



Crescimento de eucalipto cultivado em solo com lodo de esgoto e submetido à aplicação de herbicidas auxínicos ⁽¹⁾

**Leonardo Michel Rocha ⁽²⁾; William Gomes Montes ⁽³⁾; Pábulo Diogo de Souza ⁽³⁾
Leandro Roberto da Cruz ⁽⁴⁾; Gustavo Amaral Costa ⁽⁴⁾; Leonardo David Tuffi Santos ⁽⁵⁾**

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq (PIBIC/UFMG) e da FAPEMIG (PPM-00072-13).

⁽²⁾ Graduando em Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de Minas Gerais; Montes Claros; Minas Gerais; leonardorochoa.agronomia@hotmail.com

⁽³⁾ Graduando em Engenharia Florestal; Universidade Federal de Minas Gerais;

⁽⁴⁾ Mestre em Produção Vegetal; Universidade Federal de Minas Gerais

⁽⁵⁾ Professor adjunto; Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO: O uso de herbicidas auxínicos em pastagens ocorre com frequência. O efeito residual destes produtos pode causar sérios problemas ambientais, como contaminação da água e do solo. Objetivou-se avaliar a influência da aplicação de herbicidas auxínicos no crescimento de plantas de *Eucalyptus camaldulensis* cultivadas em solo contendo biossólido. O experimento foi implantado em blocos casualizados com seis tratamentos correspondentes à aplicação sobre a superfície do solo de: 0 e 5,77 t ha⁻¹ de biossólido sem herbicida, 2,89; 5,77; 8,66 e 11,54 t ha⁻¹ de biossólido + aplicação de 5 L ha⁻¹ de herbicida mimetizador de auxina (picloram + 2,4 D) com quatro repetições. Após 7 dias da aplicação do biossólido, foi feita a aplicação diretamente sobre o vaso, do herbicida constituído da mistura comercial de 9,77 g ha⁻¹ de picloram + 38,52 g ha⁻¹ de 2,4 D protegendo-se a parte aérea e caule das plantas de eucalipto. Avaliou-se semanalmente até a última avaliação, aos 45 dias após aplicação do herbicida (DAA), a intoxicação e morfologia das plantas. As plantas de eucalipto que foram tratadas com picloram e 2,4 D apresentaram distúrbios morfológicos e valores de intoxicação superiores a 90% aos 45 DAA, conseqüentemente menor incremento nas variáveis avaliadas. O biossólido não causou intoxicação ou efeito algum nas características morfológicas das plantas e não foi eficaz para inibir a ação do herbicida sobre estas.

Termos de indexação: 2,4 D, picloram, sorção de herbicidas.

INTRODUÇÃO

É crescente a taxa de produção de lodo de esgoto doméstico e industrial, da mesma forma é crescente o número de instalações que realizam sua coleta e tratamento. A agricultura é um dos destinos utilizados do biossólido gerado pelos processos de tratamento, por apresentar baixo custo de aquisição e propriedades físicas e químicas que possibilitam seu uso no campo. Em espécies florestais promove

maior desenvolvimento de mudas (Garcia et al., 2010), aumento da disponibilidade de nutrientes (Vaz & Gonçalves, 2002), recuperação de áreas degradadas (Colodoro & Espínola, 2006), e em alguns casos pode substituir total ou parcialmente a fertilização mineral.

O picloram e 2,4 D são herbicidas de longo efeito residual utilizados para controle de plantas daninhas em culturas como: arroz, cana-de-açúcar, pastagens, soja em pré-plantio e também para controle de brotações em eucalipto. Porém, podem causar problemas em plantas cultivadas posteriormente à aplicação destes herbicidas (Santos et al., 2007), devido a sua longa permanência no ambiente.

Grande parte das florestas plantadas no Brasil são inseridas em locais onde haviam pastagens degradadas ou outras culturas agrícolas, desta forma, a aplicação de herbicidas como picloram e 2,4 D nestas áreas pode ocasionar danos também aos plantios seguintes, como o eucalipto.

O comportamento das moléculas dos herbicidas pode variar pela adição de matéria orgânica no solo, pelo aumento da sorção que indisponibiliza a molécula química ou o aumento da microbiota do solo que pode degradar o herbicida (Prata & Lavorenti, 2000). Desta forma, a aplicação de matéria orgânica no solo pode favorecer as culturas sensíveis por disponibilizar nutrientes às plantas e interagir com as moléculas dos herbicidas que podem estar presentes no solo.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a interação do lodo de esgoto com o picloram e 2,4D no crescimento das plantas de *Eucalyptus camaldulensis*.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em campo aberto na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) situado no município de Montes Claros – MG, latitude: 16° 43' 41", longitude: 43° 51' 54" e



altitude de 638 metros. A precipitação e temperatura média anual são de 1.060 mm e 24,20 °C, respectivamente. As mudas de *E. camaldulensis* foram provenientes de propagação de sementes adquiridas de fornecedor certificado, produzidas em tubetes de polietileno contendo substrato para produção de mudas arbóreas. Estas foram padronizadas quanto ao tamanho e vigor e posteriormente transplantadas para vasos com capacidade de 12 L, onde permaneceram por aproximadamente 60 dias antes de serem submetidas aos respectivos tratamentos.

Utilizou-se lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Montes Claros, operada pela COPASA-MG. A linha de tratamento é composta por tratamento preliminar e reator anaeróbio UASB. O lodo gerado no reator UASB é centrifugado e desidratado em secadora térmica a 350°C, durante 30 minutos.

O experimento foi implantado em blocos casualizados, com tratamentos correspondentes a aplicação de 0 e 5,77 t ha⁻¹ de biossólido sem aplicação de herbicida e aplicação das doses de 2,885; 5,77; 8,655 e 11,54 t ha⁻¹ de biossólido com aplicação de 5 L ha⁻¹ de herbicida. Cada vaso se caracterizou como uma unidade experimental.

As doses de lodo de esgoto foram determinadas a partir da Resolução Nº 375, de 29 de agosto de 2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Determinou-se a taxa recomendada de biossólido a aplicar pela relação do teor de N recomendado para a cultura do eucalipto (kg ha⁻¹) com o teor de N disponível (g Kg⁻¹) para cada tipo de lodo. A dose recomendada de aplicação do biossólido foi de 5,77 t ha⁻¹. Foram aplicadas as doses de biossólido correspondentes em mudas de eucalipto com aproximadamente 85 cm de altura e 11 mm de diâmetro.

Após 7 dias da aplicação do biossólido, foi feita a aplicação do herbicida constituído da mistura comercial de 9,77 g ha⁻¹ de picloram + 38,52 g ha⁻¹ de 2,4 D protegendo-se a parte aérea e caule das plantas de eucalipto. Para a aplicação do herbicida foi utilizado pulverizador costal, equipado com barra, e ponta modelo Teejet AI110015 e válvula reguladora de pressão constante a 150 KPa, com o volume de 100 L ha⁻¹ de calda. As avaliações morfológicas e de intoxicação foram feitas semanalmente até a avaliação final, aos 45 DAA. Durante as avaliações mediu-se a altura da base do coleto até a última inserção de folha no caule e o diâmetro na base do coleto para determinar o ganho em altura (ALT) e em diâmetro (DIA) aos 45 DAA. Para as avaliações de intoxicação foram atribuídas

notas de 0% a 100%, onde 0% representou ausência de sintomas e 100% representou a morte da planta. Aos 45 DAA, as mudas de *E. camaldulensis* tiveram sua parte aérea retiradas e posteriormente determinou-se a massa verde da folha (MVF), caule (MVC), galho (MVG) e massa seca da folha (MSF), caule (MSC), galho (MSG), além da massa verde total (MVT) e massa seca total (MST) em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (P≤0,05) e quando significativos os valores entre os tratamentos, foram comparados pelo teste Tukey (P≤0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da mistura de picloram e 2,4 D nas plantas de *E. camaldulensis* promoveu a redução do incremento de todas as variáveis morfológicas estudadas e aumento da intoxicação, independente da dose de biossólido aplicada. Nas avaliações visuais, as plantas apresentaram cerca de 60% de sinais de intoxicação, que causaram epinastia, encarquilhamento e senescência das folhas e caule. (**Tabelas 1, 2 e 3**).

Aos 45 DAA foi observado a morte de todas as plantas de *E. camaldulensis* submetidas à aplicação de herbicida (**Tabela 3**).

No presente estudo não foi observado diferença entre os tratamentos com e sem aplicação de biossólido (**Tabelas 1, 2 e 3**), cultivados sem aplicação de herbicida. Isto pode ser explicado pelo pouco tempo de convívio das plantas com o resíduo e também, pelo fato de a aplicação de biossólido ter sido realizada apenas à superfície do solo. Vários autores observaram benefícios da aplicação de biossólido como o aumento da taxa de crescimento de plantas de eucalipto (Campos & Alves, 2008); como componente de substrato para produção de mudas (Trigueiro & Guerrini, 2003; Rocha et al., 2013; Garcia et al., 2010) e em substituição à fertilização mineral (Vaz & Gonçalves, 2002).

Os herbicidas auxínicos causam a destruição do floema pelo alongamento, turgescência e rompimento das células, além do esgotamento das reservas de energia, causado pela perda da função das raízes na absorção de água e nutrientes (Rodrigues & Almeida, 2011). Todos estes fatores podem implicar na redução do desenvolvimento das plantas que foi observado no presente estudo.

O biossólido não apresentou efeito satisfatório na sorção dos herbicidas e sobre a diminuição de seu efeito residual. O fator primário para retenção de herbicidas é a adsorção, porém, outros fatores também podem influenciar no processo de retenção



como absorção pela matriz do solo, plantas e degradação por microrganismos (Oliveira & Brighenti, 2011), além do pH da solução (Silva & Silva, 2007) e a degradação microbiológica (Barros et al., 2014).

Albuquerque (2012) observou que os valores do pH se elevaram proporcionalmente às doses de aplicação do mesmo biofósforo utilizado neste trabalho. O pKa (capacidade de dissociação eletrolítica) é relacionado com a capacidade de retenção do herbicida no solo e diretamente relacionado com o pH. Quando o pH do ambiente onde o herbicida está inserido é maior que seu pKa, o mesmo se torna menos dissociado e sua capacidade de retenção é reduzida (Silva & Silva, 2007).

A menor retenção dos herbicidas no solo pode ser explicada pelo possível aumento do pH causado pela aplicação do biofósforo, já que o picloram e 2,4 D apresentam, respectivamente, valores de pKa igual a 2,3 e 2,8 (Rodrigues & Almeida, 2011), tornando as moléculas do herbicida mais disponíveis para as plantas de *E. camaldulensis* causando os sintomas de intoxicação e conseqüentemente variações na morfologia das plantas.

CONCLUSÕES

A aplicação de biofósforo não altera os efeitos negativos sobre o crescimento de *E. camaldulensis* causados pela aplicação de herbicidas auxínicos.

A aplicação de doses de biofósforo até 2 vezes maior que a dose recomendada não altera a capacidade de retenção dos herbicidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPQ pela concessão de bolsas. À FAPEMIG pelo financiamento dos estudos. A Estação de Tratamento de Esgoto do Município de Montes Claros-MG pelo fornecimento do biofósforo utilizado na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, H. C. Produtividade e avaliação nutricional do girassol adubado com lodo de esgoto. Dissertação de mestrado. UFMG – Montes Claros, 2012.

BARROS, R.E., TUFFI SANTOS, L.D., CRUZ, L.R., FARIA, R.M., COSTA, C.A., & FELIX, R.C. Resposta fisiológica de espécies de eucalipto cultivadas em solo tratado com herbicidas mimetizadores de auxinas. *Planta daninha*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 629-638, Set. 2014

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1389-1397, 2008.

COLODORO, G.; ESPÍNOLA, C. R. Alterações na fertilidade de um latossolo degradado em resposta à aplicação de lodo de esgoto. *Acta Scientiarum. Agronomy*. Maringá, v. 28, n. 1, p. 1-5, Jan./March, 2006.

GARCIA, G. O.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C.; NAZÁRIO, A. A.; REIS, E. F. Crescimento de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de biofósforos. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 41, n. 1, p. 87-94, jan-mar, 2010.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA, R. S. O.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Curitiba, PR: Omnipax, 2011.

PRATA, F.; LAVORENTI, A. Comportamento de herbicidas no solo: Influência da matéria orgânica. *Rev. Biociência.*, Taubaté, v.6, n.2, p.17-22, jul-dez, 2000.

ROCHA, J. H., T.; BACKES, C.; DIOGO, F. A.; PASCOTTO, C. B.; BORELLI, K. Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. *Pesq. flor. bras.*, Colombo, v. 33, n. 73, p. 27-36, jan. 2013.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. *GUIA DE HERBICIDAS*. 6.ed. Londrina, 2011.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. *Guia de herbicidas*.3.ed. Londrina: IAPAR, 2005. 591 p.

SANTOS, J. B., SILVA, A. A., FERREIRA, L. R., et al., Fitorremediação de áreas contaminadas por herbicidas. SILVA, AA; SILVA, JF. *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 249-278.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa, Editora UFV. 2007. p.156.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biofósforo como substrato para produção de mudas de eucalipto. *Scientia Forestalis*, n. 64, p. 150-162, 2003.

VAZ, L. M.; GONÇALVES, J. L. M. Crescimento inicial e fertilidade do solo em um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biofósforo. *Sitientibus.*, 26, p. 51-174, 2002.



Tabela 1 – Massa verde do caule (MVC), galho (MVG), folha (MVF) e massa seca do caule (MSC), galho (MSG) e folha (MSF) aos 45 DAA em plantas de *E. camaldulensis* com diferentes doses de aplicação de biofósforo submetidos à aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina.

Lodo (t ha ⁻¹) /Herbicida (L ha ⁻¹)	MVC	MVG	MVF	MSC	MSG	MSF
5,77/0	133,47 A	119,95 A	267,13 A	63,55 A	55,29 A	122,30 A
0/0	124,90 A	113,94 A	283,86 A	57,18 A	51,65 A	139,10 A
2,885/5	24,80 B	23,25 B	10,94 B	21,79 B	21,90 B	10,56 B
5,77/5	34,58 B	29,90 B	23,23 B	21,36 B	22,85 B	13,89 B
8,655/5	52,13 B	35,62 B	27,19 B	25,59 B	23,90 B	15,34 B
11,54/5	34,40 B	37,59 B	42,00 B	22,54 B	24,84 B	19,15 B
CV (%)	20,52	28,01	46,05	11,02	16,88	52,91

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferenciam estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância ($P \leq 0,05$).

Tabela 2 – Ganho em altura (ALT), diâmetro (DIA), massa verde (MVT) e massa seca (MST) aos 45 DAA em plantas de *E. camaldulensis* com diferentes doses de aplicação de biofósforo submetidos à aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina.

Lodo (t ha ⁻¹) / Herbicida (L ha ⁻¹)	ALT	DIA	MVT	MST
5,77/0	40,50 A	5,87 A	522,71 A	241,15 A
0/0	35,00 A	7,05 A	520,56 A	247,94 A
2,885/5	-2,75 B	-0,10 B	59,007 B	54,267 B
5,77/5	-4,75 B	-0,80 B	87,720 B	58,115 B
8,655/5	-7,25 B	-1,00 B	114,94 B	64,850 B
11,54/5	-9,00 B	-0,32 B	114,01 B	66,545 B
CV (%)	62,42	77,77	30,70	26,91

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferenciam estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância ($P \leq 0,05$).

Tabela 3 – Intoxicação aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após aplicação do herbicida em plantas de *E. camaldulensis* com diferentes doses de aplicação de biofósforo submetidos à aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina.

Lodo (t ha ⁻¹) / Herbicida (L ha ⁻¹)	7	14	21	28	35	42
5,77/0	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
0/0	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
2,885/5	58,75 A	78,33 A	91,66 A	92,08 A	90,41 A	91,25 A
5,77/5	59,12 A	92,54 A	100,0 A	100,0 A	100,0 A	100,0 A
8,655/5	49,25 A	74,60 A	93,62 A	97,58 A	98,32 A	98,52 A
11,54/5	55,79 A	59,21 A	75,86 A	85,79 A	98,65 A	98,30 A
CV (%)	20,70	25,58	17,16	14,70	15,59	14,28

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferenciam estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância ($P \leq 0,05$).