

Lixiviação e persistência de metribuzin por bioensaios

A. K. A. N. Ben¹; A. C. S. Possamai²; W. S. Cardoso¹; R. Ben³; E. B. Castro⁴; D. Belapart³; K. F. Mendes⁵

¹Departamento de agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, 78300-000, Tangará da Serra-MT, Brasil

²Professora do Departamento de agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, 78300-000, Alta Floresta-MT, Brasil

³Mestrando em Agronomia, FCA/UNESP, Depto. de Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas FCA/UNESP, 18603-970, Botucatu-SP, Brasil

⁴Mestrando em Agronomia, FCA/UNESP, Depto. de Produção e melhoramento Vegetal Faculdade de Ciências Agrônomicas FCA/UNESP, 18603-970, Botucatu-SP, Brasil

⁵Doutorando em Ciências, Laboratório de Ecotoxicologia, pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Campus Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 13400970, Piracicaba-SP, Brasil

Karininha_an@hotmail.com

(Recebido em 01 de setembro de 2014; aceito em 23 de março de 2015)

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de lixiviação e persistência de metribuzin aplicada em pré-emergência em amostras de solos, para compreender a dinâmica desta molécula em solos com texturas contrastantes. O metribuzin foi aplicada em Latossolo Vermelho-LV (480 gha⁻¹) e Neossolo Quartzarênico – NQ (360 gha⁻¹), o experimento foi conduzido em casa de vegetação. Para a lixiviação utilizou-se colunas de PVC (30 cm de comprimento). O esquema adotado foi fatorial 6 x 6, com delineamento em blocos casualizados com seis repetições e os fatores estudados foram as lâminas de água (0, 20, 40, 60, 80 e 100 mm) e profundidades (0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 e 25-30 cm) das colunas. Para persistência foram utilizados vasos de plástico de 5 dm³, com diferentes épocas de aplicações distribuídos em blocos casualizados em esquema fatorial 4x3 com três repetições, os fatores estudados foram doses (0; 480 e 360 gha⁻¹) e o período de tempo entre a aplicação do herbicida (0, 25, 50 e 75 DAA – dia após a aplicação). Na avaliação de porcentagem de controle utilizou-se bioindicador (*Cucumis sativus*) para os dois experimentos. O metribuzin apresentou alto potencial de lixiviação em ambos os solos, e quanto maior a lâmina de água aplicada, maior profundidade alcançada e um eficiente controle de bioindicador em camadas afetadas. O metribuzin apresentou baixa persistência no solo argiloso e arenoso com a utilização de ambas as doses. Contudo, em solo arenoso a persistência não foi influenciada com o período entre a aplicação e a semeadura do bioindicador.

Palavras-chave: herbicida, lâminas d'água, mobilidade.

Leach and persistence in the metribuzin bioensaios

The objective of this work was to evaluate the leaching potential and persistence of metribuzin applied in pre-emergence on samples of soils to understand the dynamics of this molecule in soils with contrasting textures. The metribuzin was applied in Red Latosol-LV (480 gha⁻¹) and PSAMENT (360 gha⁻¹), the experiment was conducted in green house conditions. For the leaching was used PVC columns (30 cm long), the scheme adopted was 6 x 6 factorial with randomized blocks design with six replications, the factors studied were water blades (0, 20, 40, 60, 80 and 100 mm) and depths (0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 and 25-30 cm) of the columns. For persistence were used plastic vases of 5 dm³, with different periods of applications distributed in randomized block design with three replications in factorial scheme 4 x 3, the factors studied were rates (0; 480 and 360 gha⁻¹) and the period of time between the application of the herbicide (0, 25, 50 and 75 DAA – day after application). In the assessment of percentage of control it was used as bioindicator (*Cucumis sativus*) for the two experiments. The metribuzin presented high leaching potential for both soils and the higher the applied water slide, greater depth achieved and efficient control of bioindicator in stricken layers. The metribuzin showed low persistence in the clay soil and sandy soil with the use of both doses. However, the persistence in the sandy soil was not influenced with the period between application and seeding of the bioindicator.

Keywords: herbicide, water depths, mobility.

1. INTRODUÇÃO

No controle de plantas daninhas na cana-de-açúcar, o método de controle químico tornou-se uma ferramenta indispensável. Isso se deve à alta eficiência e rapidez na operação de controle quando da utilização desses produtos, tornando possível o cultivo de grandes áreas com pouca

dependência de mão-de-obra [13, 18, 24]. Segundo Christoffoleti & López-Ovejero (2005)[4], a principal forma de aplicação de herbicidas é em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura, visto que há necessidade de utilização de herbicidas com ação residual prolongada.

Dentre os herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar, encontra-se o metribuzin que é um produto sistêmico pertencente ao grupo químico das triazinas assimétricas, muito utilizado na cana-de-açúcar, por ser um herbicida de aplicação em pré-emergência. O metribuzin é um herbicida inibidor da fotossíntese com sítio de ligação no fotossistema II, onde interrompe o transporte de elétrons e promove a geração de radicais livres que levam a planta à morte [19].

Os herbicidas utilizados em cana-de-açúcar em períodos de grande umidade no solo apresentam grande persistência e favorecem o controle de plantas daninhas por um período de tempo maior, desta forma é possível um controle satisfatório das plantas daninhas e redução nas aplicações durante o ciclo da cultura. Outro fator importante é a dinâmica dos herbicidas no ambiente, que será influenciada pela solubilidade do produto, que é determinada pela afinidade da molécula à água, a sua absorção pela fração de argila do solo e matéria orgânica este diretamente ligada a alta ou baixa solubilidade, e conseqüentemente sua persistência.

A lixiviação do herbicida utilizado é necessária para controlar as plantas daninhas presentes no banco de sementes em profundidade de 0-5 cm, para que atinjam a camada superficial do solo. Porém, em regiões úmidas a lixiviação é motivo de preocupação, pois o movimento descendente de alguns herbicidas pode torná-los ineficientes, sendo lixiviados além da zona de germinação das sementes das plantas daninhas, podendo contaminar o lençol freático [15].

A lixiviação depende das características físico-químicas dos herbicidas, propriedades do solo e condições climáticas. Dentro deste contexto, o herbicida metribuzin é altamente solúvel em água ($1,05 \text{ g L}^{-1}$) e seu coeficiente de sorção varia de 0,56 em solos areno-argilosos a 31,7 em solos com 60% de matéria orgânica. Possui pouca a moderada persistência nos solos, e a meia-vida, é estimada entre 5 e 50 dias [16]. Os processos de degradação do metribuzin nos solos são superiores as perdas produzidas pelos processos de transferência [7].

Dessa forma, a lixiviação e a persistência podem ser determinadas por métodos biológicos, com a utilização de plantas sensíveis como indicador a um determinado herbicida. Por meio deste método é possível avaliar o tempo do resíduo com bioatividade, e assim podendo prever seu impacto ambiental, período em que o produto pode permanecer no solo e prejudicar culturas em sucessão [1].

Portanto, objetivou-se avaliar o potencial de lixiviação e a persistência do metribuzin, para compreender o comportamento desta molécula em solos com texturas contrastantes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no *Campus* de Tangará da Serra - MT, situada na rodovia MT 358, Km 07 Jardim Aeroporto a $14^{\circ}37'10''$ de latitude sul e $57^{\circ}29'09''$ de longitude oeste, com altitude de 320 metros. Foram utilizadas amostras de solos com texturas contrastantes provenientes dos municípios de Tangará da Serra - MT (textura argilosa) e de Campo Novo do Parecis- MT (textura arenosa), sendo classificados respectivamente, como Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ) [5]. As características físico-químicas de ambos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físico-químicas das amostras de solos utilizadas nos experimentos

Variável	Solo	
	LV	NQ
pH (CaCl ₂)	4,9	4,7
pH (H ₂ O)	4,2	5,4
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,7	0,3
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,4	2,4
Ca ²⁺ +Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,7	1,3
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,5	0,9
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2	0,2
P (mg dm ⁻³)	1,2	3,1
MO (g dm ⁻³)	18,7	11,2
CTC (cmol _c dm ⁻³)	5,1	3,7
V (%)	14,7	36,3
Areia (g kg ⁻¹)	329	810
Silte (g kg ⁻¹)	117	33
Argila (g kg ⁻¹)	554	157

¹LV = Latossolo Vermelho (textura argilosa); ²NQ = Neossolo Quartzarênico (textura arenosa). Fonte: Laboratório Agro Análise, Cuiabá, MT.

As amostras foram coletadas a uma profundidade de 5-10 cm, removendo os resíduos presentes na superfície do solo, peneirando-o até obter a quantidade necessária para o preenchimento dos vasos e das colunas.

As aplicações do herbicida metribuzin foram realizadas com um pulverizador costal pressurizado por CO₂, com pontas tipo leque XR110.02, mantidos à pressão de trabalho de 2 kgf cm⁻², com volume de calda de 200 L ha⁻¹, temperaturas inferiores à 35 °C e umidade relativa superior à 60%, seguindo as doses (LV 480 gha⁻¹ e NQ 360 gha⁻¹) [19].

Lixiviação do metribuzin

O potencial de lixiviação do metribuzin foi avaliado através de colunas de solos, onde foram peneiradas, secas ao ar e devidamente acondicionadas nas colunas de PVC (30 cm de altura e 10 cm de diâmetro) parafinados, para garantir a sua impermeabilização, sendo a parte inferior de cada coluna vedada com sombrite para retenção do solo.

O esquema adotado foi o fatorial 6 x 6 + 1, com delineamento em blocos casualizados com seis repetições. No experimento foi utilizado o herbicida metribuzin em um solo (argiloso ou arenoso). Os fatores estudados foram as lâminas d'água (0, 20, 40, 60, 80 e 100 mm) e profundidades (0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 e 25-30 cm) das colunas, além de uma testemunha (0 g ha⁻¹).

Em seguida, estas foram umedecidas por capilaridade durante 24 h, retirando-as apenas quando o solo apresentava-se saturado até o topo da coluna. A seguir, as colunas foram mantidas na bancada da casa de vegetação, também por 24 h para drenagem do excesso de água.

Após 24 h, as colunas foram cortadas longitudinalmente com o auxílio de uma serra-mármore e separadas em duas partes. Em seguida, semeou-se ao longo do perfil de cada metade da coluna o bioindicador (*Cucumis sativus* - pepino), escolhida por apresentar maior sensibilidade ao herbicida [15]. As colunas de solos foram mantidas em condições favoráveis para o desenvolvimento das plantas com a aplicação de irrigações diárias.

Decorridos 21 dias após a semeadura (DAS), foram efetuadas as avaliações visuais do controle das plântulas de *C. sativus* de solo, pelo critério de escala de notas de 0 a 100%, em que, 0 corresponde a nenhuma injúria e 100 a morte das plantas, estabelecendo-se notas e conceitos segundo escala proposta pela SBCPD [21].

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste de Scott-Knott, onde $p < 0,05$. Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT [23].

Persistência do metribuzin

A persistência de um pesticida no solo é definida como o período ou a extensão de tempo em que permanece ativa. Desta forma, no experimento foi utilizado o metribuzin e um solo (LV ou NQ), distribuídos no delineamento em blocos casualizados, com 3 repetições em esquema fatorial 3 x 4, onde os fatores estudados foram as doses (0; 480 e 360 gha^{-1}), e o período de tempo entre a aplicação do herbicida (0, 25, 50 e 75 Dias após aplicação) em seguida, foi realizada a semeadura do bioindicador (*C. sativus*), à profundidade de 1 cm.

Após a aplicação do metribuzin e antes da semeadura do bioindicador, foram simuladas lâminas d'água diárias equivalentes à média histórica de 38 anos de frequência, com 90% de precipitação provável (mm), dos meses de junho (6,75 mm) a outubro (54,41 mm) com uma média de 13,18 mm mensais e volume para região de Tangará da Serra [12], até o final do experimento.

Para interpretação dos resultados, as porcentagens de controle do bioindicador foram comparadas às do tratamento sem herbicida (0 gha^{-1}). Contudo, quando não houve interação do controle trabalhou-se com as médias dos tratamentos na curva e submetidos à análise de variância pelo teste F e ajuste de regressão, para análise destes dados foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT [23].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Lixiviação

Os resultados de controle com *C. sativus*, com aplicação de metribuzin demonstram que este bioindicador apresentou alto potencial de lixiviação em ambos os solos analisados (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Porcentagem de controle do bioindicador (*C. sativus*), com amostras de solo de textura argilosa, após a aplicação de metribuzin (480 gha^{-1}).

Profundidade na coluna (cm)	Lâmina aplicada (mm)					
	0	20	40	60	80	100
0-5	86,6 Aa	95,0 Aa	98,3 Aa	100,0 Aa	98,3 Aa	100,0 Aa
5-10	0,0 Bc	60,0 Bb	96,6 Aa	100,0 Aa	98,3 Aa	100,0 Aa
10-15	0,0 Bb	0,0 Cb	85,0 Aa	86,6 Aa	98,3 Aa	100,0 Aa
15-20	0,0 Bc	0,0 Cc	36,6 Bb	45,0 Bb	85,0 Aa	100,0 Aa
20-25	0,0 Bc	0,0 Cc	20,0 Cc	6,6 Cc	58,3 Bb	96,6 Aa
25-30	0,0 Bb	0,0 Cb	6,6 Cb	3,3 Cb	23,3 Cb	58,3 Ba

*As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, onde $p < 0,05$. C.V. = 22,06%

Tabela 3 – Porcentagem de controle do bioindicador (*C. sativus*) com amostras de solo com textura arenosa, após a aplicação de metribuzin (360 gha⁻¹).

Profundidade na coluna (cm)	Lâmina aplicada (mm)					
	0	20	40	60	80	100
0-5	65,0 Ab	83,3 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
5-10	28,3 Bc	65,0 Bb	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
10-15	23,3 Bc	48,3 Cb	98,3 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
15-20	18,3 Bc	45,0 Cb	98,3 Aa	96,6 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
20-25	11,6 Cc	33,3 Cb	90,0 Aa	93,3 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
25-30	6,6 Cd	35,0 Cc	33,3 Bc	56,6 Bb	100,0 Aa	100,0 Aa

*As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, onde $p < 0,05$. C.V. = 17,25%

O metribuzin quando aplicado em solo com textura argilosa, não evidenciou arraste vertical das moléculas nas camadas superiores a 0-5 cm de profundidade para a lâmina d'água de 0 mm (Tabela 2). Fontes et al. (1980) [6], encontraram resultados semelhantes quando utilizaram solo franco-argilo-arenoso, onde o metribuzin permaneceu livre na solução do solo em quantidade maiores na faixa de 0-5 cm de profundidade.

Na lâmina d'água correspondente a 20 mm, verificou-se maior porcentagem de controle na camada de 0-5 cm de profundidade, na espécie bioindicadora, enquanto que nas lâminas d'água de 40 e 60 mm aparentou-se maior porcentagem de controle de *C. sativus* na camada de 10-15 cm de profundidade. E conforme o aumento do arraste vertical, foi possível verificar a diminuição da eficiência do herbicida no controle do bioindicador (*C. sativus*) (Tabela 2). E na camada de 25-30 cm de profundidade não houve controle eficiente para nenhuma das lâminas d'água aplicadas (Tabela 2).

Conforme foi aumentado a lâmina d'água aplicada, observou-se um aumento gradativo de controle do *C. sativus*, sendo que a partir da lâmina d'água de 80 mm, o metribuzin proporcionou controle satisfatório ($\geq 85\%$) do bioindicador até a camada de 15-20 cm de profundidade. Enquanto que na lâmina d'água de 100 mm, proporcionou controle satisfatório ($> 96\%$) até a camada de 20-25 cm de profundidade (Tabela 2).

Os resultados indicam que no solo argiloso as moléculas ficaram retidas principalmente na camada superficial 0-5 cm de profundidade. Mas conforme há um aumento gradativo na quantidade de água aplicada no solo, observa-se maior potencial de lixiviação do herbicida.

Segundo Rodrigues & Almeida (2011) [19], esses resultados podem ser explicados pela alta solubilidade em água (1100 mg L⁻¹) e médio Koc (60 mL g⁻¹), a constante dissociação (pKa) é 1,0 sendo facilmente lixiviado no solo, tendo uma baixa pressão de vapor (1,2 x 10⁻⁷ mm Hg a 20°C).

Em estudos desenvolvidos por Bowman (1991) [2], há a confirmação do potencial de lixiviação do metribuzin, pois quando submetido ao regime de chuva de 95 mm, uma quantidade substancial moveu-se até 30 cm de profundidade, principalmente para o solo arenoso. Tal fato, evidencia que o metribuzin é facilmente lixiviado no solo, não sendo recomendado seu uso em solo arenoso e ou com baixo nível de matéria orgânica [22].

No solo de textura arenosa (NQ), nas lâminas d'água de 0 e 20 mm houve maior mobilidade aparente das moléculas de metribuzin em relação ao solo argiloso, (Tabela 3). Para as lâminas d'água de 40 e 60 mm, é possível verificar controle maior ou igual a 90% de *C. sativus*, na camada de 20-25 cm de profundidade (Tabela 3).

A elevação do nível de controle do bioindicador tem relação direta com o aumento do volume de água aplicada nas colunas, que aparentou arraste do herbicida até a profundidade de 25-30 cm. Demonstrando que nas lâminas d'água de 80 e 100 mm evidenciou-se 100% de controle do *C. sativus*, em todas as profundidades das colunas (Tabela 3).

O Neossolo Quartzarênico (NQ), utilizado apresenta características que influenciam o comportamento do metribuzin, tais como baixo teor de argila ($15,7\% \text{ g kg}^{-1}$), e baixo nível matéria orgânica ($11,2 \text{ g dm}^{-3}$), além disso, o herbicida apresenta alta facilidade de lixiviar no solo, não sendo recomendado para solo arenoso [19]. Em trabalhos realizados por Lourencetti et al. (2005) [10], no qual avaliaram o potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas, observaram que o metribuzin apresentou um certo potencial de lixiviação quando usado constantemente devido a adsorção significativamente baixa.

Nesse sentido, resultados alcançados por Rosenbom et al. (2009) [20], indicam que a longo prazo, a lixiviação de metabólitos de pesticidas, como metribuzin, tem que ser repensada, a fim de proteger o lençol freático deste tipo de lixiviação, que é prejudicial para as águas subterrâneas. Vários autores confirmaram o potencial de lixiviação do metribuzin [11, 9, 17].

Persistência

A porcentagem de controle em plantas de (*C. sativus*), após a aplicação de 360 e 480 g ha^{-1} de metribuzin nas amostras de Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ) mostraram que a dinâmica do herbicida foi distinta nas colunas de solo, com maior persistência para o solo Latossolo Vermelho no período inicial após a aplicação (Figura 1).

O metribuzin aplicado em solo de textura argilosa proporcionou 60% de controle em ambas as doses (Figura 1). Entretanto, no decorrer dos dias após aplicação (DAA) observou-se uma redução aos 0 (DAA) do efeito do herbicida no solo argiloso, atingindo controle em torno de 30% aos 75 DAA, considerado baixo para controle das plantas daninhas, mas que pode ser o suficiente para causar injúrias na cultura. O resultado pode ser justificado em virtude da meia-vida (Tempo em que a metade do composto é degradado, representando a persistência do herbicida no solo) do metribuzin, que varia de 30 a 60 dias (Figura 1). Segundo Campanhola et al. (1982) [3], utilizando metodologia por cromatografia gasosa, utilizando um solo com $38,5\%$ de argila, encontraram apenas pequenos vestígios da dose aplicada do metribuzin após quatro semanas de sua aplicação no solo.

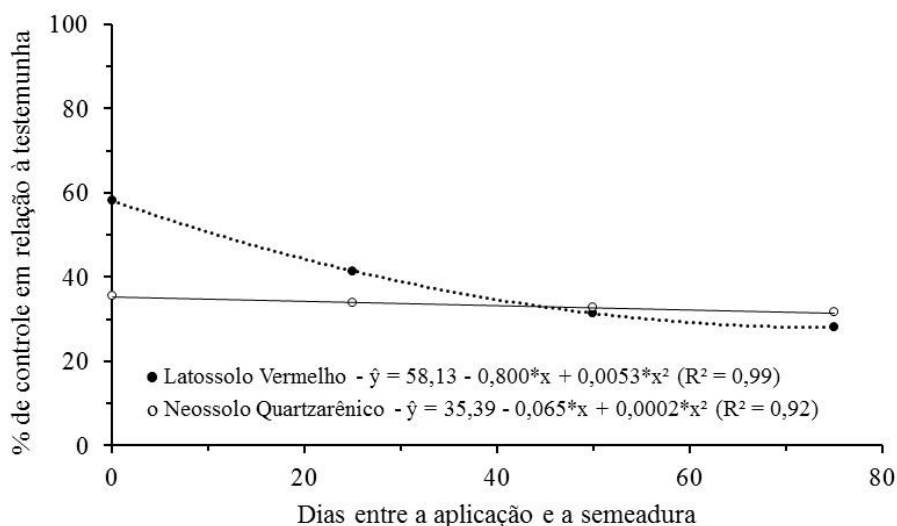


Figura 1- Porcentagem de controle do bioindicador *C. sativus*, em relação à testemunha, com aplicação de metribuzin aos 0, 25, 50 e 75 dias antes da semeadura. No Latossolo Vermelho (textura argilosa) e Neossolo Quartzarênico os pontos equivalem à média dos dados observados para ambas as doses (360 e 480 g ha^{-1}).

Trabalhos desenvolvidos por Monquero et al. (2008b) [14], permitiram observar que isso foi possível devido ao solo argiloso apresentar maior teor de argila que o solo arenoso. A aplicação do metribuzin no solo arenoso proporcionou controle acima de 30% até aos 80 DAA, em ambas as doses (Figura 1). Portanto os dados indicam que mesmo com a maior dose a persistência não

aumentou, permanecendo constante (Figura 1). Segundo Vivian et al. (2007) [24], a redução da persistência também pode estar relacionada a possível lixiviação do herbicida.

Além disso, aos 50 e 60 DAA observou-se que o metribuzin proporcionou controle menor que 50% no *C. sativus*, em ambas as doses avaliadas em solo arenoso (Figura 1).

Os resultados indicam que no solo argiloso o herbicida metribuzin proporcionou controle superior a 50% em ambas as doses até os 10 DAA, enquanto que no solo arenoso apresentou em torno de 35% de *C. sativus* em ambas as doses, mostrando que mesmo com a maior dose não aumentou o efeito residual.

É possível observar a redução de controle de *C. sativus* com o passar dos dias para o solo LV, isso se deve ao maior teor de matéria orgânica (MO) e Capacidade de troca catiônica (CTC), uma vez que, o pH dos dois solos é aproximado. Estes resultados estão de acordo com Green, (1974) [8] e Weed & Weber (1974) [25], que relacionam a persistência de herbicidas no solo com o teor de MO, pH, CTC e textura.

Portanto, o maior potencial de lixiviação do metribuzin ocorreu no solo arenoso em relação ao argiloso. O incremento da dose de metribuzin em solo arenoso ou redução em solo argiloso, não interferiu na persistência do herbicida.

4. CONCLUSÃO

O metribuzin apresenta facilidade de lixiviação e quanto maior a lâmina d'água aplicada, maior profundidade alcançado pelo herbicida e um controle eficiente do biodicador nas camadas atingidas.

O metribuzin apresentou baixa persistência no solo argiloso e arenoso com a utilização de ambas as doses. Contudo, em solo arenoso a persistência não foi influenciada com o período entre a aplicação e a semeadura do bioindicador.

-
1. Blanco FMG, Velini ED, Filho AB. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. Rev Bragantia. 2010 Nov; 69 (1):71-75.
 2. Bowman BT. Mobility and dissipation studies of metribuzin, atrazine and their metabolites in plainfield sand using field lysimeters. Rev Environmental Toxicology and Chemistry. 1991 Aug; 10 (5):573-579.
 3. Campanhola C et al. Comportamento de metribuzin e trifluralina no solo e sua absorção por soja. Rev Pesquisa Agropecuária Brasileira. 1982 Nov; 17(4):565-71.
 4. Christoffoleti PJ, López-Ovejero RF. Dinâmica de herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: Edição dos Autores, 2005. 49 p.
 5. Embrapa - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
 6. Fontes LEF, Fernandes B, Da Silva JF. Movimentação e inativação de metribuzin em materiais de dois solos sob diferentes densidades aparentes. Rev Planta Daninha. 1980 Mar; 3(1):11-17.
 7. Godoy MC et al. Efeito da cobertura morta de milheto (*Pennisetum americanum*) sobre a eficácia do herbicida metribuzin no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. Rev Planta Daninha. 2007, 25(1): 79-86.
 8. Green RE. Pesticide-clay-water interactions. In: Guenzi WD. (Ed.). Pesticides in soil & water. Madison: Soil Science Society of America, 1974. p. 3-37.
 9. Lagat SC et al. Metribuzin mobility in soil column as affected by environmental and physico-chemical parameters in Mumias sugarcane zone, Kenya. Journal of Agricultural and Biological Science. Março 2011, 6(3):27-33.
 10. Lourencetti C et al. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. Rev de Ecotoxicologia e Meio Ambiente. 2005 Dez; 15(1):1-14.
 11. Maqueda C et al. Novel System for reducing leaching of the herbicide metribuzin using claygel-based formulations. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Novembro 2008, 56(24):11941-11946.
 12. Martins JA et al. Probabilidade de precipitação para a microrregião de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. Rev Pesquisa Agropecuária Tropical. 2010 Ago; 40(3):291-296.
 13. Monquero PA et al. Potencial de lixiviação de herbicidas no solo submetidos a diferentes simulações de precipitação. Rev Planta Daninha. 2008a Mar; 26(2):403-409.

14. Monquero PA et al. Mobilidade e persistência de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. *Rev Planta Daninha*. 2008b Mar; 26(1):411-417.
15. Oliveira MF et al. Lixiviação de flumioxazin e metribuzin em dois solos em condições de laboratório. *Rev Planta Daninha*. 1999 Dez; 17(2):207-215.
16. Huertas- Perez JF et al. Determination of the herbicide metribuzin and its major conversion products in oil by micellar electrokinetic chromatography. *Rev Journal of Chromatography A*. Janeiro 2006, 1102: 280-286.
17. Pot V et al. [Transporte Metribuzin em amostras de solo não perturbadas sob condições potenciais hídricos controlados: experimentos e modelagem para avaliar o risco de lixiviação em um perfil de solo arenoso argila]. *Pest Management Science*, West Sussex. 2011 Abr; 67(4):397-407.
18. Reis MR et al. Dinâmica de nutrientes em tecidos foliares de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. *Rev Planta Daninha*. 2008 Jan; 26(1):175-184.
19. Rodrigues BN, Almeida, FS. Guia de herbicidas. 6. ed. Brasília: Independente, 2011, 697 p.
20. Rosenbom AE et al. [Capacidade do modelo para prever macro lixiviação longo prazo de metribuzina e diketometribuzin]. *Environmental Science & Technology*. 2009 Mai; 43(9):3221-3226.
21. SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD, 1995.
22. Silva AA. Bioatividade do alachlor e do metribuzin sob diferentes manejos de água e efeitos do metribuzin, sob estas condições em soja. [tese de doutorado]. [Piracicaba(SP)]: Universidade de São Paulo; 1989, 138 p.
23. Silva FAZ, Azevedo CAV. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Rev Brasileira de Produtos Agroindustriais*. 2002; 4(1):71-78.
24. Vivian R. et al. Persistência e lixiviação de ametryn etrifloxysulfuron-sodium em solo cultivado com cana-de-açúcar. *Rev Planta Daninha*. 2007 Fev; 25(1):111-114.
25. Weed SB, Weber JB. Pesticide-organic matter interactions. In: Guenzi WD. (Ed.). *Pesticides in soil & water*. Madison of America Soil Science Society, 1974, p. 39-66.