



Scientia Agraria

ISSN: 1519-1125

sciagr@ufpr.br

Universidade Federal do Paraná
Brasil

Boson de Castro FARIA, Álvaro; Camargo ÂNGELO, Alessandro; Garcia AUER, Celso;
Rodson Oliveira COSTA, Epitágoras

LODO DE PAPEL RECICLADO COMO INSUMO AGRÍCOLA E FLORESTAL

Scientia Agraria, vol. 16, núm. 1, enero-febrero, 2015, pp. 41-47

Universidade Federal do Paraná
Curitiba, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99538306004>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

LODO DE PAPEL RECICLADO COMO INSUMO AGRÍCOLA E FLORESTAL

RECYCLED PAPER SLUDGE AS AN INPUT FOR AGRICULTURE AND FORESTRY

Álvaro Boson de Castro FARIA¹Alessandro Camargo ÂNGELO²Celso Garcia AUER³Epitágoras Rodson Oliveira COSTA⁴

RESUMO

O lodo do papel reciclado tem potencial para uso como corretivo de solos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do resíduo sobre as características físico-químicas e a fertilidade do solo. Seu teor de umidade e sua granulometria foram controlados para o uso experimental. Foi realizado um ensaio em vasos em delineamento de blocos casualizados, cujo primeiro fator foi a aplicação de doses crescentes do lodo, e o segundo fator, a realização de adubação de cobertura, na implantação de *E. saligna*. O lodo do papel reciclado aumenta o pH da mistura, sendo também uma fonte de cálcio para o desenvolvimento de plantas. Os teores de magnésio presentes no resíduo não são satisfatórios para o desenvolvimento de *E. saligna*, mas o resíduo diminui satisfatoriamente a toxidez potencial e aumenta a saturação por bases do solo.

Palavras-chave: produção florestal, resíduos agroindustriais, inovação; sustentabilidade

ABSTRACT

The sludge from the recycled paper has potential for use as a soil corrective. This study had the objective to evaluate the effect of this residue on the physico-chemical properties and soil fertility. The moisture content and the particle size were controlled for experimental use. It was conducted a test on vases in randomized block design, where the first factor was the application of increasing doses of sludge, and the second factor, the performance of top fertilization, in the implantation of *E. saligna*. The recycled paper sludge increases the pH of the mixture, with potential for use as soil corrective and is also a source of calcium for the development of plants. The concentration of magnesium present in the waste are not suitable for the development of *E. saligna*, but the residue decreases satisfactorily the potential toxicity and increases the saturation of the soil.

Key words: Forest production, agroindustrial residues, innovation; sustainability

¹. Doutor em Ciências Florestais, professor pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Estrada para Boa Esperança, km 04, CEP 85660-000, Dois Vizinhos-PR, Brasil. Caixa Postal 157. E-mail: alvarob@utfpr.edu.br

². Doutor em Ciências Florestais, professor pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Rua Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba-PR, Brasil. E-mail: alessandroangel@gmail.com

³. Doutor em Ciências Florestais, pesquisador pela Embrapa Florestas, Km 111 da Estrada da Ribeira, Cx Postal 319, CEP 83411-000, Colombo-PR, Brasil. E-mail: auer@cnpf.embrapa.br

⁴. Mestre em Ciências Florestais, diretor da CVG Cia Volta Grande Papel. Vila de Volta Grande s/n. Distrito de Volta Grande, Rio Negrinho-SC. E-mail: epitagorascosta@uol.com.br

INTRODUÇÃO

O presente trabalho parte do princípio de que os passivos ambientais gerados por indústrias podem ser reutilizados como insumos para a geração de produtos inovadores, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias mais limpas, para a geração de empregos em novos mercados, e contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

As indústrias de papel e celulose geram poluição ambiental (Stappe & Balloni, 1988; Suzuki et al., 1991; Gonçalves & Moro, 1995). Os constantes aumentos na demanda de produção implicam a geração diária de grande quantidade de resíduos, em função dos diferentes processos tecnológicos e da qualidade das aparas de papel, constituindo uma preocupação ambiental (Moro & Gonçalves, 1995).

Da mesma forma, a indústria de papel reciclado também gera passivos ambientais na forma de resíduos sólidos, denominados de lodo de estação de tratamento e efluentes (ETE) ou lodo do papel reciclado. Autores como Andrade et al. (2005) e Rocha et al. (2004) entendem que o lodo de ETE também pode ser conceituado como biossólido.

A opção por aterro sanitário para disposição final destes resíduos é inevitável, e exige cuidados especiais no manuseio, tendo em vista os riscos de contaminação ambiental (Bellote et al., 1998; Balbinot et al., 2006a; Balbinot Junior et al., 2006a; Gama & Dias, 2010). Com a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), a responsabilidade de destino final dos passivos ambientais gerados nos mais diversos setores de produção, passou a ser das empresas e indústrias. Assim, espera-se que o mercado passe a investir cada vez mais em programas de reciclagem e reaproveitamento de rejeitos industriais.

Em linhas gerais, empresas e instituições de pesquisa vêm buscando alternativas de uso para o lodo do papel, com intuito de evitar ou reduzir passivos ambientais (Balbinot Junior et al., 2006a). Desde a década de 1990 a Embrapa Florestas já vem dando atenção para pesquisas com cinza de caldeira e resíduo celulósico (Ferreira et al., 1995ab; Bellote et al., 1998; Andrade et al., 2003). Diversos autores (Balbinot Jr. et al., 2006b; Lunardi Neto et al., 2008; Costa et al., 2009ab), destacam que o lodo do papel e do papel reciclado são ricos em óxidos de cálcio e magnésio e tem potencial para uso como corretivo de solos. Estas características tornam-se interessantes para serem aproveitadas em culturas implantadas em solos com baixa fertilidade e/ou elevada acidez, como os solos do cerrado brasileiro, ou mesmo, para melhorar as propriedades físicas e químicas de solos degradados (Balbinot Jr., 2006ab; Galbiatti et al., 2007; Lunardi Neto, et al., 2008; Lima et al., 2010).

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 para as culturas agrícolas e florestais (Balbinot Jr. et al., 2006a). Faltam, ainda, estudos sobre dosagens economicamente viáveis e sobre o possível efeito desses resíduos no perfil do solo e no lençol freático (Bellote et al., 1998). O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do lodo do papel reciclado nas características físico-químicas e na fertilidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área pertencente à Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro), no município de Irati (PR), paralelo 25°27'56" de latitude sul, com interseção com o meridiano 50°37'51" de longitude oeste e a 150 km de Curitiba. Encontra-se na região do Segundo Planalto Paranaense, com clima tipo Cfb segundo a classificação de Köppen, com geadas frequentes no inverno.

Foi utilizado o solo de produção de mudas florestais do viveiro da universidade. Foram retiradas oito amostras aleatórias deste solo e enviadas para análise no laboratório de fertilidade do solo da Unicentro. Este solo era ácido, com baixos teores em potássio e sódio, apresentava teores médios de Ca, Mg, Al, MO e fósforo (P) de 3,04 cmolc dm⁻³, 2,14 cmolc dm⁻³, 5,36 cmolc dm⁻³, 40,54 g dm⁻³, e 8,59 mg dm⁻³, respectivamente. A saturação por bases (V%) média foi de 22,4%, considerada baixa, ou seja, contendo alumínio em nível tóxico às plantas. Quanto à textura, foi considerado como sendo argiloso. Os resultados das estatísticas descritivas para caracterização físico-química do solo encontram-se na Tabela 1.

O resíduo de papel reciclado foi doado pela Cia. Volta Grande (CVG). Após acondicionamento em ambiente externo, foram realizadas atividades para homogeneizar a granulometria e o teor de umidade do resíduo utilizado no experimento.

A granulometria foi homogeneizada com o uso de duas grelhas de metal sobrepostas. A inferior, com abertura quadrangular de três centímetros e a superior, com abertura circular com raio de 1,5 centímetros. O resíduo foi "esfarelado" manualmente pela fricção sobre as grelhas, atingindo granulometria com baixo percentual de atividade (menos que dez malhas/polegada), utilizada no experimento. O material foi armazenado em vasos de polipropileno, e acondicionado em ambiente interno (laboratório de proteção florestal/Unicentro) até a sua utilização.

Tabela 1 – Caracterização físico química do solo

Estatística	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	V%
	CaCl ₂	cmolc dm ⁻³			g 100g ⁻¹
Mínimo	3,74	2,05	1,60	16,95	16,4%
Máximo	3,85	3,85	3,10	18,82	29,1%
Amplitude	0,11	1,80	1,50	1,87	12,6%
Média	3,78	3,04	2,14	17,78	22,4%
Variância	0,00	0,48	0,21	0,66	0,1%
Desvio Padrão	0,04	0,70	0,46	0,81	3,7%
Erro Padrão	0,01	0,25	0,16	0,29	1,3%
CV %	0,01	0,23	0,22	0,05	16,7%
IC MÁX (5% prob.)	3,81	3,62	2,52	18,45	25,6%
IC MÍN (5% prob.)	3,75	2,46	1,75	17,10	19,3%

No momento da implantação do experimento, foram separadas quatro amostras de 500 g do resíduo granulado, para determinação de teor de umidade. Após pesagem, o material úmido foi seco em estufa (100°C). Foram realizadas pesagens diárias até a estabilização do peso seco do resíduo. O teor de umidade estabilizou-se em 60,7±3,7% após dez dias de avaliações. Dentre os materiais utilizados destacaram-se: sacos de papel, a balança analítica marca Apollo modelo Mea 06880 e a estufa para secagem de esterilização de materiais marca Odontobrás modelo E.L (disponíveis no Laboratório de Proteção Florestal/Unicentro).

Em todos os tratamentos, as mudas utilizadas foram do clone “2864” de *Eucalyptus saligna* Sm., com três meses de idade, provenientes do viveiro da empresa Klabin. Para Garcia et al. (1991), o *E. saligna* é pouco tolerante a baixa fertilidade do solo, ao déficit hídrico na estação seca e à competição entre as árvores. Já para Ferreira (1979), é recomendado para todas as regiões, com restrições em locais com geadas ou deficiências hídricas severas.

Os tratamentos consistiram em doses crescentes de resíduo misturados com o solo com o uso de uma betoneira de construção civil. As misturas foram acondicionadas em vasos de polipropileno de 8,5 L. O plantio das mudas foi feito simulando a implantação florestal, uma vez que os vasos foram posicionados em campo em uma área plana e com espaçamento de 2 x 2 m. Foram testadas cinco doses de resíduos, caracterizadas como 0,0(v/v), 12,5(v/v), 25(v/v), 50(v/v), 75(v/v).

O segundo fator avaliado foi o efeito da adubação em cobertura com NPK na proporção 04-14-08. Esta adubação foi realizada trinta dias após o plantio, conforme cronograma usual de implantação florestal para o eucalipto. Foi aplicado unifor-

memente o equivalente a 50g de adubo por vaso.

Aos 120 dias após a implantação e em única ocasião, foram coletadas amostras compostas do solo de cada tratamento, que seguiram para análise físico-química no Laboratório de Solos/Unicentro. A amostragem foi realizada coletando-se uma sub-amostra de 100 g de solo por vaso, em vinte vasos por tratamento. Cada conjunto de quatro sub-amostras formava uma amostra composta, totalizando cinco amostras compostas por tratamento. Foram realizados exames de rotina para pH (CaCl₂), Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺+Al³⁺ e V%.

Nestas análises, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com duas repetições (com e sem adubo), cinco tratamentos (doses de resíduo) e cinco amostras de solo por tratamento, totalizando 50 amostras. Os dados referentes a cada variável não precisaram ser transformados e foram analisados pela Anova e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05). Foram elaborados gráficos com linhas de tendência no Excel para facilitar a visualização dos resultados.

Também foram avaliados os fatores ambientais temperatura máxima e mínima e precipitação pluviométrica. Durante o período, foi registrada a máxima de 43°C e a mínima de 6°C. A precipitação mensal foi de 151,2 ± 56,7 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 demonstra os resultados para todos os parâmetros de fertilidade do solo. A análise descritiva do solo antes do experimento indicou que o pH em CaCl₂ era bastante ácido (média de 3,78). Atividades de calagem seriam necessárias, segundo recomendações de Mello et al. (1983), Marschner (1995), e para o eucalipto, Valeri et al. (1993) e Carneiro (1995).

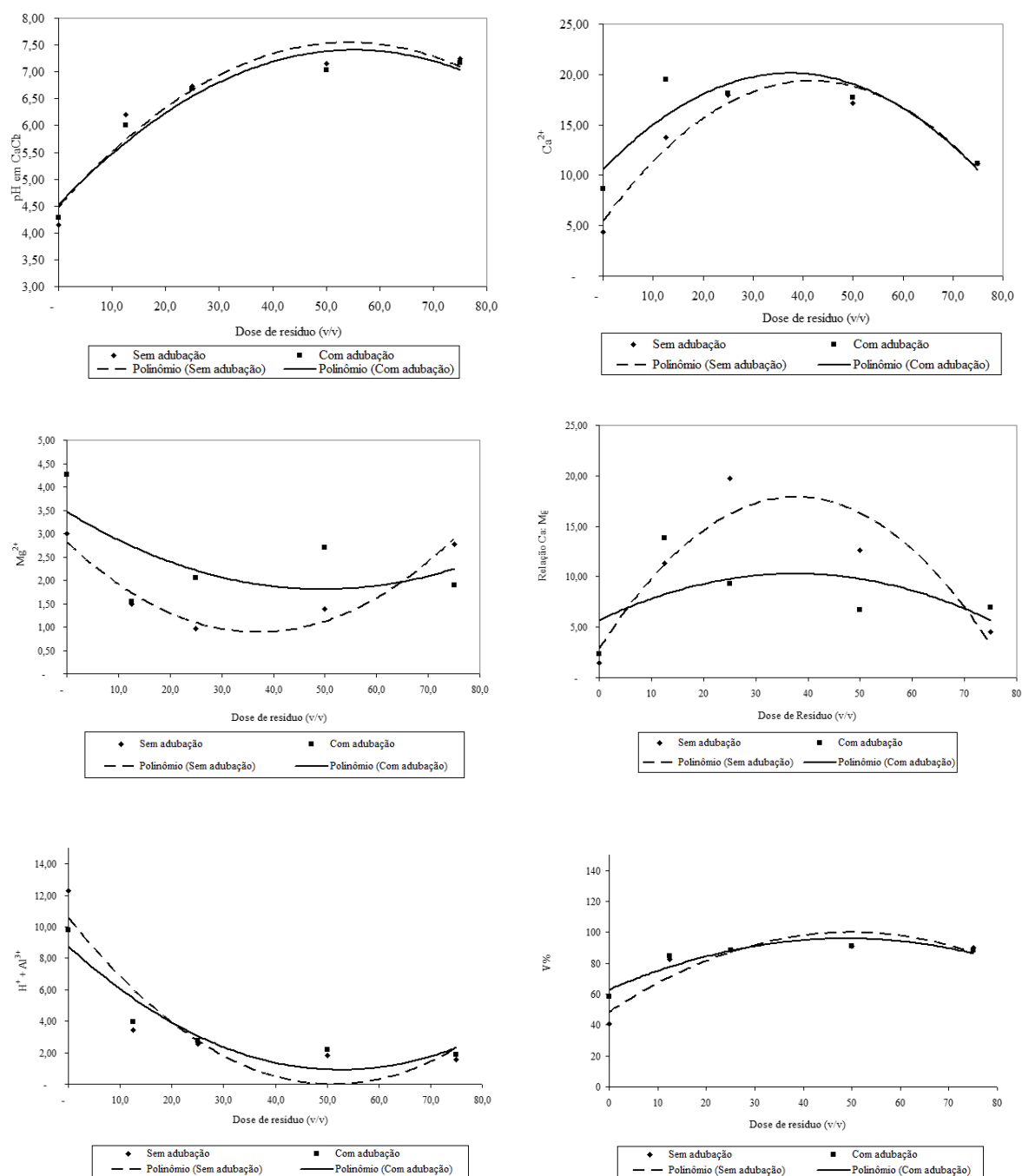


Figura 1 – Resultados sobre fertilidade do solo.

Após 120 dias do plantio, o solo dos vasos sem resíduo (0,0v/v) resultaram o pH de 4,15 e 4,28, respectivamente, e continuavam ácidos. Estes valores foram significativamente inferiores aos dos solos com resíduo ($F = 69,05$, $p < 0,05$).

As diferentes doses do lodo de papel reciclado alteraram bastante o pH nos tratamentos. A Anova indicou diferenças significativas de pH entre as doses 12,5v/v (6,20 e 6,00), e 25v/v (6,74 e 6,69). Quanto maior a dose aplicada de resíduo, menos ácida se tornava a mistura.

As maiores doses de resíduo (50v/v e 75v/v), apesar de diferirem estatisticamente com as doses 12,5v/v e 25v/v, não diferiram entre si, tendo apresentado pH neutro (7,15, 7,04, 7,24 e 7,17). Não foram constatadas diferenças no pH em CaCl_2 pelo efeito da adubação ($F = 0,09$, $p > 0,05$) e não houve interação entre a adubação e o resíduo do papel reciclado ($F = 0,07$, $p > 0,05$).

O aumento do pH aconteceu exponencialmente, apesar de se ter aumentado linearmente a dose de resíduo no solo, e tendeu a estabilizar-se na faixa de 7,0. Assim, para atender aos pressupostos de Mello et al. (1983) no qual o pH ideal para implantação da maioria das plantas deve situar-se entre 6,0 e 6,5 (levemente ácido), as doses de 12,5v/v e 25v/v do lodo de papel reciclado já seriam suficientes para corrigir o solo utilizado. Para atender a recomendação de Valeri et al. (1993) para um pH de 5,5 na implantação do eucalipto, ou ainda, para obter um pH mínimo de 4,5 (Carneiro, 1995), doses de resíduo inferiores a 12,5v/v já seriam suficientes. É recomendável a realização de novos testes para confirmar esta tendência.

O aumento do pH pela aplicação de resíduo era esperado, uma vez que outras pesquisas já o indicaram no uso de diversos tipos de resíduos (Guerrini et al., 1994, Rodrigues 2004), e também, com o lodo de papel reciclado (Balbinot Júnior et al., 2006; Costa et al., 2009a). No entanto, é provável que a sua incorporação no solo utilizado pelo uso de uma betoneira, bem como o trabalho de granulometria realizado antes da implantação, tenham favorecido este efeito na mistura.

A análise descritiva do solo antes do experimento indicou que havia em média $3,04 \text{ cmol dm}^{-3}$ de cálcio disponível, sendo este solo classificado pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC (1997) como apresentando teor médio de cálcio. A aplicação do lodo de papel reciclado ($F = 194,95$, $p < 0,05$) e da adubação em cobertura ($F = 23,35$, $p < 0,05$) aumentaram significativamente o teor deste elemento. Estes resultados já se esperavam, uma vez que a aplicação de vários tipos de resíduos já influenciaram no aumento do teor de Ca no solo (Stappe e Balloni 1988; Melo et al., 2002; Tsutiya, 2002; Rocha et al. 2004; Rodrigues 2004; Nolasco et al., 2005; Silva et al., 2008).

Até a concentração 50v/v, o teor de cálcio no solo aumentou com o do resíduo. Nesta dose, os teores deste nutriente são classificados como altos, tendo alcançado valores superiores a 17 cmol dm^{-3} . Isto indica que após 120 dias do plantio havia muito

mais cálcio disponível no solo do que o necessário para o desenvolvimento do eucalipto.

Barros e Novais (1996) salientaram a baixa demanda de Ca^{2+} pelo *E. grandis* na fase inicial de crescimento. Caso esta afirmação se aplique para *E. saligna*, aplicações superficiais no solo com o lodo de papel reciclado poderiam ser realizadas com fins nutricionais a partir da fase de intenso desenvolvimento desta espécie, após o segundo ano de crescimento. Nestes casos, viabilizados com o planejamento silvicultural adequado, em função da densidade do plantio.

Houve uma queda no teor de cálcio para a maiores doses do resíduo (75v/v), tendo apresentado o valor de $11,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o tratamento sem adubação em cobertura, e $11,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o tratamento com adubação.

Novais et al. (1986) verificaram que o nível crítico de implantação de eucalipto para Ca^{2+} é de $2,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o de manutenção para o incremento médio anual de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ é de $6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo que para o incremento médio anual de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ é de $8,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Estes parâmetros são diferentes do resultado deste experimento, no qual as melhores taxas de crescimento foram verificadas com teores de cálcio inferiores a $2,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A análise descritiva do solo antes do experimento indicou que havia em média $0,2 \text{ mmol dm}^{-3}$ de magnésio disponível para as plantas. A média de $0,3 \text{ mmol dm}^{-3}$ encontrada na testemunha sem adubação encontrava-se no intervalo de confiança da pré-avaliação. A Anova não detectou diferença no teor de Mg^{2+} pelo uso de NPK na adubação de cobertura ($F = 3,94$, $p > 0,05$). Com o lodo de papel reciclado houveram diferenças significativas ($F = 8,34$, $p < 0,05$).

Novais et al. (1986) verificaram que o nível crítico de implantação do eucalipto para Mg^{2+} é de $0,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o de manutenção para o incremento médio anual de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ é de $1,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo que para o incremento médio anual de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ é de $1,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente. No presente teste, as taxas de Mg^{2+} não superaram a casa de $0,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, indicando que havia déficit deste nutriente para o desenvolvimento das plantas de todos os tratamentos.

Os maiores teores de Mg^{2+} no experimento foram verificados nos tratamentos sem resíduo (0,0v/v), e foram superiores aos valores amostrados a 5% probabilidade com o solo antes do experimento. As testemunhas deveriam ter resultado valores entre $0,17$ e $0,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, mas apresentaram $0,3$ (sem adubação em cobertura) e $0,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (com adubação). Atribui-se esta diferença a aleatoriedade prevista pelo limite de tolerância experimental. Rodrigues (2004) e Costa et al., (2009ab) mencionam aumento nos teores de Mg^{2+} com o aumento das doses do lodo celulósico. Analisando apenas os tratamentos com o lodo, notou-se uma tendência de aumento de Mg^{2+} a partir do aumento das doses, porém sem diferenças significativas, e sem alcançarem os valores das testemunhas.

A relação Ca:Mg precisa, segundo Balbinot Júnior et al. (2006), apresentar valores entre 4:1 e 8:1 para os melhores sítios. Neste experimento, quanto maior a dose, maior foi a resultante da relação Ca:Mg, devido a alta concentração de cálcio no resíduo. Os valores alcançaram quase 20:1 para a dose 25v/v sem adubação. De fato, a Anova realizada para a relação Ca:Mg apresentou diferença significativa pela presença da adubação ($F = 4,11$, $p < 0,05$), pelas doses de resíduo ($F = 24,12$, $p < 0,05$) e pela interação entre adubação vs resíduo ($F = 6,19$, $p < 0,05$). Os valores recomendados na literatura só foram alcançados nas maiores doses de resíduo (75v/v), uma vez que os teores de cálcio nas maiores doses foram inferiores aos das doses 12,5v/v, 25v/v e 50v/v. São importantes novos testes com concentrações inferiores a 12,5v/v, de sorte a definir a concentração ideal para equilibrar a relação Ca:Mg.

A análise descritiva do solo antes do experimento indicava a presença de toxidez de alumínio (média de 5,36 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para Al^{3+} e 17,78 cmol dm^{-3} para $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$). Após 120 dias de experimento, a Anova não indicou efeito da adubação ($F = 1,68$, $p > 0,05$) e nem da interação adubação vs resíduo ($F = 1,80$, $p > 0,05$) sobre este parâmetro.

O lodo de papel diminuiu o teor de Al^{3+} do solo. Já para a dose de 12,5v/v, os valores obtidos foram muito baixos (0,05 e 0,09, respectivamente). As doses seguintes (25v/v, 50v/v, 75v/v) complexaram completamente o alumínio ($F = 71,91$, $p < 0,05$, Tabela 8).

Com base na classificação da Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER, 2004), os teores de Al no solo do experimento foram considerados baixos e nulos na presença do lodo de papel reciclado. Nas testemunhas, foram considerados altos, pois os níveis de Al foram superiores a 1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A diminuição da toxidez potencial do solo pelo uso de resíduos orgânicos foi mencionada por Melo et al. (2002), Rodrigues (2004), Costa et al. (2009a) e Balbinot Júnior et al. (2006), sendo que

os resultados aqui apresentados confirmaram as afirmativas destes autores.

O solo inicialmente tinha a saturação por bases (V%) de 22,4%. A análise dos solos testemunha após 120 dias do experimento de campo indicou que apresentava 40,48% (sem NPK) e 58,23% (com NPK). Estes valores foram adequados para culturas de reflorestamento, segundo Raij et al. (1997).

Ficou comprovado que o aumento das doses de lodo de papel reciclado aumentou significativamente a V% ($F = 2.815,67$, $p < 0,05$). Ficou também comprovado o efeito da adubação ($F = 29,85$, $p < 0,05$) e a interação ($F = 30,64$, $p < 0,05$). As doses com 25v/v, 50v/v e 75v/v, independente da adubação em cobertura, apresentaram valores em torno de 90% e foram todas semelhantes estatisticamente. É provável que o aumento da V% esteja associado ao aumento do cálcio, conforme sugere Balbinot Junior et al. (2006).

O aumento da V% pelo uso de resíduo celulósico também foi constatado por Rodrigues (2004) e por Costa et al. (2009a). No entanto, os tratamentos de Rodrigues (2004) apresentaram baixos valores de V%.

CONCLUSÕES

O lodo de papel reciclado aumenta o pH, do solo e é uma fonte de cálcio para o desenvolvimento de plantas;

Os teores de magnésio presentes no resíduo não são satisfatórios para o desenvolvimento de *E. saligna*;

O resíduo diminui a toxidez potencial e aumenta a saturação por bases do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Unicentro, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, pela utilização da área interna no *Campus* e das estruturas físicas dos laboratórios do Departamento de Engenharia Florestal.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. A. et al. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo tratado com biossólido e cultivado com eucalipto. **Revista Brasileira Ciência de Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p. 803 - 816, 2005.
- ANDRADE, G. C. et al. Efeitos da adubação fosfatada e da aplicação de resíduo de celulose no crescimento de *Eucalyptus dunni*. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n.47, p.43-54. 2003.
- BALBINOT JÚNIOR, A. 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, 2006a.
- BALBINOT JÚNIOR, A. 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, 2006b.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTWILL, P.M.; ADAMS, M.A. (Eds). **Nutrition of eucalypt**. Melbourne, CSIRO, 1996. p.342-343.
- BELLOTE, A. F. J. et al. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.37, p.99-106. 1998.
- BRASIL. **Lei Federal nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2010.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: FUPEF, 1995.
- 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: SBSC - Núcleo Regional Sul, 1997, 224 p.

10. COSTA, E. R. O. et al. Alterações químicas do solo após aplicação de biossólidos de estação de tratamento de efluentes de fabrica de papel reciclado. **Revista Floresta**, Curitiba, v.39, n.1, p.1-10, 2009a.
11. COSTA, E. O. et al. Percolação de poluentes em solos após aplicação de resíduos de fábrica de papel reciclado. **Revista Floresta**, Curitiba, v.39, n.2, p.409-418, 2009b.
12. EMATER. **Análise de solo: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados**. OLEYNIK, J. et al. (eds). 3 ed., Curitiba: 2004, 64p.
13. FERREIRA, M. **Escolha de espécies de eucalipto**. IPEF, Circular técnica, Piracicaba, n. 47, 1979.
14. FERREIRA, C. A. et al. Efecto de la aplicación de ceniza de caldera y residuo de celulosa en el suelo y en el crecimiento de *Eucalyptus grandis*. **Bosque**, Valdivia, v.16, n.1, p.95-100, 1995a.
15. FERREIRA, C. A. et al. Efecto de la aplicacina de ceniza y residuos de celulosa em la descomposicion y liberacion de nutrientes de la hojarasca em plantaciones de *Eucalyptus grandis*. **Bosque**, Valdivia, v.16, n.1, p.101-104, 1995b.
16. GALBIATTI, J. A. et al. Formação de mudas de eucalipto com utilização de lixo orgânico e níveis de irrigação calculados por dois métodos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.445-455, 2007.
17. GAMA, R. O.; DIAS, F. M. Utilização do rejeito Unbleach Kraft Pulp (UKP), da indústria de celulose, na fabricação de concreto. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 7., 2010, Rio de Janeiro. **Anais...SEGET**, 2010.
18. GARCIA, C. H. et al. **Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos**. Piracicaba: IPEF, 1991 (Circular Técnica, 179).
19. GONÇALVES, J. L. M.; MORO L. **Uso da cinza de biomassa florestal como fonte de nutrientes em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis***. Piracicaba: IPEF, 1995, p.28-37. (Circular técnica, 48).
20. GUERRINI, I. A. et al. Influência do resíduo celulósico e cinza provenientes de fábrica de celulose e papel sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo em condições de vaso. **Rev. Científica**. São Paulo, v. 22, n. 1, p.43-51, 1994.
21. LIMA, C. G. R. et al. Atributos físico-químicos de um Latossolo do Cerrado brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 163-173, Feb. 2010.
22. LUNARDI NETO, A. et al. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1379-1388, 2008.
23. MARSCHER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995, 889p.
24. MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.
25. MELO, W. J. et al. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T. et al. **Biossólidos na agricultura**. 2. ed. São Paulo: ABES, 2002. p. 289-359.
26. MORO, L.; GONÇALVES, J. L. M. **Efeitos da cinza de biomassa florestal sobre a produtividade de povoamentos puros de *Eucalyptus grandis* e avaliação financeira**. Piracicaba: IPEF, 1995, p.18-27. (Circular técnica, 49).
27. NOLASCO, A. M. et al. Uso de resíduos urbanos e industriais como fonte de nutrientes e condicionadores de solos florestais. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In:
28. NOVAIS, R.F. et al. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp: níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, n.1, p. 105-11. 1986.
29. RAIJ, B.V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).
30. ROCHA, G. N. et al. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.4, p.623-639, 2004.
31. RODRIGUES, C. M. **Efeito da aplicação de resíduo da indústria de papel nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, na nutrição e biomassa de *Pinus taeda* L.** 21f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.
32. SILVA, E. A. et al. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e no crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Árvore**, Viçosa, MG, v.32, n.2, p.323-333, 2008.
33. SUZUKI, A. et al. O uso da lama de cal como corretivo da acidez do solo. **Revista Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v.4, p.8-11. 1991.
34. STAPPE, J. L.; BALLONI, E. A. **O uso de resíduos da indústria de celulose como insumos na produção florestal**. Piracicaba: IPEF, 1988, p.33-37. (Circular técnica, 40).
35. TSUTIYA, M. T. Características de Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgotos. In: TSUTIYA, M. T. et al. **Biossólidos na agricultura**. 2. ed. São Paulo: ABES, 2002. p. 89-131.
36. VALERI, S. V. et al. **Composição química foliar e crescimento volumétrico de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden cultivado em areia quartzosa, em resposta à aplicação de fósforo e calcário dolomítico**. Piracicaba: IPEF, 1993, p.63-75. (Circular técnica, 46).

Recebido em 19/03/2012
Aceito em 24/02/2015