

1 **AVALIAÇÃO DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA**
2 **SOBRE E SOB A PALHA, EM CANA CRUA E O DESTINO AMBIENTAL¹**

3 **Luiz Lonardoní Foloni**

4 FEAGRI- UNICAMP. C.Postal 6311. 13083-970 Campinas SP.

5 **RESUMO:** Objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de vários herbicidas isolados ou
6 associados, aplicados em pós-emergência, na cultura da can- soca, colhida mecanicamente
7 no sistema cana crua, procurando evidenciar diferenças no seu desempenho quando
8 aplicados sobre ou sob a palha. Ainda dentro do conceito de sustentabilidade e avaliação de
9 risco ambiental, quantificar os comportamentos nos quais estes produtos apresentam maior
10 risco. O experimento foi conduzido em Bariri – SP, em áreas da Usina Della Colletta,
11 Fazenda Santo Antonio, em cana soca (cultivar RB 72 754) colhida mecanicamente. Foi
12 utilizada a cana soca de quarto corte, plantada no espaçamento de 1,40 m, em solo Argiloso
13 Vermelho Amarelo . Foi empregado o delineamento experimental de blocos ao acaso com
14 14 tratamentos (trifloxysulfuron-sodium+ametrina 720 e 960; mesotrione 182 e 292,6;
15 mesotrione+ametrina 292,6+1500; mesotrione+trifloxysulfuron-sodium 182,8+720;
16 metribuzin 2680; trifloxysulfuron-sodium+ametrina + hexazinone+diuron 720+900;
17 amicarbazone 45; hexazinone+diuron 1320; trifloxysulfuron-sodium+sulfentrazone
18 720+700 g i.a/ha; testemunha; testemunha capinada) e 4 repetições (sobre e sob a palha)
19 disposta lado a lado. As avaliações realizadas foram fitotoxicidade aparente, altura, stand,
20 eficiência no controle da *Digitaria horizontalis*, *Cenchrus echinatus*, *Emilia fosbergii* e
21 *Sida cordifolia*, números de internódios e o primeiro internódio. O modelo matemático foi
22 o nível I de fugacidade utilizando os compartimentos ar, água, solo, sedimento, biota, raiz,
23 caule e folha. Os resultados obtidos para os herbicidas isolados ou associados, aplicados
24 em pós-emergência, em área total da cultura da cana-de-açúcar, foram altamente eficientes
25 no controle das principais plantas daninhas presentes. A aplicação destes herbicidas sobre
26 ou sob a palhada da cana crua, não mostrou diferença na eficiência de controle ou sobre os
27 demais parâmetros avaliados. A aplicação do modelo de fugacidade objetivando avaliar o
28 comportamento preferencial, mostrou que todos os herbicidas tendem a ter maior
29 distribuição no compartimento água.

30 **Palavras-chave:** avaliação ambiental, eficiência, fugacidade, planta daninha, pesticidas,
31 *Saccarum officinarum*

1

1 Algumas usinas de ponta têm avaliado que a presença da quantidade de palha
2 deixada na cultura, notadamente as da colheita mecânica da cana crua tem diminuído a
3 germinação e rebrota da soqueira.

4 O controle químico é o método mais utilizado na cultura de cana-de-açúcar, em
5 razão de haverem inúmeros produtos eficientes registrados para esta cultura no Brasil.
6 Além disso, é um método econômico e de alto rendimento, em comparação com outros.
7 Em consequência disso, a cultura da cana-de-açúcar, tradicionalmente plantada em
8 grandes áreas, assimilou muito rápido esta tecnologia, sendo hoje a segunda cultura em
9 consumo de herbicidas no Brasil. (Procópio et al., 2000).

10 Uma série de trabalhos desenvolvidos por Rodrigues (1993), Martins et al. (1999),
11 Rodrigues et al. (1999 e 2000) e Velini et al. (2000 a e b; 2002 a e b) sobre a eficácia de
12 herbicidas em presença ou não da palha na superfície, mostraram que estes produtos
13 respondem de forma diferenciada no desempenho do controle de plantas daninhas, devido
14 à forma como são liberados para o solo.

15 Velini & Negrisoni (2000) propuseram que uma forma ideal para evitar tais
16 problemas seria a adaptação do pulverizador nas colheitadeiras mecânicas, de forma que a
17 aplicação ocorresse após o corte e antes da palha atingir o solo. Hoje este conceito começa
18 a tomar força entre algumas usinas.

19 De forma geral, pode-se dizer que todos os herbicidas aplicados na cultura,
20 atingem o solo. Assim, a dinâmica é governada pelos processos de: (i) transformação ; (ii)
21 transporte; e (iv) interação desses processos. Os atributos do solo (textura, estrutura, teor
22 de matéria orgânica, pH, capacidade de troca catiônica (CTC), conteúdo de água, relevo,
23 composição das populações de microorganismos e equilíbrio nutricional); do ambiente ; as
24 propriedades físico-químicas dos herbicidas; a tecnologia de aplicação; a presença ou
25 ausência de plantas e os tipos de manejos utilizados na cultura influenciam diretamente os
26 processo que determinam o destino final dos herbicidas no solo (Christofolletti et al.,
27 2005).

28 No Brasil, a questão da avaliação do impacto ambiental quando da utilização de
29 produtos fitossanitários é recente e são escassos os estudos referentes ao tema. Este
30 assunto começou a ter importância após a publicação da lei 7802 de junho de 1989.

31 Uma forma possível de predição dos destinos consiste na utilização de modelos
32 matemáticos que, com uma série de dados e modelos ajustados, procura determinar como e
33 quais compartimentos podem ser afetados. Embora o conceito de fugacidade não seja novo,
34 no Brasil apenas alguns estudos teóricos e raras pesquisas de campo avaliam essa

1 propriedade, principalmente para o comportamento de produtos fitossanitários no meio
2 ambiente. A fugacidade pode ser um novo caminho e, talvez, o melhor meio de quantificar
3 o transporte, bioacumulação e transferência entre os compartimentos (ar, água, solo,
4 sedimento, biota, sólido suspenso e outros) (Plese et al., 2004; Plese et al., 2005; Plese et
5 al., 2006a e b; Paraíba et al., 2007). Um modelo matemático utilizando o conceito de
6 fugacidade foi desenvolvido por Mackay (1979), cuja característica foi apresentar vários
7 níveis de complexidade dos cálculos, dependendo das necessidades de modelagem e
8 disponibilidade dos dados.

9 O objetivo do presente trabalho foi de avaliar a eficiência de vários herbicidas
10 isolados ou associados, aplicados em pós-emergência, na cultura da cana soca, colhida
11 mecanicamente no sistema cana-crua, procurando evidenciar diferenças no seu
12 desempenho quando aplicados sobre ou sob a palha. Ainda dentro do conceito de
13 sustentabilidade e avaliação de risco ambiental, quantificar os comportamentos nos quais
14 estes produtos apresentam maior risco.

16 MATERIAL E MÉTODOS

17 O experimento foi conduzido no município de Bariri – SP, em áreas da Usina
18 Della Colletta, Fazenda Santo Antonio, em área de cana soca colhida mecanicamente em
19 dezembro de 2006. A cultura da cana-de-açúcar foi implantada, em março de 2002,
20 cultivar RB 72 754, sendo cana soca de quarto corte, plantada no espaçamento de 1,40 m,
21 em solo argiloso. Foi empregado o delineamento experimental de blocos ao acaso com 14
22 tratamentos e 4 repetições, compreendendo cada parcela uma área de 4,0 m x 5,0 m
23 perfazendo 20,0 m² de área tratada, para cada tipo de aplicação (sobre e sob a palha)
24 disposta lado a lado. Os dados médios de controle (%) foram comparados estatisticamente
25 pelos testes de Tukey a 5% e F. Os tratamentos com as respectivas doses encontram-se
26 expressos na Tabela 1.

27 A composição do complexo florístico por ocasião da aplicação era composta de
28 *Digitaria horizontalis* (15 pl m⁻²), *Cenchrus echinatus* (10 pl m⁻²), *Emilia fosbergii* (5 pl
29 m⁻²) e *Sida cordifolia* (10 pl m⁻²).

30 Os tratamentos herbicidas foram pulverizados em 10 de fevereiro de 2007 em área
31 total da parcela, empregando equipamento de precisão a gás carbônico (CO₂) da marca
32 R&D Sprayers, provido de barra compensada, contendo 4 bicos de jato planto marca
33 TeeJet XR 110,02, espaçados entre si de 0,50 m, promovendo 2,0 m de largura efetiva,
34 operado a 278 KPa (2,78 Kgf cm⁻² ou 40,0 psi), e volume de aplicação de 150 L ha⁻¹. As

1 condições ambientais verificadas por ocasião da aplicação foram temperaturas do ar, 31,7°
2 C a 34,3° C, umidade do ar entre 76% a 61%, velocidade do vento entre 3 a 6 km h⁻¹ com
3 direção predominante sudoeste e cobertura do céu em 80%, e solo úmido. Nas parcelas
4 onde os herbicidas teriam que ser aplicados sob a palha, esta foi retirada manualmente e
5 após aplicação retornada sobre a área na mesma proporção.

6 Foram efetuadas avaliações de seletividade (fitotoxicidade aparente, utilizando a
7 escala EWRC (1984) e eficiência agronômica, de forma visual aos 15, 30 e 60 DAT (dias
8 após tratamento – DAT), empregando a escala percentual, onde zero (0%) representa
9 nenhum controle e cem (100%) o controle total, comparado a testemunha sem capina
10 (SBCPD, 1995). Foi realizada ainda a biometria na avaliação final, correspondendo ao
11 desenvolvimento da cultura (altura da última lígula visível do solo até o ápice – em cm),
12 Stand (contagem do número de perfilhos por metro linear) e medida do diâmetro médio do
13 1° internódio.

14 O cálculo da distribuição ambiental dos herbicidas estudados foi utilizado das
15 características físico-químicas dos herbicidas (Tomlin, 2001), necessárias para aplicação
16 do modelo de fugacidade nível I (Mackay, 1991). Os compartimentos estudados foram ar,
17 água, solo, sedimento, biota, raiz, folha e caule. Os parâmetros dos compartimentos
18 utilizados para o cálculo foi volume (m³) e para água, solo, sedimento, folha, caule e raiz
19 foram utilizados a densidade (kg m⁻³). O solo e sedimento também foram utilizados a
20 fração de carbono orgânico (%). Para os cálculos de fugacidade (Pa), concentração (g m⁻³),
21 capacidade de fugacidade (mol m⁻³ Pa⁻¹) e a quantidade do herbicida em cada
22 compartimento (%) (Mackay & Paterson, 1981; Mackay, 1991).

23 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

24 Os resultados observados demonstraram que todos os herbicidas isolados ou
25 associados, em todas as doses avaliadas foram altamente eficientes no controle das
26 principais plantas daninhas presente, tais como a *Digitaria horizontalis*, *Cenchrus*
27 *echinatus*, *Emilia fosbergii* e *Sida cordifolia*.

28 A comparação da eficiência obtida com as aplicações entre os dois sistemas de
29 aplicação, sobre e sob a palha, não mostraram diferenças, tendo em vista que para a
30 maioria dos tratamentos e doses avaliadas o controle foi total. Assim, pode-se inferir que a
31 cobertura propiciada pela massa vegetal da palha remanescente da colheita da cana crua,
32 estimada em 15 t ha⁻¹, auxiliou sobremaneira o controle das principais plantas daninhas
33 presentes, e assim, na eficiência dos herbicidas utilizados, no período considerado crítico,
34 utilizado no presente trabalho.

1 A avaliação da seletividade dos herbicidas nas avaliações de 15, 30 e 60 DAT não
2 mostraram sintomas de fitotoxicidade aparente para nenhum dos tratamentos avaliados.

3 A biometria realizada na última avaliação aos 60 DAT, para a altura da última
4 lígula visível, para o stand (número de perfilhos m^{-1}), e para os números de internódios
5 também não mostraram diferenças significativas entre as diferentes formas de aplicação
6 utilizada.. Os dados do diâmetro médio do 1º internódio, também não mostraram
7 diferenças significativas entre os diferentes tratamentos herbicidas e com a forma de
8 aplicação.

9 Com relação ao comportamento ambiental foram determinados os compartimentos
10 preferenciais para cada herbicida (princípio ativo) utilizados. Os diagramas de distribuição
11 dos vários herbicidas pelos vários comportamentos ambientais avaliados, encontram-se
12 representados na Figura 1. Assim uma análise geral, mostra que todos os herbicidas
13 estudados, segundo a tendência da movimentação destes produtos nos diferentes
14 compartimentos avaliados pela análise da fugacidade que o compartimento água foi o
15 compartimento preferencial, portanto estão sujeitos mais a movimentação no solo pelo
16 fator água do que pelo fator palha. Assim, do ponto de vista de eficácia; de acordo com
17 esta análise, não fez diferença a aplicação sobre ou sob a palha, já que as primeiras chuvas
18 foram capazes de levar os produtos até o solo, e neste a sua redistribuição na zona de
19 atuação sobre o banco de sementes ou sobre o sistema radicular para ser absorvido pelas
20 plantas daninhas.

21 Os resultados obtidos no presente experimento permitem concluir que:

22 - Os herbicidas trifloxissulfuron+diuron, mesotrione, metribuzin, ametrina,
23 hexazinone+diuron, amicarbazone e sulfentrazone isolados ou associados, aplicados em
24 pós-emergência, em área total da cultura da cana-de-açúcar, foram altamente eficientes no
25 controle das principais plantas daninhas presentes;

26 - A aplicação destes herbicidas sobre ou sob a palhada da cana crua, não mostrou
27 diferença na eficiência de controle ou sobre os demais parâmetros avaliados;

28 - A aplicação do modelo de fugacidade objetivando avaliar o comportamento
29 preferencial, mostrou que todos os herbicidas tendem a ter maior distribuição no
30 compartimento água. De forma geral, em função desta preferência, a aplicação destes
31 produtos não mostrou diferença nas duas formas aplicadas, sobre ou sob a palhada da cana
32 crua, pois as primeiras chuvas redistribuíram o produto.

33 34 **LITERATURA CITADA**

1 CHRISTOFOLETI, P.J.; OVEJERO, R.F.L.; CARVALHO, S.J.P. Dinâmica dos
2 herbicidas aplicados no solo na cultura da cana-de-açúcar. Alcoobrás, Ano VII, n.93, p.55-
3 60, 2005.

4 EUROPEANWEED RESEARCH COUNCIL (EWRC) Report of 3 rd and 4rd meetings of
5 EWRC. Cites of methods in weed research. Weed Res., v.4, p.88, 1964.

6 LEWIS, G.N. The law of physico-chemical change. Proc. American Academy, v.37, p.49-
7 69, 1901.

8 MACKAY, D. Finding fugacity feasible. Environ. Sci. Technol., v.13, n.10, p.1216-
9 1223, 1979.

10 MACKAY, D.; PATERSON, S. Calculating fugacity. Environ. Sci. Technol., v.15, n.9,
11 p.1006-1014, 1981.

12 MACKAY, D. Multimedia environmental models: the fugacity approach. Michigan. Lewis
13 Publishers. 1991. 257p.

14 MARTINS, D.; VELINI, E.D.; MARTINS, C.C.; SOUZA, L.S. Emergência em campo de
15 dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. Planta Daninha,
16 v.17, n.1, p.151-161, 1999.

17 PARAÍBA, L.C.; PLESE, L.P.M.; FOLONI, L.L.; CARRASCO, J.M.. Simulation of the
18 fate of the insecticide carbofuran in a rice field using a level IV fugacity model. Spanish J.
19 Agr. Res., v.5, n.1, p.41-50, 2007.

20 PLESE, L.P.M. SILVA, C.L. da; FOLONI, L.L.; PARAIBA, L.C. Previsão do destino
21 ambiental dos principais herbicidas aplicados na cultura do arroz. CONGRESSO
22 BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, São Pedro, Anais...,
23 2004, Resumo Expandido, CD-ROM.

24 PLESE, L.P.M. FOLONI, L.L.; PARAÍBA, L.C. Fugacity concept for prediction of
25 carbofuran environmental behaviour in irrigated rice crops. THE BCPC
26 INTERNATIONAL CONGRESS, Glasgow, Congress Proceedings, 2005, v.2, p.803-
27 808.

28 PLESE, L.P.M.; SILVA, C.L. da; FOLONI, L.L. Previsão da distribuição ambiental dos
29 herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. CONGRESSO BRASILEIRO DA
30 CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, Brasília, Anais..., 2006a, p.133.

31 PLESE, L.P.M.; SILVA, C.L. da; FOLONI, L.L. Previsão da distribuição ambiental dos
32 herbicidas utilizados na cultura do milho. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA
33 DAS PLANTAS DANINHAS, 25, Brasília, Anais..., 2006b, p.134.

1 PROCÓPIO, S.O.; DA SILVA, A.A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F.A. Manejo de plantas
2 daninhas na cultura d cana-de-açúcar. Viçosa-MG, 2003. 150p.

3 RODRIGUES, B.N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas
4 imazaquim e clomazone. Planta Daninha, v.11, n.1/2, p.21-28, 1993.

5 RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.U.; FORNAROLLI, D. A.Influência da
6 cobertura morta no comportamento do Herbicida sulfentrazone. Planta Daninha, v.17, n.3,
7 p.445-458, 1999.

8 RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.U.; ULBRICH, A.V.; FORNAROLLI, D. A.
9 Influência da cobertura morta na retenção do imazaquim em plantio direto de soja. Planta
10 Daninha, v.8, n.2, p.231-239, 2000.

11 SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS (SBCPD)
12 Procedimentos para instalação, Avaliação e Análise de Experimentos com herbicidas.
13 Londrina, PR, SBCPD, 1995, 42p.

14 TOMLIN, C.D.S., 2000. The Pesticide Manual. British Crop Protection Council, Farnham.

15 VELINI, E. D.; CAVENAGHI, A.L.; MARTINS, D; MAGALHÃES, P.M. Dinâmica do
16 tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA
17 DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Londrina:SBCPD,
18 2000a, p.389.

19 VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In:
20 CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Foz de
21 Iguaçu, Livro de Palestras... Foz de Iguaçu: SBCPD, 2000, p.148-164.

22 VELINI, E. D.;TOFOLI, G. R.; CAVENACHI, A. L.; MARTINS D.; MAGALHÃES, P.
23 M. Dinâmica de tebuthiuron em palhada de cana-de-açúcar. Efeito de lâminas de chuva,
24 formação, nível de umidade e quantidade da palha no momento da aplicação. In:
25 CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002,
26 Londrina. Resumos... Londrina:SBCPD, 2002a, p.154.

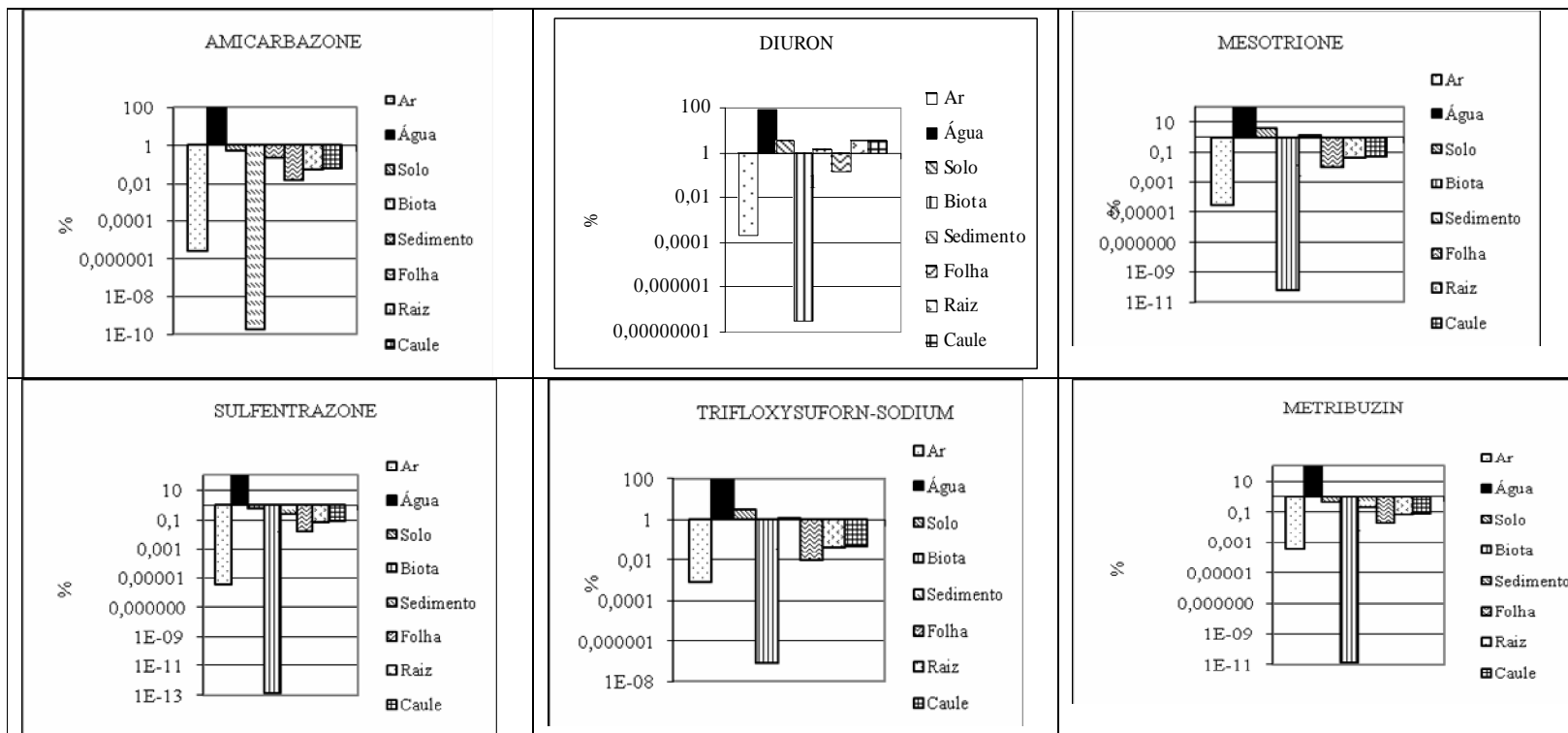
27 VELINI, E. D.;TOFOLI, G. R.; CAVENACHI, A. L.; MARTINS D.; MAGALHÃES, P.
28 M. Dinâmica de tebuthiuron em palhada de cana-de-açúcar. Efeito do orvalho, lâminas e
29 intervalos sem chuva após a aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA
30 DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. Resumos... Londrina:SBCPD, 2002b,
31 p.155.

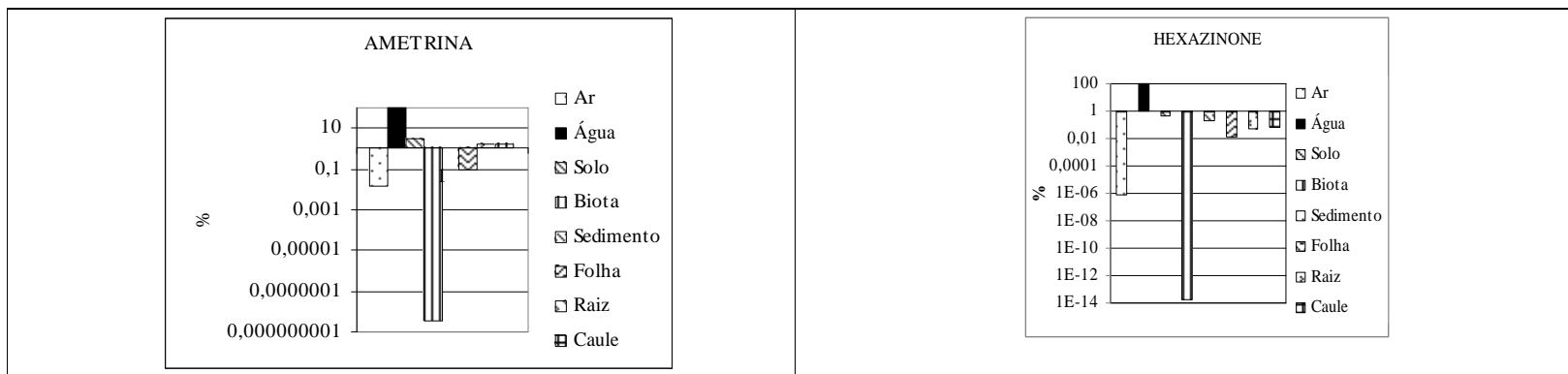
32

1 **Tabela 1** - Herbicidas testados no experimento de tipo de aplicação, doses aplicadas, respectivamente, em ingrediente ativo (i.a.) e produto
 2 comercial por hectare.

Nomes		Dose por ha	
COMUM	COMERCIAL	i.a. gramas	Formulado (L ou kg)
Testemunha			
Testemunha capinada			
Trifloxysulfuron sodium + Ametrina	Krismat	720	1,50
Trifloxisulfuron sodium + Ametrina	Krismat	960	2,00
Mesotrione	Callisto	182,8	0,25
Mesotrione	Callisto	292,6	0,40
Mesotrione + Ametrine	Callisto + Gesapax	292,6+1500	0,40+3,00
Mesotrione + T.sodium	Callisto + Krismat	182,8+720	0,25+1,50
Metribuzim	Sencor	2680	4,00
(T. sodiun + Ametrine)+(Hexazinone + Diuron)	Krismat + Velapr k	720+900	1,50+1,50
Amicarbazone	Dinamic	45	0,15
Sulfentrazone + Ametrine	Boral + Gesapax	700	1,40+3,00
Hexazinone + Diuron	Velpar k	1320	2,20
(T. sodium + Ametrina) + Sulfentrazone	Krismat + Boral	720+700	1,50+1,40

3 Nos tratamento trifloxysulfuron sodium + ametrina (720 e 960 i.a. g) e mesotrione (182,8 i.a. g) foram adicionados Agral a 0,2% v/v.
 4 .
 5
 6





1 Figura 1 – Diagramas da distribuição dos herbicidas pelos vários compartimentos ambientais estudados na cultura da cana-de-açúcar,
 2 após aplicação do modelo de Mackay (1991).
 3