

## TEORES DE METAIS PESADOS NO SOLO E NOS GRÃOS DE FEIJÃO COM A APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE RECICLAGEM DE PAPEL NO SOLO

José Alfredo da Fonseca<sup>1</sup>, Alvadi Antonio Balbinot Junior<sup>2</sup>, Milton da Veiga<sup>3</sup>, Gilcimar Adriano Vogt<sup>1</sup>, Jackson Adriano Albuquerque<sup>4</sup>, Epitágoras Rodson Oliveira Costa<sup>5</sup>

### INTRODUÇÃO

A grande quantidade de resíduos agrícolas, urbanos e industriais gerados nas diversas regiões do país tem estimulado o estudo de formas para sua disposição que resultem em baixo potencial de contaminação ambiental. O uso desses materiais na agricultura, em substituição parcial ou total de corretivos ou fertilizantes minerais, tem apresentado resultados promissores em diferentes condições.

Nas últimas décadas houve um processo de consolidação das indústrias que utilizam papel descartado na produção de novos produtos. A transformação de rejeitos de papel, como revistas e jornais, em novos produtos de valor comercial, como papel higiênico, gera quantidade expressiva de resíduo, o qual apresenta característica de uma massa fibrosa de cor acinzentada, sendo classificado como um resíduo IIA - não inerte (ABNT, 2004). Devido ao elevado volume produzido e à baixa permeabilidade do resíduo, sua alocação em aterros sanitários tem custo elevado, além de representar um passivo ambiental.

No resíduo gerado pelo processo de reciclagem de papel, constata-se a presença de compostos que podem atuar como corretivos da acidez do solo, principalmente óxidos de Ca e Mg (Balbinot Junior et al. 2006a). O emprego destes resíduos para correção da acidez do solo, em doses apropriadas, tem se mostrado eficaz (Balbinot Junior et al., 2006b; Balbinot Junior et al., 2010a; Costa et al., 2009). Todavia, há carência de resultados de pesquisas sobre os efeitos da aplicação desse resíduo nos teores de metais pesados em solos rasos e muito ácidos, bem como nos grãos produzidos.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de resíduo de reciclagem de papel, aplicado em diferentes doses, nos teores de alguns metais pesados em Cambissolo Háplico muito ácido e em grãos de feijão.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no município de Canoinhas, SC (longitude 50° 16' oeste, latitude 26° 22' sul e altitude de 800 m), em um Cambissolo Háplico muito ácido

---

<sup>1</sup> Pesquisadores da Epagri, Estação Experimental de Canoinhas. BR 280, nº 1101, Campo da Água Verde. CEP 89460-00 Canoinhas (SC). E-mail: fonsaca@epagri.sc.gov.br, gilcimar@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Soja. E-mail: balbinot@cnpso.embrapa.br

<sup>3</sup> Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Campos Novos. E-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Solos da Udesc. Av. Luis de Camões, 2090, Conta Dinheiro. CEP 88520-000 Lages (SC). E-mail: jackson.irai@gmail.com

<sup>5</sup> Gerente Florestal da Companhia Volta Grande de Papel. Rua Visconde de Mauá, 366. CEP 89295-000 Rio Negrinho (SC). E-mail: epitagorasc@cvg.ind.br

(Embrapa, 2004). Antes da aplicação dos tratamentos o solo apresentava os seguintes atributos: 682 g kg<sup>-1</sup> de argila; pH em água = 4,7; índice SMP = 4,6; P (resina) = 15 mg dm<sup>-3</sup>; K = 184 mg dm<sup>-3</sup>; MO = 46 g kg<sup>-1</sup>; Al = 8,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 3,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com três repetições, com unidades experimentais de 40 m<sup>2</sup> (5 x 8 m). Os tratamentos consistiram da aplicação das doses de 50; 100; 150; 250; 400 e 600 Mg ha<sup>-1</sup> de resíduo de reciclagem de papel (base úmida), as quais foram determinadas com base no trabalho desenvolvido por Balbinot Junior et al. (2006a, b). Também foi utilizado um tratamento referência, com aplicação de 15,1 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT de 100 %), para atingir pH 6,0 (CQFS RS/SC, 2004), e um tratamento testemunha, sem aplicação de resíduo ou calcário. Algumas características químicas do resíduo, determinadas segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), se encontram na Tabela 1. O resíduo de reciclagem de papel e o calcário foram distribuídos nas parcelas em agosto de 2008, sendo imediatamente incorporados ao solo, até a profundidade de 20 cm, por meio de uma aração realizada com arado de discos e posteriormente três passagens de grade niveladora.

Na safra 2008/09 foi cultivado milho (dados publicados em De Marco et al., 2012). Nas safras 2009/10 e 2010/11 foram cultivados, respectivamente, soja (cultivar CD 206 em espaçamento de 0,45 m e 220 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e feijão (cultivar IPR Tiziu em espaçamento de 0,45 m e 250 mil plantas ha<sup>-1</sup>). Nos períodos entre as safras estivais foi cultivado azevém, sem adubação. Todas as culturas foram semeadas no sistema de plantio direto. A adubação de base realizada na soja e no feijão foi a mesma para todos os tratamentos, seguindo a indicação da CQFS – RS/SC (2004). Os tratamentos culturais empregados na cultura do feijão foram aqueles indicados pela pesquisa. As plantas de feijão presentes na área útil das parcelas (5,4 m<sup>2</sup>) foram colhidas manualmente, trilhadas e os grãos pesados, sendo a produtividade corrigida para 13 % de umidade. Os resíduos das culturas de verão e de inverno foram distribuídos uniformemente nas parcelas, para não haver exportação de nutrientes via palha.

Em abril de 2011, foram coletadas, nas entre linhas da cultura do feijão, 15 subamostras de solo em cada unidade experimental, na camada de 0 a 20 cm, as quais formaram uma amostra composta. Nessas amostras foram determinados: Hg (USEPA, 1993, 7471 A); e Pb, Ni, Cd, e Cr (USEPA, 1993, 3050). A metodologia USEPA 3050 extrai os metais considerados ambientalmente disponíveis. Em cada parcela coletou-se uma amostra de grãos de feijão para determinação dos teores de Cd, Cr, Ni, Pb, determinados por espectrometria de emissão ótica, em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) e Hg (USEPA, 1993, 7471).

Os dados coletados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância e teste F. Quando identificada a existência de diferença significativa entre tratamentos, a 5 % de probabilidade, realizou-se análise de regressão. Selecionou-se o modelo que apresentou o melhor ajuste aos dados e ao fenômeno investigado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a aplicação de resíduo de reciclagem de papel, mesmo nas maiores doses, não afetou os teores de Hg, Pb, Ni, Cd e Cr disponíveis no solo (Tabela 2), possivelmente em decorrência da baixa concentração desses elementos no resíduo

(Tabela 1). A Resolução N° 420/2009 do CONAMA (2009), considerando a necessidade de prevenção da contaminação do solo visando à manutenção de sua funcionalidade e a proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, lista valores de prevenção (VP) para solos, sendo: 0,5 de Hg, 72 de Pb, 30 de Ni, 1,3 de Cd e 75 de Cr, todos expressos em  $\text{mg kg}^{-1}$ . Valor de prevenção é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais (CONAMA, 2009). Os resultados do presente estudo corroboram com os obtidos por Balbinot Junior et al. (2006a) e por Balbinot Junior et al. (2010a), os quais utilizaram resíduo similar em um Latossolo Vermelho. Não foram observadas variações nos teores de Hg, Pb, Ni, Cd e Cr nos grãos de feijão (Tabela 2), concordando com os resultados de Balbinot Junior et al. (2010b), os quais não verificaram efeito da aplicação de resíduo de reciclagem de papel sobre os teores desses metais nos grãos de soja e milho em um Latossolo Vermelho.

Para o feijão, a máxima eficiência técnica foi obtida na dose de  $372 \text{ Mg ha}^{-1}$  ( $138 \text{ Mg ha}^{-1}$  de resíduo seco) (Figura 1). As maiores doses testadas reduziram a produtividade da cultura, pois o pH aumentou acima do recomendado pela CQFS RS/SC (2004), e, provavelmente, pela diminuição da disponibilidade de P e Mn, apesar de não terem sido observados sintomas visuais de deficiência desses elementos nas plantas.

Considerando-se os resultados obtidos, a hipótese desse trabalho foi comprovada, pois em doses intermediárias de resíduo houve melhoria da fertilidade do solo, o que se refletiu em aumento de produtividade de grãos de feijão em relação à testemunha. Além disso, não houve alterações nos teores ambientalmente disponíveis de metais pesados no solo e nos grãos produzidos, indicando ser possível o uso do resíduo industrial testado como corretivo da acidez do solo e como fonte de cálcio para as culturas. No entanto, salienta-se que há necessidade de estudos adicionais para verificar os efeitos agrônômicos e ambientais da aplicação do resíduo em questão, sobretudo considerando reaplicações e outros tipos de solos.

## CONCLUSÃO

O resíduo de reciclagem de papel não alterou os teores de metais pesados ambientalmente disponíveis no solo e nos grãos de feijão, mesmo em altas doses.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 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. & TEIXEIRA, J. 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**, v.5, p.9-15, 2006a.
- BALBINOT JR., A.A.; TÔRRES, A.N.L.; FONSECA, J.A.; TEIXEIRA, J. & NESI, C.N. Alteração em características químicas de um solo ácido pela aplicação de calcário

e resíduos de reciclagem de papel. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.5, 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*, 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*, v.23, p.66-71, 2010b.

CQFS - Comissão Sul-Brasileira de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

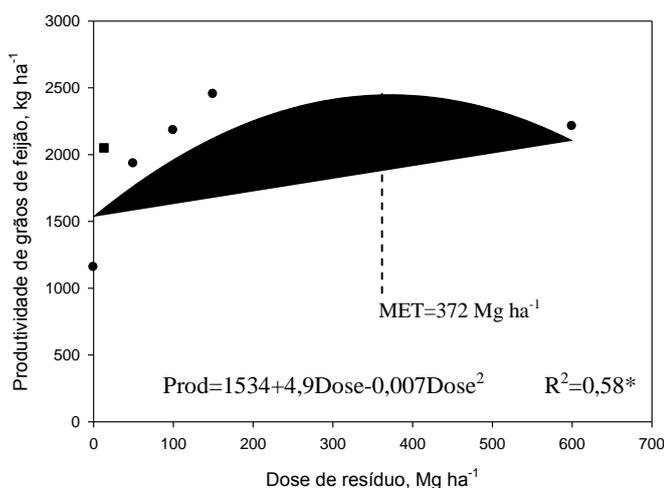
CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009. “Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.”, Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2009>>(Acesso em Março de 2013).

COSTA, E.R.O.; RIZZI, N.; SILVA, H.D.; SHIZUO, M. & LAVORANTI, O.J. Alterações químicas do solo após aplicação de biosólidos de fábrica de papel reciclado. *Floresta*, v.39, p.1-10, 2009.

De MARCO, L.A.; BALBINOT JR., A.A.; OLIVEIRA, T.M.N.; FONSECA, J.A.; COSTA, E.R.O.; VEIGA, M. Atributos de solo e rendimento da cultura do milho em função da aplicação de resíduo de reciclagem de papel em um Cambissolo Háplico. *Agropecuária Catarinense*, v.25, p.75-79, 2012.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Final rules: Standards for the use or disposal of sewage sludge, 1993. Part 503.



**Figura 1.** Produtividade de grãos de feijão em diferentes doses de resíduo de reciclagem de papel (●) e com aplicação de calcário (■). \* Modelo significativo a 5 % de probabilidade do erro. MET=ponto de máxima eficiência técnica.

**Tabela 1.** Umidade gravimétrica, pH e composição do resíduo de reciclagem de papel utilizado no experimento

Característica do resíduo <sup>1</sup>	Valor
Umidade (g kg <sup>-1</sup> )	630
pH	7,7
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	200
Nitrogênio (TKN) (g kg <sup>-1</sup> )	1,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total (g kg <sup>-1</sup> )	0,7
K <sub>2</sub> O total (g kg <sup>-1</sup> )	0,5
CaO total (g kg <sup>-1</sup> )	240
MgO total (g kg <sup>-1</sup> )	3,0
Enxofre total (g kg <sup>-1</sup> )	0,7
Cobre total (mg kg <sup>-1</sup> )	39
Zinco total (mg kg <sup>-1</sup> )	306
Ferro total (g kg <sup>-1</sup> )	2,4
Manganês total (mg kg <sup>-1</sup> )	40
Sódio total (g kg <sup>-1</sup> )	2,3
Boro total (mg kg <sup>-1</sup> )	< 1
Chumbo total (mg kg <sup>-1</sup> )	7
Níquel total (mg kg <sup>-1</sup> )	4
Cádmio total (mg kg <sup>-1</sup> )	< 0,2
Cromo total (mg kg <sup>-1</sup> )	4
Mercúrio (mg kg <sup>-1</sup> )	0,1
Molibdênio (mg kg <sup>-1</sup> )	3
Cobalto total (mg kg <sup>-1</sup> )	5
Alumínio total (g kg <sup>-1</sup> )	25
Cinzas (g kg <sup>-1</sup> )	610
Cond. Elétrica (dS cm <sup>-1</sup> )	0,9
Poder de neutralização (%)	44

<sup>1</sup> Resultados expressos no material seco a 75 °C. Tedesco et al. (1995)

**Tabela 2.** Teores de metais pesados no solo e nos grãos de feijão em decorrência da aplicação de doses de resíduo de reciclagem de papel e calcário dolomítico

Tratamentos (Mg ha <sup>-1</sup> )	Mercúrio (Hg) <sup>1,2</sup>	Chumbo (Pb) <sup>1</sup>	Níquel (Ni) <sup>1</sup>	Cádmio (Cd) <sup>1</sup>	Cromo (Cr) <sup>1</sup>
mg kg <sup>-1</sup>					
Solo					
0	0,04 <sup>ns</sup>	24 <sup>ns</sup>	11 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	26 <sup>ns</sup>
50	0,05	22	12	0,20	27
100	0,04	22	12	0,20	27
150	0,05	25	14	0,20	29
250	0,05	24	13	0,20	29
400	0,05	24	13	0,20	30
600	0,05	24	12	0,20	27
Calcário	0,05	24	14	0,20	29
Grãos de feijão					
0	<0,01	<2,0	1,4 <sup>ns</sup>	<0,10	1,0 <sup>ns</sup>
50	<0,01	<2,0	1,2	<0,10	1,4
100	<0,01	<2,0	1,2	<0,10	1,5
150	<0,01	<2,0	1,4	<0,10	1,6
250	<0,01	<2,0	0,8	<0,10	1,2
400	<0,01	<2,0	0,7	<0,10	1,0
600	<0,01	<2,0	1,1	<0,10	1,3
Calcário	<0,01	<2,0	1,0	<0,10	1,4

<sup>1</sup> Resultados expressos no material seco a 45 °C. Média de três repetições. Em cada repetição foram feitas duas determinações.

<sup>2</sup> Determinado em vapor frio e outros metais em ICP-OES.

<sup>ns</sup> Diferenças não significativas a 5 % de probabilidade de erro.