (Cr) em solo com diferentes doses de calcário e resíduos de reciclagem de papel.

Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)	B (mg/dm ³)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)
0 (testemunha)	0,6	0,03	14,5	10,25	< 1	38,5
13,3	0,5	0,05	16,5	10,5	< 1	39,3
26,6	0,7	0,04	17,5	11,3	< 1	37,8
39,9	0,7	0,04	15,8	9,5	< 1	37,3
53,2	0,6	0,05	16,8	12	< 1	36,8
66,4	0,6	0,04	15	11,5	1	35,5
Doses de resíduo de papel natural (Mg ha ⁻¹)						
85,2	0,5	0,05	18	11,3	< 1	37,3
170,4	0,7	0,05	16	10,8	< 1	37
255,6	0,6	0,04	17,8	10	< 1	35
340,8	0,4	0,04	18	11,3	< 1	35,8
426	0,5	0,04	15,8	11,5	1	34,5
Doses de resíduo de papel branco (Mg há ⁻¹)						
45,4	0,6	0,04	17,3	11,8	< 1	36,8
90,9	0,5	0,05	15,5	10,5	< 1	38
136,3	0,7	0,04	17	10,8	< 1	35,8
181,7	0,5	0,04	14,5	11	< 1	35,8
227,2	0,6	0,03	15	11,5	< 1	35,8
C.V. (%)	19,3	20,7	10,7	15,8	-	6,2

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que:

- 1) Calcário e resíduos de reciclagem de papel aumentam o pH e a CTC e reduzem H+Al do solo.
- 2) Resíduos de reciclagem de papel reduzem os teores de K, Cu, Fe e Mn do solo.
- 3) Resíduos de reciclagem de papel aumentam a relação Ca/Mg e não alteram os níveis de metais pesados no solo.
- 4) Há necessidade de estudos a campo em longo prazo para confirmação dos resultados obtidos e definição de doses que propiciem vantagens agronômicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 10004, 2004. **Resíduos sólidos, classificação de resíduos**. Rio de Janeiro. 2004. 63p.
- ABREU Jr., C.H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A.F. Relationship between acidity and chemical properties of Brazilian soils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, p.337-343, 2003.
- BASTA, N.T.; RYAN, J.A.; CHANEY, R.L. Trace element chemistry in residual-treated soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.34, p.49-63, 2005.
- BERTON, R.S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 259-268.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo: SBCS/Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.
- FIERRO, A.; ANGERS, D.A.; BEAUCHAMP, C.J. Dynamics of physical organic matter fractions during de-inking sludge decomposition. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.63, p.1013-1018, 1999.
- FOLEY, B.J.; COOPERBAND, L.R. Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.31, p.2086-2095, 2002.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 1995. 888p.
- NEMATI, M.R.; CARON, J.; GALLICHAND, J. Using paper de-inking sludge to maintain soil structural form. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, p.275-285, 2000.
- OLIVEIRA, H.J.; ERNANI, P.R.; AMARANTE, C.V. Alteração na composição química das fases sólida e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.1, p.93-101, 2002.
- SILVEIRA, M.L.A.; ALLEONI, L.R.F.; GUILHERME, L.R.G. Biosolids and heavy metals in soils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, p.793-806, 2003.
- SUZUKI, A.; BASSO, C.; KITAZAWA, I.H. O uso da lama de cal como corretivo da acidez do solo. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.4, p.8-11, 1991.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Depto Solos da UFRGS. 1995. 174 p. Boletim Técnico, n. 5.