

## PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO ÁCIDO AFETADAS PELA APLICAÇÃO E REAPLICAÇÃO DE RESÍDUO DE RECICLAGEM DE PAPEL

Alvadi Antonio Balbinot Junior<sup>1</sup>, Milton da Veiga<sup>2</sup>, José Alfredo da  
Fonseca<sup>3</sup>, Gilcimar Adriano Vogt<sup>3</sup>

### INTRODUÇÃO

Um dos objetivos da reciclagem de materiais é reduzir a contaminação ambiental proveniente de resíduos gerados pela humanidade. A transformação de papel em novos produtos a serem comercializados, como, por exemplo, papel higiênico, gera resíduos denominados de lodo de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Esse produto apresenta característica de uma massa fibrosa de cor acinzentada, sendo classificado como um resíduo IIA – não inerte (ABNT, 2004). A produção desse resíduo 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.

Nesse resíduo, constata-se a presença de compostos que podem servir como corretivos da acidez do solo, principalmente óxidos de cálcio e de magnésio, bem como concentração considerável de fósforo (Balbinot Jr. et al., 2006a; Balbinot Jr. et al., 2010a). É de conhecimento que a acidez do solo e a deficiência de fósforo são dois fatores ambientais que limitam expressivamente a produtividade de grãos de milho e feijão.

Foi constatado que o resíduo de reciclagem de papel aplicado e incorporado ao solo reduziu a sua acidez e aumentou os teores de fósforo extraível e cálcio trocável (Balbinot Jr. et al., 2006a; Balbinot Jr. et al., 2010b). Adicionalmente, observou-se que o resíduo não aumentou os teores de metais pesados no solo e nos grãos de soja e milho (Balbinot Jr. et al., 2010b). Todavia, ainda não há informações sobre a longevidade de ação química desse resíduo no solo, nem tampouco os efeitos da reaplicação superficial do resíduo, em sistema plantio direto.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação e da reaplicação de resíduo de reciclagem de papel em um Latossolo ácido sobre propriedades químicas do solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Campo Experimental Salto Canoinhas/Epagri, município de Papanduva/SC (longitude 50°16'37" oeste, latitude 26°22'15" sul e altitude de 800 m), em um solo classificado como Latossolo Vermelho (Embrapa, 2004). O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com três repetições. Os valores de alguns atributos físicos e químicos do solo onde foi implantado o experimento eram os seguintes: 520 g/kg de argila; 4,9 de pH<sub>água</sub>; 4,9 de ISMP; 1,2 mg/dm<sup>3</sup> de P extraível; 52 mg/dm<sup>3</sup> de K trocável;

---

<sup>1</sup> Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Soja. Rodovia Carlos João Strass, distrito de Warta, CP 231, Londrina, PR, 86001-970. E-mail: balbinot@cnpso.embrapa.br.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Epagri, Unidade de Experimentação Agrícola de Campos Novos.

<sup>3</sup> Eng. Agr., MSc., Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Canoinhas.

41 g/kg de matéria orgânica (MO); 1,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de Al trocável; 5,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de Ca trocável; e 3,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de Mg trocável.

Os tratamentos consistiram da aplicação de resíduo de reciclagem de papel nas seguintes doses, em base úmida: 64; 127; 191; 254; 382; e 509 t/ha. Também foi conduzido um tratamento referência, com aplicação de 10,7 t/ha de calcário dolomítico (100% PRNT), dose recomendada para atingir pH 6,0 na camada de 0-20 cm de profundidade (Sociedade..., 2004), e um tratamento testemunha, sem aplicação de resíduo ou calcário. Os produtos foram distribuídos uniformemente na área experimental em junho de 2004, sendo depois incorporados ao solo até a profundidade de 20 cm, por meio de uma aração e três gradagens. Cada unidade experimental apresentou área total de 50 m<sup>2</sup> (5 x 10 m). Em agosto de 2008, as parcelas foram divididas em duas subparcelas, sem e com reaplicação superficial de 30 t/ha do mesmo resíduo. A composição química do resíduo utilizado no experimento, determinado segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), encontra-se na Tabela 1.

Nas safras estivais de 2004/05 a 2008/09 foram semeadas, de forma intercalada, as culturas de milho e soja e, na safra 2009/10, foi cultivado feijão na área experimental, todos em semeadura direta. No inverno foram semeadas plantas de cobertura do solo, também em semeadura direta. Os cultivos estivais foram adubados seguindo recomendação técnica para cada cultura (Sociedade..., 2004) e todos os tratamentos receberam a mesma adubação.

A coleta de amostras de solo foi realizada na camada de 0 a 10 cm de profundidade em abril de 2009 e de 2010, respectivamente aos 58 e 70 meses após a aplicação inicial de resíduo, com auxílio de uma pá de corte. Nessa amostras foram determinados: pH<sub>água</sub>; índice SMP; teor de matéria orgânica; alumínio trocável; alumínio+hidrogênio (acidez potencial); cálcio, magnésio e potássio trocáveis; capacidade de troca de cátions (CTC); fósforo extraível; enxofre; e micronutrientes.

Os dados coletados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância e teste F. Posteriormente, realizou-se análise de regressão polinomial, selecionando-se os modelos que melhor se ajustaram aos dados e ao fenômeno investigado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis avaliadas, não houve interação entre doses de resíduo aplicadas em 2004 e reaplicação em 2008. Em função disso, serão apresentados somente os dados das variáveis que foram afetadas pelos tratamentos.

Após 58 e 70 meses da aplicação, houve aumento do pH<sub>água</sub> do solo com o acréscimo da dose de resíduo de reciclagem de papel (Figura 1), especialmente devido à presença de CaO no mesmo (Tabela 1). Isso comprova a persistência do efeito corretivo sobre a acidez do solo e o potencial desse produto para tal finalidade, como discutido por Balbinot Jr. et al. (2006a) e Balbinot Jr. et al. (2010a). Em doses acima de 130 t/ha, o pH<sub>água</sub> alcançou valores superiores a 5,5, neutralizando o alumínio trocável, que é tóxico para a maioria das culturas. Mesmo nas maiores doses do resíduo aplicadas, o pH<sub>água</sub> do solo não passou de 6,7, o que pode ser explicado pelo alto poder tampão do solo. O calcário, como esperado, também elevou o pH<sub>água</sub> do solo.

Nas duas coletas, observou-se aumento no teor de cálcio com o aumento das doses de resíduo aplicadas em 2004 (Figura 2). Isso ocorreu devido à presença desse elemento no resíduo (Tabela 1). Também foi constatado aumento nos teores de fósforo extraível com o aumento das doses de resíduo (Figura 3). Sabe-se que a deficiência de

fósforo pode reduzir substancialmente a produtividade das culturas de milho e feijão e, além disso, o custo dos fertilizantes fosfatados representa expressiva porcentagem do custo total das lavouras de milho e feijão.

Aos oito meses após a reaplicação superficial do resíduo, em abril de 2009, observou-se que houve aumento no  $\text{pH}_{\text{água}}$ , CTC, relação cálcio/potássio, zinco e sódio (Tabela 2). Por outro lado, nessa mesma coleta se verificou redução dos teores de boro e manganês, o que ocorreu principalmente em função do aumento de  $\text{pH}_{\text{água}}$  promovido pela reaplicação superficial do resíduo, pois há redução da disponibilidade de boro e manganês com o aumento do pH (Marschner, 1995). Aos 20 meses após a reaplicação superficial do resíduo, em abril de 2010, observou-se aumento da relação cálcio/magnésio e redução dos teores de alumínio trocável e alumínio+hidrogênio (Tabela 2).

## CONCLUSÕES

Após 58 e 70 meses da aplicação de resíduo de reciclagem de papel em Latossolo ácido, o  $\text{pH}_{\text{água}}$  do solo e os teores de cálcio trocável e fósforo extraível são afetados pelas doses do produto.

A reaplicação superficial do resíduo de reciclagem de papel alterou alguns atributos químicos na camada superficial do solo.

## AGRADECIMENTOS

À Empresa Mili S.A. pelo recurso financeiro para realização do trabalho. À Epagri pela execução dos trabalhos de campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 10004, 2004. **Resíduos sólidos, classificação de resíduos**. Rio de Janeiro, 2004, 63p.
- BALBINOT JR., A.A.; TÔRRES, A.N.L.; FONSECA, J.A. et al. Crescimento e teores de nutrientes em tecido de alface pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel num solo ácido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.9-15, 2006a.
- BALBINOT JR., A.A.; TÔRRES, A.N.L.; FONSECA, J.A. et al. Alteração em características químicas de um solo ácido pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.16-25, 2006b.
- BALBINOT JR., A.A.; VEIGA, M.; FONSECA, J.A. Aplicação de resíduo de reciclagem de papel em solo ácido: I - Fertilidade e teores de metais pesados no solo. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.23, p.60-65, 2010a.
- BALBINOT JR., A.A.; VEIGA, M.; BACKES, R.L. Aplicação de resíduo de reciclagem de papel em solo ácido: II - Produtividade das culturas de milho e soja e teores de metais pesados nos grãos. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.23, p.66-71, 2010b.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2004. 1 CD-ROM.; mapa color. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 46).

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 1995. 888p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, RS: SBCS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004, 394p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da UFRGS, 1995, 174p.

Tabela 1. Características químicas dos resíduos de reciclagem de papel aplicados em junho de 2004 e em agosto de 2008.

Características	06/2004	08/2008	Características	06/2004	08/2008
Umidade (%)	65	57	Alumínio total (%)	6,3	5,9
Cinzas (%)	71	74	Ferro total (%)	0,28	0,23
pH	7,6	8,0	Manganês total (mg/dm <sup>3</sup> )	59	42
Valor de neutralização (%)	24	41	Cobre total (mg/dm <sup>3</sup> )	176	92
Cond. Elétrica (µS/cm)	129	-	Zinco total (mg/dm <sup>3</sup> )	132	286
Carbono orgânico (%)	15	13	Chumbo total (mg/dm <sup>3</sup> )	27	20
Nitrogênio (TKN) (%)	0,28	0,18	Níquel total (mg/dm <sup>3</sup> )	< 5	8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total (%)	0,16	0,09	Cádmio total (mg/dm <sup>3</sup> )	< 2	<0,2
K <sub>2</sub> O total (%)	0,11	0,13	Cromo total (mg/dm <sup>3</sup> )	46	3
CaO total (%)	13	22	Mercúrio (mg/dm <sup>3</sup> )	0,04	0,05
MgO total (%)	0,83	0,36	Molibdênio (mg/dm <sup>3</sup> )	< 15	1
Sódio total (%)	0,66	0,42	Cobalto total (mg/dm <sup>3</sup> )	16	4
Enxofre total (%)	0,07	0,06	Boro total (mg/dm <sup>3</sup> )	11	3

Resultados determinados no material seco em estufa a 75°C.

Tabela 2. Variáveis afetadas pela reaplicação superficial de 30 t/ha de resíduo úmido de reciclagem de papel (médias das doses aplicadas em 06/2004). Papanduva/SC, 2010.

Variáveis	Sem reaplicação	Com reaplicação	CV(%)
Coleta abril de 2009			
pH <sub>água</sub>	6,07 b <sup>1</sup>	6,23 a	3,7
CTC (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	19,8 b	21,7 a	14,0
Ca/K	61,8 b	76,9 a	34,1
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	2,18 b	2,95 a	42,3
B (mg/dm <sup>3</sup> )	0,30 a	0,24 b	28,9
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	3,62 a	2,42 b	53,2
Na (mg/dm <sup>3</sup> )	3,42 b	4,42 a	34,4
Coleta abril de 2010			
Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,13 a	0,03 b	148,0
Al + H (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	4,37 a	3,34 b	55,4
Ca/Mg	6,26 b	8,05 a	37,2

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade do erro.

CV = coeficiente de variação.

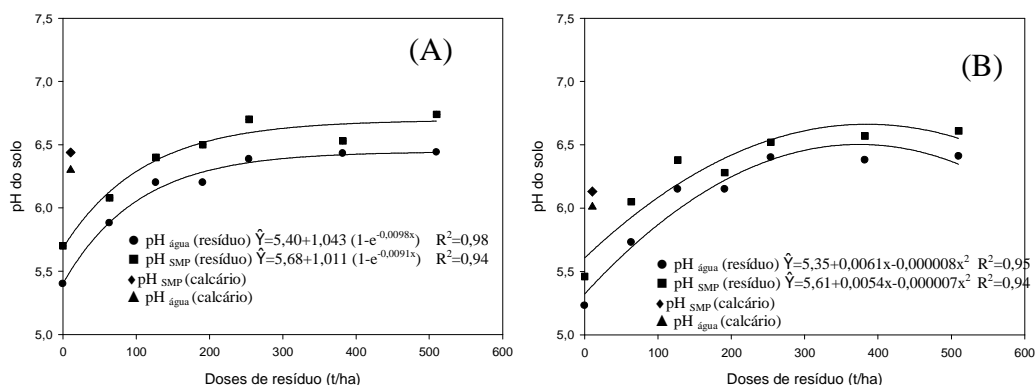


Figura 1. pH<sub>água</sub> do solo em decorrência da aplicação de diferentes doses de resíduo de reciclagem de papel ou de 10,7 t/ha de calcário, em amostragens realizadas em abril de 2009 (A) e abril de 2010 (B), na camada de 0-10 cm de profundidade (média de duas situações de reaplicação superficial). Papanduva/SC, 2010.

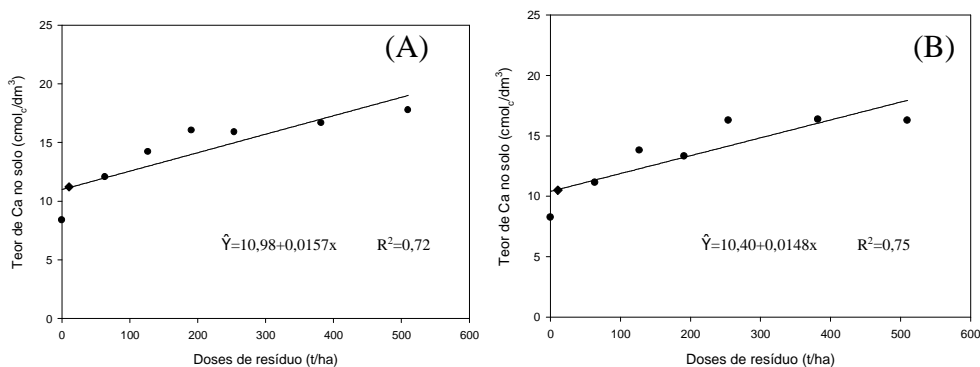


Figura 2. Teor de cálcio no solo em decorrência da aplicação de diferentes doses de resíduo de reciclagem de papel ou de 10,7 t/ha de calcário (◆), em amostragens realizadas em abril de 2009 (A) e em abril de 2010 (B), na camada de 0-10 cm de profundidade (média de duas situações de reaplicação superficial). Papanduva/SC, 2010.

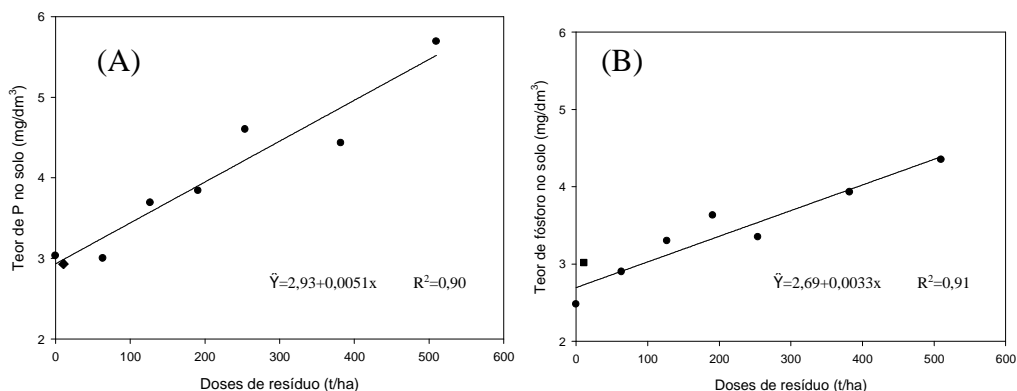


Figura 3. Teor de fósforo extraível no solo em decorrência da aplicação de diferentes doses de resíduo de reciclagem de papel ou de 10 t/ha de calcário (◆), em amostragens realizadas em abril de 2009 (A) e abril de 2010 (B) na camada de 0-10 cm de profundidade (média de duas situações de aplicação superficial). Papanduva/SC, 2010.