



## POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DE HERBICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

GUERRA, N. (NAPD/UEM, Maringá- PR - naiara.guerra@hotmail.com); OLIVEIRA JR. R.S.;  
CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A.M.; DAN, H.A.; TAKANO, H.K.; FORNAZZA, F.G.F.

**RESUMO:** A lixiviação corresponde ao transporte vertical dos agrotóxicos no perfil do solo com a água da chuva ou irrigação que infiltra pelos poros. O objetivo deste trabalho foi avaliar, em colunas de solo, o potencial de lixiviação de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar após a simulação de precipitações de 30 e 60 mm. Para isso dois ensaios foram conduzidos em casa de vegetação, um para a lâmina de 30 mm e outro para a de 60 mm. Ambos os ensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e disposto em esquema fatorial 11x5. O primeiro fator foi constituído pelos herbicidas: amicarbazone (1050), hexazinona (375), [diuron + hexazinona] ([1106 + 134]) - formulação 1, [diuron + hexazinona ([936 + 264]) - formulação 2, tebutiuron (800), imazapic (105), sulfentrazone (600), metribuzin (1440), oxyfluorfen (720), clomazone (900) e uma testemunha sem aplicação de herbicida que serviu como padrão de comparação. E o segundo por cinco faixas de profundidades nas colunas (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-25 cm). Os valores entre parênteses correspondem as doses dos herbicidas em gramas de ingrediente ativo por hectare ( $\text{g ha}^{-1}$ ). Os herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar apresentam distintos potenciais de lixiviação. De maneira geral maiores volumes de precipitação favorecem a maior movimentação destes herbicidas.

**Palavras-chave:** mobilidade, lâminas de precipitação, colunas de PVC.

### INTRODUÇÃO

Os mecanismos que determinam a distribuição dos agrotóxicos no ambiente são: a lixiviação, carreamento superficial, volatilização, sorção e degradação. A lixiviação corresponde ao transporte vertical dos agrotóxicos no perfil do solo com a água da chuva ou irrigação que infiltra pelos poros. É importante mencionar que diversos fatores relacionados ao solo, ao clima e à molécula do agrotóxico influenciam seu transporte no perfil do solo.

As duas propriedades mais importantes no que diz respeito ao processo de lixiviação são a sorção ( $K_d$ ,  $K_{oc}$ ,  $K_f$ ) e a meia-vida ( $t_{1/2}$ ) do produto. A sorção dita a disponibilidade de um pesticida na solução do solo e a meia-vida reflete a persistência no solo e, portanto, ambos regulam o potencial de lixiviação do pesticida. A solubilidade é de importância

secundária, embora solubilidades muito baixas possam limitar o transporte com a água (Oliveira Jr. & Regitano, 2009).

A avaliação da lixiviação de agroquímicos no solo pode envolver abordagens diretas ou indiretas. Estimativas diretas incluem a aplicação dos agroquímicos no campo ou em colunas de solo, podendo-se, portanto, controlar as condições ambientais com análises de amostras do solo em diferentes profundidades. As estimativas indiretas são baseadas na medida de parâmetros que utilizam modelos para avaliação do potencial de lixiviação dos agroquímicos no solo (Oliveira Jr. et al., 2001).

Por ser cultivada em larga escala e ter o crescimento inicial lento, a utilização do controle químico das plantas daninhas é ferramenta indispensável na condução da cultura da cana-de-açúcar, onde diversos herbicidas são aplicados anualmente (Southwick et al., 2002). Esse intenso uso de herbicidas faz com que nas áreas próximas ao cultivo de cana-de-açúcar seja registrada a maior ocorrência de resíduos de herbicidas em águas superficiais e subterrâneas (Southwick et al., 2002; Vivian et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em colunas de solo, o potencial de lixiviação de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar após a simulação de precipitações de 30 e 60 mm.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios foram conduzidos em casa de vegetação, localizada no Centro de Tecnologia de Irrigação (CTI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

As amostras de solo foram coletadas da profundidade de 0-20 cm, secas ao ar e peneiradas (2 mm). Este solo foi classificado como sendo de textura franco-arenosa, sendo constituído por 69% de areia, 29% de argila e 2% de silte. Com relação às características químicas, apresentou pH (H<sub>2</sub>O) de 5,9; 3,68 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>; 3,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>; 0,61 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 47,6 mg dm<sup>-3</sup> de P e 11,89 g dm<sup>-3</sup> de C.

Os experimentos consistiram da aplicação de diferentes herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar em colunas de PVC preenchidas com solo, sendo que para cada experimento foi simulada uma precipitação (30 ou 60 mm). Ambos os ensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e disposto em esquema fatorial 11x5. O primeiro fator foi constituído pelos herbicidas amicarbazone (1050), hexazinona (375), [diuron + hexazinona] ([1106 + 134]) -formulação 1, [diuron + hexazinona] ([936 + 264]) - formulação 2, tebuthiuron (800), imazapic (105), sulfentrazone (600), metribuzin (1440), oxyfluorfen (720), clomazone (900) e uma testemunha sem aplicação de herbicida que serviu como padrão de comparação. E o segundo por cinco faixas de profundidades nas colunas (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-25 cm). Os valores entre

parênteses correspondem as doses dos herbicidas em gramas de ingrediente ativo por hectare ( $\text{g ha}^{-1}$ ).

As unidades experimentais foram constituídas de colunas de solo montadas em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, previamente seccionadas longitudinalmente, para manter as duas metades unidas, estas foram fixadas com fita adesiva e amarradas com arame liso. Na parte inferior das colunas, foi colocada tela de polietileno com malha de 1 mm, presa por meio de borrachas, a fim de evitar a perda de solo. Cada coluna recebeu aproximadamente 3 kg de solo. Após o acondicionamento do solo, as colunas foram umedecidas por capilaridade por um período de 24 horas, quando o solo encontrava-se saturado até o topo da coluna. A seguir, as colunas foram mantidas sobre bancadas em casa de vegetação por 24 horas para que o excesso de água fosse drenado.

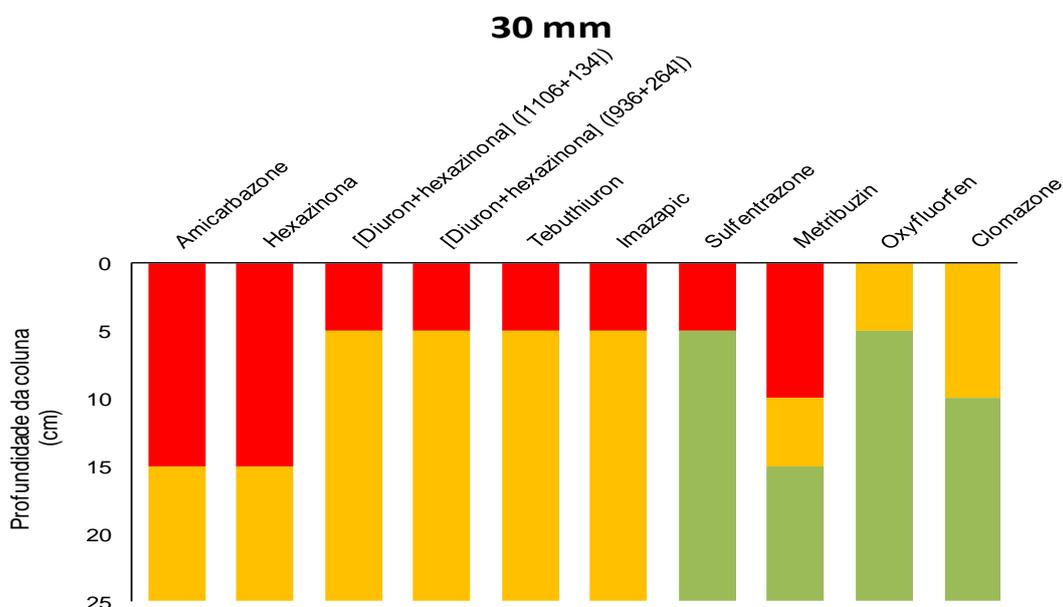
Os herbicidas foram aplicados no topo das colunas em 05/10/2011 (30 mm) e 02/12/2011 (60 mm), ambas às vezes com um pulverizador costal pressurizado com  $\text{CO}_2$ , munido de quatro pontas XR110.02, mantido à pressão de trabalho de  $2 \text{ kgf cm}^{-2}$ , o que resultou em um volume de calda de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ . No momento da aplicação do primeiro e do segundo ensaio, as condições ambientais eram de temperatura de 28 e  $30,4^{\circ} \text{C}$ , umidade relativa do ar de 63 e 57%, ventos de 1,3 e  $2,7 \text{ km h}^{-1}$ , respectivamente, e solo úmido para ambos os ensaios.

Um dia após a aplicação dos herbicidas foram simuladas no topo das colunas as precipitações equivalentes a 30 e 60 mm, uma para cada experimento. Vinte e quatro horas após a simulação das precipitações, as colunas tiveram as metades separadas longitudinalmente. Cada metade foi dividida em cinco seções de 5 cm a partir da superfície onde o herbicida foi aplicado (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-25 cm de profundidade). O solo de cada uma destas seções foi transferido para vasos de polietileno com capacidade de  $250 \text{ cm}^3$ . Em seguida, foram semeadas três sementes por vaso de pepino (*Cucumis sativus*), cuja planta é bioindicadora da presença dos herbicidas testados. As irrigações para a manutenção da umidade dos vasos foram feitas duas vezes ao dia em todos os tratamentos, por meio de um sistema de microaspersão.

Decorridos 21 dias da semeadura do bioindicador, o número de plantas vivas foi anotado e em seguida foi feito o corte da parte aérea rente ao solo. Este material foi pesado em balança de precisão a fim de se obter a massa fresca da parte aérea. A partir destes dados, foi calculada a porcentagem de inibição em relação à respectiva testemunha sem herbicida. Estes dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott. Segundo os sintomas observados foi confeccionado gráficos para representar o potencial de lixiviação destes herbicidas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

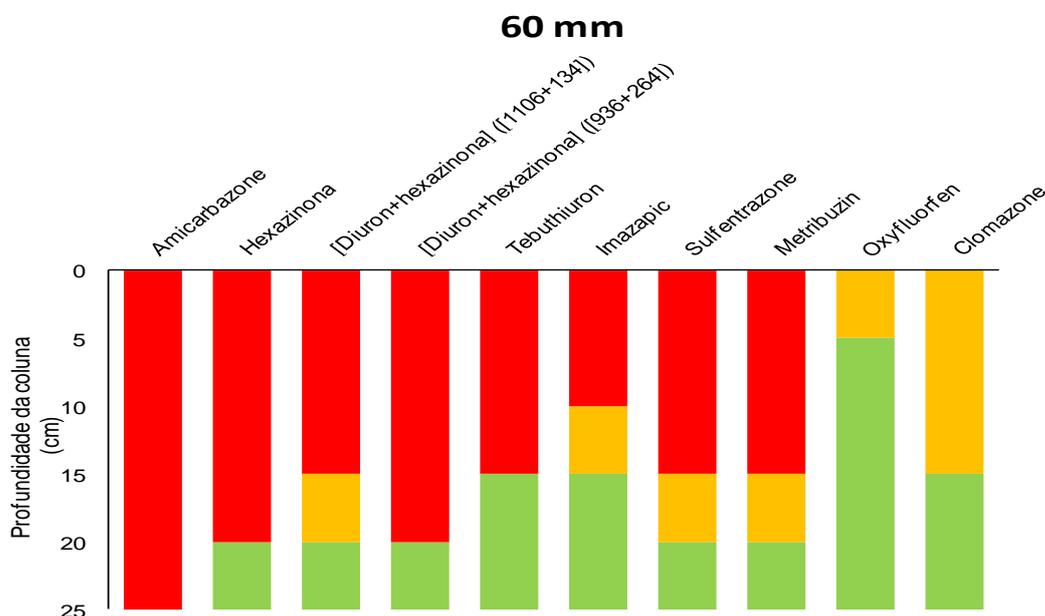
Os herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar possuem potencial de lixiviação bastante distinto, principalmente quando são simuladas diferentes lâminas de precipitação. Podemos observar na Figura 1, que a simulação da lâmina de 30 mm de precipitação foi suficiente para promover o deslocamento da maioria dos herbicidas por toda a extensão da coluna (25 cm de profundidade). No entanto, para os herbicidas amicarbazone e hexazinona notou-se maiores porcentagens de inibição do bioindicador até os 15 cm de profundidade. Os herbicidas [diuron+hexazinona] [1106+134] e [936+264], tebuthiuron e imazapic também percorreram toda a extensão da coluna, todavia, as maiores inibições das plantas de pepino ocorreram quando somente nos 5 cm iniciais. O sulfentrazone e oxyfluorfen foi detectado pelo bioindicador apenas nos 5 cm iniciais, enquanto que o metribuzin e o clomazone até 15 e 10 cm, respectivamente.



**Figura 1.** Lixiviação de herbicidas após simulação de lâminas de precipitação de 30 e 60 mm. Vermelho: promoveu inibição do bioindicador em relação à testemunha superior a 30%, com sintomas evidentes de intoxicação. Amarelo: inibição do bioindicador em relação a testemunha inferior a 30%. Verde: ausência de inibição do bioindicador em relação à testemunha.

A lâmina de 60 mm de precipitação promoveu maior movimentação da maioria dos herbicidas se comparado com a lâmina de 30 mm. O amicarbazone lixiviou por toda a coluna, provocando morte das plantas de pepino ao longo dos 25 cm da coluna. Os herbicidas [diuron+hexazinona] [1106+134] e [936+264], hexazinona, sulfentrazone e metribuzin atingiram a profundidade de 20 cm. Tebuthiuron, imazapic e clomazone foram

detectados até 15 cm e o oxyfluorfen ficou praticamente imóvel na coluna sendo detectado apenas nos 5 cm iniciais, mesmo com a simulação de 60 mm de precipitação (Figura 2).



**Figura 2.** Lixiviação de herbicidas após simulação de lâminas de precipitação de 60 mm. Vermelho: promoveu inibição do bioindicador em relação à testemunha superior a 30%, com sintomas evidentes de intoxicação. Amarelo: inibição do bioindicador em relação a testemunha inferior a 30%. Verde: ausência de inibição do bioindicador em relação à testemunha.

## CONCLUSÃO

Os herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar apresentam distintos potenciais de lixiviação. De maneira geral maiores volumes de precipitação favorecem a maior movimentação destes herbicidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OLIVEIRA JR, R.S.; KOSHINEN, W.C.; FERREIRA, F.A. Sorption and leaching potential of herbicides on Brazilian soils. **Weed Research**, v. 41, pp. 97-110, 2001.
- OLIVEIRA JR, R.S.; REGITANO, J.B. Dinâmica de pesticidas no solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. **Química e mineralogia do solo**. Viçosa, 2009. p.187-248.
- SOUTHWICK, L. M. et al. Potential influence of sugarcane cultivation on estuarine water quality of Louisiana's gulf coast. **J. Agric. Food Chem.**, v. 50, n. 15, p. 4393-4399, 2002.
- VIVIAN, R. et al. Persistência e lixiviação de ametryn e trifloxysulfuron-sodium em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 111-124, 2007.