

Avaliação da fitorremediação de tebuthiuron utilizando *crotalaria juncea* como planta indicadora¹

Evaluating of the tebuthiuron phytoremediation utilizing *crotalaria juncea* as indicating plant

Fábio Ribeiro Pires², Sergio de Oliveira Procópio³, José Barbosa dos Santos⁴, Caetano Marciano de Souza⁵ e Rafael Rosalino Dias⁶

Resumo - Diversos ensaios têm sido realizados empregando a fitorremediação de solos contaminados com compostos orgânicos, inclusive herbicidas, dentre os quais o tebuthiuron que desperta preocupação ambiental e agrícola por apresentar efeito residual longo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de espécies vegetais na despoluição de solos contaminados com tebuthiuron. O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, aplicando-se o tebuthiuron em pré-emergência, nas doses 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 kg ha⁻¹, seguido da sementeira das espécies *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Dolichos lablab*, *Pennisetum glaucum*, *Stizolobium deeringiana*, *Stizolobium aterrimum* e *Lupinus albus*, mais uma testemunha sem planta. Nos mesmos vasos, após o cultivo das espécies fitorremediadoras por 60 dias, foi semeada a *Crotalaria juncea* como planta indicadora. Aos 60 dias após a sementeira da *C. juncea*, foram avaliados altura de plantas, sintomas de toxicidade e biomassa seca da parte aérea das plantas. A maior altura de plantas e biomassa seca e menor toxicidade de *C. juncea* foram obtidas após o cultivo prévio de *C. ensiformis*, *C. cajan*, *S. aterrimum* e *L. albus*, até a dose de 1,0 kg ha⁻¹. Contudo, na maior dose, *C. ensiformis*, *L. albus* e *P. glaucum* foram as espécies que apresentaram melhor efeito remediador.

Palavras-chave: Descontaminação do solo. Adubos verdes. Biorremediação.

Abstract - Several essays have been done using the phytoremediation in the treatment of soil contaminated with organic compounds, like the herbicide tebuthiuron, due to its long residual effect. The objective of this work was to evaluate the capacity of some plant species to reduce the soil residues of tebuthiuron. The experiment was carried out in a greenhouse, using tebuthiuron in the doses 0.0; 0.5; 1.0 and 1.5; kg ha⁻¹, followed by the sowing of the species *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Dolichos lablab*, *Pennisetum glaucum*, *Stizolobium deeringiana*, *Stizolobium aterrimum* and *Lupinus albus* and parcels without any plant. In the same vases the *Crotalaria juncea* was sown as indicator plant. After 60 days of sowing of *Crotalaria juncea*, the height, toxicity symptoms and dry biomass of the aerial part of the plants, were evaluated. The largest height of the plants dry biomass and smaller *C. juncea* toxicity, was obtained after the previous cultivation of *C. ensiformis*, *C. cajan*, *S. aterrimum* and *L. albus* up to the dose of 1.0 kg ha⁻¹. However, in the largest dose, *C. ensiformis*, *L. albus* and *P. glaucum* were the species that presented better remedial effect.

Key words: Soil decontamination. Green manure. Bioremediation.

¹ Recebido para publicação em 15/02/2007; aprovado em 19/02/2008

² Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. Dep. Ciências da Saúde, Biológicas e Agrárias/Centro Universitário Norte do Espírito Santo/UFES. CEP: 29933-415 – São Mateus, ES, fabiopires@ceunes.ufes.br

³ Eng. Agrônomo, D. Sc., Pesquisador da EMBRAPA, Tabuleiros Costeiros. Av. Beira Mar, 3250, CEP: 49.025-040 Aracaju-SE

⁴ Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. Dep. de Fitotecnia/UFV, cmsouza@ufv.br

⁵ Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. UFV Faculdade de Ciências Agrárias – FAAG, Universidade Vale do Rio Doce, jbarbosa@univale.br

⁶ Eng. Agrônomo, SNP, Rondonópolis-MT, rafaelrosalindias@hotmail.com

Introdução

Atualmente, a destinação dos diferentes xenobióticos aplicados no solo tem despertado e recebido maior atenção da comunidade científica, que busca, além de orientar seu emprego de forma adequada, racional e eficiente, permitir que sua ação cause o mínimo de danos ao ambiente. Os herbicidas são os pesticidas mais utilizadas na atividade agropecuária, sendo empregados em áreas de grande extensão, possibilitando o controle efetivo de espécies vegetais daninhas. Herbicidas com longo efeito residual no solo são desejáveis para culturas que requeiram um longo período ausência da interferência das plantas daninhas.

No entanto, esses herbicidas, do ponto de vista ambiental, têm maior possibilidade de lixiviação de suas moléculas ou metabólitos para camadas mais profundas no perfil do solo, podendo atingir o lençol de água subterrâneo (SOUZA et al., 2001). O herbicida tebuthiuron, potencialmente problemáticos encontra-se o tebuthiuron, largamente empregado na cultura da cana-de-açúcar, cuja persistência no solo é, em média, de 12-14 meses (BLANCO; OLIVEIRA, 1987), pode intoxicar culturas sensíveis cultivadas em sucessão à cana-de-açúcar. Além disso, apresenta elevada solubilidade em água (2.500 mg L⁻¹ a 25 °C), o que favorece sua movimentação no solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998).

Dentre as alternativas para despoluir áreas contaminadas por agrotóxicos tem-se optado por soluções que englobam: eficiência na descontaminação, simplicidade na execução, menor tempo demandado pelo processo e menor custo (FERRO et al., 1994). Nesse contexto, cresce o interesse pela utilização da biorremediação, caracterizada como técnica que objetiva descontaminar solo e água por meio da ação de organismos vivos, como microrganismos e plantas (NEWMAN et al., 1998). Quando se empregam plantas para detoxificar ambientes contaminados com poluentes orgânicos e inorgânicos, dá-se o nome de fitorremediação (SALT et al., 1998). Essa técnica explora a habilidade das plantas em estimular a microbiota a ela associada, para que promova degradação rizosférica, bem como a tolerância que exibem ao xenobiótico, o que possibilita a extração e a metabolização do contaminante pela própria planta (CUNNINGHAM et al., 1996). A fitorremediação de alguns herbicidas tem sido relatada como potencialmente executável, principalmente nos Estados Unidos e na Europa (ANDERSON; COATS, 1995; ARTHUR et al., 2000; BRAZ; FERNANDEZ, 2002; BELDEN et al., 2004).

No Brasil, resultados preliminares com o herbicida trifloxysulfuron sodium apontam para a possibilidade de utilização de plantas para sua descontaminação (SANTOS

et al., 2004a, 2004b; PROCÓPIO et al., 2004). Todavia, a pesquisa envolvendo a técnica de fitorremediação é ainda muito recente (PIRES et al., 2003a), especialmente em áreas agrícolas, apesar de já ser praticada há séculos. Desse modo, torna-se necessária a identificação de plantas que proporcionem a fitorremediação de herbicidas de longo efeito residual, como o tebuthiuron. Essas plantas devem estar adaptadas às condições edafoclimáticas da região e ser de fácil cultivo e controle, para não se tornarem um posterior problema na área (PERKOVICH et al., 1996).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar plantas com potencial para remediação de solos contaminados por tebuthiuron.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação da Universidade Federal de Viçosa. A unidade experimental foi vaso de polietileno com capacidade para 5 dm³ de substrato. Utilizou-se material de solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, coletado sob vegetação de mata secundária, na profundidade de 0-20 cm, peneirado em malha de 0,004 m e caracterizado físico-quimicamente (Tabela 1). Essa caracterização serviu de base para a correção e as adubações realizadas visando ao bom desenvolvimento das espécies avaliadas como fitorremediadoras e da planta bioindicadora. O experimento foi instalado seguindo um esquema fatorial 8 x 4 (sete espécies + uma testemunha, e quatro doses de tebuthiuron) no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. As sete espécies de plantas previamente selecionadas em razão do potencial de fitorremediar o herbicida tebuthiuron (PIRES et al., 2003b, 2003c) foram: feijão-guandu (*Cajanus cajan*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), lablabe (*Dolichos lablab*), milheto (*Pennisetum typhoides*), mucuna-anã (*Stizolobium deeringiana*), mucuna-preta (*S. aterrimum*) e tremoço-branco (*Lupinus albus*), sendo mantida uma testemunha sem planta, submetida às mesmas condições. O tebuthiuron foi aplicado antes da semeadura das espécies, nas doses 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 kg ha⁻¹. Para a aplicação do herbicida, utilizou-se pulverizador de precisão, pressurizado com gás carbônico (CO₂) e bicos 110.03, aplicando-se o equivalente a 260 L ha⁻¹ de calda.

A semeadura das espécies fitorremediadoras foi realizada um dia após a aplicação do tebuthiuron, e conduzidas, após a germinação, três plantas por vaso. Após a semeadura, os vasos foram irrigados sempre que necessário, a fim de manter a umidade do solo em torno de 80%

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo usado em vasos para o cultivo de diferentes espécies de plantas com potencial para remediação do solo contaminado por tebuthiuron¹

Análise Granulométrica (dag kg ⁻¹)										
Argila	Silte		Areia Fina		Areia Grossa		Classificação Textural			
47	8		14		31		Argilo-arenosa			
Análise Química										
pH	P	K ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	CTC total	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						%		dag kg ⁻¹
5,6	10,6	60	0,0	2,6	0,6	2,64	5,99	56	0	2,39

¹Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, segundo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (1997).

da capacidade de campo, por 60 dias. Após esse período, a parte aérea de todas as plantas foi colhida e descartada, o solo foi adubado e imediatamente foi semeada a *Crotalaria juncea* como planta indicadora, para realização do bioensaio no próprio vaso (duas plantas por vaso), tendo sido cultivada por 60 dias. A *C. juncea* foi escolhida em razão da elevada suscetibilidade ao tebuthiuron, observada em ensaio preliminar, e por ser cultivada no período de reforma dos canaviais. Ao término desse período, foram avaliadas altura de plantas, biomassa seca da parte aérea e sintomas de fitotoxicidade das plantas de *C. juncea*.

Optou-se pela estatística descritiva porque não se verificaram as condições de normalidade da distribuição dos erros estimados e de homogeneidade da variância dos erros estimados que são pressuposições do modelo estatístico.

Resultados e Discussão

Analisando a Figura 1, nota-se que houve redução progressiva da altura de plantas de *C. juncea* com o aumento das doses de tebuthiuron. A dose de 0,5 kg ha⁻¹ representa, provavelmente, uma quantidade de herbicida comum de ser encontrada no solo após sua aplicação, levando-se em conta as perdas a que está sujeito, pois o tebuthiuron, mesmo que de forma lenta, sofre degradação microbiana e química, além de possuir potencial de lixiviação (GOMES et al., 2001), e ainda a absorção pela cultura. Já nessa dose, destaca-se o valor médio de altura das plantas de crotalaria cultivada após lablabe (~13 cm), cerca de três vezes menor que a maior altura de plantas, obtida quando cultivada após milho.

Observando a dose de 1,0 kg ha⁻¹ (dose comercial média indicada para aplicação na cultura da cana-de-açú-

car), nota-se que se acentuaram os efeitos deletérios sobre a altura de plantas de crotalaria quando as espécies fitorremediadoras foram lablabe, mucuna-anã e milho. Esse último, contrariamente ao observado na menor dose, foi um dos piores tratamentos. As plantas que melhor remediaram nessa dose, tomando-se como base a altura de plantas, foram feijão-de-porco e feijão-guandu. Quando comparada à testemunha, percebe-se que, em algum grau, todas as espécies possibilitaram o desenvolvimento da crotalaria, porém, não em níveis significativos para permitir seu perfeito desenvolvimento, com exceção dos tratamentos com feijão-de-porco e feijão-guandu. Na dose mais elevada (1,5 kg ha⁻¹), apenas tremoço-branco, seguido por milho e feijão-de-porco ainda possibilitaram o desenvolvimento da crotalaria. Todavia, a redução na altura de plantas foi sensível, comprometendo severamente o desenvolvimento da planta teste utilizada.

Esses resultados, que refletem o amplo espectro de ação do tebuthiuron e a dificuldade de se encontrar espécies que lhe sejam tolerantes, e que ao mesmo tempo, apresentem interesse agrônomo, como as leguminosas, concordam com os obtidos por Johnsen e Morton (1991). De forma semelhante, Dal Pícolo e Christoffoleti (1985) observaram que *Crotalaria juncea* apresentou crescimento inibido até 13 meses após a aplicação do herbicida tebuthiuron. Todavia, o efeito residual causando inibição do crescimento de feijão e redução no rendimento de grãos de soja e de amendoim foi constatado quando semeados até dois anos após a aplicação de tebuthiuron na cultura da cana-de-açúcar (APPROBATO FILHO et al., 1988).

Ao analisar os dados referentes à biomassa seca de plantas de *C. juncea* (Figura 2), percebe-se comportamento semelhante ao observado para altura de plantas. Na menor dose (0,5 kg ha⁻¹), a espécie menos efetiva foi o

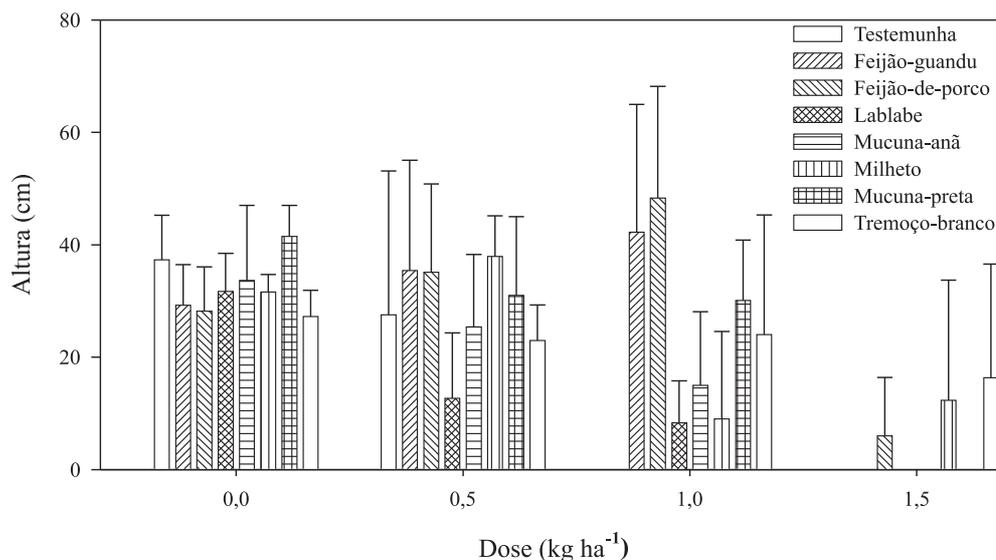


Figura 1 – Histograma de valores médios e desvio padrão da altura de plantas de *Crotalaria juncea* semeada em sucessão a sete espécies fitorremediadoras mais uma testemunha sem planta, em Argissolo Vermelho-Amarelo tratado com quatro doses de tebuthiuron

lablabe, seguido de tremoço-branco e mucuna-anã. Como esses resultados foram inferiores aos obtidos até na testemunha, onde não houve o cultivo de plantas remediadoras, uma provável explicação pode ser atribuída a efeitos alelopáticos dessas espécies, resultando em menor acúmulo de biomassa até 60 dias após a semeadura da crotalária. Nessa dose, mucuna-preta, milho e feijão-de-porco foram as que melhor fitorremediaram o tebuthiuron.

Quando se avalia a dose de 1,0 kg ha⁻¹, feijão-de-porco, seguido por mucuna-preta e feijão-guandu, mantiveram acúmulo de biomassa seca da parte aérea de crotalária em níveis mais elevados, contrário à dose de 1,5 kg ha⁻¹, na qual nenhuma espécie conseguiu efetivamente evitar o efeito herbicida sobre a biomassa seca. A fitotoxicidade é uma característica que corrobora, pela análise visual decorrente dos danos ao aparelho fotossintético (pela obstrução

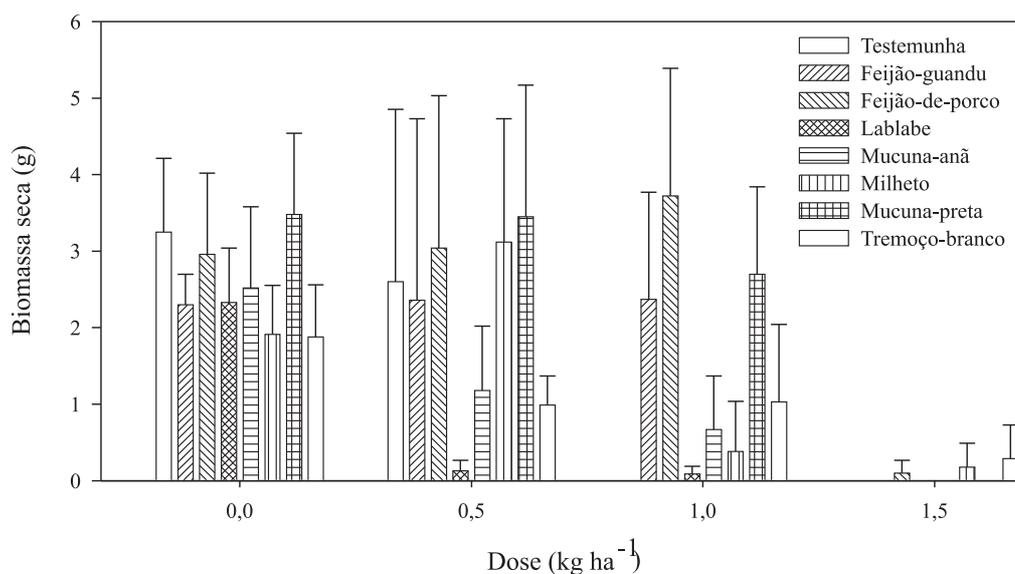


Figura 2 – Histograma de valores médios e desvio padrão da biomassa seca da parte aérea de plantas de *C. juncea* semeada em sucessão a sete espécies fitorremediadoras mais uma testemunha sem planta, em Argissolo Vermelho-Amarelo tratado com quatro doses de tebuthiuron

do transporte de elétrons e paralisação da fotossíntese, além da ruptura das membranas – (HESS; WELLER, 2000), os dados obtidos para altura e biomassa seca de plantas. O aumento da fitotoxicidade sobre as plantas de crotalária foi progressivo com o aumento das doses (Figura 3). Na dose aplicada de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (tomada como uma indicação aproximada das condições normalmente encontradas nas áreas de cana-de-açúcar), houve maior fitotoxicidade após lablabe e tremoço-branco, com valores superiores aos obtidos na testemunha, situação em que se pode atribuir a possíveis efeitos alelopáticos dessas espécies. O cultivo prévio de milho foi o que resultou em menor fitotoxicidade às plantas de crotalária, seguido de mucuna-preta, mucuna-anã, feijão-de-porco e feijão-guandu. Por outro lado, elevando-se a dose de tebuthiuron para $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$, percebe-se um aumento expressivo nos sintomas de fitotoxicidade sobre a crotalária, mantendo-se como as mais eficientes feijão-guandu, feijão-de-porco, mucuna-preta e tremoço-branco. Milho mostrou-se pouco eficiente nessa dose, apesar do bom desempenho até a dose média de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$.

Na dose mais elevada, apenas quando a *C. juncea* foi precedida pelo cultivo de tremoço-branco, milho e feijão-de-porco não apresentou 100% de fitotoxicidade, mesmo assim, os valores foram iguais ou superiores a 90%.

O processo de fitorremediação pode sofrer maior ou menor interferência dependendo do substrato em que se atua e do contaminante a ser remediado (CUNNINGHAM et al., 1996). O tebuthiuron é uma molécula herbicida que apresenta alto coeficiente de sorção à matéria orgânica e também à argila (CHANG; STRITZKE, 1977; SOUZA et al.,

2001). Solos com elevados teores de ambos constituintes podem reduzir a ação fitodegradadora das espécies cultivadas com a finalidade de absorver e degradar o contaminante na parte aérea. Pela análise química do solo utilizado no experimento (Tabela 1), pode-se inferir que a maior parte do herbicida encontrava-se na solução do solo e, conseqüentemente, disponível para a absorção pelas plantas remediadoras e, subseqüentemente, pela crotalária, já que o teor de matéria orgânica é médio e a textura, apesar de argilosa, tem predominância caulínica (característica de solos intemperizados de regiões tropicais), que apresenta baixa superfície específica e CTC, e, portanto, baixa capacidade de sorção do tebuthiuron.

Conclusões

1. Milho, mucuna-preta, feijão-de-porco e feijão-guandu foram as espécies que apresentaram melhor desempenho, sendo indicadas para fitorremediação de tebuthiuron até a dose de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$.
2. Feijão-de-porco e feijão-guandu foram as espécies que apresentaram melhor desempenho, sendo indicadas para fitorremediação de tebuthiuron até a dose de $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$.
3. Na dose mais elevada, o cultivo prévio de tremoço-branco, feijão-de-porco e mucuna-preta fez com que a *C. juncea* sobrevivesse ao tebuthiuron, mas não são recomendadas para fitorremediação nesse nível de contaminação do solo.

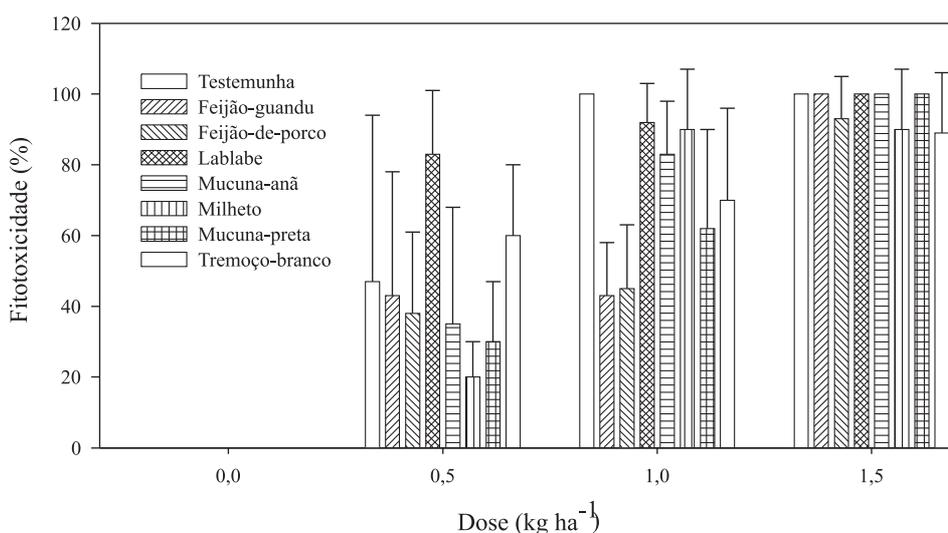


Figura 3 – Histograma de valores médios e desvio padrão de fitotoxicidade em plantas de *C. juncea* semeada em sucessão a sete espécies fitorremediadoras mais uma testemunha sem planta, em Argissolo Vermelho-Amarelo tratado com quatro doses de tebuthiuron

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa durante o curso de Doutorado do primeiro autor.

Referências

- ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor. **Journal of Environmental Science and Health B**, Fairfax, v. 30, n. 05, p. 473-484, 1995.
- APPROBATO FILHO, A. et al. Determinação da segurança de terbacil em culturas de rotação com cana-de-açúcar, após 3 a 4 aplicações anuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 17, 1988. Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** Foz do Iguaçu, PR, SBHED. p. 71-72.
- 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 and Pollution**, Roterdan, v. 119, n. 1-4, p. 75-90, 2000.
- BRAZ, M.; FERNANDEZ, R. T. Evaluating woody ornamentals for use in herbicide phytoremediation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 127, n. 06, p. 991-997, 2002.
- BELDEN, J. B.; PHILLIPS, T. A.; COATS, J. R. Effect of prairie grass on the dissipation, movement, and bioavailability of selected herbicides in prepared soil columns. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Lawrence, v. 23, n. 01, p. 125-132, 2004.
- BLANCO, J. G.; OLIVEIRA, D. A. Persistência de herbicidas em Latossolo Vermelho-Amarelo em cultura de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. , p. 681-687, 1987.
- CHANG, S. S.; STRITZKE, J. F. Sorption, movement, and dissipation of tebutiuron in soils. **Weed Science**, Lawrence, v. 25, n. 02, p. 184-187, 1977.
- CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 56, n. 01, p. 55-114, 1996.
- DAL PICCOLO, C. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeito residual de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar sobre a *Crotalaria juncea* L. em rotação. **Saccharum**, Piracicaba, v. 08, n., p. 34-38, 1985.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.
- FERRO, A. M.; SIMS, R. C.; BUGBEE, B. Hycrest crested wheatgrass accelerates the degradation of pentachlorophenol in soil. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 23, n. 02, p. 272-279, 1994.
- GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida tebutiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto – SP. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 11, n. 01, p. 65-76, 2001.
- HESS, F. D.; WELLER, S. C. Mode of action in photosystem II. Photosynthesis inhibitors. In: **Herbicide action course**. Purdue University: Indiana, 2000. 942 p.
- JOHNSEN, T. N.; MORTON, H. L. Long-term tebutiuron content of grasses and shrubs on semiarid rangelands. **Journal of Range Management**, Lakewood, v. 44, n. 03, p. 249-253, 1991.
- NEWMAN, L. A. et al. Phytoremediation of organic contaminants: a review of phytoremediation research at the university of Washington. **Journal of Soil Contamination**, Boca Raton, v. 07, n. 04, p. 531-542, 1998.
- PERKOVICH, B. S. et al. Enhanced mineralization of [¹⁴C] atrazine in *K. scoparia* rhizospheric soil from a pesticide contaminated site. **Pesticide Science**, Oxford, v. 46, n. 03, p. 391-396, 1996.
- PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 02, p. 335-341, 2003a.
- PIRES, F. R. et al. Seleção de plantas tolerantes ao tebutiuron e com potencial para fitorremediação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 291, p. 583-594, 2003b.
- PIRES, F. R. et al. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de tebutiuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 03, 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**, Viçosa, v. 22, n. 02, p. 315-322, 2004.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 4. ed. Londrina: Edição dos Autores, 1998. 648 p.
- SALT, D. E.; SMITH, R. D.; RASKIN, I. Phytoremediation. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 49, n. 01, p. 643-668, 1998.
- SANTOS, J. B. et al. Seletividade do herbicida trifloxysulfuron sodium para fins de fitorremediação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 293, p. 129-141, 2004a.
- SANTOS, J. B. et al. Fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 02, p. 323-330, 2004b.
- SOUZA, M. D. et al. Adsorção e lixiviação de tebutiuron em três tipos de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 04, p. 1053-1061, 2001.