

# FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM TRIFLOXYSULFURON-SODIUM POR MUCUNA-PRETA (*Stizolobium aterrimum*)<sup>1</sup>

*Phytoremediation of Soil Contaminated with Trifloxysulfuron-Sodium by Stizolobium aterrimum*

PROCÓPIO, S.O.<sup>2</sup>, SANTOS, J.B.<sup>3</sup>, PIRES, F.R.<sup>2</sup>, SILVA, A.A.<sup>4</sup>, SANTOS, E.A.<sup>5</sup> e FERREIRA, L.R.<sup>4</sup>

**RESUMO** - O emprego de espécies vegetais que apresentem capacidade fitorremediadora pode ser uma das alternativas para reduzir a persistência de agroquímicos no ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron-sodium em campo, pela espécie *Stizolobium aterrimum* (mucuna-preta), em diferentes densidades populacionais. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro densidades de plantio de mucuna-preta (0, 10, 25, e 40 plantas m<sup>-2</sup>), associadas a duas doses do trifloxysulfuron-sodium (0,00 e 15,00 g ha<sup>-1</sup>), aplicadas cinco dias após o preparo do solo para semeadura da mucuna-preta. As plantas fitorremediadoras foram mantidas na área por 65 dias. Após esse período, a área experimental foi novamente sulcada e fertilizada de acordo com a análise do solo, considerando as necessidades da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Aos 45 dias após a semeadura do feijão, avaliou-se a altura e a biomassa seca da parte aérea das plantas. Ao final do ciclo da cultura, determinou-se, ainda, o rendimento de grãos, o número de vagens por planta e o peso de 100 sementes. O cultivo prévio de mucuna-preta nas densidades populacionais de 10, 25 ou 40 plantas m<sup>-2</sup> proporcionou rendimento de grãos de feijão nas parcelas tratadas com trifloxysulfuron-sodium no solo semelhante ao obtido na área não-tratada. A densidade populacional mínima desse adubo verde que proporcionou maior rendimento de grãos à cultura do feijão foi de 25 plantas por metro quadrado.

**Palavras-chave:** biorremediação, *Phaseolus vulgaris*, adubos verdes, descontaminação.

**ABSTRACT** - One of the alternatives to reduce xenobiotic persistence in the environment may be the use of plant species with phytoremediation capacity. This study aimed to evaluate the phytoremediation of the herbicide trifloxysulfuron-sodium in the field, by *Stizolobium aterrimum* cultivated at different populational densities. The experiment was arranged in a randomized block design, in a factorial scheme 4 x 2, with four replicates. The treatments consisted of the combination of four sowing densities (0; 10; 25; and 40 plants m<sup>-2</sup>), and two rates of trifloxysulfuron-sodium (0.00 and 15.00 g ha<sup>-1</sup>), applied five days after soil preparation. *S. aterrimum* species were kept 65 days in the area. After this time the experimental area was furrowed and fertilized according to soil analysis, considering the necessities of the bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivar. Plant height and shoot dry biomass were evaluated 45 days after bean sowing. At the end of the cycle, grain yield, number of pods per plant and weight of 100 seeds were determined. The prior cultivation of mucuna-preta at densities 10, 25 or 40 plants m<sup>-2</sup> allowed grain yield in the plots treated with trifloxysulfuron-sodium, similarly to that observed in the non-treated area. The minimal *S. aterrimum* populational density providing the highest grain yield was 25 plants m<sup>-2</sup>.

**Key words:** bioremediation, *Phaseolus vulgaris*, decontamination, green manure.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 13/12/2004 e na forma revisada em 25/11/2005.

<sup>2</sup> Professor da Faculdade de Agronomia da Universidade de Rio Verde – FESURV, Caixa Postal 104, 75901-970 Rio Verde-GO, <procopio@fesurv.br>. <sup>3</sup> Pós-Doutor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, <jbarbosasantos@yahoo.com.br>. <sup>4</sup> Professor do Departamento de Fitotecnia da UFV; <sup>5</sup> Graduando em Agronomia da UFV.



## INTRODUÇÃO

O uso de plantas como agentes despoluidores (fitorremediação) tem despertado crescente interesse entre pesquisadores e técnicos que atuam na área experimental. Sua utilização tem sido avaliada, principalmente, em solos contaminados com metais pesados (Accioly & Siqueira, 2000), petróleo e derivados de petróleo (Anderson & Walton, 1995; Moreno & Corseuil, 2001) e outros compostos orgânicos (Cunningham et al., 1996). Acredita-se que a utilização de plantas com capacidade de tolerar e concomitantemente extrair e, ou, degradar determinados compostos possa representar interessante alternativa para a despoluição de áreas agrícolas (Pires et al., 2003a). Diante dessa possibilidade, estudos têm sido realizados visando avaliar a fitorremediação de alguns herbicidas de efeito residual longo, procurando-se, com isso, evitar contaminação de águas subterrâneas e também o efeito tóxico em culturas sucedâneas.

Resultados preliminares envolvendo o herbicida tebutiuron revelaram tolerância diferenciada por espécies de adubos verdes cultivadas em casa de vegetação (Pires et al., 2003b,c). Essas mesmas espécies também se desenvolveram bem em solo contaminado com diferentes concentrações do herbicida trifloxysulfuron-sodium (Santos et al., 2004a; Procópio et al., 2004). Dentre as espécies de adubos verdes, aquelas que apresentaram maior capacidade remediadora ao trifloxysulfuron-sodium foram *Stizolobium aterrimum* e *Canavalia ensiformis* (Santos et al., 2004b). O cultivo dessas espécies em solo tratado com trifloxysulfuron-sodium promoveu reduções significativas na disponibilidade desse herbicida, permitindo, em menor tempo, o posterior cultivo de espécies suscetíveis, como o milho e o feijão (Procópio et al., 2004; Santos et al., 2004a, b). Além desses resultados que evidenciam a possibilidade de fitorremediação de herbicidas, trabalhos com os herbicidas atrazine (Anderson et al., 1994; Perkovich et al., 1996; Arthur et al., 2000), simazine (Wilson et al., 1999, 2000) e metolachlor (Anderson & Coats, 1995; Rice et al., 1997) corroboram o uso dessa técnica de tratamento do solo.

Os resultados obtidos até agora são, entretanto, ainda incipientes para apontamentos seguros quanto à utilização de plantas na remediação de herbicidas. Informações como densidade populacional ideal, tempo de cultivo necessário para satisfatória descontaminação do solo, comportamento fitorremediador sob condições edafoclimáticas diversas e realização de trabalhos em campo, entre outras, são fundamentais para a recomendação segura dessa prática.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da mucuna-preta na fitorremediação de solos contaminados com trifloxysulfuron-sodium, quando cultivada em diferentes densidades populacionais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo, localizado em Coimbra-MG, em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura argilo-arenosa, cuja caracterização física e química encontra-se na Tabela 1. O período de condução do experimento foi de março a novembro de 2003, sendo os valores de precipitação pluviométrica ocorrida nesse intervalo apresentados na Figura 1.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pela combinação entre quatro densidades de plantio da espécie vegetal mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) (0, 10, 25 e 40 plantas m<sup>-2</sup>, o que corresponde a 0, 1, 2,5 e 4 vezes a densidade recomendada na adubação verde) e duas doses do herbicida trifloxysulfuron-sodium (0,00 e 15,00 g ha<sup>-1</sup>). Cada parcela constou de 2,4 x 3,2 m, com área útil de 4 m<sup>2</sup>.

Antes da semeadura, foi realizado o preparo convencional do solo, constituindo-se de uma aração e duas gradagens. Depois disso, o trifloxysulfuron-sodium foi aplicado nas parcelas, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado com gás carbônico (CO<sub>2</sub>), aplicando-se o equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup> de calda.

O espaçamento utilizado para a semeadura da mucuna-preta foi de 0,30 m, sendo essa operação realizada manualmente. Posteriormente, aproximadamente 20 dias da

**Tabela 1** - Características físicas e químicas da camada arável (0-20 cm) do solo Argissolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento. Coimbra, MG

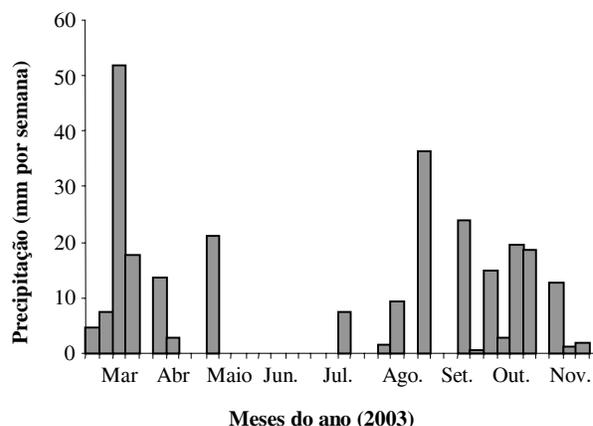
Análise granulométrica (dag kg <sup>-1</sup> )										
Argila		Silte		Areia fina		Areia grossa		Classificação textural		
34		12		18		36		Franco-argilo-arenoso		
Análise Química										
pH	P	K <sup>+</sup>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CTC <sub>total</sub>	V	M	MO
(H <sub>2</sub> O)	(mg dm <sup>-3</sup> )				(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			(%)		(dag kg <sup>-1</sup> )
5,5	7,4	76	2,7	0,0	2,8	0,8	3,61	56	0	3,68

\* Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da UFV, segundo a metodologia descrita pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa (1997).

semeadura da mucuna-preta, foi realizado um desbaste, deixando-se na área o número de plantas preestabelecidas, de acordo com o tratamento até os 65 dias, quando foram cortadas rente ao solo, sendo sua parte aérea deixada sobre a superfície da parcela experimental, durante 15 dias. Ao final desse período, a área experimental foi novamente sulcada e fertilizada, sendo cultivado o feijão (*Phaseolus vulgaris*), espécie sabidamente sensível ao herbicida avaliado. O espaçamento utilizado para a semeadura do feijão (cultivar Vermelho Coimbra) foi de 0,50 m, semeando-se manualmente, com 10 sementes por metro. Durante todo o experimento (ciclo da mucuna-preta mais ciclo da cultura do feijão), a área de todas as parcelas foi mantida livre de plantas daninhas, por meio de capinas manuais.

Aos 45 dias após a semeadura (DAS) das plantas de feijão, foram avaliadas a altura de plantas, adotando-se como base para medição o meristema apical, e a biomassa seca da parte aérea de cinco plantas colhidas ao acaso, por parcela, obtida por meio de pesagem do material colhido, secado em estufa de circulação forçada (70 ± 2 °C), por 72 horas. Ao final do ciclo da cultura foram, também, determinados o rendimento de grãos, o número de vagens por planta e o peso de 100 sementes.

Todas as variáveis que atenderam às pressuposições de normalidade e homogeneidade das variâncias, por meio dos testes de Lilliefors e de Cochran, respectivamente, foram submetidas à análise de variância, sendo o efeito entre as densidades de plantas de mucuna-preta avaliado por análise de regressão, a 1 ou 5% de significância.



**Figura 1** - Precipitação pluviométrica mensal (mm) no período de março a novembro de 2003, na Estação Experimental de Coimbra – Coimbra-MG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando não se cultivou mucuna-preta (densidade zero de plantas) anteriormente à semeadura do feijão, observou-se redução na altura de plantas cultivadas em solo com a aplicação prévia do trifloxysulfuron-sodium (Tabela 2). Todavia, com o cultivo prévio desse adubo verde em qualquer densidade populacional avaliada, verificou-se que não houve diminuição na altura de plantas de feijão cultivadas em solo pré-contaminado com o herbicida (Tabela 2). Esse resultado confirma o observado por Santos et al. (2004b), quando o milho foi desenvolvido após o cultivo da planta remediadora, em solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium. No entanto, neste trabalho, o aumento na densidade populacional de mucuna-preta, nas áreas onde não

se aplicou previamente o trifloxysulfuron-sodium, provocou redução na altura de plantas de feijão cultivadas em sucessão (Figura 2). Nas parcelas que receberam o herbicida, essa redução se iniciou a partir da densidade de oito plantas por metro quadrado.

O cultivo prévio de mucuna-preta em qualquer das densidades populacionais avaliadas evitou redução de biomassa seca da parte aérea das plantas de feijão, proporcionada pela presença do trifloxysulfuron-sodium no solo cultivado (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados, também, por Santos et al. (2004b), que constataram que o cultivo prévio de mucuna-preta, em solo tratado com 15 g ha<sup>-1</sup> de trifloxysulfuron-sodium, atenuou a perda de biomassa seca da parte aérea de plantas de milho. O aumento da densidade populacional de mucuna-preta cultivada nas parcelas onde foi realizada a aplicação prévia do herbicida proporcionou aumento da biomassa seca da parte aérea das plantas de feijão até a densidade de 25 plantas m<sup>-2</sup>

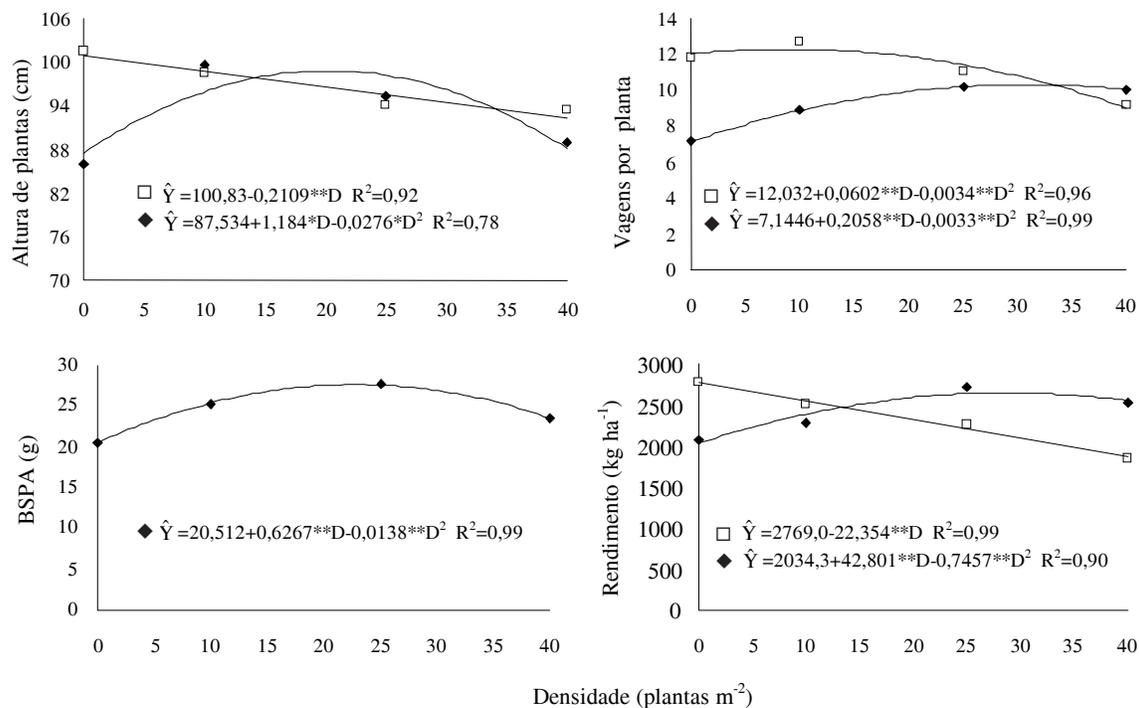
(Figura 2). Nas parcelas sem a aplicação do trifloxysulfuron-sodium, não se constatou efeito das densidades populacionais de mucuna-preta sobre a biomassa seca da parte aérea das plantas de feijão. Contudo, a aplicação prévia no solo de trifloxysulfuron-sodium ou o cultivo anterior na área de diferentes densidades populacionais de mucuna-preta não afetaram o peso de 100 sementes (Tabela 2).

O cultivo de mucuna-preta na área contaminada com o herbicida antes da semeadura de feijão, nas densidades populacionais de 25 e 40 plantas m<sup>-2</sup>, evitou que o número de vagens por planta fosse reduzido (Tabela 2). Observou-se, também, que o tratamento com 25 plantas m<sup>-2</sup> do adubo verde sobre o trifloxysulfuron-sodium proporcionou maior número de vagens por planta de feijão. Na área sem contaminação prévia pelo herbicida, constatou-se diminuição do número de vagens por planta de feijão nas parcelas onde se cultivou a mucuna-preta nas densidades de 25 e 40 plantas m<sup>-2</sup> (Figura 2).

**Tabela 2** - Altura de plantas e biomassa seca da parte aérea aos 45 dias após a semeadura, peso de 100 sementes, número de vagens por planta e rendimento de grãos de feijão (cultivar Vermelho Coimbra) semeado após o cultivo prévio de *Stizolobium aterrimum*, em diferentes densidades populacionais, em solo contaminado ou não com o herbicida trifloxysulfuron-sodium (15 g ha<sup>-1</sup>). Coimbra-MG

Densidade (plantas m <sup>-2</sup> )	Altura de plantas (cm)		Biomassa seca da parte aérea (g)	
	Solo com herbicida	Solo sem herbicida	Solo com herbicida	Solo sem herbicida
0	85,92 b	101,54 a	20,55 b	28,55 a
10	99,55 a	98,48 a	25,32 a	26,00 a
25	95,35 a	94,15 a	27,65 a	27,92 a
40	88,96 a	93,34 a	23,55 a	27,52 a
CV (%)	4,29		5,86	
Densidade (plantas m <sup>-2</sup> )	Peso de 100 sementes (g)		Vagens por planta	
	Solo com herbicida	Solo sem herbicida	Solo com herbicida	Solo sem herbicida
0	22,35 a	22,05 a	7,14 b	11,85 a
10	21,84 a	22,52 a	8,88 b	12,70 a
25	22,78 a	21,62 a	10,20 a	11,10 a
40	21,35 a	21,71 a	10,05 a	9,13 a
CV (%)	2,60		10,15	
Densidade (plantas m <sup>-2</sup> )	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Solo com herbicida	Solo sem herbicida		
0	2.083,33 b		2.773,44 a	
10	2.278,91 a		2.513,02 a	
25	2.725,39 a		2.263,02 b	
40	2.526,04 a		1.849,84 b	
CV (%)	11,18			

Médias seguidas por letras iguais na linha, para cada característica, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



(◆) com herbicida, (□) sem herbicida. \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste t.

**Figura 2** - Efeito de diferentes densidades populacionais (D) de *Stizolobium aterrimum*, utilizadas para remediação do herbicida trifloxysulfuron-sodium (15 g ha<sup>-1</sup>), sobre a altura de plantas e biomassa seca da parte aérea (BSPA) aos 45 dias após a semeadura, peso de 100 sementes, número de vagens por planta e rendimento de grãos de feijão (cultivar Vermelho Coimbra).

O cultivo prévio de mucuna-preta nas densidades populacionais de 10 a 40 plantas m<sup>-2</sup> evitou a perda de rendimento de grãos de feijão decorrente do residual do herbicida trifloxysulfuron-sodium no solo (Tabela 2), visto que essas perdas apenas ocorreram nas parcelas onde não se realizou o cultivo anterior do adubo verde (densidade zero). Nas parcelas em que não houve a aplicação do herbicida, observou-se que o incremento no número de plantas de mucuna-preta cultivadas na área reduziu o rendimento de grãos de feijão (Figura 2). No entanto, tal fato não ocorreu nas áreas em que se aplicou o trifloxysulfuron-sodium, onde apenas se verificaram perdas no rendimento de grãos quando a densidade populacional de mucuna-preta foi de 40 plantas por metro quadrado. Anderson et al. (1994) demonstraram que a degradação dos herbicidas atrazine, metolachlor e trifluralin foi maior em solos rizosféricos de *Kochia scoparia* que em solos não-vegetados.

Conclui-se que a mucuna-preta é eficiente na remediação do herbicida trifloxysulfuron-

sodium em solo, em campo, e que a densidade populacional mínima desse adubo verde deve ser de 25 plantas por metro quadrado.

## AGRADECIMENTOS

À Empresa Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., pelo apoio à execução do projeto.

## LITERATURA CITADA

- ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1. p. 299-352.
- ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor. **J. Environ. Sci. Health**, v. B30, p. 473-484, 1995.
- ANDERSON, T. A.; KRUGER, E. L.; COATS, J. R. Enhanced degradation of a mixture of three herbicides in the rhizosphere of a herbicide-tolerant plant. **Chemosphere**, v. 28, p. 1551-1557, 1994.



- ANDERSON, T. A.; WALTON, B. T. Fate of  $^{14}\text{C}$  trichloroethylene in the root zone of plants from a former solvent disposal site. **Environ. Toxicol. Chem.**, v. 14, p. 2041-2047, 1995.
- ARTHUR, E. L. et al. Degradation of an atrazine and metolachlor herbicide mixture in pesticide-contaminated soils from two agrochemical dealerships in Iowa. **Water, Air, Soil Poll.**, v. 119, p. 75-90, 2000.
- CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Adv. Agron.**, v. 56, p. 55-114, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.
- MORENO, F. N.; CORSEUIL, H. X. Fitorremediação de aquíferos contaminados por gasolina. **Eng. Sanitária Amb.**, v. 6, p. 1-7, 2001.
- PERKOVICH, B. S. et al. Enhanced mineralization of [ $^{14}\text{C}$ ] atrazine in *Kochia scoparia* rhizosferic soil from a pesticide-contaminated site. **Pest. Sci.**, v. 46, p. 391-396, 1996.
- PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, v. 21, p. 335-341, 2003a.
- PIRES, F. R. et al. Seleção de plantas tolerantes ao tebuthiuron e com potencial para fitorremediação. **R. Ceres**, v. 20, p. 583-594, 2003b.
- PIRES, F. R. et al. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de tebuthiuron. **Planta Daninha**, v. 21, p. 451-458, 2003c.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de solos contaminados com o herbicida trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, v. 22, p. 315-322, 2004.
- RICE, P. J.; ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Phytoremediation of herbicide-contaminated surface water with aquatic plants. In: PHYTOREMEDIATION OF SOIL AND WATER CONTAMINANTS, 1997, Washington, DC: ACS Symposium Series... Washington, DC: American Chemical Society, 1997. p. 133-151.
- SANTOS, J. B. et al. Eletividade do herbicida trifloxysulfuron sodium para fins de fitorremediação. **R. Ceres**, v. 51, p. 129-141, 2004a.
- SANTOS, J. B. et al. Fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, v. 22, p. 323-330, 2004b.
- WILSON, P. C.; WHITWELL, T.; KLAINE, S. J. Phytotoxicity, uptake, and distribution of  $^{14}\text{C}$ -simazine in *Canna hybrida* 'Yellow King Hunbert'. **Environ. Toxicol. Chem.**, v. 18, p. 1462-1468, 1999.
- WILSON, P. C.; WHITWELL, T.; KLAINE, S. J. Phytotoxicity, uptake, and distribution of  $^{14}\text{C}$ -simazine in *Acorus gramineus* and *Pontederia cordata*. **Weed Sci.**, v. 48, p. 701-709, 2000.

