

# DINÂMICA DO HERBICIDA METRIBUZIN APLICADO SOBRE PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum*)<sup>1</sup>

## *Performance of Metribuzin Applied on Sugarcane Straw*

ROSSI, C.V.S.<sup>2</sup>, VELINI, E.D.<sup>3</sup>, LUCHINI, L.C.<sup>4</sup>, NEGRISOLI, E.<sup>5</sup>, CORREA, M.R.<sup>5</sup>, PIVETTA, J.P.<sup>6</sup>, COSTA, A.G.F.<sup>7</sup> e SILVA, F.M.L.<sup>8</sup>

**RESUMO** - O herbicida metribuzin é recomendado para o controle de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. Entretanto, seu comportamento em áreas com colheita mecânica, que deixa grande quantidade de palha sobre o solo, não é bem conhecido. Este trabalho objetivou avaliar a dinâmica do herbicida metribuzin aplicado sobre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar, períodos e intensidades de chuvas após a aplicação. Foram realizados três ensaios para avaliar a dinâmica do metribuzin aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar. No primeiro, foi avaliada a interceptação do herbicida por 0, 1, 2,5, 5, 7,5, 10, 15 e 20 t de palha de cana-de-açúcar por hectare. No segundo, avaliou-se a lixiviação do metribuzin em 5, 10, 15 e 20 t de palha por hectare sob simulação de chuva de 2,5, 5, 10, 15, 20, 35, 50 e 100 mm, um dia após a aplicação (DAA). No terceiro, foi avaliado o efeito dos intervalos de tempo entre a aplicação do herbicida e a primeira chuva na lixiviação do metribuzin (0, 1, 7, 14 e 28 dias) em 10 t de palha por hectare, em função das mesmas precipitações simuladas no segundo ensaio. Os resultados obtidos no segundo e terceiro ensaios foram ajustados pelo modelo de Mitscherlich. A quantificação do herbicida foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência. A quantidade de metribuzin que transpõe as diferentes quantidades de palha com simulação acumulada de 100 mm de chuva é diferenciada, sendo maior para 5 t ha<sup>-1</sup> e menor para quantidades maiores, até 20 t ha<sup>-1</sup>. A simulação média de chuvas equivalentes a de 20 a 30 mm iniciais é suficiente para promover uma transposição maior que 99% do metribuzin. Este herbicida é retido quando aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar e permanece por períodos de até 28 DAA sem chuva.

**Palavras-chave:** chuva, interceptação, lixiviação.

**ABSTRACT** - The herbicide metribuzin is recommended for weed control of sugarcane crops. However, the behavior of this herbicide on the straw left on the soil surface of mechanically harvested sugarcane areas is not very known. This work aimed to evaluate the dynamics of the herbicide metribuzin applied on different amounts of sugarcane straw under different rainfall periods and intensities after application. Three assays were carried out to evaluate the performance of metribuzin applied on sugarcane straw: in assay 1, herbicide interception was assessed by 0, 1, 2.5, 5, 7.5, 10, 15, and 20 t ha<sup>-1</sup> of straw; in assay 2, herbicide leaching through 5, 10, 15, and 20 t ha<sup>-1</sup> of straw was evaluated under rain simulation equivalent to 2.5 up to 100 mm rain, one day after application (DAA); and in assay 3, the effect of the time intervals between herbicide application and the first rain on herbicide leaching (0, 1, 7, 14, and 28 days) on the straw (10 t ha<sup>-1</sup>) was evaluated under the same rainfall amounts simulated in the second study. The results obtained in assays 1 and 2 were adjusted by the Mitscherlich model. The herbicide was quantified by HPLC. The amount of metribuzin passing through the different amounts of straw with simulation of 100 mm of accumulated rain is differentiated, being higher than 5 t ha<sup>-1</sup> and lower than higher amounts up to 20 t ha<sup>-1</sup>. The mean simulation of rainfall between 20 and 30 mm is sufficient to promote a transposition of metribuzin higher than 99%. Metribuzin is retained when applied on sugarcane straw, lasting for periods up to 28 DAA without rain.

**Keywords:** rainfall, interception, leaching.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 3.1.2012 e aprovado em 16.8.2012.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, Dr., FCA-UNESP, Botucatu-SP, <cavsragro@msn.com>, <sup>3</sup> Professor, Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, Dr., FCA-UNESP, Botucatu-SP, <velini@fca.unesp.br>, <sup>4</sup> Instituto Biológico, São Paulo-SP, <luchini@biologico.sp.gov.br>, <sup>5</sup> Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, Dr., Techfield – Consultoria Agrícola, Botucatu-SP <eduardo.negrisola@gmail.com>, <sup>6</sup> Bayer CropScience <joao.pivetta@bayercropscience.com>, <sup>7</sup> Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, Dr., Embrapa Algodão, Campina Grande-PB <augustogfcosta@hotmail.com>, <sup>8</sup> Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Doutorando em Agronomia (Agricultura), FCA-UNESP, Botucatu-SP <ferdinando.silva@yahoo.com.br>.



## INTRODUÇÃO

A palha é uma das barreiras para o uso de herbicidas com ação exclusiva ou preferencial no solo, além de alterar drasticamente o estabelecimento de plantas daninhas, por exemplo, pela limitação da variação da temperatura na superfície do solo ou pela formação de uma barreira física a ser transposta pela planta daninha em germinação. Apesar disso, algumas plantas daninhas estão sendo selecionadas em áreas de colheita de cana crua, como *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea quamoclit*, *Ipomoea nil*, *Merremia cissoides*, *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* (Velini & Negrisoni, 2000; Correa & Durigan, 2004; Negrisoni et al., 2005, 2009).

Quando um herbicida é aplicado sobre a palha, é interceptado pela superfície desta e torna-se vulnerável à volatilização e/ou fotólise, até ser lixiviado para o solo (Locke & Bryson, 1997). Lamoreaux et al. (1993) ressaltam que o transporte de herbicidas da palha para o solo depende da capacidade da palha de cobrir o solo e de reter esses herbicidas, das características físico-químicas do herbicida, bem como do período em que a área permanece sem chuva após a aplicação. Cavenaghi et al. (2007) concluíram que a quantidade de 5 t ha<sup>-1</sup> de palha já é capaz de interceptar praticamente todo o aplicado, que neste estudo foi o amicarbazone. A partir do momento em que esses herbicidas atingem o solo, apresentam maior distribuição e persistência, devido aos canais formados pelos restos vegetais ou por organismos do solo e, principalmente, pela amenização dos processos de degradação (Jones Jr. et al., 1990; Sorenson et al., 1991).

Vários trabalhos destacam a importância da manutenção das coberturas mortas sobre a superfície do solo, e alguns estudos têm comprovado a eficácia da cobertura na redução da população de plantas daninhas (Azania et al., 2002; Correia & Durigan, 2004; Negrisoni, 2007; Silva et al., 2011). No entanto, nesses sistemas de produção podem ocorrer grandes variações na quantidade e na composição da cobertura morta, o que pode influenciar o nível de supressão da emergência da comunidade infestante, bem como a dinâmica de herbicidas aplicados sobre a palhada, em ocasiões em que o controle se faz necessário.

Segundo Rodrigues & Almeida (2005), o herbicida metribuzin, 4-amino-6-tert-butil-3-metiltio-1,2,4-triazina-5-(4H)-ona é do grupo químico das triazinas, com nomes comerciais Sencor BR (pó molhável) ou Sencor 480 (suspensão concentrada). No Brasil, está registrado para controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas, sendo aplicado em pré e pós-emergência das plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar (entre outras), em doses de 1,5 a 3,5 kg ha<sup>-1</sup> e 2,2 a 3,0 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo as menores doses para solos arenosos e as maiores para argilosos. A absorção do metribuzin pela planta é foliar e radicular; uma vez dentro do tecido vegetal, ele é translocado até os cloroplastos, agindo como inibidor do fotossistema II.

Apesar dos avanços nas pesquisas na cultura da cana-de-açúcar, pouco se sabe sobre o comportamento de herbicidas na palha, sobretudo em relação à dinâmica desses produtos no sistema de cana crua. Essas informações são fundamentais para a compreensão do controle das principais espécies de plantas daninhas presentes na cultura, principalmente pelos herbicidas pré-emergentes residuais, aplicados em sistemas de produção que utilizam palha como cobertura morta (Velini & Negrisoni, 2000).

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a dinâmica do herbicida metribuzin aplicado sobre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar, bem como o efeito de períodos e de intensidades de chuvas após sua aplicação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NuPAM) – FCA/Unesp – Botucatu-SP, onde foram realizadas as aplicações do herbicida metribuzin e as simulações de chuvas nas palhas de cana-de-açúcar. As análises do metribuzin, para determinação quantitativa, foram feitas utilizando um cromatógrafo líquido de alta eficiência equipado com detector espectrofotométrico UV-visível e coluna cromatográfica Octadecyl C<sub>18</sub>.

A pulverização do herbicida e a simulação de chuva foram realizadas por meio de equipamento instalado em laboratório do NuPAM. A simulação da chuva foi feita utilizando-se

uma bomba hidráulica de pressão constante e acionamento automático, a qual bombeia água armazenada de um reservatório até a barra e as pontas de pulverização responsáveis pela formação de gotas de chuva. A barra de simulação de chuva situada a 1,45 m de altura em relação à superfície das unidades experimentais é constituída por três pontas de pulverização TK-SS-20 de alta vazão, espaçadas de 0,5 m e posicionadas de forma a propiciar maior uniformidade de precipitação na área aplicada.

Esse sistema foi operado com velocidade de deslocamento de  $0,187 \text{ km h}^{-1}$  e pressão de trabalho de  $0,81 \text{ kgf cm}^{-2}$ . Cada passagem do simulador correspondeu a uma lâmina aplicada de aproximadamente 2,5 mm de chuva. Essas especificações proporcionaram a produção de gotas artificiais de chuva com diâmetro mediano volumétrico (DMV) de 1.140 micra, conforme informações do fabricante da ponta de pulverização (Spraying Systems Co.).

A barra de pulverização de herbicida é constituída por quatro pontas de pulverização XR 11002 VS, espaçadas de 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura em relação à superfície das unidades experimentais. Para as pulverizações do herbicida, o sistema foi operado com velocidade de deslocamento de  $3,6 \text{ km h}^{-1}$ , o que correspondeu a 45,0 Hertz no modulador de frequência, com consumo de calda correspondente a  $200 \text{ L ha}^{-1}$ . O equipamento foi operado com pressão constante de  $1,53 \text{ kgf cm}^{-2}$ , pressurizado por ar comprimido. A pulverização do herbicida foi realizada na dose de  $1,92 \text{ kg ha}^{-1}$  de metribuzin, que corresponde a  $4 \text{ L ha}^{-1}$  do produto comercial.

### **Interceptação do metribuzin pela palha de cana-de-açúcar**

Para estudo da interceptação do metribuzin pela palha de cana-de-açúcar, foram realizados dois ensaios. No primeiro, utilizaram-se unidades experimentais cuja área superficial era de  $0,016014 \text{ m}^2$ , nas quais foram colocadas as quantidades de palha de cana-de-açúcar equivalentes a 0, 1, 2,5, 5, 7,5, 10, 15 e 20 t de palha por hectare. No segundo estudo, as unidades experimentais apresentavam área de  $0,04909 \text{ m}^2$ , e os níveis de cobertura de palha simulados foram de 5, 10, 15 e 20 t de palha

de cana-de-açúcar por hectare. Para os dois testes, os tratamentos tiveram quatro repetições.

No primeiro ensaio, logo após a aplicação, os alvos plásticos previamente posicionados sob a camada de palha foram lavados com volume de 50 mL de água destilada. No segundo, logo após a aplicação, os funis posicionados abaixo das unidades experimentais foram lavados com volume de 1,0 L de água destilada. As amostras obtidas foram congeladas e armazenadas em freezer para análise no laboratório; posteriormente, o metribuzin que transpôs a palha no momento da aplicação foi quantificado.

Os dados atmosféricos do interior da sala de pulverização no momento da aplicação do primeiro ensaio foram de  $22,7 \text{ }^\circ\text{C}$  e 56% de umidade relativa (UR) e, no segundo, de  $24,6 \text{ }^\circ\text{C}$  e 76% de UR.

### **Lixiviação do metribuzin aplicado na palha de cana-de-açúcar**

No segundo ensaio, foram utilizadas unidades experimentais com área de  $0,04909 \text{ m}^2$ , com coberturas de palha equivalentes a 5, 10, 15 e 20 t de palha de cana-de-açúcar  $\text{ha}^{-1}$ . Um dia após a aplicação, foram realizadas simulações de chuva com lâminas equivalentes a 2,5, 5, 10, 20, 35, 50 e 100 mm e intensidade média de  $115 \text{ mm h}^{-1}$ . A água que transpôs a palha foi coletada em um recipiente, medindo-se o volume e retirando deste uma alíquota para quantificação do herbicida lixiviado, por meio de análise cromatográfica. Aos 7 e 14 dias após aplicação das primeiras lâminas de chuva (2,5 a 100 mm), aplicou-se mais uma lâmina de 20 mm para avaliar a possibilidade de liberação do produto que poderia ainda estar retido na palha. Foram utilizadas quatro repetições para cada quantidade de palha.

Os dados obtidos neste ensaio foram usados na análise de regressão, utilizando modelo de Mitscherlich  $Y = a*(1 - 10^{-c*(b+x)})$ , em que  $Y$  é a quantidade do herbicida lixiviado, em  $\text{g ha}^{-1}$ , e  $a$ ,  $b$  e  $c$  são parâmetros da equação, sendo  $a$  a quantidade máxima do herbicida retirado pela lâmina de chuva aplicada;  $b$ , o deslocamento lateral da curva;  $c$ , a concavidade da curva; e  $x$ , a quantidade de chuva simulada (mm) (Tabela 1).



**Tabela 1** - Parâmetros das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo completo de Mitscherlich e do metribuzin transposto na simulação de chuva, nas diferentes quantidades de palha

Tratamento (t ha <sup>-1</sup> )	Parâmetro do modelo de Mitscherlich			Quantidade transposta (g ha <sup>-1</sup> )	Valor F
	a	c	r <sup>2</sup>		
5	1574,05	0,09	0,9931	1.574,05	1.551,82**
10	1310,91	0,09	0,9964	1.310,91	2.689,77**
15	1091,10	0,09	0,9956	1.091,10	404,83**
20	955,91	0,07	0,9929	955,91	1.100,53**

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

O procedimento permite avaliar a quantidade de produto que passa pela palha e pode efetivamente atingir o solo na ocorrência de diferentes quantidades de chuva.

### Efeito dos intervalos entre a aplicação e a primeira chuva na lixiviação do herbicida

Para o terceiro ensaio, foi utilizada a unidade experimental de área de 0,04909 m<sup>2</sup>, porém somente com cobertura de 10 t de cana-de-açúcar ha<sup>-1</sup>. Os intervalos entre a aplicação e as simulações de chuva foram de 0, 1, 7, 14 e 28 dias. Após aplicação, os suportes contendo as palhas foram levados para casa de vegetação e mantidos até o intervalo de tempo estipulado, quando foram realizadas as simulações de chuva com as lâminas equivalentes a 2,5, 5, 10, 20, 35, 50 e 100 mm, seguindo-se o procedimento descrito no ensaio anterior para obtenção das amostras. Aos 7 e 14 dias após aplicação das primeiras lâminas de chuva, para cada intervalo de tempo, foi aplicada mais uma lâmina de 20 mm, com o mesmo objetivo do ensaio anterior. Novamente, foram utilizadas quatro repetições por quantidade de palha.

Os dados obtidos neste ensaio foram usados na análise de regressão, utilizando modelo de Mitscherlich  $Y = a*(1 - 10^{-c*(b+X)})$ .

Os dados de temperatura e umidade relativa do interior da sala de pulverização no momento da aplicação deste ensaio foram, respectivamente: ao 0 DAA, 21,7 °C e 75%; aos 7 DAA, 26,0 °C e 71%; aos 7 DAA, 22,5 °C e 65%; aos 14 DAA, 24,3 °C e 70%; e aos 28 DAA, 22,8 °C e 72%.

### Procedimento de análise das amostras

Para o estudo dos parâmetros analíticos do método cromatográfico tendo em vista sua

validação, foi realizada uma calibração da resposta do detector para o herbicida metribuzin.

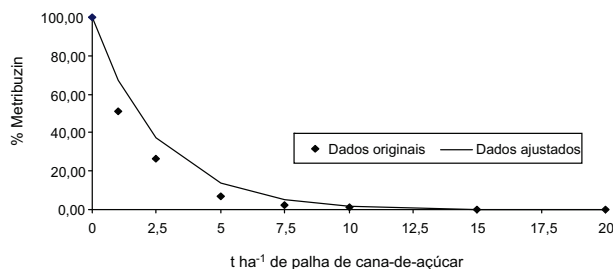
Foram preparadas soluções-padrão com solvente metanol e água (50:50 v/v) nas concentrações de 0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; e 2,0 µg mL<sup>-1</sup>, a partir de uma solução-estoque de 100 µg mL<sup>-1</sup> do padrão analítico preparado com o solvente metanol, devido à sua solubilidade. Triplicatas de cada uma das soluções nas diversas concentrações foram analisadas e quantificadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). A partir das áreas dos picos (resposta do detector) e concentrações das soluções-padrão de metribuzin, foram estabelecidos os seguintes parâmetros: equação linear de regressão, coeficiente de correlação, coeficiente de determinação, linearidade, limite de detecção e limite de quantificação do método, segundo os procedimentos descritos por Meier & Zünd (1993). Esses parâmetros estimam a confiabilidade do método analítico.

Os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) obtidos foram de 7,2.10<sup>-3</sup> e 1,4.10<sup>2</sup> µg mL<sup>-1</sup>, respectivamente, indicando que o método analítico proposto é bastante sensível para o herbicida metribuzin.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Interceptação do metribuzin pela palha de cana-de-açúcar

Na Figura 1, podem-se observar os dados originais e os ajustados pelo modelo utilizado neste experimento, mostrando o ajuste dos dados e sua precisão. Nela, verifica-se que o herbicida metribuzin já foi em grande parte retido na presença de 1 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar cv. SP 80-1816. Com 2,5 t ha<sup>-1</sup>



**Figura 1** - Dados originais e ajustados para a transposição do metribuzin no momento da aplicação, em diferentes quantidades de palha.

de palha, houve incremento de quase 25% em relação a 1 t de palha por hectare de retenção do herbicida, em média. Quando foi colocada uma quantidade de 5 t ha<sup>-1</sup>, pode-se observar que a porcentagem de retenção foi superior a 90%, ao passo que, quando a quantidade de palha teve aumento para 7,5 t ha<sup>-1</sup>, a retenção passou para pouco mais de 97%, com aumento gradativo da retenção para maiores quantidades de palha até 20 t ha<sup>-1</sup>, em que se observou retenção próxima a 100%. Observou-se que, até as primeiras 5,0 t ha<sup>-1</sup>, grande parte do herbicida aplicado foi retida. A partir dessa quantidade, no entanto, notou-se incremento de retenção estável e pequeno, fato também observado por Cavenaghi et al. (2007), em relação ao amicarbazone, e por Tofoli et al. (2009), com o tebuthiuron, ambos em palha de cana-de-açúcar.

Resultados obtidos por Velini & Negrisoni (2000), com aplicação de corante FDC-1 (simulando herbicida) em camadas de palha de 0 a 15 t ha<sup>-1</sup>, mostram que, com cobertura equivalente a 1 t ha<sup>-1</sup>, somente 35,5% do corante aplicado transpôs a palha no momento da aplicação. Com 10 e 15 t ha<sup>-1</sup>, as porcentagens interceptadas pela palha foram de 99,4 e 99,5%, respectivamente. Mesmo havendo diferença entre os resultados obtidos com metribuzin e os obtidos por Velini & Negrisoni (2000), o comportamento nas maiores quantidades de palha testadas foi semelhante ao observado neste estudo.

### Lixiviação do metribuzin aplicado na palha de cana-de-açúcar

De forma geral, verifica-se que em todos os tratamentos as estimativas de “a” do modelo

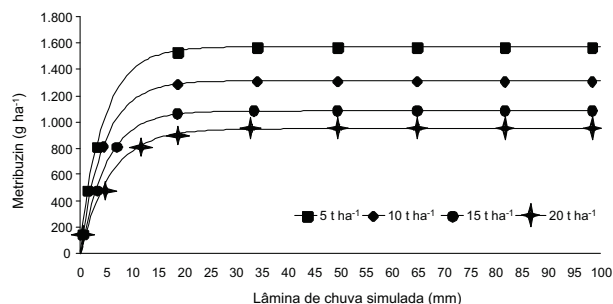
de Mitscherlich aplicado são quantidades do produto iguais às aquelas obtidas pela simulação de chuva acumulada (transposta). Os valores indicam que foi recuperada a máxima quantidade do herbicida metribuzin da palha de cana-de-açúcar que poderia ser obtida pelo ajuste do modelo utilizado. Observa-se também no tratamento de 20 t ha<sup>-1</sup> que houve significativa redução na quantidade do metribuzin transposto, em relação ao tratamento com 5 t ha<sup>-1</sup>. No tocante ao parâmetro “c” do modelo de Mitscherlich, verifica-se que no tratamento de 20 t ha<sup>-1</sup> houve aumento na taxa de extração do herbicida da palha de cana-de-açúcar pelo incremento de cada milímetro de chuva simulada, de tal forma que, de acordo com o modelo aplicado, mais de 99% do metribuzin da máxima saída foi extraído quando a lâmina de chuva alcançou 30 mm. No entanto, para os tratamentos de 5, 10 e 15 t ha<sup>-1</sup>, o valor de mais de 99% de extração de metribuzin da palha de cana-de-açúcar pela chuva simulada foi alcançado já com 22, 21,5 e 24 mm, respectivamente.

Negrisoni et al. (2007), trabalhando com tebuthiuron, observaram que a aplicação sobre a palha de cana-de-açúcar resultou em excelente controle de *I. grandifolia*, com médias de 100% nesse mesmo período, quando ocorreu precipitação de 20 mm 24 horas após a pulverização. Esse resultado também foi observado por Negrisoni et al. (2009), trabalhando com o herbicida oxyfluorfen, demonstrando, portanto, a importância da chuva no processo de passagem do herbicida pela camada de palha.

Na Figura 2 são apresentados os dados ajustados para a transposição de metribuzin aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar, quando submetido à simulação de chuva 24 horas após a aplicação. Observa-se que houve maior transposição do metribuzin aplicado sobre 5 t ha<sup>-1</sup> de palha, quando comparada com as demais quantidades de palha; em 20 t ha<sup>-1</sup> ocorreu a menor transposição até a simulação da precipitação de 100 mm.

Cavenaghi et al. (2007), em estudo com metodologia semelhante, avaliando a dinâmica do herbicida amicarbazone em aplicação sobre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar, demonstraram que 76, 75, 63 e 58% do herbicida aplicado foi lixiviado por uma lâmina de 20 mm de chuva para 5, 10, 15 e





**Figura 2** - Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para transposição de metribuzin.

20 t de palha de cana-de-açúcar ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A quantidade de metribuzin extraída com as precipitações de 20 mm aos 7 e 14 dias após as primeiras chuvas, além das extraídas com 100 mm, nas diferentes quantidades de palha, estão demonstradas na Tabela 2.

Observa-se, na Tabela 2, que as precipitações de 20 mm aos 7 e 14 dias após as chuvas realizadas 24 horas depois da aplicação do metribuzin proporcionaram extração igual ou menor a 0,31% do que foi depositado, no momento da aplicação, mostrando que a

quantidade de produto não extraída pelas chuvas ficou retida na palha.

### Efeito dos intervalos entre a aplicação e a primeira chuva na lixiviação do metribuzin

Os resultados relacionados à dinâmica do herbicida metribuzin após diferentes períodos de permanência na palha estão apresentados na Tabela 3 e Figura 3.

Verifica-se na Tabela 3 que, nos tratamentos de 14 e 28 DAA, as estimativas de “a” do modelo de Mitscherlich aplicado, apesar de serem quantidades próximas daquelas obtidas pela simulação de chuva, indicam ser possível ainda se extrair pequena quantidade de herbicida metribuzin da palha de cana-de-açúcar pelo aumento da precipitação. Contudo, nos tratamentos de 0, 1 e 7 DAA, as estimativas de “a” são quantidades iguais às obtidas pela simulação de chuva; portanto, esses valores indicam que foi recuperada a máxima quantidade do herbicida metribuzin da palha de cana-de-açúcar. Observa-se também, nos tratamentos de 7, 14 e 28 DAA, que houve significativa redução na quantidade do metribuzin

**Tabela 2** - Quantidades de metribuzin extraídas com as chuvas de 100 mm e as precipitações de 20 mm aos 7 e 14 dias após as primeiras chuvas

Tratamento (t ha <sup>-1</sup> )	Precipitação simulada					
	100 mm		20 mm (7 dias)		20 mm (14 dias)	
	(g ha <sup>-1</sup> )	(%)	(g ha <sup>-1</sup> )	(%)	(g ha <sup>-1</sup> )	(%)
5	1.617,93	79,52	5,11	0,27	5,10	0,27
10	1.344,08	66,06	6,02	0,31	4,62	0,24
15	1.106,71	54,40	3,66	0,09	3,41	0,18
20	972,64	47,81	3,47	0,18	3,20	0,17

**Tabela 3** - Descrição da estimativa dos parâmetros das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo completo de Mitscherlich e do metribuzin transposto na simulação de chuva, nos diferentes períodos de permanência

Tratamento	Parâmetro do modelo de Mitscherlich			Quantidade transposta (g ha <sup>-1</sup> )	Valor F
	a	c	r <sup>2</sup>		
0 DAA	1.619,36	0,09	0,9940	1.619,36	1.176,57**
1 DAA	1.347,13	0,08	0,9933	1.347,13	963,54**
7 DAA	611,90	0,06	0,9871	611,90	505,05**
14 DAA	393,30	0,03	0,9972	392,81	444,83**
28 DAA	281,27	0,02	0,9926	276,75	724,04**

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

transposto em relação aos tratamentos de 0 e 1 DAA, sendo mais acentuada se comparada com o de 0 DAA. O período de permanência de 0 DAA foi o que apresentou maior transposição do herbicida. A redução da transposição do herbicida com o tempo de retenção na palha pode ser explicada pela maior vulnerabilidade deste à volatilização e/ou fotólise (Locke & Bryson, 1997).

Em relação ao parâmetro “c” do modelo de Mitscherlich, verifica-se (Tabela 3) que no tratamento de 28 DAA de período de permanência houve aumento na taxa de extração do herbicida da palha de cana-de-açúcar pelo incremento de chuva simulada. De acordo com o modelo aplicado, mesmo com 100 mm de simulação, apenas 98,39% do metribuzin foi extraído, comprovando a hipótese de que, na presença de precipitação maior que 100 mm, poderia haver maior transposição do produto. Para o tratamento de 14 DAA, o valor de mais de 99% de extração do produto da palha foi alcançado com de 68,50 mm de chuva. Entretanto, repetiu-se o mesmo que ocorreu com o tratamento de 28 DAA, porém menos acentuado, quando na presença de 100 mm chegou a extrair 99,88%, tendo, portanto, potencial de extração com incremento de mais uma precipitação nesse mesmo período. No entanto, para os tratamentos de 0, 1 e 7 DAA, o valor de mais de 99% de extração de metribuzin da palha de cana-de-açúcar pela chuva simulada foi alcançado já com 22,5, 26 e 33,5 mm, respectivamente (Figura 3).

A análise da Figura 3 indica que houve maior transposição do metribuzin com ocorrência de chuva em 0 DAA de permanência do produto, quando comparado com os demais tratamentos. Observou-se a menor transposição no tratamento de 1 DAA, que se tornou

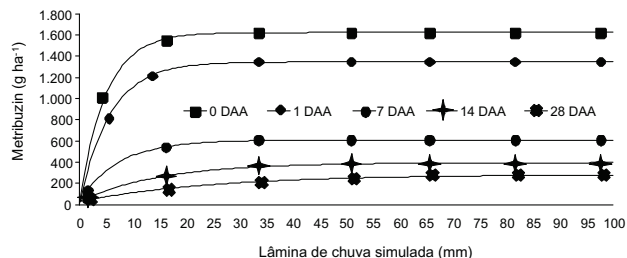


Figura 3 - Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para transposição de metribuzin.

mais acentuada nos tratamentos de 7, 14 e 28 DAA na quantidade de 10 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar. O mesmo comportamento foi observado por Tofoli et al. (2009), avaliando a dinâmica do herbicida tebuthiuron, em que a relação entre quantidade do herbicida lixiviado e tempo de permanência do herbicida na palha foi inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o tempo que o produto ficar em contato com a palha, menor será sua transposição, independentemente da quantidade de chuva simulada.

A quantidade de metribuzin extraída com a precipitação de 100 mm aos 0, 1, 7, 14 e 28 DAA e a precipitação de 20 mm aos 7 e 14 dias após esta primeira chuva, nos diferentes tratamentos de períodos de permanência do produto na palha, está demonstrada na Tabela 4. Observa-se que as precipitações de 20 mm aos 7 e 14 dias após as chuvas realizadas 24 horas depois da aplicação do metribuzin proporcionaram extração igual ou menor que 0,27% do que foi depositado no momento da aplicação, indicando que o produto não extraído pelas chuvas ficou retido pela palha.

Nas condições do estudo, conclui-se que a quantidade equivalente a 5 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar é suficiente para reter mais

Tabela 4 - Quantidades de metribuzin extraídas com as precipitações iniciais de 100 mm e de 20 mm aos 7 e 14 dias

Tratamento (DAA)	Precipitação simulada					
	100 mm		20 mm (7 dias)		20 mm (14 dias)	
	(g ha <sup>-1</sup> )	(%)	(g ha <sup>-1</sup> )	(%)	(g ha <sup>-1</sup> )	(%)
0	1.718,89	98,03	26,98	1,54	0,00	0,00
1	1.396,70	85,33	26,87	1,63	37,15	2,25
7	653,85	41,95	31,90	2,01	36,21	2,29
14	414,42	26,53	38,81	2,42	42,22	2,64
28	283,30	17,25	29,40	1,71	37,80	2,20



de 90% de metribuzin aplicado. A simulação de lâminas de chuva equivalentes a 20 a 30 mm iniciais é suficiente para promover transposição maior que 99% do metribuzin, independentemente das quantidades de palha de cana-de-açúcar. O produto é retido quando aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar e permanece por períodos de até 28 DAA sem chuva; a partir de 7 DAA a transposição do produto é menor que 40%, e chega a menos de 17% quando permanece por 28 DAA.

A simulação de lâminas de chuva equivalentes a 20 a 35 mm iniciais é suficiente para promover transposição maior que 99% do metribuzin quando as palhas permanecem por 0, 1 e 7 DAA sem chuva; no entanto, para 14 DAA são necessários 68,5 mm, e para 28 DAA a simulação de 100 mm acumulada transpõe menos que 99%.

## AGRADECIMENTOS

À Capes, pelo apoio.

## LITERATURA CITADA

- AZANIA, A. A. P. M. et al. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 207-212, 2002.
- CAVENAGHI, A. L. et al. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.
- CORREA, N. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004.
- JONES JR, R. E.; BANKS, P. A.; RADCLIFFE, D. E. Alachlor and metribuzin movement and dissipation in a soil profile as influenced by soil surface condition. **Weed Sci.**, v. 38, n. 2, p. 589-597, 1990.
- LAMOREAUX, R. J.; JAIN, R.; HESS, F. D. Efficacy of dimethenamid, metolachlor and encapsulated alachlor in soil covered with crop residue. **Brighton Crop Protec. Conf. Weeds**, v. 3, n. 3, p. 1015-1020, 1993.
- LOCKE, M. A.; BRYSON, C. T. Herbicide-soil interaction in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Sci.**, v. 45, n. 2, p. 307-320, 1997.
- MEIER, P. C.; ZUND, R. E. **Statistical methods in analytical chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1993. p. 105.
- NEGRISOLI, E. et al. Eficácia do herbicida oxyfluorfen com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 197-203, 2009.
- NEGRISOLI, E. et al. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2007.
- NEGRISOLI, E. et al. Deposition and leaching of tebutiuron on sugar cane straw applied with and without alkyl poyglycoside adjuvnt. **J. Environ. Sci. Health. Part B, Pestic. Food Contam. Agric. Wastes**, v. B40, n. 1, p. 207-214, 2005.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: IAPAR, 2005. 591 p.
- SILVA, F.M.L. et al. Controle de *Urochloa decumbens* e *Ipomoea triloba* pela associação de herbicidas com palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 200-209, 2011.
- SORENSEN, B. A.; SHEA, P. J.; ROETH, F. W. Effects of tillage, application time and rate on metribuzin dissipation. **Weed Res.**, v. 31, n. 6, p. 333-345, 1991.
- TOFOLI, G. R. et al. Dinâmica do tebutiuron em palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 815-821, 2009.
- VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz de Iguaçu. **Palestras...** Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 148-164.

