**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em
diferentes condições de restrição hídrica no solo na cultura da cana-
de-açúcar**

Samuel Neves Rodrigues Alves

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2010**

Samuel Neves Rodrigues Alves
Engenheiro Agrônomo

Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes condições de restrição hídrica no solo na cultura da cana-de-açúcar

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO VICTORIA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Alves, Samuel Neves Rodrigues

Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes condições de restrição hídrica no solo na cultura de cana-de-açúcar / Samuel Neves Rodrigues Alves. - - Piracicaba, 2010.
126 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Água no solo 2. Cana-de-açúcar 3. Herbicidas - Efeitos 4. Palhas 5. Plantas daninhas - Controle 6. Seca I. Título

CDD 633.61
A474e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus queridos pais, José Rodrigues Alves Neto e
Luisa Helena Franchini Neves Rodrigues Alves,

DEDICO

A minha amada esposa Flávia Manduca Ferreira Rodrigues Alves,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- À Deus em primeiro lugar por iluminar meu caminho, pelo amor e paz concedidos em todos os momentos da minha vida;
- Aos meus queridos pais José Rodrigues Alves Neto e Luisa Helena Franchini Neves Rodrigues Alves, pelo exemplo de vida, apoio e confiança de sempre;
- Aos meus irmãos Rafael, Daniel e Thaís pela amizade insubstituível;
- À minha amada esposa Flávia Manduca Ferreira Rodrigues Alves pela compreensão, carinho e paciência em todos os momentos;
- Ao Professor Dr. Ricardo Victoria Filho pela orientação, amizade, colaboração, ensinamentos e contribuições à minha formação profissional;
- À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, pela oportunidade para realização deste trabalho;
- À DuPont do Brasil, em especial a Carlos Alberto Lovatto e Nilton Cesar Picinato, pela disponibilização da área para realização das pesquisas;
- À Usina São João, em especial a Fernando Palma e Carlos Rodrigues, pela disponibilização da área e compreensão da importância da pesquisa;
- Ao amigo Alan Rodrigo Panosso pelo auxílio nas análises estatísticas;
- Aos Engenheiros Agrônomos Roberto Estevão Bragion de Toledo e Danilo de Brito Garcia pelas sugestões, amizade e paciência;
- Aos amigos e companheiros de trabalho: Alexandre Padovani, Marco Lima, Eduardo Oriani, Luis Cunha, Edison Hidalgo, João Cason, Fabio Silva, Ronaldo Chiavegato, Orlando Garcia, Edivaldo Panini, Paula Meireles e Cleber Maciel pelas inúmeras contribuições prestadas, longas conversas, sugestões e amizade;

- À Luciane Aparecida Lopes por todo auxílio, dedicação e paciência;
- Aos grandes amigos da República K-roça: Gustavo Baptista, Thiago Quintino, Tiago Segato, Daniel Amhaz, José Augusto Buissa, Paulo Rossi e Leandro Boncompagni, por todos os momentos, experiências e amizade durante minha vida acadêmica;
- Aos amigos na Ciência das Plantas Daninhas Marcell Godoi Chiovato, Livia Weyand Marcolini e Fernanda Satie Ikeda.
- A todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho;

MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
Referências	20
2 INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PERÍODOS DE RESTRIÇÃO HÍDRICA NA ATIVIDADE RESIDUAL DE HERBICIDAS EM DIFERENTES ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS PRESENTES NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	23
Resumo	23
Abstract	23
2.1 Introdução	24
2.2 Material e Métodos	26
2.4 Conclusões	43
Referências	44
3 EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA NA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CONDIÇÃO DE RESTRIÇÃO HÍDRICA	49
Resumo	49
Abstract	50
3.1 Introdução	50
3.2 Material e Métodos	54
3.3 Resultados e Discussão	57
3.4 Conclusões	75
Referências	75
4 INFLUÊNCIA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR E DIFERENTES PERÍODOS DE RESTRIÇÃO HÍDRICA SOBRE A EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA	83
Resumo	83
Abstract	84

4.1 Introdução	85
4.2 Material e Métodos	90
4.3 Resultados e Discussão	94
4.4 Conclusões	115
Referências	116
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	125

RESUMO

Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes condições de restrição hídrica no solo na cultura da cana-de-açúcar

Devido às questões de planejamento e operações agrícolas, é utilizado cada vez mais, no setor produtivo da cana-de-açúcar, o controle químico de plantas daninhas durante o período seco do ano, uma vez que mesmo em menores densidades populacionais, podem prejudicar o desenvolvimento da cultura. Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se avaliar a eficácia de herbicidas, em condição de pré-emergência e períodos de restrição hídrica, para o controle das principais espécies de plantas daninhas presentes nos canaviais. Para tanto, dois experimentos foram desenvolvidos em campo, sendo um em fazenda de produção comercial, próxima a Usina São João, no município de Araras-SP; e outro na Estação Experimental Agrícola (EEA) da DuPont do Brasil S/A, no município de Paulínia-SP, em que, sob condições controladas, estudou-se a atividade residual dos herbicidas quando submetidos a diferentes períodos de restrição hídrica. Em complementação, outro trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação, também em Paulínia, a fim de se verificar a interação dos herbicidas com a palha da cultura e submetidos a diferentes períodos de restrição hídrica. Os herbicidas diuron+hexazinone+sulfometuron-methyl, isoxaflutole, imazapic e clomazone+hexazinone foram avaliados nas doses (1206+340+29 e 1386,9+391+33,35; 133; 165 e 1000+250 g.ha⁻¹) para os ensaios conduzidos na EEA e (1085+306+26,1 e 1206+340+29; 150; 126 e 920+230 g.ha⁻¹) para o experimento conduzido na Usina. As espécies de plantas daninhas avaliadas foram: *Ipomoea triloba* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Euphorbia heterophylla* L. para os experimentos no campo, e estas, mais *Panicum maximum* L. para o experimento conduzido em casa-de-vegetação. No campo, o herbicida diuron+hexazinone+sulfometuron-methyl mostrou-se eficaz para controle das espécies avaliadas, em ambas as doses, e pouco sensível aos períodos de restrição hídrica, sendo que para *B. decumbens* a maior dose foi mais eficaz. Em casa-de-vegetação, foi observada excelente eficácia, sem influência dos períodos de restrição hídrica, em ambas as doses, para leiteiro e capim-braquiária e verificou-se que a maior dose desse herbicida foi mais eficaz, nos maiores períodos de restrição hídrica, para *P. maximum* e *I. triloba*. Para isoxaflutole apenas o controle de *B. decumbens* deu-se de maneira satisfatória para as condições de campo, e para o experimento em casa-de-vegetação, o controle das espécies gramíneas foi eficaz apenas para os menores períodos de restrição hídrica, sendo para as dicotiledôneas, insatisfatório. Os períodos de restrição hídrica e a atividade residual influenciaram a eficácia de imazapic nos diferentes experimentos, à exceção de *I. triloba* para os ensaios a campo e *B. decumbens* na ausência de restrição hídrica sobre a palha. O controle do leiteiro por clomazone+hexazinone sofreu influência dos períodos de restrição hídrica e apresentou queda na atividade residual ao longo das avaliações, sendo que o herbicida mostrou bons níveis de controle para *I. triloba* e *B. decumbens* nos ensaios de campo, independente do período de restrição hídrica. Já para o ensaio de casa-de-vegetação, ocorreu influência do período de restrição hídrica e atividade residual.

Palavras-chave: Controle-químico; Palha; Gramíneas; Folhas largas; Persistência

ABSTRACT

Residual activity of herbicides applied at pre-emergence in sugarcane and submitted to different soil drought periods

Due to concerns related to planning and agricultural practices in sugarcane production, the chemical control of weeds during dry seasons has become a common practice. Even though the weed density is lower during this season it may still cause a significant reduction in cane yield. Therefore, this study aimed at evaluating the efficacy of herbicides applied at pre-emergence when submitted to different drought periods, for the control of the major weed flora commonly found in sugarcane plantations. To achieve this goal two field experiments were carried out: one experiment in a commercial field, near the São João Mill, located in the Araras County, in São Paulo State, Brazil; a second experiment at the Paulínia Experimental Station (EEA), from Dupont do Brasil S/A, in the County of Paulínia, São Paulo, Brazil, where the residual activity of the herbicides was studied under controlled conditions. As a complement, a greenhouse study was also conducted at EEA in order to verify the interaction of the respective herbicides with sugarcane straws and the drought periods. The herbicides diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, isoxaflutole, imazapic and clomazone + hexazinone were evaluated in the following doses: (1206+340+29 and 1386.9+391+33.35+133; 165 and 1000+250 g.ha⁻¹) for the experiments conducted at EEA and (1085+306+26.1 and 1206+340+29; 150; 126 and 920+230 g.ha⁻¹) for the experiment conducted at the mill. The weed flora evaluated was: *Ipomoea triloba* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. and *E. heterophylla* L. for the field experiments. In addition to these weeds, for the greenhouse experiment, *Panicum maximum* L. was also evaluated. In the field, the herbicide diuron+hexazinone+sulfometuron-methyl was effective for the control of the evaluated species, at both doses, and its activity was not significantly affected by the drought periods, with the exception of *B. decumbens*, for which, the higher dose was more effective; in the greenhouse tests, both doses of this herbicide showed an excellent control of *E. heterophylla* and *B. decumbens* without influence of the drought periods. Furthermore, the control of *P. maximum* and *I. triloba* in the extended periods of drought was more effective when the higher dose was used. With the exception of *B. decumbens*, isoxaflutole was not effective for the control of the tested weed species in both field and greenhouse. In addition, the control of the grasses species was only effective when shorter drought periods were applied and not effective for all tested broad leaves. The residual activity of imazapic was affected by the drought periods in different experiments, except for *I. triloba* in the field experiments and *B. decumbens* in the absence of drought periods when applied upon straw cover. The control of *E. heterophylla* by clomazone+hexazinone was influenced by the drought periods and showed a decrease in the residual activity along with the evaluations. This herbicide was effective in the field for the control of *I. triloba* and *B. decumbens* independently of the drought periods. However, in the greenhouse experiment, the drought periods significantly affect its performance and residual activity.

Keywords: Chemical control; Straw; Grasses; Broadleaf; Persistency

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	Metodologia utilizada com cobertura plástica para simular os períodos de restrição hídrica. Paulínia, SP. 2009.	28
Figura 2.2 -	Volume de precipitações pluviométricas mais irrigações complementares durante o período de condução do experimento (Julho de 2008 a Março de 2009). Paulínia, SP. 2009.....	28
Figura 2.3 -	Metodologia de aplicação dos tratamentos na área experimental da Estação Experimental Agrícola da DuPont. Paulínia, SP. 2009.....	29
Figura 2.4 -	Porcentagem de controle para <i>Ipomoea triloba</i> L. aos 15, 30, 45, 60, 90, 105 e 120 DARU, com os herbicidas aplicados em pré-emergência sobre o solo, para as épocas de 40 (A), 80 (B) e 120 (C) dias de restrição hídrica. Paulínia, SP, 2009.....	34
Figura 2.5 -	Porcentagem de controle para <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. aos 15, 30, 45, 60, 90, 105 e 120 DARU, com os herbicidas aplicados em pré-emergência sobre o solo, para as épocas de 40 (A), 80 (B) e 120 (C) dias de restrição hídrica. Paulínia, SP, 2009.....	39
Figura 2.6 -	Porcentagem de controle para <i>Euphorbia heterophylla</i> L. aos 15, 30, 45, 60, 90, 105 e 120 DARU, com os herbicidas aplicados em pré-emergência sobre o solo, para as épocas de 40 (A), 80 (B) e 120 (C) dias de restrição hídrica. Paulínia, SP, 2009.....	43
Figura 3.1 -	Precipitações pluviométricas e temperaturas médias ocorridas durante o período de condução do experimento (Julho de 2008 a Fevereiro de 2009). Araras-SP, 2008.....	57
Figura 3.2 -	Número de plantas de <i>Ipomoea triloba</i> por m ² aos 60, 90 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Araras, SP. 2008.....	60
Figura 3.3 -	Biomassa seca de parte aérea de <i>Ipomoea triloba</i> aos 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Araras, SP. 2008.....	61
Figura 3.4 -	Número de plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> por m ² aos 60, 90 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Araras, SP. 2008.....	64
Figura 3.5 -	Biomassa seca de parte aérea de <i>Brachiaria decumbens</i> aos 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Araras, SP. 2008.....	65
Figura 3.6 -	Número de plantas de <i>Euphorbia heterophylla</i> por m ² aos 60, 90 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Araras, SP. 2008....	68
Figura 3.7 -	Biomassa seca de parte aérea de <i>Euphorbia heterophylla</i> aos 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Araras, SP. 2008.....	69
Figura 3.8 -	Altura de colmos de cana-de-açúcar variedade RB 928064 aos 60 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Araras, SP. 2008....	72
Figura 3.9 -	Número de perfilhos de cana-de-açúcar variedade RB 928064 aos 60 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Araras, SP. 2008.....	73
Figura 4.1 -	Disposição da palha de cana-de-açúcar nos vasos em casa-de-vegetação da Estação Experimental Agrícola da DuPont. Paulínia, SP. 2009.....	92

Figura 4.2 -	Disposição dos vasos em área em que foi realizada a simulação da precipitação pluviométrica. Paulínia, SP. 2009.....	93
Figura 4.3 -	Biomassa seca de parte aérea de <i>Ipomoea triloba</i> aos 120 DARU. Paulínia, SP. 2010.....	98
Figura 4.4 -	Biomassa seca de parte aérea de <i>Euphorbia heterophylla</i> aos 120. Paulínia, SP. 2010.....	103
Figura 4.5 -	Biomassa seca de parte aérea de <i>Brachiaria decumbens</i> aos 120 DARU. Paulínia, SP. 2010.....	109
Figura 4.6 -	Biomassa seca de <i>Panicum maximum</i> aos 120 DARU. Paulínia, SP. 2010.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Análise química e física* do solo da área experimental. Paulínia, SP, 2009.....	27
Tabela 2.2 -	Controle (%) de <i>I. triloba</i> nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2009.....	31
Tabela 2.3 -	Controle (%) de <i>B. decumbens</i> nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2009.....	36
Tabela 2.4 -	Controle (%) de <i>E. heterophylla</i> nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2009.....	41
Tabela 3.1 -	Análise química do solo da área experimental. Araras, SP. 2008.....	54
Tabela 3.2 -	Análise granulométrica* do solo da área experimental. Araras, SP. 2008.....	55
Tabela 3.3 -	Controle percentual de <i>Ipomoea triloba</i> submetida à sete tratamentos, com aplicação dos herbicidas em pré-emergência das plantas, avaliado de 15 a 120 DAA. Araras-SP, 2008.....	59
Tabela 3.4 -	Controle percentual de <i>Brachiaria decumbens</i> submetida à sete tratamentos, com aplicação dos herbicidas em pré-emergência das plantas, avaliado de 15 a 120 DAA. Araras-SP, 2008.....	63
Tabela 3.5 -	Controle percentual de <i>Euphorbia heterophylla</i> submetida à sete tratamentos, com aplicação dos herbicidas em pré-emergência das plantas, avaliado de 15 a 120 DAA. Araras-SP, 2008.....	67
Tabela 4.1 -	Análise química e física* do solo da área experimental. Paulínia, SP. 2009.....	91
Tabela 4.2 -	Controle percentual de <i>I. triloba</i> nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2010.....	95
Tabela 4.3 -	Controle percentual de <i>E. heterophylla</i> , nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2010.....	101
Tabela 4.4 -	Controle percentual de <i>B. decumbens</i> , nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2010.....	106
Tabela 4.5 -	Controle percentual de <i>P. maximum</i> nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2010.....	112

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) tem exercido importante papel na economia brasileira, principalmente devido à grande produção alcançada nos últimos anos. Os elevados valores obtidos colocam o Brasil como líder mundial nas agroindústrias de açúcar e álcool. Nos últimos anos, a área produtiva, bem como a produtividade total, tem aumentado continuamente, devido, principalmente, às boas perspectivas do mercado futuro.

A infestação de plantas daninhas é um dos principais fatores bióticos presentes no agroecossistema da cana-de-açúcar que têm a capacidade de interferir no desenvolvimento e na produtividade da cultura (KUVA, 2006). Estima-se que existam cerca de 1.000 espécies de plantas daninhas que habitam este agroecossistema, distribuídas nas distintas regiões produtoras do mundo (ARÉVALO, 1979). A interferência negativa resultante da presença das plantas daninhas nas áreas agrícolas produtoras de cana-de-açúcar pode causar reduções na quantidade e na qualidade do produto colhido, diminuir o número de cortes viáveis além de aumentar os custos de produção em cerca de 30% para cana-soca e de 15% a 25% para cana planta (LORENZI, 1988; 1995). Assim, os objetivos almejados no manejo de plantas daninhas são: evitar perdas devidas à interferência; favorecer a condição de colheita; evitar o aumento do banco de sementes; evitar problemas de seleção/resistência e evitar a contaminação do meio ambiente através da redução da quantidade aplicada de defensivos agrícolas

Dentre as plantas daninhas mais importantes nas áreas canavieiras encontram-se o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), capim-colonião (*Panicum maximum* L.), corda-de-viola (*Ipomoea triloba* L.) e amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.) (VICTORIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004).

Brachiaria decumbens, popularmente conhecida como capim-braquiária, é originária da África e tem sido amplamente disseminada pelas regiões tropicais do mundo, devido às suas qualidades como forrageira (LORENZI; SOUZA, 2000). Ela se destaca por apresentar excelente adaptação a solos de baixa fertilidade, fácil estabelecimento e considerável produção de biomassa durante o ano, proporcionando

excelente cobertura vegetal do solo (ALVIM et al., 1990). Pela sua agressividade e resistência, é também considerada importante espécie daninha da maioria das culturas anuais e perenes.

Por causa do porte que alcança, baixas densidades de *Panicum maximum* podem trazer grandes prejuízos, seja pela interferência ou pelo enriquecimento do banco de sementes (KUVA et al., 2003). Bozán e Rey (1977) concluíram que, em apenas um ciclo vegetativo, uma única planta de capim-colonião produziu 127.350 sementes. Segundo Kuva et al. (2003) a cada acúmulo de 1,27 g de matéria seca. m⁻² pela população de capim-colonião, convivendo com a cana-de-açúcar no início do ciclo (0 - 147 dias após o plantio), resultou em reduções de rendimento na ordem de 1 t ha⁻¹.

As convolvuláceas, principalmente as pertencentes aos gêneros *Ipomoea* e *Merremia*, destacam-se dentre as plantas daninhas que podem causar sérios danos à cultura da cana-de-açúcar, especialmente em áreas de cana crua. Além de competirem com a planta cultivada, podem interferir nas práticas culturais, especialmente na colheita mecanizada, reduzindo sua eficiência (AZANIA et al., 2002).

Euphorbia heterophylla é uma planta daninha nativa das regiões tropicais e subtropicais das Américas, sendo muito encontrada no Sudeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil. A espécie apresenta rápido crescimento, alta capacidade reprodutiva e causa perdas consideráveis na produtividade das culturas de soja, banana, arroz, feijão e milho (KISSMANN; GROTH, 1999), ocorrendo atualmente também em canaviais, principalmente devido a sua alta capacidade de transpor grandes quantidades de palha em áreas com colheita mecanizada (MARTINS et al., 1999).

A utilização de herbicidas pré-emergentes com atividade residual prolongada é um dos fatores que determinam grande eficiência no controle de plantas daninhas durante o período crítico de competição. Com essa alternativa, torna-se possível a execução de planos para controle eficaz de plantas infestantes na lavoura (MILLER; WESTRA, 1998).

Segundo Blanco (2002), herbicidas são compostos químicos utilizados para eliminar plantas, aplicados em doses convenientes diretamente sobre a vegetação para absorção foliar (tratamento em pós-emergência), ou no solo para absorção por tecidos formados após a germinação da semente antes da emergência da planta na superfície

(tratamento em pré-emergência). O uso de herbicidas deve ser feito de maneira técnica e criteriosa, sempre buscando maximizar as suas vantagens de uso, minimizando os seus riscos toxicológicos e ambientais.

No Estado de São Paulo, a cana-de-açúcar é colhida durante o inverno, época de pouca ocorrência de chuvas. No entanto, muitos produtores, devido às questões de planejamento e operações agrícolas, optam por utilizar o controle químico mesmo durante o período de restrição hídrica (AZANIA et al., 2006).

Mais recentemente no Brasil o sistema de produção de cana crua, ou com ausência de queima prévia à colheita, cuja finalidade é minimizar os problemas que a colheita tradicional causa ao homem e ao meio ambiente, têm alterado a comunidade infestante de canaviais, o que tem demandado pesquisas sobre a dinâmica dos herbicidas neste novo contexto de produção de cana-de-açúcar (AZANIA et al., 2002; GRAVENA et al., 2004).

Ao considerar o período de corte da cana-de-açúcar no âmbito nacional observa-se que, aproximadamente 80% da safra ocorrem no período seco a semi-seco do ano. As chuvas que ocorrem neste período não são suficientes para repor o volume de água necessário para o desenvolvimento da cultura. Assim, a aplicação de herbicidas neste período fica restrita aos produtos que tenham propriedades que permitam sua aplicação nessas condições. Além dos herbicidas para cana-planta, principalmente aqueles aplicados na época úmida (outubro a dezembro no caso da região centro-sul), o mercado tem oferecido novas moléculas, capazes de se adaptar à condição de solo seco ou semi-seco, entre elas: isoxaflutole (Sol. H_2O = 6; Kow = 208), imazapic (Sol. H_2O = 2150, Kow = 0,01), clomazone (Sol. H_2O = 1100, Kow = 350) + hexazinone (Sol. H_2O = 33.000, Kow = 11,3) (CHRISTOFFOLETI et al., 2005) e diuron (Sol. H_2O = 42; Kow = 589) + hexazinone (Sol. H_2O = 33.000; Kow = 11,3) + sulfometuron-methyl (Sol. H_2O = 244; Kow = 0,35), (popularmente chamados de “herbicidas de seca”). A aplicação destes herbicidas está fundamentada em aspectos importantes relacionados com sua dinâmica no solo.

As características que contribuem para manutenção da eficácia dos herbicidas no solo por períodos com restrição hídrica são: baixa volatilidade, não-fotodegradáveis, alta solubilidade, baixa adsorção aos colóides do solo e degradação principalmente via

microbiana, já que nesta condição de solos secos muitos microrganismos passam ao estágio de repouso e tornam-se inativos (GUIMARÃES, 1987).

Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se avaliar a atividade residual e eficácia para os herbicidas diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, isoxaflutole, imazapic e clomazone + hexazinone quando aplicados em pré-emergência das plantas daninhas *B. decumbens*, *P. maximum*, *I. triloba* e *E. heterophylla*, e submetidos a períodos de restrição hídrica, em campo e casa-de-vegetação, sendo para o último caso ainda avaliado a interação com a palha da cana-de-açúcar. Em complementação também foi avaliado a atividade residual e seletividade para os mesmos tratamentos herbicidas quando aplicados, durante mês do ano com restrição hídrica de água no solo, em área de produção comercial de cana-de-açúcar.

Referências

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A.; VERNEQUE, R.S.; SALVATI, J.A. Aplicação de nitrogênio em acessos de braquiária. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 12, n. 2, p. 2-6, 1990.

ARÉVALO, R.A. **Plantas daninhas da cana-de-açúcar**. Araras: IAA; PLANALSUCAR-CONESUL, 1979. 46 p.

AZANIA, C.A.M.; AZÂNIA, A.A.P.M.; FURTADO, D.E. Biologia e manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M.(Ed) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 173-191.

AZANIA, A.A.P.M.; AZANIA, C.A.M.; GRAVENA, R.; PAVANI, M.C.M.D.; PITELLI, R.A. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 207-212, 2002.

BLANCO, F.M.G. **Persistência do herbicida sulfentrazone em solos cultivados com cana-de-açúcar e soja e seu efeito em culturas sucedâneas**. 2002. 114 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

BOZÁN, J.I.R.; REY, H.A. Métodos para el conteo de semillas de malas hierbas en el solo. **Revista Centro Agrícola**, Santa Clara, v. 4, n. 2, p. 79-89, 1977.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: Novas moléculas herbicidas. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2005. 1 CD-ROM.

GRAVENA, R.; RODRIGUES, J.P.R.G.; SPINDOLA, W.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A. Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium + ametrina. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 419-427, 2004.

GUIMARÃES, G.L. Impactos ecológicos do uso de herbicidas ao meio ambiente. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, p. 159-180, 1987.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. v. 2, 978 p.

KUVA, M.A. **Banco de sementes, fluxo de emergência e fitossociologia de comunidade de plantas daninhas em agroecossistema de cana-crua**. 2006. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – Capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) e Capim-Colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: COOPERSUCAR, 1988. p. 281-301.

_____. Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: Plantas daninhas na lavoura do nordeste brasileiro. In: ENCONTRO TÉCNICO GOAL, CANA-DE-AÇÚCAR, 4., 1995, Recife. **Anais...**

_____. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. 672 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 349 p.

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

MILLER, P.; WESTRA, P. **Herbicide selectivity and performance**. Fort Collins: Colorado State University, Cooperative Extension Service 1998. (Crop Series. Production, 563).

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 32-37, jan./jun. 2004.

2 INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PERÍODOS DE RESTRIÇÃO HÍDRICA NA ATIVIDADE RESIDUAL DE HERBICIDAS EM DIFERENTES ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS PRESENTES NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

A presente pesquisa teve por objetivo estudar a influência de diferentes períodos de restrição hídrica na atividade residual de herbicidas quando aplicados em pré-emergência sobre o solo no controle de importantes espécies de plantas daninhas presentes na cultura da cana-de-açúcar. Os herbicidas estudados foram diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, imazapic, isoxaflutole e clomazone + hexazinone. Para tanto, foram semeadas em canteiros de solo com textura argilosa, sob túnel, três espécies de plantas daninhas utilizadas como bioindicadoras, a saber: *Ipomoea triloba* L., *Brachiaria decumbens* Stapf e *Euphorbia heterophylla* L., avaliadas em três períodos de restrição hídrica (40, 80 e 120 dias). Os tratamentos, além da testemunha, consistiram na aplicação em pré-emergência de duas doses do herbicida diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl (1206 + 340 + 29 e 1386,9 + 391 + 33,35 g.ha⁻¹), imazapic (133 g.ha⁻¹), isoxaflutole (165 g.ha⁻¹) e clomazone + hexazinone (1000 + 250 g.ha⁻¹). Para *I. triloba*, à exceção do isoxaflutole, todos os tratamentos apresentaram atividade residual prolongado (> 94% controle) sem perda de eficácia ao longo dos períodos de restrição hídrica. Considerando a avaliação aos 120 dias após restabelecimento da umidade, verificou-se para *B. decumbens* que os melhores resultados de controle (>81%) foram proporcionados, independentemente do período de restrição hídrica, pela maior dose de diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, isoxaflutole e clomazone + hexazinone enquanto que apenas imazapic apresentou controle insatisfatório (< 28%). O controle de *E. heterophylla* foi eficiente (> 99%) para ambas as doses de diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl e ineficiente (< 27%) para imazapic e isoxaflutole, independentemente do período estudado, aos 120 DARU. Já para clomazone + hexazinone a eficácia e atividade residual foram reduzidas à medida que se aumentou o período de restrição hídrica. Portanto, pode-se concluir que a atividade residual dos herbicidas estudados foi influenciada pelo período de restrição hídrica a que foram submetidos, evidenciando a importância do conhecimento do regime hídrico e da comunidade infestante dos canaviais, para garantir um controle eficaz.

Palavras-chave: Persistência; Corda-de-viola; Leiteiro; Capim-braquiária; *Sacharum* spp.

Abstract

The goal of this research was to study the influence of various drought periods in the residual activity of herbicides when applied in pre-emergence on soil for the control of important weeds present in sugarcane plantations. The herbicides evaluated were

diuron+hexazinone+sulfometuron-methyl, imazapic, isoxaflutole, and clomaxone+hexazinone. Thereby, three types of weeds, used as bioindicators, were sown in clayey soil beds, under tunnel: *Ipomoea triloba* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. and *Euphorbia heterophylla* L. These weeds were evaluated during three drought periods (40, 80, and 120 days). In addition to the untreated check, the treatments consisted of two doses of the herbicide diuron+hexazinone+sulfometuron-methyl (1206+340+29 and 1386.9+391+33.35 g.ha⁻¹), imazapic (133 g.ha⁻¹), isoxaflutole (165 g.ha⁻¹) and clomazone+hexazinone (1000+250 g.ha⁻¹), applied at pre-emergence. For the weed *I. triloba*, with the exception of the treatment of isoxaflutole, all treatments showed an extended residual effect (control > 94%) with no loss of efficacy for the tested drought periods. Considering the evaluation at 120 days, after reestablishing normal humidity levels, it was observed that, for *B. decumbens*, the highest dose of diuron+hexazinone+sulfometuron-methyl, isoxaflutole and clomaxone+hexazinone showed the highest levels of control (>81%), independently of the drought period applied. On the contrary, imazapic showed an unsatisfactory control (<28%). *E. heterophylla* control was effective (>99%) for both doses of diuron+hexazinone+sulfometuron-methyl, and ineffective (<27%) for imazapic and isoxaflutole, independently of the drought period studied. In opposite, clomazone+hexazinone efficacy and residual activity was reduced as the drought period increased. In conclusion, residual activity of the herbicides was affected by the drought periods tested here, which highlights the importance of knowing the water regimen and weed flora present in the sugarcane fields in order to assure an effective and satisfactory control.

Keywords: Persistency; Morningglory; Wild Poisenttia; Surinam Grass, *Sacharum* spp.

2.1 Introdução

Segundo estimativas, a área plantada com cana-de-açúcar no Brasil na safra 2009/2010 foi de 7,4 milhões de hectares, o que posiciona o país como primeiro produtor mundial da cultura (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010), sendo a região Centro-sul responsável por aproximadamente 80% da produção canavieira enquanto que a região Norte-nordeste por 20% (PROCÓPIO; SILVA; VARGAS, 2008).

A dinâmica de herbicidas no ambiente é regida por diversos processos ainda não totalmente esclarecidos, sendo que o conhecimento das interações entre solo, planta e herbicida é determinante para uma correta recomendação, visto que, particularmente, os solos brasileiros apresentam grande variabilidade de suas características, e uma vez que nos últimos anos a cana-de-açúcar tem sofrido grande expansão territorial, espera-

se que a eficácia, a atividade residual e sorção dos herbicidas sejam também diferentes nos diversos cenários (OLIVEIRA JR. et al., 2006)

Atualmente, os herbicidas usados em cana-de-açúcar são normalmente recomendados para aplicação em pré ou pós-emergência em relação às plantas daninhas (PROCÓPIO; SILVA; VARGAS, 2008), sendo que as principais vantagens apontadas para sua utilização são a rápida ação e eficácia sobre elevado número de espécies em uma comunidade infestante, a facilidade de controle de plantas daninhas na linha da cultura, o controle de plantas daninhas perenes, a seletividade às plantas cultivadas, a ausência de danos ao sistema radicular, o menor custo comparado aos custos de mão-de-obra e poderem ser aplicados em diversas fases do ciclo da cultura, mesmo nas condições de umidade que dificultariam o controle mecânico (VICTORIA FILHO, 2008).

A utilização de herbicidas aplicados em pré-emergência com atividade residual prolongado é um dos fatores que determinam grande eficácia no controle de plantas daninhas durante o período crítico de competição. Com essa alternativa, torna-se possível a execução de planos para controle efetivo de plantas infestantes na lavoura (MILLER; WESTRA, 1998).

A produção de cana-de-açúcar requer constantes práticas agrícolas durante todo o ano, gerando grandes desafios para a realização dos tratos culturais, em especial para as estratégias de manejo de plantas daninhas. No Estado de São Paulo, a cana-de-açúcar é colhida durante o inverno, época de pouca ocorrência de chuvas. No entanto, muitos produtores, devido às questões de planejamento e operações agrícolas, optam por utilizar o controle químico mesmo durante o período seco (AZANIA et al., 2006). De modo que a persistência para estes herbicidas varia de acordo com a estrutura química da molécula, o tipo de solo e as condições climáticas, como a umidade do solo, que afetam por sua vez a adsorção, lixiviação e decomposição microbiana e química.

Estes defensivos agrícolas aplicados à superfície do solo são freqüentemente perdidos, especialmente se ocorrer um período prolongado de seca após a aplicação. É possível que ocorram perdas em função de processos como a fotodegradação, além de outros fatores que podem estar envolvidos, como a volatilização, acentuada pela

temperatura elevada na superfície do solo, a degradação química e biológica e a sorção, que devem ser considerados para explicar o desaparecimento dos herbicidas no solo (SILVA et al., 2007).

Assim novas moléculas têm surgido a fim de suprir tais necessidades do setor, sendo que algumas características contribuem para manutenção da eficiência dos herbicidas no solo por períodos de seca: baixa volatilidade, não-fotodegradáveis, alta solubilidade, baixa adsorção aos colóides do solo e degradação principalmente via microbiana, já que nesta condição de solos secos muitos microrganismos passam ao estágio de repouso e tornam-se inativos (GUIMARÃES, 1987). Portanto herbicidas com propriedades químicas diferentes devem apresentar comportamentos distintos quando aplicados em condições de seca.

Do mesmo modo, as sementes dispersas nos solos agrícolas têm sua germinação e dormência regidas por fatores intrínsecos das espécies e, também, por características do meio, como: disponibilidade de água, luz, temperatura e profundidade de semeadura. Caso as condições não sejam as ideais, as sementes podem permanecer viáveis nos solos por longos períodos (CARMONA, 1992; KOGAN, 1992).

Brachiaria decumbens (capim-braquiária), *Euphorbia heterophylla* (leiteiro) e *Ipomoea triloba* (corda-de-viola) encontram-se dentre as principais plantas daninhas infestantes na cultura da cana-de-açúcar (VICTORIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004; KUVA, 2006), que podem ocorrer também nos períodos de maior déficit hídrico do ano (NICOLAI, 2009).

Sendo assim, o objetivo da presente pesquisa foi estudar a atividade residual dos herbicidas diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, imazapic, isoxaflutole e clomazone + hexazinone sob diferentes períodos de restrição hídrica, quando aplicados em pré-emergência das plantas daninhas.

2.2 Material e Métodos

A presente pesquisa foi desenvolvida em área pertencente à Estação Experimental Agrícola da DuPont do Brasil S.A., localizada em Paulínia - SP, no período de julho de 2008 a março de 2009. O solo da área foi classificado como

Latossolo Vermelho Eutrófico (EMBRAPA, 2006), cuja análise química e granulométrica são apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Análise química e física* do solo da área experimental. Paulínia, SP, 2009

Área	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
Experimental	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³				mmolc/dm ³				%		
Paulínia	5,5	22	63	3,3	32	17	27	53,7	80,3	67	26	17	57

*Laboratório IBRA de Análise de Solos

Três plantas daninhas foram estudadas: *Brachiaria decumbens*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea triloba*. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial, com medidas repetidas no tempo. Os tratamentos são resultado da combinação entre três períodos de restrição hídrica (40, 80 e 120 dias) e cinco herbicidas, a saber: diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl [D+H+SMM] nas doses de (1206 + 340 + 29) e (1386,9 + 391 + 33,35) g.ha⁻¹; isoxaflutole [IFT] a 165 g.ha⁻¹; imazapic [IMZ] a 133 g.ha⁻¹; clomazone + hexazinone [C+H] a (1000 + 250) g.ha⁻¹ e testemunha, totalizando 18 tratamentos.

Nas parcelas de 4,5 m² de área total, as sementes de plantas daninhas foram semeadas a lanço, em canteiros, para obtenção de uma população de 70 plantas de cada espécie por metro quadrado, incorporadas na camada superficial do solo (até 5 cm) com enxadas rotativas e posteriormente compactadas com rolo compactador.

Após a semeadura das plantas daninhas, a área experimental foi coberta com um túnel de plástico transparente (150 µ) (Figura 2.1), com o objetivo de manter o ambiente seco. Ao término dos períodos de restrição hídrica, a cobertura plástica era retirada, sendo realizadas irrigações por aspersão com intensidade entre 100 a 110 mm por mês (Figura 2.2).

Figura 2.1 – Metodologia utilizada com cobertura plástica para simular os períodos de restrição hídrica. Paulínia, SP. 2009

Figura 2.2 – Volume de precipitações pluviométricas mais irrigações complementares durante o período de condução do experimento (Julho de 2008 a Fevereiro de 2009). Paulínia, SP. 2009

Fonte: Estação meteorológica Estação Experimental Agrícola DuPont.

A aplicação dos herbicidas (Figura 2.3) foi realizada em pré-emergência das plantas daninhas logo após a semeadura. Para tanto, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO_2 , com barra de aplicação de 2,00 m, provida de quatro pontas de pulverização do tipo leque, modelo XR 110.02, espaçados de 0,50 m e volume de aplicação relativo de 200 L.ha^{-1} .

Aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias após restabelecimento da umidade (DARU) dos períodos pré-estabelecidos de restrição hídrica foram avaliadas as porcentagens de controle das diferentes espécies de plantas daninhas, sendo utilizada a escala visual de controle de 0 a 100%, considerando que zero representa ausência de controle e 100% o controle total das plantas daninhas, segundo Velini (1995).

Os dados obtidos na presente pesquisa foram submetidos ao teste F aplicado na análise de variância, sendo as médias confrontadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 2.3 – Metodologia de aplicação dos tratamentos na área experimental da Estação Experimental Agrícola da DuPont. Paulínia, SP. 2009

2.3 Resultados e Discussão

Para facilitar a interpretação dos dados cada espécie foi discutida isoladamente.

a. *Ipomoea triloba*

Em trabalho realizado por Salvador et al. (2007), sementes de *I. nil* não precisaram de tratamento para superar a dormência, pois resultados obtidos em testes mostraram que esta espécie não teve sua porcentagem de germinação aumentada devido a escarificação mecânica ou a escarificação química. O autor observou também que a germinação de *I. nil* apresentou valores muito similares na luz e no escuro, sem apresentar comportamento fotoblástico positivo ou negativo.

Felippe e Polo (1983) e Dias Filho (1996) estudaram algumas espécies da família Convolvulaceae e observaram que *I. acuminata* e *I. asarifolia* apresentaram fotoblastismo indiferente. Labonia (2008) observou comportamentos semelhantes em resposta a luminosidade, sendo que *I. triloba* apresentou melhor germinação e índice de velocidade de germinação nos tratamentos com fotoperíodo e escuro com alternância de temperatura.

Tabela 2.2 - Controle (%) de *I. triloba* nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2009

Tratamentos	Dose	Ipomoea triloba 30 DARU		
	(g.ha ⁻¹)	40 DRH	80 DRH	120 DRH
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	98,7 abA	100 aA	99,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	100 aA	100 aA	100 aA
IFT ²	165	0,00 cA	0,00 bA	0,00 bA
IMZ ³	133	97,0 bB	99,5 aA	98,5 aAB
C+H ⁴	1000 + 250	100 aA	100 aA	99,5 aA
Testemunha	-	0,00 cA	0,00 bA	0,00 bA
C.V.(%)			1,43	
D.M.S. tratamentos			1,98	
D.M.S. épocas			1,61	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	Ipomoea triloba 60 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	97,5 aA	99,5 aA	99,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	100 aA	100 aA	100 aA
IFT ²	165	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
IMZ ³	133	96,2 aC	100 aA	98,7 aAB
C+H ⁴	1000 + 250	99,5 aA	100 aA	99,5 aA
Testemunha	-	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
C.V.(%)			2,72	
D.M.S. tratamentos			3,75	
D.M.S. épocas			3,06	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	Ipomoea triloba 90 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	95,0 aA	99,5 aA	99,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	99,5 aA	100 aA	100 aA
IFT ²	165	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
IMZ ³	133	95,0 aB	100 aA	99,7 aAB
C+H ⁴	1000 + 250	98,7 aA	100 aA	100 aA
Testemunha	-	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
C.V.(%)			4,36	
D.M.S. tratamentos			6,00	
D.M.S. épocas			4,90	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	Ipomoea triloba 120 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	95,0 aA	99,5 aA	99,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	99,5 aA	99,5 aA	100 aA
IFT ²	165	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
IMZ ³	133	95,0 aA	99,5 aA	95,0 aA
C+H ⁴	1000 + 250	97,5 aA	98,25 aA	100 bA
Testemunha	-	0,00 bA	0,00 bA	0,00 aA
C.V.(%)			4,91	
D.M.S. tratamentos			6,70	
D.M.S. épocas			5,47	

Médias seguidas de mesma letra dentro de cada avaliação, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Azania et al. (2003, 2009a) estudaram diferentes métodos para superação de dormência para as principais espécies de corda-de-viola encontradas nos canaviais e observaram que alguns métodos, como a utilização de ácido sulfúrico concentrado, podem aumentar a porcentagem de germinação dessas espécies. No entanto na

presente pesquisa, para a espécie *I. triloba* não foi utilizado qualquer método para superação da dormência e observou-se, mesmo que quando o intervalo entre a semeadura e a primeira irrigação foi de 120 dias, as sementes permaneceram viáveis e apresentaram elevada germinação.

Para a espécie *Ipomoea triloba* (Tabela 2.2), foi observado controle superior a 94% em todas as épocas de restrição hídrica e períodos de avaliações estudados, para ambas as doses de D+H+SMM, IMZ e C+H, indicando alta eficácia destes herbicidas sobre esta espécie de planta daninha, com longo período de atividade residual e ausência de influência dos períodos de restrição hídrica avaliados.

Segundo dados de Monquero et al. (2008) as médias de controle aos 14 e 21 dias após a semeadura de bioindicador para diuron + hexazinone foram iguais ou superiores a 90% em todos os períodos de seca avaliados (0, 10, 20, 40, 60 e 90 dias). De acordo com os autores, o resultado favorável naquele tipo de solo foi provavelmente devido ao fato do herbicida ser adsorvido a matéria orgânica, minerais de argila e óxidos metálicos do solo, uma vez que, enquanto adsorvido, fica menos exposto aos processos de degradação e transporte, o que pode prolongar o efeito residual no solo (LANGENBACH; CORREIA, 2006). Este processo de adsorção retarda ou, em alguns casos, até mesmo impede o movimento e a ação de herbicidas no perfil do solo. Entretanto, depois de sorvida, uma fração das moléculas pode retornar à solução do solo e exercer a atividade herbicida, sendo esse processo conhecido como dessorção (BOUCHARD; ENFIELD; PIWONI, 1989).

Imazapic, segundo Procópio, Silva e Vargas (2008), é um herbicida pertencente ao grupo químico das imidazolinonas, que apresenta ação em pré e pós-emergência inicial, sendo recomendado no controle de gramíneas, folhas largas e perenes de difícil controle. Além disso, pode apresentar período de controle efetivo nos solos superior a 120 dias.

De acordo com Monquero et al. (2008), imazapic apresentou atividade residual, quando submetido a 90 dias de seca, capaz de causar intoxicação da ordem de 80% em avaliação realizada aos 21 dias após semeadura de bioindicador quando exposto a solo de textura argilosa e 70% quando em solo de textura média.

Segundo Azania et al. (2009b), em experimento realizado em condições de campo, com 70 dias de estiagem, IMZ controlou 87% das plantas aos 150 DAA, resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho. Porém, para C+H, os mesmos autores observaram baixa porcentagem de controle (35%), o que difere dos resultados obtidos na presente pesquisa.

Carbonari et al. (2010) observaram, para *I. triloba*, que clomazone + hexazinone, aplicado sobre o solo, proporcionou percentual de controle da ordem 100%, quando submetido a 60 dias entre a semeadura das plantas daninhas e a ocorrência da chuva. O clomazone presente neste herbicida pertence à classe de herbicidas chamada inibidores da biossíntese de carotenóides. As plantas suscetíveis a estes herbicidas perdem a cor verde após o tratamento. Os sintomas evidenciados pelas plantas tratadas é a produção de tecidos novos totalmente brancos, caracterizando o albinismo, algumas vezes rosados ou violáceos.

De acordo com a Tabela 2.2, apenas o herbicida IFT apresentou baixa eficácia no controle de corda-de-viola, não diferindo da testemunha em todas as avaliações e períodos de restrição hídrica estudadas, uma vez que, segundo Brasil (2008), não é recomendado para essa espécie. No entanto Rossi (2007) observou níveis de controle para esta espécie, aos 116 DAA, próximos a 50% quando isoxaflutole (135 e 150 g.ha⁻¹) foram aplicados em período seco do ano, dados que diferem dos encontrados neste estudo.

Na Figura 2.4 são apresentadas na forma de gráficos as médias de controle observadas ao longo do período de avaliação, nos três períodos de seca estudados, corroborando o que foi discutido anteriormente com relação à alta eficácia dos herbicidas, à exceção de IFT.

Figura 2.4 - Porcentagem de controle para *Ipomoea triloba* L. aos 15, 30, 45, 60, 90, 105 e 120 DARU, com os herbicidas aplicados em pré-emergência sobre o solo, para as épocas de 40 (A), 80 (B) e 120 (C) dias de restrição hídrica. Paulínia, SP, 2009.

Labonia (2008) observou que diuron + hexazinone e imazapic, aos 90 dias após simulação de chuva, proporcionaram médias de controle para *I. triloba* de 100 e 87,5%, respectivamente, quando aplicados sobre solo sem palha.

Em resumo, pelos resultados obtidos para *I. triloba*, pode-se afirmar que os diferentes períodos de restrição hídrica avaliados não influenciaram significativamente os tratamentos com D+H+SMM, IMZ e C+H, enquanto que para IFT o controle para esta espécie foi insatisfatório, embora como citado anteriormente não seja recomendado para controle desta planta daninha.

b. *Brachiaria decumbens*

As médias de controle observadas para o herbicida D+H+SMM, para a espécie *Brachiaria decumbens* (Tabela 2.3), mostram que para as primeiras avaliações, até os 60 DARU, ambas as doses apresentaram valores superiores a 95% não havendo diferenças entre elas para os períodos de restrição hídrica estudados. A partir da avaliação aos 90 DARU a eficácia, para ambas as doses deste herbicida, passou a apresentar valores de controle superiores para a maior dose, mesmo que não diferentes

entre si, de modo que aos 120 DARU, incrementos de 10, 13,7 e 12,5% foram verificados, na maior dose, para 40, 80 e 120 DRH, respectivamente.

Segundo Cason et al. (2010), em solo de textura argilosa, foi observado, com a simulação de 20 mm de chuva para 1 dia após aplicação dos tratamentos, que os herbicidas D+H+SMM e hexazinone isolada provocaram fitotoxicidade nas plantas bioindicadoras maior ou igual a 80% até os 15 e 20 cm de profundidade no solo, respectivamente. Já o herbicida diuron, por ter baixa solubilidade, apresentou menor potencial de lixiviação, provocando 60% de efeito fitotóxico nas plantas de pepino (*Cucumis sativus*) até 10 cm de profundidade. O sulfometuron-methyl apresentou efeito leve nas plantas de pepino, provocando 40% de controle até 5 cm de profundidade. Quando a simulação de chuva ocorreu aos 30 dias após aplicação dos tratamentos, verificaram efeito no comportamento de todos os herbicidas avaliados, ou seja, o potencial de lixiviação foi menor em todos os casos. Quando a simulação foi de 40 mm de chuva, os autores observaram maior lixiviação de todos os herbicidas, principalmente para D+H+SMM e hexazinone, que até os 25 cm de profundidade provocaram fitotoxicidade nas plantas de pepino de 90 e 80%, respectivamente.

O tratamento mais eficaz para capim-braquiária no presente estudo foi aquele com o herbicida IFT, em que valores superiores a 97% de controle foram observados para todas as avaliações, independentemente do período de restrição hídrica.

Isoxaflutole, em experimento conduzido por Monquero et al. (2008), foi indiferente em relação ao período a que foi exposto ao solo seco, apresentando-se eficiente no controle de *S. bicolor*, independentemente do período analisado. Este resultado assemelha-se aos dados de diversos trabalhos instalados em campo, em que se observa controle acima de 80% para este herbicida por períodos de até 80 dias de restrição hídrica para espécies como *Brachiaria decumbens*, *B. plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Portulaca oleracea*, *Cenchrus echinatus*, *Galinsoga parviflora*, *Amaranthus viridis* e *Ageratum conyzoides* (MARCHIORI Jr. et al., 2005; COSTA; ROZANSKI, 2003; ADORYAN et al., 2002).

Tabela 2.3 - Controle (%) de *B. decumbens* nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2009

Tratamentos	Dose	<i>Brachiaria decumbens</i> 30 DARU		
	(g.ha ⁻¹)	40 DRH	80 DRH	120 DRH
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	97,7 aA	98,5 aA	97,2 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	96,5 aA	99,0 aA	99,5 aA
IFT ²	165	100 aA	100 aA	100 aA
IMZ ³	133	61,2 bA	51,2 bAB	40,0 bB
C+H ⁴	1000 + 250	100 aA	99,5 aA	99,5 aA
Testemunha	-	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA
C.V.(%)			10,47	
D.M.S. tratamentos			16,29	
D.M.S. épocas			13,28	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	<i>Brachiaria decumbens</i> 60 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	95,7 aA	95,2 aA	96,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	95,2 aA	96,5 aA	99,5 aA
IFT ²	165	99,5 aA	100 aA	100 aA
IMZ ³	133	50,0 bA	30,0 bB	36,2 bB
C+H ⁴	1000 + 250	99,5 aA	96,5 aA	99,0 aA
Testemunha	-	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA
C.V.(%)			10,13	
D.M.S. tratamentos			15,11	
D.M.S. épocas			12,33	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	<i>Brachiaria decumbens</i> 90 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	83,7 aA	86,2 aA	88,7 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	87,5 aA	94,5 aA	97,5 aA
IFT ²	165	100 aA	100 aA	100 aA
IMZ ³	133	32,5 bA	18,7 bA	21,2 bA
C+H ⁴	1000 + 250	98,7 aA	86,2 aA	96,2 aA
Testemunha	-	0,00 cA	0,00 bA	0,00 cA
C.V.(%)			13,87	
D.M.S. tratamentos			19,19	
D.M.S. épocas			15,66	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	<i>Brachiaria decumbens</i> 120 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	75,0 bA	80,0 bA	82,5 bA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	85,0 abA	93,7 abA	95,0 abA
IFT ²	165	97,5 aA	100 aA	100 aA
IMZ ³	133	27,5 cA	18,7 cA	16,2 cA
C+H ⁴	1000 + 250	96,2 aA	81,2 bB	87,5 abAB
Testemunha	-	0,00 dA	0,00 dA	0,00 cA
C.V.(%)			13,10	
D.M.S. tratamentos			17,28	
D.M.S. épocas			14,09	

Médias seguidas de mesma letra dentro de cada avaliação, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Marchiori Jr. et al. (2005) estudaram o efeito de IFT nesta espécie em períodos de restrição hídrica para dois tipos de solo, sendo que para o solo de textura argilosa, independente do período de seca estudado, o controle foi sempre próximo a 100% e que para o solo de textura franco-argilo-arenosa obtiveram porcentagens de controle

iguais a 92, 11 e 22% aos 40, 80 e 120 dias de seca, respectivamente. Chiovato (2009) observou em avaliação para a mesma espécie redução nos níveis de controle, de 93,7 para 85%, para dose de 112,5 g.ha⁻¹ de IFT, comparando a avaliação aos 60 e 90 DAA, respectivamente, sendo que aos 150 DAA encontrou 68,7% de controle. Apenas para a maior dose testada, 225 g.ha⁻¹, constatou níveis de controle acima de 80% aos 150 DAA.

Novo et al. (2005) constataram que a perda da atividade residual de isoxaflutole, em solo argiloso, foi bastante lenta, utilizando batata como planta teste. Nas doses de 75 e 150 g ha⁻¹, o período residual foi de, respectivamente, 84 e 112 dias; na dose de 300 g ha⁻¹, o período residual foi superior a 140 dias. Mitra, Bhowmilk e Xing (1999) demonstraram que, em solos com teor de matéria orgânica maior ou igual a 2%, a sorção, a persistência e a mobilidade do isoxaflutole no solo correlacionam-se com o teor de matéria orgânica, e não com a textura.

Segundo Oliveira Jr et al. (2006), na dose de 180 g ha⁻¹ de IFT, aos 15 dias após semeadura, houve efeito satisfatório de controle de *B. decumbens* (80%) até o período de 56 dias de seca. Já para a dose de 200 g ha⁻¹ de IFT verificaram-se controles acima de 80% da planta daninha até o período de 67 dias. Os dados indicam que após a aplicação de IFT em Latossolo Vermelho distrófico, seguida de irrigação de 20 mm, à medida que avança o período de dias em que o solo permaneceu seco, o controle sobre *B. decumbens* é prejudicado.

Para C+H verificou-se bons níveis de controle para esta planta daninha com médias de controle maiores que 81% para os períodos de restrição hídrica avaliados.

Carbonari et al. (2010) observaram, para *B. decumbens*, que clomazone + hexazinone, aplicado sobre o solo, proporcionou percentuais de controle da ordem de 99,8%, respectivamente, quando submetido a 60 dias entre a semeadura das plantas daninhas e a ocorrência da chuva.

A mistura formulada clomazone + ametryn apresentou, segundo estudo realizado por Monquero et al. (2008), aos 7 e 14 dias após a semeadura, baixa capacidade de controle da espécie biondicadora (< 60%). Aos 21 DAS, observou-se que essa mistura afetou *S. bicolor* em mais de 80% quando submetido o solo a um período de até dez dias de seca depois da aplicação; após este período, os autores detectaram redução na

atividade herbicida à medida que se aumentou o período de seca, com níveis inferiores a 20% de controle a partir dos 20 dias de seca.

IMZ foi o herbicida menos eficaz no controle de *B. decumbens* uma vez que as médias de controle observadas foram sempre inferiores a 62%, nível considerado insatisfatório. Para as avaliações aos 30 e 60 DARU foi observado diferença entre os valores para o menor período de restrição hídrica (40 dias) e os maiores (80 e 120 dias) evidenciando que à medida que se prolonga o período entre a aplicação deste herbicida e a ocorrência das primeiras chuvas há queda em sua eficácia. A partir de 90 DARU não se observou mais diferenças entre os períodos de restrição hídrica, porém níveis muito baixos de controle foram encontrados nestas avaliações, com médias inferiores a 33%.

Segundo dados de Hernandez, Alves e Martins (2001), IMZ aplicado a 122,5 g.ha⁻¹ se mostrou ineficiente para o controle de capim-braquiária. Tem-se diagnosticado que a principal forma de decomposição das imidazolinonas nos solos é a microbiana (MANGELS, 1991), e a luz solar (raios ultravioleta) participa com a menor parte das perdas dos compostos (MILLER; WESTRA, 1998). Dessa forma, a dissipação desse grupo de herbicidas é mais rápida em solos com temperaturas e teores de umidade que favoreçam a atividade dos microrganismos (GOETZ; LAVY; GBUR, 1990; LOUX; REESE, 1992).

Carvalho et al. (2005) observaram que a massa seca, em termos percentuais, para *Brachiaria plantaginea*, reduziu em mais de 95% com aplicação da dose recomendada de imazapic (140 g.ha⁻¹).

Segundo Inoue et al. (2007) após simulação de lâminas de 0 e 20 mm de água sobre tubos de PVC, houve redução significativa de crescimento das plantas de *B. decumbens* apenas na camada superficial de solo (0-5 cm), o que indica ausência ou níveis muito baixos de imazapic nas camadas mais profundas da coluna (5- 25 cm). A intensa lixiviação observada deve-se possivelmente à baixa capacidade de sorção do solo utilizado, em razão de seu baixo teor de carbono orgânico.

Na Figura 2.5 são apresentados, para os três períodos de seca estudados, na forma gráfica as médias de controle observadas ao longo do período de avaliação para *B. decumbens*, corroborando o que foi discutido anteriormente com relação à alta

eficácia dos herbicidas IFT, D+H+SMM e C+H, e também a baixa eficiência de IMZ no controle desta espécie de planta daninha.

Figura 2.5 - Porcentagem de controle para *Brachiaria decumbens* Stapf. aos 15, 30, 45, 60, 90, 105 e 120 DARU, com os herbicidas aplicados em pré-emergência sobre o solo, para as épocas de 40 (A), 80 (B) e 120 (C) dias de restrição hídrica. Paulínia, SP, 2009

c. *Euphorbia heterophylla*

Voll et al. (2003) avaliaram a germinação de sementes de espécies de plantas daninhas sob temperaturas alternadas de 30/20 °C e obtiveram 31% para *Euphorbia heterophylla*. Sementes como as de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) apresentam, de modo geral, alta taxa de germinação e emergência, exaurindo-se no solo em cerca de três a quatro anos, na ausência de reinfestação (VOLL et al., 2001). Kissmann e Groth (1999) apontam o amendoim-bravo como espécie muito prolífera, com baixa incidência de dormência inicial, que tem a germinação potencializada por oscilações de temperatura e umidade, com faixa ótima de germinação entre 25 e 35 °C.

Segundo Bannon, Baker e Rogers (1978) as sementes de *E. heterophylla* são quiescentes e não dormentes, ou seja, não germinam devido a ausência ou insuficiência de um ou mais fatores ambientais necessários à germinação.

Para a espécie *Euphorbia heterophylla* (Tabela 2.4), os resultados de controle obtidos para os tratamentos com D+H+SMM, em ambas as doses estudadas, foram superiores a 99% em todas as épocas e períodos de restrição hídrica avaliados, o que evidencia excelente atividade residual deste herbicida para esta espécie de infestante, e que não houve influência dos períodos a que foi submetido entre a aplicação e a ocorrência de precipitações em sua eficácia.

Monquero et al. (2007) observaram para estudo da eficácia de diversos herbicidas sobre leiteiro que quando aplicado sobre o solo, imazapic e diuron + hexazinone proporcionaram controles de 91,25 e 100% aos 28DAA, respectivamente.

Em estudo de diferentes doses de sulfometuron-methyl sobre *E. heterophylla*, Barberis et al. (2010b) observaram aos 28 DAA níveis de controle acima de 80% para as doses de 11,25 e 15 g ha⁻¹, principalmente para as chuvas acima de 20 mm e na dose 7,5 g ha⁻¹, para chuvas acima de 40 mm. Aos 42 DAA foram observados níveis de controle acima de 80% para todos os tratamentos com chuva acima de 10 mm, atingindo níveis de controle acima de 95% para as doses 11,25 e 15 g ha⁻¹.

As médias de controle observadas para IFT decresceram bruscamente à medida que avançaram as avaliações, de modo que aos 30 DARU valores iguais a 72,5% foram encontrados para 40 DRH, sendo estatisticamente diferente e superior aos valores observados para 80 e 120 DRH. Porém já a partir de 60 DARU valores inferiores a 45% foram verificados para controle desta espécie, sendo que nesta avaliação ainda havia diferença entre os períodos de seca estudados, com superioridade numérica para 40 DRH. Nas últimas avaliações realizadas, ou seja, aos 120 DARU encontraram-se valores de porcentagem de controle inferiores a 12% para todos os períodos de restrição hídrica avaliados, evidenciando clara perda do poder residual e também ineficiência do controle desta espécie por este herbicida. Segundo Brasil (2008), IFT não é recomendado para controle dessa espécie.

Tabela 2.4 - Controle (%) de *E. heterophylla* nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP, 2009

Tratamentos	Dose	<i>Euphorbia heterophylla</i> 30 DARU		
	(g.ha ⁻¹)	40 DRH	80 DRH	120 DRH
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	100 aA	100 aA	99,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	100 aA	100 aA	100 aA
IFT ²	165	72,5 bA	53,7 bB	18,7 cC
IMZ ³	133	84,5abA	70,0 bA	41,2 bB
C+H ⁴	1000 + 250	99,5 aA	95,0 aAB	82,5 aB
Testemunha	-	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA
C.V.(%)			13,88	
D.M.S. tratamentos			19,6	
D.M.S. épocas			15,99	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	<i>Euphorbia heterophylla</i> 60 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	100 aA	100 aA	99,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	100 aA	100 aA	100 aA
IFT ²	165	45,0 bA	22,5 cB	15,0 dB
IMZ ³	133	76,2 aA	53,7 bB	41,2 cB
C+H ⁴	1000 + 250	98,2 aA	88,7 aAB	71,2 bB
Testemunha	-	0,00 cA	0,00 cA	0,00 dA
C.V.(%)			19,94	
D.M.S. tratamentos			25,73	
D.M.S. épocas			20,99	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	<i>Euphorbia heterophylla</i> 90 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	100 aA	100 aA	99,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	100 aA	100 aA	100 aA
IFT ²	165	17,5 bcA	10,0 bcA	12,5 cdA
IMZ ³	133	30,0 bA	26,2 bA	32,5 cA
C+H ⁴	1000 + 250	92,5 aA	81,2 aA	61,2 bB
Testemunha	-	0,00 cA	0,00 cA	0,00 dA
C.V.(%)			20,44	
D.M.S. tratamentos			22,85	
D.M.S. épocas			18,64	
Tratamentos	(g.ha ⁻¹)	<i>Euphorbia heterophylla</i> 120 DARU		
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	100 aA	100 aA	99,5 aA
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	100 aA	100 aA	100 aA
IFT ²	165	11,2 bcA	10,0 cA	10,0 cdA
IMZ ³	133	26,2 bA	21,2 cA	25,0 cA
C+H ⁴	1000 + 250	91,2 aA	70,0 bB	57,5 bB
Testemunha	-	0,00 cA	0,00 cA	0,00 dA
C.V.(%)			20,33	
D.M.S. tratamentos			21,75	
D.M.S. épocas			17,74	

Médias seguidas de mesma letra dentro de cada avaliação, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Rossi (2007) observou médias de controle de *E. heterophylla* próximas a 55%, aos 116 DAA, quando isoxaflutole (135 e 150 g.ha⁻¹) foram aplicados e permaneceram sobre o solo por 58 dias entre a aplicação e a primeira chuva. De acordo com Mitra, Bhowmilk e Xing (1999), a sorção do isoxaflutole diminui com o decréscimo do teor de

matéria orgânica do solo. Esses autores afirmam ainda que a sorção desse herbicida é inversamente relacionada ao aumento do pH do solo, aumentando o potencial de lixiviação em solos mais próximos da neutralidade.

Para o tratamento com C+H, já a partir das primeiras avaliações notou-se que à medida que o produto é submetido a maiores períodos de restrição hídrica a sua eficácia decresce, de modo que na situação em que, entre a aplicação do herbicida e a primeira chuva, o período é de 40 DRH, a eficácia observada é alta, com médias de controle superiores a 90%, todavia nas situações mais extremas, 80 e 120 DRH observou-se diferenças significativas no controle, em relação a 40 DRH, com médias de 70 e 57,5%, resultados semelhantes aos obtidos por Azania et al. (2009), com valores de 78 e 55% de controle aos 120 e 150 DAA, respectivamente.

Carbonari et al. (2010) observaram, para *E. heterophylla*, que C+H, aplicado sobre o solo, proporcionou percentuais de controle da ordem de 100%, respectivamente, quando submetido a 60 dias entre a semeadura das plantas daninhas e a ocorrência da chuva.

Comportamento semelhante foi observado para controle de leiteiro por IMZ, sendo que para a avaliação de 30 DARU, bons níveis de controle foram observados para 40DRH. A partir de 60 DARU a eficácia deste herbicida apresenta queda, com médias de controle inferiores a 80% para 40 DRH, e baixos níveis (< 54%) de controle para 80 e 120 DRH. Nas avaliações de 90 e 120 DARU médias de controle inferiores a 33% foram observadas para todos os períodos de restrição hídrica, evidenciando que a partir deste ponto a atividade residual do produto cai drasticamente para a espécie em questão.

Carvalho et al. (2006), em experimento realizado em vasos com mistura de sementes de corda-de-viola e amendoim-bravo, observaram queda na porcentagem de controle por IMZ dessas espécies, com diferença significativa, entre 60 e 90 dias de restrição hídrica quando comparadas às épocas de 0 e 30 dias, em avaliação realizada aos 60 DARU.

Segundo experimento conduzido por Monquero et al. (2008), em que se avaliou a eficácia de alguns herbicidas amplamente utilizados na cultura da cana-de-açúcar, quando submetidos a diferentes períodos de restrição hídrica, observou-se que a

mistura clomazone + ametryn apresentou a menor estabilidade ao longo das avaliações, não sendo recomendada para aplicação em períodos secos. Os herbicidas imazapic e imazapyr tiveram seus efeitos tóxicos diminuídos, quando submetidos a um período de restrição hídrica maior que 60 dias. Diuron + hexazinone isolado e isoxaflutole controlaram totalmente os bioindicadores mesmo com 90 dias de seca após aplicação em ambos os solos avaliados.

Na Figura 2.6 são apresentados os gráficos referentes às médias de controle observadas para *E. heterophylla* ao longo das avaliações realizadas, de forma que é possível perceber a elevada eficácia de D+H+SMM para os três períodos de restrição hídrica avaliados; a queda na eficácia do herbicida C+H a partir de 80 DRH e os baixos índices de controle observados para IMZ e IFT.

Figura 2.6 - Porcentagem de controle para *Euphorbia heterophylla* L. aos 15, 30, 45, 60, 90, 105 e 120 DARU, com os herbicidas aplicados em pré-emergência sobre o solo, para as épocas de 40 (A), 80 (B) e 120 (C) dias de restrição hídrica. Paulínia, SP, 2009

2.4 Conclusões

Pelos dados obtidos nas condições locais, pode-se concluir que os herbicidas estudados na presente pesquisa têm sua eficácia alterada em função do período de restrição hídrica a que são submetidos, evidenciando a importância do conhecimento do regime hídrico, do tipo de solo e da comunidade infestante dos canaviais, para garantir

um controle eficaz. Dentre estes herbicidas, a associação de diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl ($1206 + 340 + 29$ e $1386,9 + 391 + 33,35 \text{ g.ha}^{-1}$) [D+H+SMM] demonstrou alta eficácia para *Ipomoea triloba* (>94%), *Brachiaria decumbens*, principalmente para a maior dose (>84%) e *Euphorbia heterophylla* (>99%), independentemente do período de restrição hídrica. Para o herbicida isoxaflutole (165 g.ha^{-1}) [IFT] apenas o controle de capim-braquiária ocorreu de maneira eficaz (>97%). Já imazapic (133 g.ha^{-1}) [IMZ] mostrou-se eficaz para controle de *I. triloba* (>94%), porém pouco eficaz e com baixa atividade residual para o controle de *B. decumbens* (<62%) e *E. heterophylla*, principalmente a partir de 90 DARU (<33%), sendo mais suscetível à influência dos diferentes períodos de restrição hídrica. Para clomazone + hexazinone ($1000 + 250 \text{ g.ha}^{-1}$) [C+H] o controle foi considerado muito bom para corda-de-viola (>97%) e capim-braquiária (>81%), sendo que para leiteiro houve queda de eficácia com o aumento do período de restrição hídrica, e atividade residual com bons valores de controle para 40 DRH até 120 DARU.

Referências

- ADORYAN, M.L.; BENDECK, O.B.; GELMINI, G.A. Avaliação do herbicida isoxaflutole na cultura de *Pinus caribae*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 577.
- AZANIA, A.A.P.M.; AZANIA, C.A.M.; PAVANI, M.C.M.D.; CUNHA, M.C.S. Métodos de superação de dormência em sementes de *Ipomoea* e *Merremia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 203-209, 2003.
- AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M.; FURTADO, D.E. Biologia e manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 173-191.
- AZANIA, C.A.M.; MARQUES, R.P.; AZANIA, A.A.P.M.; ROLIM, J.C. Superação da dormência de sementes de corda-de-viola (*Ipomoea quamoclit* e *I. hederifolia*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 23-27, 2009a.
- AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M.; PIZZO, I.V.; SCHIAVETTO, A.R.; ZERA, F.S.; MARCARI, M.A.; SANTOS, J.L. Manejo químico de convolvulaceae e euphorbiaceae em cana-de-açúcar em período de estiagem. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 841-848, 2009b.

BANNON, J.S.; BAKER, J.B.; ROGERS, R.L. Germination of wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*). **Weed Science**, Champaign, v. 26, n. 3, p. 221-225, 1978.

BARBERIS, L.R.M.; VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; CAVALIERI, S.D.; VIANA, R.S. Eficácia de sulfometuron metil associado com palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., Ribeirão Preto, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD; 2010. p. 2032-2036.

BOUCHARD, D.C.; ENFIELD, C.G.; PIWONI, M.D. Transport processes involving organic chemicals. In: SAWHNEY, B.L. (Ed.). **Reactions and movement of organic chemicals in soils**. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p. 349-372.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, 2008. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 29 mar. 2010.

CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D.; CORREA, M.R.; NEGRISOLI, E.; ROSSI, C.V.; OLIVEIRA, C.P. Efeitos de períodos de permanência de clomazone + hexazinone no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 197-205, 2010.

CARMONA, R. Problemática e manejo de banco de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 10, n. 1/2, p. 5-16, 1992.

CARVALHO, S.J.P.; LOMBARDI, B.P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 535-542, 2005.

CARVALHO, S.J.P.; MELO, M.S.C.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; MEDEIROS, D.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Influência de diferentes períodos de seca sobre a eficácia do herbicida imazapic sobre *Ipomoea grandifolia* e *Euphorbia heterophylla*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006. **Resumos...** Brasília: SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 2006. p. 330.

CASON, J.B.; SABBAG, R.; STOREL, P.; SILVA, P.V.; MONQUERO, P.A. Lixiviação e persistência de diuron+hexazinone+sulfometuron, hexazinone, sulfometuron e diuron. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., Ribeirão Preto, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 3396-3400.

CHIOVATO, M.G. **Controle de plantas daninhas em cana de açúcar com herbicidas aplicados na época seca**. 2009. 103 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Avaliação da safra agrícola de cana-de-açúcar 2009/2010**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 05 set. 2010.

COSTA, E.A.D.; ROZANSKI, A. Eficácia da aplicação de isoxaflutole associado com ametryn ou diuron no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Boletim Informativo SBPCD**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 14-21, 2003.

DIAS FILHO, M.B. Germination and emergence of *Stachytarpheta cayennensis* and *Ipomoea asarifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 118-123, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FELIPPE, G.M.; POLO, M. Germinação de ervas invasoras: efeito da luz e escarificação. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 6, n.1, p. 55-60, 1983.

GOETZ, A.J.; LAVY, T.L.; GBUR, E.E. Degradation and field persistence of imazethapyr. **Weed Science**, Champaign, v. 38, p. 421-428, 1990.

GUIMARÃES, G.L. Impactos ecológicos do uso de herbicidas ao meio ambiente. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, p. 159-180, 1987.

HERNANDEZ, D.D.; ALVES, P.L.C.A.; MARTINS, J.V.F. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência do imazapic e imazapic + pendimethalin. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 419-426, 2001.

INOUE, M.H.; OLIVEIRA JR.; R.S.; CONSTANTIN, J.; ALONSO, D.G. Potencial de lixiviação de imazapic e isoxaflutole em colunas de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 547-555, 2007.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. v. 2, 978 p.

KOGAN, M. A. **Malezas**: ecofisiologia y estratégias de control. Santiago: Pontificia Universidad Catolica, 1992. 402 p.

KUVA, M.A. **Banco de sementes, fluxo de emergência e fitossociologia de comunidade de plantas daninhas em agroecossistema de cana crua**. 2006. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

LABONIA, V.D.S. **Alguns aspectos de germinação e emergência de cinco espécies de plantas daninhas Convolvuláceas e suas suscetibilidades a herbicidas quando aplicados sobre palha de cana-de-açúcar**. 2008. 80 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

LANGENBACH, T.; CORREIA, F. V. Dinâmica da distribuição e degradação de atrazina em Argissolo Vermelho-Amarelo sob condições de clima tropical úmido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2006.

LOUX, M. M.; REESE, K. D. Effect of soil pH on absorption and persistence of imazaquin. **Weed Science**, Champaign, v. 40, p. 490-496, 1992.

MANGELS, G. Behavior of the imidazolinone herbicides in soil: a review of the literature. In: SHANER, D.L.; O'CONNOR, S.L. (Ed.). **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC, 1991. p. 191-209.

MARCHIORI JR., O.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; INOUE, M.H.; PIVETTA, J.P.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de isoxaflutole após diferentes períodos de seca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 491-499, 2005.

MILLER, P.; WESTRA, P. **Herbicide selectivity and performance**. Fort Collins: Colorado State University, Cooperative Extension Service 1998. (Crop Series. Production, 563).

MITRA, S.; BHOWMILK, P. C.; XING, B. Sorption of isoxaflutole by five different soils varying in physical and chemical properties. **Pesticide Science**, Oxford, v. 55, p. 935-942, 1999.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; SILVA, A.C.; SILVA, P.V.; BINHA, D.P. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 613-619, 2007.

MONQUERO, P.A.; BINHA, D.P.; SILVA, A.C.; SILVA, P.C.; AMARAL, L.R. Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 185-193, 2008.

NICOLAI, M. **Fluxos de emergência, épocas de aplicação de herbicidas e sistemas de manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar**. 2009. 158 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

NOVO, M.C.S.S.; ADORYAN, M.L.; FAVORETTO, P.; TESSARIOLI NETO, J.; MELO, P.C.T. Persistência de isoxaflutole em solo argiloso cultivado com batata. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 4, p. 39-50, 2005.

OLIVEIRA JR., R.S.; MARCHIORI JR., O.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. Influência do período de restrição hídrica na atividade residual de isoxaflutole no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 733-740, 2006.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 476-531.

ROSSI, C.V.S. **Controle de plantas daninhas pelos herbicidas metribuzin e isoxaflutole em soqueira de cana-de-açúcar, na ausência e presença de palha.** 2007. 154 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

SALVADOR, F.L; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, A.S.R.; SIMONI, F; SAN MARTIN, H.A.M. Efeito da luz e quebra de dormência na germinação de sementes de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 303-308, 2007.

SILVA, A.A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.A.; SILVA, F.J. (Ed). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 189-248.

VELINI, E.D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia.** 1995. 250 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1995.

VICTORIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L; CONCEIÇÃO, M.Z. da; SANTIAGO, T. (Ed). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV; DFP, 2008. p. 397-464.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 32-37, jan./jun. 2004.

VOLL, E.; BRIGHENTI, A.M.; GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S. Relações entre germinação de sementes de espécies de plantas daninhas e uso da condutividade elétrica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 181-189, 2003.

VOLL, E.; TORRES, E.; BRIGHENTI, A.M.; GRAZZIERO, D.L.P. Dinâmica de um banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes manejos do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 171-178, 2001.

3 EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA NA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CONDIÇÃO DE RESTRIÇÃO HÍDRICA

Resumo

Devido às questões de planejamentos e operações agrícolas tem-se utilizado cada vez mais no setor sucroalcooleiro o controle químico durante o período seco, uma vez que mesmo em menores densidades populacionais, as plantas daninhas podem prejudicar o desenvolvimento da cultura. Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar diferentes alternativas de controle das principais espécies de plantas daninhas da cana-de-açúcar quando influenciadas pelas condições hídricas do período mais seco do ano. As plantas daninhas *Euphorbia heterophylla* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Ipomoea triloba* L. foram semeadas a lanço nas entrelinhas de soqueira de cana-de-açúcar, variedade RB 92-8064, na Fazenda Lucato, no município de Araras - SP. Os herbicidas foram aplicados em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura. Os tratamentos utilizados constaram de duas doses de diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl [D+H+SMM] ($1085 + 306 + 26,1$ e $1206 + 340 + 29 \text{ g.ha}^{-1}$), isoxaflutole [IFT] (150 g.ha^{-1}), imazapic [IMZ] (126 g.ha^{-1}), clomazone + hexazinone [C+H] ($920 + 230 \text{ g.ha}^{-1}$) e testemunha com e sem capina. O experimento foi instalado segundo o delineamento experimental de blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições e foram realizadas avaliações de controle das plantas daninhas e fitointoxicação da cana-de-açúcar aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 120 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas. Foi realizada avaliação da densidade das diferentes plantas daninhas aos 60, 90 e 120 DAA, e massa seca das espécies com o término do experimento. O efeito dos herbicidas e da interferência das plantas daninhas remanescentes no número de afilhos da cana-de-açúcar foi avaliado aos 60 e 120 DAA, e nestas mesmas datas, mediu-se a altura das plantas até a última aurícula visível da folha +1. Os resultados mostraram que *I. triloba* mostrou-se altamente sensível aos herbicidas, à exceção do IFT. *B. decumbens* apresentou maior susceptibilidade aos herbicidas IFT, D+H+SMM na maior dose e C+H. *E. heterophylla* apresentou alta susceptibilidade a D+H+SMM em ambas as doses, porém baixa sensibilidade aos demais herbicidas estudados, principalmente em relação à atividade residual. Os dados de massa seca e densidade de plantas apresentaram alta correlação com os dados observados para eficácia. Não foram observados sintomas visuais de fitointoxicação, sendo que a altura de colmos e número de perfilhos somente foram afetadas em situações de falha de controle das plantas daninhas estudadas.

Palavras-chave: Restrição hídrica; Residual, Controle; *Ipomoea triloba*; *Brachiaria decumbens*; *Euphorbia heterophylla*

Abstract

Due to concerns related to planning and agricultural practices in sugarcane plantation, the chemical control of weeds during dry seasons has become a common practice. Even though the weed density is lower during this season it may still harm the plantation, ultimately, leading to a reduction in cane yield. Although much progress has been observed regarding the control of weeds in sugarcane plantation, little is known about their efficacy during dry season. Therefore, the goal of this study was to evaluate the efficacy of different herbicides during the dry season for the control of the main weed species found in sugarcane plantations. The herbicides were tested for the control of *Euphorbia heterophylla* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. and *Ipomoea triloba* L., which were sown between rows of ratoons sugarcane, variety RB 92-8064, in the Lucato's farm, located in the Araras County, Araras-SP. All herbicides were applied at pre-emergence of the weeds as well as the crop. The treatments consisted of two doses of diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl [D+H+SMM] (1085+306+26.1 and 1206+340+29 g.ha⁻¹), isoxaflutole [IFT] (150 g.ha⁻¹), imazapic [IMZ] (126 g.ha⁻¹), clomazone+hexazinone [C+H] (920+230 g.ha⁻¹) and a control treatment with and without weeding. The study was carried out in a randomized complete block design with seven treatments and four repetitions. Herbicide efficacy and phytotoxicity was evaluated at 15, 30, 45, 60, 75, 90 and 120 days after treatment application (DAA). The weed density was evaluated at 60, 90 and 120 DAA, in addition to the fresh weight at the end of the trial. The effect of the herbicides along with the remaining weeds in the number of tillers of sugarcane as well as plant height up to the last visible auricle of the leaf +1 was evaluated at 60 and 120 DAA. The results showed that *I. triloba* was highly sensitive to all herbicides, except to IFT. *B. decumbens* was highly sensitive to the herbicides IFT, D+H+SMM (higher dose) and to C+H. *E. heterophylla* was highly susceptible to both doses D+H+SMM, but not to the remaining studied herbicides, considering their residual activities. In addition, a high correlation was observed between the fresh weigh and weed density data with herbicide efficacy. Visual symptoms of phytointoxication were not observed. The herbicides had little effect to the height of the stalks and the number of tillers were only affected in situations that the weed control failed.

Keywords: Water restriction; Residual; Control; *Ipomoea triloba*; *Brachiaria decumbens*; *Euphorbia heterophylla*

3.1 Introdução

A competição por recursos do meio gerada pelas plantas daninhas acarreta redução significativa no rendimento da cultura da cana-de-açúcar (ROLIM; CHRISTOFFOLETI, 1982; LORENZI, 1988; GRACIANO, 1989; CONSTANTIN; VELINI; BRINHOLI, 1993; COLETI et al., 1997; KUVA et al., 2000; 2001; 2003), assim como proporciona outros aspectos negativos, como decréscimo da longevidade do canavial,

redução da qualidade industrial da matéria-prima e dificuldade nas operações de colheita e transporte (PITELLI, 1985; PROCÓPIO et al., 2003). Dessa forma, é evidente a necessidade de estratégias eficientes no controle das comunidades infestantes para a cultura em questão.

No Estado de São Paulo, a cana-de-açúcar colhida durante o inverno (junho a agosto) apresenta lenta brotação e perfilhamento, entretanto, mesmo em menores densidades populacionais, as plantas daninhas podem prejudicar o desenvolvimento da cultura (AZANIA et al., 2006b).

Assim, muitos produtores, devido às questões de planejamentos e operações agrícolas, optam por utilizar o controle químico mesmo durante o período seco. Nesse caso, a seletividade dos herbicidas escolhidos deverá ser eficaz, para não prejudicar ainda mais o desenvolvimento das soqueiras (AZANIA et al., 2006a).

O grau de competição sofrido pela cultura depende de fatores relacionados com a planta daninha (espécie, densidade, distribuição e período de convivência das plantas daninhas durante o ciclo da cultura), e da cultura (variedade, densidade, espaçamento). Todos estes fatores são modificados pelo tipo de solo e condições meteorológicas. De todos os fatores que influenciam o grau de competição, o mais importante é o período em que a comunidade infestante e as plantas cultivadas estão disputando os recursos do meio, denominado período crítico de prevenção da interferência (PCPI) (PITELLI, 1985).

Trabalhos para a situação de cana-planta indicam que o PCPI situa-se, em média, entre 30 e 100 dias após a deposição dos toletes (ROLIM; CHRISTOFFOLETI, 1982; KUVA et al., 2003). Poucos estudos foram realizados para a cultura em condição de soqueira, porém acredita-se que o PCPI se localiza, em média, entre 20 e 130 dias após a emergência da cultura (PROCÓPIO; SILVA; VARGAS, 2008; MEIRELLES; ALVES; NEPOMUCENO, 2009).

Martins et al. (1999) relataram que em condições onde há maiores oscilações de temperatura, luz e umidade, como observado entre maio e setembro, ocorre menor dormência de sementes de plantas daninhas e, portanto, maior emergência e desenvolvimento. Takahashi (2007) observaram que durante o desenvolvimento das sementes, a dormência é regulada não somente por características da própria semente

ou do embrião, mas também por estímulos externos, como a luz, temperatura e umidade que as plantas recebem durante o seu período de germinação, além das condições nutricionais da própria planta.

Dentre as principais plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar para a região centro-sul estão: capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim-colonião (*Panicum maximum*), capim-colchão (*Digitaria* spp.), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*), grama-seda (*Cynodon dactylon*), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), caruru (*Amaranthus* spp.), picão preto (*Bidens* spp.), beldroega (*Portulaca oleracea*) e tiririca (*Cyperus rotundus*) (KISSMANN, 1997; KISSMANN; GROTH, 1999; PROCOPIO et al., 2003; VICTORIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004; AZÂNIA et al., 2006b; LORENZI, 2008; OLIVEIRA; FREITAS, 2008).

O controle químico para estas e outras plantas daninhas, em geral, é influenciado por fatores ligados à cultura, às plantas infestantes, às condições climáticas e ao solo. Considerando a época de plantio, ou corte da cana-de-açúcar, torna-se possível conhecer as características do clima, da umidade do solo e da infestação de plantas daninhas, o que permite melhor programação do uso de herbicidas em condições de pré-plantio, pré-emergência e pós-emergência (CHRISTOFFOLETI, 1997).

Na cultura em questão, o controle químico é o método mais utilizado no manejo de plantas daninhas, em razão de haver inúmeros herbicidas registrados para esta cultura no Brasil. Além disso, trata-se de um método econômico e de alto rendimento em comparação com os métodos mecânicos ou físicos (PROCÓPIO; SILVA; VARGAS, 2008). De acordo com Medeiros (2001), na cultura da cana-de-açúcar são usados diversos herbicidas, sendo os mais empregados aqueles de aplicação em pré-emergência.

Todavia, devido a algumas particularidades da cultura, as características físico-químicas dos herbicidas empregados são muito importantes, em função da necessidade do uso de herbicidas em pré-emergência e com atividade residual de longa duração, a fim de se usar esses agroquímicos em períodos com alta disponibilidade de água, como também na época seca do ano (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ OVEJERO, 2005).

Ao considerar o período de corte da cana-de-açúcar observa-se que, aproximadamente 80% da safra ocorrem no período seco a semi-seco do ano. As chuvas que ocorrem neste período não são suficientes para repor o volume de água necessário para o desenvolvimento da cultura. Assim, a aplicação de herbicidas neste período fica restrita aos produtos que tenham propriedades que permitam sua aplicação nessas condições. Além dos herbicidas para cana-planta, principalmente aqueles aplicados na época úmida (outubro a dezembro no caso da região centro-sul), o mercado tem oferecido novas moléculas, capazes de se adaptar à condição de solo seco ou semi-seco, entre elas: isoxaflutole (Sol. H_2O = 6; Kow = 208), imazapic (Sol. H_2O = 2150, Kow = 0,01), clomazone (Sol. H_2O = 1100, Kow = 350) + hexazinone (Sol. H_2O = 33.000, Kow = 11,3) (CHRISTOFFOLETI et al., 2005) e diuron (Sol. H_2O = 42; Kow = 589) + hexazinone (Sol. H_2O = 33.000; Kow = 11,3) + sulfometuron-methyl (Sol. H_2O = 244; Kow = 0,35), (popularmente chamados de “herbicidas de seca”). A aplicação destes herbicidas está fundamentada em aspectos importantes relacionados com sua dinâmica no solo.

De acordo com Christoffoleti et al. (2005) os “herbicidas de seca” podem ser aplicados durante os meses de menor precipitação pluvial com segurança de alta seletividade por posicionamento, pois, além do produto permanecer nas camadas superficiais de solo, condicionado pela baixa disponibilidade de água no perfil, o sistema radicular proveniente do rizoma ou colmo encontra-se em profundidade, não havendo, portanto, contato do ingrediente ativo com o sistema radicular da planta. Desta forma, a seletividade de aplicação destes herbicidas em época seca é garantida pelo desenvolvimento inicial lento da cultura da cana-de-açúcar que permite uma grande flexibilidade de aplicação dos produtos.

Assim, no período seco do ano, que normalmente corresponde às soqueiras (PROCÓPIO et al., 2003), necessita-se de maior tempo para o “fechamento” do canavial. Isto significa dizer que o controle cultural, exercido pela presença física das plantas de cana-de-açúcar, sobre as manifestações do banco de sementes, demora mais para ocorrer. Assim a aplicação de herbicidas na época seca normalmente deve gerar residual que adentra o período mais úmido do ano.

Para Jaremtchuk et al. (2009), o efeito residual de um herbicida consiste no tempo em que esta molécula permanece ativa no solo quanto a capacidade de controle das infestações, que surgem em diferentes fluxos ao longo do tempo pós-aplicação, e é função do tipo de solo, do período de tempo entre a aplicação e a semeadura das espécies, e também da dose utilizada deste herbicida.

Portanto para soqueiras, cuja aplicação é realizada em período de estiagem, é fundamental que o herbicida apresente características físico-químicas que permitam sua disponibilidade para o controle até que as precipitações se regularizem, consequentemente o produto deve ter um efeito residual suficiente para suportar o período seco até o início das chuvas (CHRISTOFFOLETI et al., 2005). Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar diferentes formulações de herbicidas no controle das principais espécies de plantas daninhas da cana-de-açúcar quando influenciadas pelas restrições hídricas do período mais seco do ano.

3.2 Material e Métodos

No mês de julho de 2008 foi instalado um experimento na Fazenda Lucato, próximo à Usina São João, localizada no município de Araras - SP, em um Latossolo Vermelho Amarelo (Tabelas 3.1 e 3.2) (EMBRAPA, 2006), em soqueira de cana-de-açúcar cultivada com a variedade RB 92-8064, após terceiro corte realizado de forma mecanizada e com queima prévia do canavial.

Tabela 3.1 – Análise química* do solo da área experimental. Araras, SP. 2008

Área Experimental	pH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	P mg/dm ³	K	Ca	Mg mmol _c /dm ³	H+Al	SB	CTC	V%
Araras 00-20 cm	5,4	27	9	2,1	30	17	19	49,2	68,0	72
Araras 20-40 cm	5,6	23	16	1,1	26	12	19	39,2	58,0	68

* Laboratório IBRA de Análise de Solos

Tabela 3.2 – Análise granulométrica* do solo da área experimental. Araras, SP. 2008

Área Experimental	Areia	Silte %	Argila	Classe de Textura
Araras 00-20 cm	43,3 F ¹	13,9	42,8	Argilosa ²
Araras 20-40 cm	44,7 F ¹	21,3	34,1	Média ³

*Laboratório IBRA de Análise de Solos; F¹ – areia fina (0,25 – 0,1 mm); ²35 a 60% de argila; ³<35% argila e >15% areia.

O experimento foi instalado segundo o delineamento experimental de blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais constaram de cinco linhas espaçadas de 1,50 m, com oito metros de comprimento cada, perfazendo uma área de 48 m².

As plantas daninhas, *Euphorbia heterophylla* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Ipomoea triloba* L. foram semeadas a lanço nas entrelinhas da cultura, com quantidade de sementes suficiente para proporcionar a emergência de 30 plantas por metro quadrado, de acordo com o teste de germinação fornecido pela empresa produtora. Cada espécie estudada foi semeada em uma entrelinha com posterior incorporação na camada superficial do solo, com auxílio de rastelos. Foram consideradas, para efeito de avaliações, quatro linhas de cana e três entrelinhas com 6 metros de comprimento. Estas espécies foram escolhidas por consequência da importância agrícola que possuem para o Estado de São Paulo (KISSMANN, 1997; KISSMANN; GROTH, 1999; PROCOPIO et al., 2003; VICTORIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004; AZÂNIA et al., 2006; LORENZI, 2008; OLIVEIRA; FREITAS, 2008).

Os herbicidas foram aplicados em solo com 11% de umidade, de acordo com método gravimétrico (EMBRAPA, 1997), em pré-emergência total das plantas daninhas e da cultura. Os tratamentos utilizados constaram de duas doses de diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl [D+H+SMM] (1085 + 306 + 26,1 e 1206 + 340 + 29 g.ha⁻¹), isoxaflutole [IFT] (150 g.ha⁻¹), imazapic [IMZ] (126 g.ha⁻¹), clomazone + hexazinone [C+H] (920 + 230 g.ha⁻¹) e testemunha com e sem capina.

Na aplicação utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO₂ à pressão constante de 2,1 kgf.cm⁻², barra de aplicação com largura total de 2,0 m, provida de

quatro bicos com pontas de pulverização do tipo leque, modelo XR 110.02, espaçados de 0,50 m e consumo de calda herbicida relativo de 200 L.ha⁻¹.

A umidade relativa do ar medida no início da aplicação era de 55%, temperatura de 24°C e velocidade do vento de 3,2 km.h⁻¹. Aplicou-se o herbicida no sentido da linha de cana e nos seis metros centrais de cada parcela, deixando-se 1,0 metro em uma das extremidades sem aplicação, para evitar deriva de herbicida entre parcelas e auxiliar nas avaliações.

Foram realizadas avaliações de controle das plantas daninhas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 120 dias após a aplicação (DAA). Para tanto, utilizou-se da escala percentual variando entre 0 a 100%, por meio da comparação do controle exercido pelo herbicida com a testemunha sem capina, em que 0% correspondeu à ausência de controle e 100% ao controle total, conforme descrito por Velini (1995). Possíveis alterações morfológicas e de coloração das plantas de cana-de-açúcar, que pudessem ser caracterizadas como efeitos de fitointoxicação dos herbicidas, foram avaliados aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 120 DAA. Essa avaliação foi baseada na escala de notas recomendada pelo European Weed Research Council – EWRC (1964), em que a nota um (1,0) representa a ausência de sintomas e nove (9,0) a morte total das plantas.

Foi realizada avaliação da densidade das diferentes plantas daninhas aos 60, 90 e 120 DAA, amostrando-se 0,25 m², lançado aleatoriamente por três vezes em cada entrelinha da cana-de-açúcar, a partir de um quadrado de dimensões de 0,50 x 0,50 m. As plantas amostradas na avaliação dos 120 DAA foram cortadas rente ao solo, condicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 70 °C, até peso constante.

O efeito dos herbicidas e da interferência das plantas daninhas remanescentes no número de afilhos da cana-de-açúcar foi avaliado aos 60 e 120 DAA, em 2 m de cada linha da área útil da parcela, totalizando 6 m. Nestas mesmas datas, mediu-se a altura das plantas até a última aurícula visível da folha +1 (DILLEWIJN, 1952), do colo para o ápice, em 15 plantas seguidas, de uma das linhas.

Os dados obtidos foram submetidos à aplicação do teste F na análise de variância. Os dados de matéria seca e densidade de algumas plantas daninhas foram

transformados por raiz de $(x+0,5)$ e submetidas à análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Resultados e Discussão

Na Figura 3.1 são apresentados os dados climáticos referentes ao período de condução da pesquisa.

Figura 3.1 – Precipitações pluviométricas e temperaturas médias ocorridas durante o período de condução do experimento (Julho 2008 a Fevereiro 2009). Araras-SP, 2008

Fonte: CCA – UFSCar

O limite inferior de eficácia do herbicida para ser considerado satisfatório utilizado em toda a discussão deste trabalho foi aquele preconizado por Frans et al. (1986), que considera um mínimo de 80% de eficácia para o controle adequado de plantas daninhas pelo herbicida.

É importante salientar também que todas as espécies foram semeadas nas parcelas do experimento para garantir uma infestação adequada para avaliação.

a. *Ipomoea triloba*

Nos sistemas de cana-soca, e períodos de outono-inverno e primavera-verão a espécie *I. triloba* merece destaque devido à sua elevada frequência relativa (34,43 e 15,48%) e dominância relativa (25,63 e 10,42%) (OLIVEIRA; FREITAS, 2008); essa planta daninha, além de competir com a planta cultivada, pode interferir nas práticas culturais e prejudicar o desenvolvimento da cultura, em razão de seu hábito de crescimento volúvel, e causar problemas durante a colheita, provocando embuchamento da colhedora.

O uso de herbicidas com baixa eficácia sobre corda-de-violão, aliado ao fato de a cana-de-açúcar ser colhida mecanicamente cobrindo o solo com palhada são os principais fatores responsáveis pelo ganho de importância da corda-de-violão como infestante em cana-de-açúcar (MARTINS et al., 1999; AZANIA; AZANIA; FURTADO, 2006; LORENZI, 2008). A queda no residual dos herbicidas conforme aumenta o tempo entre aplicação e “fechamento” da cultura colabora com possíveis escapes desta espécie, que mesmo em áreas semi-sombreadas é capaz de desenvolver seu hábito de crescimento trepador (PITELLI; MARCHI, 1991; RIZZARDI et al., 2004; LORENZI, 2008).

Para Rizzardi et al. (2009), a temperatura ótima de germinação para a corda-de-violão (*Ipomoea triloba*) está entre 16,3 e 27,5°C; dados semelhantes foram encontrados por Labonia (2008), que observaram faixa ideal entre 17,2 e 35°C. Segundo os resultados obtidos por Nicolai (2009), há germinação e conseqüente emergência para esta espécie mesmo no inverno, em temperaturas mais amenas e com menores disponibilidades hídricas.

Observando os percentuais de controle proporcionados pelos tratamentos até os 120 DAA (Tabela 3.3) para *I. triloba* considera-se este, altamente satisfatório, para ambas as doses de D+H+SMM, IMZ e C+H, que proporcionaram controle acima de 97% desta espécie de infestante para todos os períodos avaliados. Ao término das avaliações, ou seja, 120 DAA, o canavial estava “fechado”, evidenciando que todos estes tratamentos herbicidas, para esta espécie, tiveram atividade residual suficiente para evitar perdas por matocompetição.

Tabela 3.3 - Controle percentual de *Ipomoea triloba* submetida à sete tratamentos, com aplicação dos herbicidas em pré-emergência das plantas, avaliado de 15 a 120 DAA. Araras-SP, 2008

Tratamentos	Dose	15	30	45	60	75	90	105	120
	(g.ha ⁻¹)	DAA							
D+H+SMM¹	1085 + 306 + 26,1	97.2 bcA	98.7 cA	100 bA	100 bA	100 bA	100 bA	100 bA	98.2 bA
D+H+SMM¹	1206 + 340 + 29	100 cA	100 cA	100 bA	99.5 bA	99.5 bA	99.5 bA	100 bA	99.5 bA
IFT²	150	83.7 bC	25.0 bB	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
IMZ³	126	92.0 bcA	97.0 cA	100 bA	100 bA	100 bA	100 bA	100 bA	99.5 bA
C+H⁴	920 + 230	87.5 bcA	99.5 cA	100 bA	99.5 bA	99.0 bA	99.0 bA	99.0 bA	98.2 bA
Testemunha	-	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
Testemunha capinada	-	100 cA	100 cA	100 bA	100 bA	100 bA	100 bA	100 bA	100 bA
C.V. (%)					9,83				
F_(herb. x avaliações)					10,91***				
D.M.S. avaliações					14,95				
D.M.S. herbicidas					15,54				

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *** Significativo a 1% de probabilidade. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

A avaliação de 120 DAA tem grande importância, pois o residual avaliado neste momento corresponde àquele que os herbicidas avaliados neste trabalho devem proporcionar (GRAVENA et al., 2004; RODRIGUES; ALMEIDA, 2005; BARBOSA; SICHIERI; CAMPOS, 2006).

Dentre os tratamentos avaliados apenas o tratamento com IFT não apresentou controle satisfatório para corda-de-violão, sendo considerado nulo a partir dos 45 DAA. Segundo Rodrigues e Almeida (2005), o herbicida isoxaflutole não é recomendado para aplicação em pré-emergência desta espécie.

Segundo dados de Nicolai (2009), em experimentos realizados nas regiões de Ribeirão Preto e Piracicaba, no estado de São Paulo, para eficácia de sulfentrazone, imazapic, tebuthiuron, clomazone e clomazone+hexazinone sobre *I. triloba*, verifica-se percentagens de controle para IMZ e C+H, aos 120 DAA, de 87 e 95% para a primeira região e 79 e 94% para a segunda, respectivamente, quando aplicados na época mais

seca do ano. O mesmo autor conclui ainda que de forma geral, o tratamento envolvendo hexazinone foi o mais viável para o controle de corda-de-viola.

Ainda de acordo com Nicolai (2009) o tratamento de clomazone isolado (1.100 g ha^{-1}) não foi afetado pelo efeito de épocas de aplicação, contudo apresentou a pior eficácia (83%) entre todos os tratamentos herbicidas testados. Para Lorenzi (2006) o clomazone é um herbicida com pouca ou média eficácia sobre a corda-de-viola. Já imazapic e diuron + hexazinone possuem alta eficácia sobre esta espécie.

O número de plantas de *I. triloba* por metro quadrado, apresentado na Figura 3.2, mostra a baixa eficácia de IFT sobre esta espécie, que não diferiu da testemunha sem capina, e também o excelente controle proporcionado pelos demais tratamentos com praticamente ausência da espécie nas parcelas.

Figura 3.2 – Número de plantas de *Ipomoea triloba* por m^2 aos 60, 90 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Dados originais apresentados, porém previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para herbicidas e maiúsculas para períodos avaliados, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(\text{herb.})} = 33,74^{***}$; $F_{(\text{DAA})} = 1,18^{\text{ns}}$; $F_{(\text{herb.} \times \text{DAA})} = 0,32^{\text{ns}}$; $\text{CV} (\%) = 46,79$. ^{ns}Não Significativo; ^{***} Significativo a 1% de probabilidade. Araras – SP, 2008

Os dados de biomassa seca da parte aérea (Figura 3.3) evidenciam que os tratamentos envolvendo diuron, sulfometuron, hexazinone, clomazone e imazapic foram suficientes para reduzir de forma muito acentuada a quantidade de matéria seca

produzida por *I. triloba*, diferentemente de isoxaflutole que apresentou acúmulo semelhante ao encontrado para a testemunha.

Segundo dados de Labonia (2008), quando aplicados sobre o solo, e 90 dias após simulação de chuva, diuron + hexazinone não apresentou acúmulo de massa seca para *I. triloba*, enquanto que imazapic apresentou média igual a 4,75 g.

Figura 3.3 – Biomassa seca de parte aérea de *Ipomoea triloba* aos 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(trat.)} = 183,53^{***}$; CV (%) = 22,91. *** Significativo a 1% de probabilidade. Araras – SP, 2008

b. *Brachiaria decumbens*

Kissmann (1997) cita que capim-braquiária tem maior porcentagem de emergência nas épocas de maior temperatura e umidade. Isso indica que no caso da cultura da cana-de-açúcar, as principais épocas de plantio, são os momentos em que a emergência do capim-braquiária apresenta a maior intensidade. Nicolai (2009), em estudo de germinação de *B. decumbens* para dois ambientes e anos consecutivos, verificou a mesma tendência de germinação, e conseqüentemente de emergência, para esta espécie, sendo que nos meses de outubro a março foram observados os maiores índices de emergência. O mesmo autor observou que, mesmo nos meses com menores temperaturas e umidade, houve emergência mensal média de aproximadamente 20%

para a infestante, o que, dependendo da quantidade da espécie presente no banco de sementes, pode representar grande potencial de infestação.

Procópio et al. (2003) comentam que para o capim-braquiária, áreas de expansão, anteriormente ocupadas por pastagens possuem grandes pressões de infestação em função do enriquecido do banco de sementes. Dessa forma, áreas de plantio com histórico da planta daninha em questão devem ser especialmente acompanhadas, com relação à eficácia do controle químico, pois o potencial de infestação fica muito aumentado.

Pelas avaliações de *B. decumbens* (Tabela 3.4), observa-se que os herbicidas mais eficazes foram IFT, D+H+SMM na maior dose e C+H, com médias de controle superiores a 90% para todos os períodos avaliados e não diferentes estatisticamente da testemunha capinada. Ainda para estes herbicidas não foi observada diferença entre as datas de avaliação o que demonstra que não houve perda da atividade residual até os 120 DAA.

Em experimento realizado em casa-de-vegetação, onde as condições climáticas são mais controladas, Marchiori Jr. et al. (2005), observaram que a aplicação de isoxaflutole ($135 \text{ g i.a.ha}^{-1}$) em solo arenoso, seguida da irrigação equivalente a uma lâmina de 20 mm, foi o suficiente para obter total controle, aos 60 dias após a semeadura de *B. decumbens*. No entanto, quando se aplicou a mesma dose do herbicida isoxaflutole, porém seguido de 120 dias de seca, o controle caiu para aproximadamente 22% aos 60 dias após a semeadura da planta daninha. Segundo Beltran et al. (2003), a hidrólise do isoxaflutole é rápida e depende de pH e umidade do solo e essa redução pode estar ligada à degradação do produto no solo, fazendo com que sua atividade residual seja reduzido à medida que se prolonga a exposição do produto aos processos de transporte e degradação.

Segundo Maciel et al. (2008), na condição de cana crua sem retirada da palha da linha do plantio, diuron + hexazinone apresentou controle excelente de *B. decumbens*.

Carbonari et al. (2010) observaram, para *B. decumbens*, que clomazone + hexazinone, aplicado sobre o solo, proporcionou percentual de controle da ordem de 99,8%, quando submetido a 60 dias entre a semeadura das plantas daninhas e a ocorrência da chuva.

Tabela 3.4 – Controle percentual de *Brachiaria decumbens* submetida à sete tratamentos, com aplicação dos herbicidas em pré-emergência das plantas, avaliado de 15 a 120 DAA. Araras-SP, 2008

Tratamentos	Dose	15	30	45	60	75	90	105	120
	(g.ha ⁻¹)	DAA							
D+H+SMM¹	1085 + 306 + 26,1	100	98.7	98.2	97.5	94.5	89.5	83.7	77.5
		bB	bB	bB	bB	bAB	bcAB	bcAB	bcA
D+H+SMM¹	1206 + 340 + 29	100	99.5	99.0	99.5	99.0	98.2	96.2	91.2
		bA	bA	bA	bA	bA	bcA	cA	cdA
IFT²	150	100	99.5	100	100	100	100	99.5	99.5
		bA	bA	bA	bA	bA	cA	cA	dA
IMZ³	126	100	95.7	96.2	91.2	86.5	81.5	68.2	66.2
		bC	bBC	bBC	bBC	bBC	bAB	bA	bA
C+H⁴	920 + 230	100	100	99.5	98.5	97.7	96.5	95.0	91.1
		bA	bA	bA	bA	bA	bcA	cA	cdA
Testemunha	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA
Testemunha capinada	-	100	100	100	100	100	100	100	100
		bA	bA	bA	bA	bA	cA	cA	dA
C.V. (%)						10,01			
F_(herb. x avaliações)						1,45*			
D.M.S. avaliações						17,53			
D.M.S. herbicidas						17,82			

Em cada avaliação, médias seguidas de mesma letra, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; *Significativo a 10% de probabilidade. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Chiovato (2009) observou, para capim-braquiária, aos 150 DAA, médias de controle de 73,3 e 68,7% para isoxaflutole e amicarbazone, quando aplicados no período seco do ano. Verificaram também que apenas o dobro da dose recomendada para estes herbicidas proporcionaram médias de controle superiores a 80% aos 150DAA.

Para D+H+SMM, na menor dose, o controle se deu inicialmente com médias melhores e, após exposição aos fatores edafoclimáticos e biológicos, apresentando queda nestas médias, sendo que aos 120 DAA o valor encontrado foi de 77,5%, diferindo daqueles em que se observaram os melhores percentuais. Para o tratamento deste herbicida em doses maiores, observou-se menor oscilação e conseqüente melhor eficácia, enquanto que doses menores tiveram perdas maiores na eficácia de controle do capim-braquiária.

O comportamento de IMZ foi semelhante, em que se observaram melhores médias de controle até os 90 DAA, no entanto a partir dos 105 DAA, verificou-se queda significativa nas médias, com valores abaixo dos 70% e considerados insatisfatórios.

Nicolai (2009) observou controle percentual de *B. decumbens* de 91,3 e 95% para IMZ (147 g.ha⁻¹) e C+H (880+220 g.ha⁻¹) quando aplicados em período seco do ano na região de Ribeirão Preto-SP e 83,5 e 84,3%, para os mesmos herbicidas, também aos 120 DAA, na região de Piracicaba-SP.

Na Figura 3.4 são apresentados os dados de densidade de plantas de *B. decumbens* por metro quadrado aos 60, 90 e 120 DAA. Verifica-se que, apesar das médias de todos os tratamentos apresentarem queda, à medida que se avançou nas avaliações, devido, provavelmente à menor disponibilidade de luz no interior do canavial e encerramento do ciclo natural das plantas, não houve diferença significativa entre as épocas avaliadas.

Figura 3.4 – Número de plantas de *Brachiaria decumbens* por m² aos 60, 90 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Dados originais apresentados, porém previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para herbicidas e maiúsculas para períodos avaliados, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(herb.)} = 29,16^{***}$; $F_{(DAA)} = 1,36^{ns}$; $F_{(herb. \times DAA)} = 0,83^{ns}$; CV (%) = 25,35. ^{ns}Não Significativo. ^{***} Significativo a 1% de probabilidade. Araras – SP, 2008

Estes dados de densidade de plantas (Figura 3.4) corroboram aqueles já apresentados para eficácia, uma vez que as menores densidades são observadas para

aqueles tratamentos em que se observaram os maiores valores de porcentagem de controle (D+H+SMM na maior dose, IFT e C+H), e que, em contrapartida, as densidades de D+H+SMM na menor dose e IMZ foram as maiores observadas.

A representação gráfica (Figura 3.5) para a avaliação de massa seca para esta espécie evidencia o que foi discutido anteriormente para eficácia e densidade de plantas, em que os tratamentos com IFT, D+H+SMM na maior dose e C+H, apresentaram os menores acúmulos. Em contrapartida, a menor dose de D+H+SMM e IMZ foram os que apresentaram os maiores valores de biomassa seca da parte aérea.

Figura 3.5 – Biomassa seca de parte aérea de *Brachiaria decumbens* aos 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Dados originais apresentados, porém previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(trat.)} = 149,43^{***}$; CV (%) = 11,08. *** Significativo a 1% de probabilidade. Araras – SP, 2008

c. *Euphorbia heterophylla*

Sementes que apresentam mucilagens, como as de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), absorvem mais água e podem apresentar vantagens na germinação (HARPER; BENTON, 1966). Outros fatores que determinam a duração do período da germinação de espécies como amendoim-bravo são a ocorrência de temperaturas alternadas, o estresse hídrico, os potenciais osmóticos, o pH e a profundidade de semeadura (BANNON; BARKER; ROGERS, 1978).

Kissmann e Groth (1999) apontam o amendoim-bravo como espécie muito prolífera, com baixa incidência de dormência inicial, que tem a germinação potencializada por oscilações de temperatura e umidade, com faixa ótima de germinação entre 25 e 35 °C.

Segundo Nicolai (2009), amendoim-bravo apresentou padrão de emergência pouco influenciado pelas características meteorológicas do mês em que é semeada, demonstrando a importância em estudar alternativas para seu controle mesmo nos meses mais secos do ano.

Observaram-se para ambas as doses de D+H+SMM (Tabela 3.5) excelentes níveis de controle desta espécie até os 120 DAA, e mesmo que não diferentes para as épocas estudadas verificou-se maiores valores percentuais para a maior dose, com praticamente ausência de escapes, sendo que aos 120 DAA foi observado incremento de 7,5% quando comparados os tratamentos.

Segundo Monquero et al. (2007) os herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryn (1.463 + 37 g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinone (1.170 + 330 g i.a ha⁻¹) e diuron + hexazinone (1.330 + 160 g i.a ha⁻¹) quando aplicados em pré-emergência da *E. heterophylla* tiveram efeito mais rápido sobre as plantas daninhas, aproximando-se de 100% de controle aos 21 dias após o tratamento, enquanto que os herbicidas imazapic (84 g i.a.ha⁻¹) e imazapyr (200 g i.a.ha⁻¹) apresentaram controle dessa espécie, nessa mesma avaliação, em torno de 60%.

Para os demais herbicidas estudados observou-se baixa eficácia sobre esta espécie de infestante quando considerado o aspecto da atividade residual, uma vez que aos 120 DAA todos apresentaram níveis controle insatisfatórios (< 80%). Para IFT já a partir dos 30 DAA o controle foi insuficiente, e para IMZ e C+H, níveis inferiores a 80% foram observados a partir de 60 e 45 DAA, respectivamente.

De acordo com Nicolai (2009), em experimentos realizados nas regiões de Ribeirão Preto e Piracicaba, no estado de São Paulo, para eficácia de sulfentrazone, imazapic, tebuthiuron, clomazone e clomazone+hexazinone sobre *E. heterophylla*, verificou-se percentagens de controle para IMZ e C+H, aos 120 DAA, de 89,5 e 92,5% para a primeira região e 95,8 e 95% para a segunda, respectivamente, quando aplicados na época mais seca do ano (Julho a Setembro). O mesmo autor conclui ainda

que de forma geral, os tratamentos de tebuthiuron (1.200 g ha^{-1}), clomazone + hexazinone ($880 + 220 \text{ g ha}^{-1}$) e imazapic (147 g ha^{-1}) apresentaram as melhores eficácias do experimento para controle do amendoim-bravo.

Tabela 3.5 – Controle percentual de *Euphorbia heterophylla* submetida à sete tratamentos, com aplicação dos herbicidas em pré-emergência das plantas, avaliado de 15 a 120 DAA. Araras-SP, 2008

Tratamentos	Dose	15	30	45	60	75	90	105	120
	(g.ha ⁻¹)	DAA							
D+H+SMM¹	1085 + 306 + 26,1	100 bA	98.2 bA	98.2 cA	95.2 cA	95.7 cdA	94.5 cA	93.2 cA	91.5 cA
D+H+SMM¹	1206 + 340 + 29	100 bA	100 bA	100 cA	100 cA	100 dA	100 cA	99.5 cA	99.0 cA
IFT²	150	100 bD	77.5 bCD	62.5 bBC	62.5 bBC	61.2 bBC	56.2 bBC	36.2 bAB	26.2 abA
IMZ³	126	100 bC	85.0 bBC	83.7 bcBC	77.5 bcBC	71.2 bcBC	56.2 bAB	36.2 bA	30.0 bA
C+H⁴	920 + 230	100 bE	87.5 bDE	77.5 bcCDE	74.5 bcBCDE	63.7 bABCD	48.7 bABC	46.2 bAB	42.5 bA
Testemunha	-	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
Testemunha capinada	-	100 bA	100 bA	100 cA	100 cA	100 dA	100 cA	100 cA	100 cA
C.V. (%)					18,94				
F_(herb. x avaliações)					3,26***				
D.M.S. avaliações					27,20				
D.M.S. herbicidas					28,88				

Em cada avaliação, médias seguidas de mesma letra, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; *** Teste F significativo a 1%. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Segundo Rodrigues e Almeida (2005), o herbicida isoxaflutole é recomendado para ser aplicado em pré-emergência de gramíneas e algumas dicotiledôneas, não sendo recomendado para o controle de *E. heterophylla*.

Chiovato (2009), em estudo da eficácia dos herbicidas isoxaflutole e amicarbazone, aplicados em pré-emergência de *E. heterophylla* em período seco, verificaram, para as doses de 112,5 e 1050 g i.a.ha⁻¹, percentagens de controle, aos 150 DAA, de 42,3 e 87%, respectivamente. Observaram também que, quando aplicados juntos (112,5 + 525 g i.a.ha⁻¹), proporcionaram controle de 82% para esta espécie.

Na Figura 3.6 encontram-se os dados para densidade de plantas por metro quadrado aos 60, 90 e 120 DAA. É possível observar na testemunha que altas

densidades desta espécie foram encontradas para as duas primeiras avaliações, sendo que aos 120 DAA o número de plantas por metro quadrado cai drasticamente, o que pode ser explicado pelo fato que *E. heterophylla* é uma planta anual que completou seu ciclo em período menor que 120 dias.

Figura 3.6 – Número de plantas de *Euphorbia heterophylla* por m² aos 60, 90 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Dados originais apresentados, porém previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para herbicidas e maiúsculas para períodos avaliados, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(herb.)} = 14,94^{***}$; $F_{(DAA)} = 7,87^{**}$; $F_{(herb. \times DAA)} = 3,29^{***}$; CV (%) = 31,82. **Significativo a 5% de probabilidade; *** Significativo a 1% de probabilidade. Araras – SP, 2008

Para D+H+SMM em ambas as doses verifica-se a mesma tendência antes discutida para sua eficácia, em que são encontradas as menores densidades dentre os tratamentos estudados. Para os demais herbicidas, as densidades observadas de leiteiro são maiores que as de D+H+SMM, porém menores que as observadas na testemunha sem capina.

Pela análise da Figura 3.7, em que são apresentados os dados de biomassa seca da parte aérea verifica-se para IFT, IMZ e C+H, que mesmo em densidades não tão altas aos 120DAA, houve maior acúmulo de massa quando comparado aos tratamentos com o herbicida D+H+SMM, o que evidencia que o efeito destes herbicidas não foi efetivo no controle desta espécie.

Figura 3.7 – Biomassa seca de parte aérea de *Euphorbia heterophylla* aos 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Dados originais apresentados, porém previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(trat.)} = 64,72^{***}$; CV (%) = 13,32. *** Significativo a 1% de probabilidade. Araras – SP, 2008

d. Seletividade para a cultura

A produtividade média brasileira poderia ser maior se o desenvolvimento da cultura não fosse prejudicado por fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos, a incidência de plantas daninhas pode causar reduções na quantidade e na qualidade do produto colhido e diminuir o número de cortes viáveis, além de aumentar os custos em cerca de 30% para cana-soca e de 15 a 20% para cana-planta (LORENZI, 1988, 1995; PROCÓPIO; SILVA; VARGAS, 2008).

Na agricultura, controle químico de plantas daninhas é baseado na seletividade dos herbicidas e pode ser definido como a resposta diferencial entre espécies após aplicação de uma molécula específica (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001). Seletividade se refere à capacidade de um herbicida particular em eliminar as plantas daninhas em uma cultura, sem, no entanto afetar produtividade ou qualidade final do produto colhido (NEGRISOLI et al., 2004). Ela está intrinsecamente relacionada ao fato de que

diferentes espécies de plantas respondem diferentemente a um mesmo herbicida (DEVINE; DUKE; FEDTKE, 1993).

De acordo com Devine, Duke e Fedtke (1993) e Cole (1994) o principal mecanismo de seletividade de herbicidas é o metabolismo diferencial entre plantas daninhas e espécies cultivadas. Nas plantas, metabolismo diferencial de herbicidas é caracterizado pela conversão de moléculas letais em compostos menos letais, armazenados em locais onde não afetarão a sobrevivência das células. Uma espécie contendo tais mecanismos pode alterar ou degradar a molécula herbicida através de reações químicas produzindo produtos não tóxicos (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

Estudos realizados com herbicidas de ação localizada indicam que a cultura da cana-de-açúcar pode tolerar até 27% de comprometimento da sua área foliar sem que isso implique redução de produtividade (VELINI et al., 1993). Dessa forma, quando se tem por objetivo estudar a toxidez de um herbicida sobre uma cultura, é fundamental avaliar as injúrias provocadas por ele, quando presentes, e também os efeitos que estas injúrias podem apresentar sobre o crescimento e a produtividade da planta cultivada (VELINI et al., 2000).

No campo, alguns sintomas de fitotoxicidade de herbicidas a cana-de-açúcar são comumente observados, como o branqueamento das folhas (inibidores de pigmentos), clorose foliar seguida de necrose nas margens e pontas de folhas (inibidores da fotossíntese, absorvidos via foliar e inibidores da respiração), redução do crescimento da cultura (inibidores de aminoácidos e inibidores da fotossíntese) e colmos e raízes com teratogênese (reguladores de crescimento) (PROCÓPIO; SILVA; VARGAS, 2008).

No caso das soqueiras de cana-de-açúcar a formação do “esporão” é muito rápida, pois a emissão do colmo primário, a partir do segmento de colmo deixado pela colheita, é imediato, quando em condições favoráveis de umidade e temperatura, seguida pela emergência das primeiras folhas jovens. A brotação das gemas da soqueira pode se dar em 5 ou 6 dias. Em situação de solo seco, sem irrigação imediatamente após o corte, a brotação inicial de emissão do colmo primário pode ser retardada em até uma a duas semanas, facilitando assim operacionalmente a aplicação de herbicidas residuais que apresentam, além do efeito residual, absorção foliar e pode assim causar eventuais sintomas de fitotoxicidade (CHRISTOFFOLETI et al., 2005).

A touceira de cana-de-açúcar, durante esta fase, apresenta grande tolerância a herbicidas residuais, pois seu sistema radicular é neste momento, constituído por raízes que se desenvolveram no ciclo anterior da cultura, e que, portanto, não estão ligados diretamente aos novos colmos formados neste ciclo. Também, a fitotoxicidade de herbicidas residuais é menor nesta fase das soqueiras, quando comparada com a observada com estágio equivalente da cana-planta, pois as raízes transitórias estão em grande quantidade e profundidade. Esta situação de raízes permite até que herbicidas, que não são recomendados para cana-planta, possam ser aplicados com segurança nas soqueiras, ou mesmo herbicidas residuais que não são recomendados para solos arenosos em cana-planta, possam ser aplicados neste tipo de solo em cana-soca, pois a maior lixiviação do herbicida no solo não atinge o sistema radicular da touceira (CASTRO; CHRISTOFFOLETI, 2005).

Para este experimento não foram apresentados os dados de fitointoxicação, pois em todas as épocas avaliadas e para todos os herbicidas estudados não foram observados quaisquer sintomas visuais que caracterizassem algum tipo de injúria, o que provavelmente está relacionado ao momento da aplicação, que se deu em pré-emergência total da cultura sendo este estágio bastante tolerante a ação de herbicidas como citado acima.

Nas Figuras 3.8 são apresentados os dados de altura de colmos.

Figura 3.8 – Altura de colmos de cana-de-açúcar variedade RB 928064 aos 60 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para herbicidas e maiúsculas para períodos avaliados, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(herb.)} = 3,23^{**}$; $F_{(DAA)} = 2456,9^{***}$; $F_{(herb. \times DAA)} = 2,092^{**}$; CV (%) = 5,49. ******Significativo a 5% de probabilidade; *******Significativo a 1% de probabilidade. Araras – SP, 2008

Observando-se os dados da Figura 3.8, para a avaliação aos 120 DAA, verifica-se que apenas a testemunha apresentou diferença para este parâmetro entre os tratamentos estudados, o que corrobora o fato de não ter sido observado sintomas visuais de fitointoxicação.

Na Figura 3.9 são apresentados os valores observados para número de perfilhos por metro aos 60 e 120 DAA.

Figura 3.9 – Número de perfilhos de cana-de-açúcar variedade RB 928064 aos 60 e 120 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Dados originais apresentados, porém previamente transformados por $\log_{10}(x)$. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para herbicidas e maiúsculas para períodos avaliados, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(\text{herb.})} = 4,73^{***}$; $F_{(\text{DAA})} = 91,27^{**}$; $F_{(\text{herb.} \times \text{DAA})} = 2,27^{\text{ns}}$; CV (%) = 16,42. ^{ns}Não significativo; ^{**}Significativo a 5% de probabilidade; ^{***}Significativo a 1% de probabilidade Araras – SP, 2008

Aos 60 DAA não se observou diferenças entre os tratamentos herbicidas quando comparados com as testemunhas com e sem capina, e que provavelmente neste momento a competição das plantas daninhas não estaria afetando o perfilhamento da cultura. Já aos 120 DAA, observa-se de maneira geral uma queda no número de perfilhos quando comparado a primeira época avaliada, o que é característica da cultura uma vez que alguns perfilhos não se desenvolvem devido à competição intraespecífica; porém nesta data é possível notar que o tratamento com IFT não diferiu da testemunha sem capina e que estes apresentaram os menores valores para este parâmetro, o que pode ser explicado principalmente pela alta densidade encontrada para corda-de-violão, que devido ao seu hábito trepador pode ter interferido no perfilhamento da cana-de-açúcar. Para os demais tratamentos não se observou diferenças quanto ao número de perfilhos, mesmo quando comparados com a testemunha capinada.

O isoxaflutole é uma das alternativas disponíveis dos chamados “herbicidas de seca”, já que, segundo Lovell et al. (2000), ele se torna reativo somente na presença de

chuva ou irrigação, controlando as plantas daninhas que emergirem. Esse herbicida, geralmente, intoxica a cana-de-açúcar nos primeiros meses após a aplicação, porém sem comprometer a produção, conforme pode ser observado em Costa e Rozanski (2003). Os sintomas mais comuns são coloração branca (PALLETT et al., 1998) e até queimaduras nas pontas das folhas (DURIGAN; PRETTO; LEITE, 1997). Em pós-emergência inicial da cana-de-açúcar pode proporcionar sintomas de intoxicação das plantas (DURIGAN; PRETTO; LEITE, 1997; CHRISTOFFOLETI; ZAMBON; BIAZOTTO, 1997; AZANIA et al., 2005). Segundo Rodrigues e Almeida (2005), o isoxaflutole possui baixa mobilidade na maioria dos solos, podendo esse fato contribuir para a concentração do herbicida nas camadas superficiais e, conseqüentemente, possibilitando maior contato dos brotos da soqueira com o herbicida, causando os sintomas de intoxicação.

Negrisoli (2002) verificou que o isoxaflutole não apresentou prejuízos em crescimento, produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar. Já em trabalho realizado por Chiovato (2009), em período seco, os maiores sintomas de fitointoxicação encontrados foram para o herbicida isoxaflutole, principalmente para a dose de 225 g i.a.ha⁻¹, quando aplicado no estágio de “esporão”, com fortes manchas cloróticas nos bordos e acompanhando as estrias dos limbos foliares.

Para a mistura pronta de diuron + hexazinone, que, segundo Clement, Lammel e Barbosa (1979), Victoria Filho e Camargo (1980), Mello Filho et al. (1986) e Cruz e Gurgell (1983), não prejudicou a produção nem os componentes da produção, como fibra, pol, brix e pureza da cana-de-açúcar. Segundo Azania et al. (2005) a aplicação em pós emergência inicial de diuron+ hexazinone apresentou baixos níveis de intoxicação das plantas e foi o único produto que não afetou as características tecnológicas da matéria-prima final e o rendimento de açúcar.

Imazapic segundo registros de Rodrigues e Almeida (2005) é um herbicida do grupo químico das imidazolinonas usado freqüentemente no controle de plantas infestantes na cultura da cana-de-açúcar. Azania, Casagrande e Rolim (2001) observaram que mesmo com o déficit hídrico, aos 60 DAT, imazapic causou sintomas muito leves de intoxicação nas plantas de cana-de-açúcar. Entretanto, com a volta da regularidade pluviométrica, aos 100 DAT, pôde-se constatar que a cultura não

apresentou nenhum sintoma de intoxicação, recuperando-se totalmente, também observado por Durigan, Timossi e Leite (2004).

3.4 Conclusões

De acordo com os dados obtidos nas condições locais pode-se concluir que *I. triloba* mostrou-se altamente sensível aos herbicidas, à exceção do IFT. *B. decumbens* apresentou maior susceptibilidade aos herbicidas IFT, D+H+SMM na maior dose e C+H. *E. heterophylla* apresentou alta susceptibilidade a D+H+SMM em ambas as doses, porém baixa sensibilidade aos demais herbicidas estudados, principalmente em relação à atividade residual. Os dados de massa seca e densidade de plantas apresentaram alta correlação com os dados observados para eficácia. Não foram observados sintomas visuais de fitointoxicação, sendo que a altura de colmos e número de perfilhos somente foram afetadas em situações de falha de controle das plantas daninhas estudadas.

Referências

AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M.; FURTADO, D.E. Biologia e manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 173-191.

AZANIA, C.A.M.; CASAGRANDE, A.A.; ROLIM, J.C. Seletividade de imazapic às soqueiras de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 345-350, 2001.

AZANIA, C.A.M.; ROLIM, J.C.; CASAGRANDE, A.A.; LAVORENTI, N.A.; AZANIA, A.A.P.M. Seletividade de herbicidas. II – Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época das chuvas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 669-675, 2005.

_____. Seletividade de herbicidas III – Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época da estiagem. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 489-495, 2006.

BANNON, J.S.; BARKER, J.B.; ROGERS, R.L. Germination of wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*). **Weed Science**, Lawrence, v. 26, n. 3, p. 221-225, 1978.

BARBOSA, V.; SICHIERI, A.J.; CAMPOS, M.S. Controle da matocompetição no agroecossistema da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 225 - 238.

BELTRAN, E.; FENET, H.; COOPER, J.F.; COSTE, C.M. Fate of isoxaflutole in soil under controlled conditions. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Perpignan, v. 51, p. 146-151, 2003.

CASTRO, P.R.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. (Ed.). **Cigarrinhas da cana-de-açúcar: controle biológico**. Alagoas: Insecta, 2005. p.3-48.

CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D.; CORREA, M.R.; NEGRISOLI, E.; ROSSI, C.V.; OLIVEIRA, C.P. Efeitos de períodos de permanência de clomazone + hexazinona no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 197-205, 2010.

CHIOVATO, M.G. **Controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar com herbicidas aplicados na época seca**. 2009. 103 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Sinal Verde**, São Paulo, v. 10, n. 9, p. 12-14, 1997.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LOPEZ OVEJERO, R.F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Autores, 2005. 50 p.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; ZAMBON, S.; BIAZOTTO, I.L. Avaliação do herbicida isoxaflutole aplicado isolado ou em mistura de tanque no controle pré-emergente de plantas daninhas em soqueira de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: SBCPD, 1997. p. 255.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 2005. 1 CD-ROM.

CLEMENT, A.A.; LAMMEL, J.S.; BARBOSA, J.C. Controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) com hexazinone e suas misturas com diuron, em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 2, p. 85-88, 1979.

COLE, D.J. Detoxification and activation of agrochemicals in plants. **Pesticide Science**, Oxford, v. 42, p. 209-222, 1994.

COLETI, J.T.; CAVALCANTI JR., N.; NEME, L.H.; DE PAULA, J.; ALBINO, F.E. Brachiaria pode provocar sérios danos nos canaviais. **Informativo Coopercitrus**, São Paulo, n. 132, p. 34-35, 1997.

CONSTANTIN, J.; VELINI, E.D.; BRINHOLI, O. Avaliação de períodos de convivência das plantas daninhas sobre o crescimento e produtividade da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira de Herbicidas e Plantas Daninhas, 1993. p. 50-51.

COSTA, E.A.D.; ROZANSKI, A. Eficácia da aplicação seqüencial de isoxaflutole associado com ametryn ou diuron no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Boletim Informativo SBCPD**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 14-20, 2003.

CRUZ, L.S.P.; GURGELL, M.N.A. Efeito de hexazinone e diuron, e suas misturas, no controle de capim-colchão (*Digitaria sanguinalis*) em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 1, p. 15-20, 1983.

DEVINE, M.; DUKE, S.O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action**. Englewood Cliffs: PTR Prentice Hall, 1993. 441p.

DILLEWIJN, C. van. **Botany of sugar cane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

DURIGAN, J.C.; PRETTO, D.R.; LEITE, G.J. Seletividade de isoxaflutole isolado e em mistura de tanque aplicado na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: SBCPD, 1997. p. 257.

DURIGAN, J.C.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, G.J. Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 127-135, 2004.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC - Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, Oxford, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.

FRANS, R.E.; TALBERT, R.; MARK, D.; CROWLEY, H. Experimental design and the techniques for measuring and analysis plant responses to weed control practices. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. **Research methods in weed science**. 3rd ed. Champaign: Southern Weed Science Society, 1986. p. 29-46.

GRACIANO, P.A. **Interferência e manejo de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) intercaladas com feijão (*Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 1989. 184 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

GRAVENA, R.; RODRIGUES, J.P.R.G.; SPINDOLA, W.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A. Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium + ametrina. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 419-427, 2004.

HARPER, J.L.; BENTON, R.A. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. **Journal of Ecology**, London, v. 54, n. 1, p. 151-166, 1966.

JAREMTCHUK, C.C.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; ALONSO, D.G.; ARANTES, J.G.Z.; BIFFE, D.F.; ROSO, A.C.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009.

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. v. 2, 825 p.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. v. 2, 978 p.

KUVA, M.A.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I - Tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2000.

KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II - Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 323-330, 2001.

_____. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III - Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LABONIA, V.D.S. **Alguns aspectos de germinação e emergência de cinco espécies de plantas daninhas Convolvuláceas e suas suscetibilidades a herbicidas quando aplicados sobre palha de cana-de-açúcar**. 2008. 80 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: COOPERSUCAR, 1988. p. 281-301.

_____. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas:** plantio direto e convencional. 6. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2006. 339 p.

_____. **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. 672 p.

LOVELL, S.T.; SIMS, G.; WAX, L.M.; HASSETT, J.J. Hydrolysis and soil adsorption of the labile herbicide isoxaflutole. **Environmental Science and Technology**, Easton, v. 34, p. 3186-3190, 2000.

MACIEL, C. D.G.; VELINI, E.D.; CONSTANTIN, J.; JARDIM, C.E.; BERNARDO, R.S.; FONSECA, P.P.M.; BARELA, J.D.; OLIVEIRA, J.S. Eficiência e seletividade dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryne e hexazinone + diuron em função da tecnologia de aplicação e do manejo mecânico da palha de cana-de-açúcar na linha de plantio. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 665-676, 2008.

MARCHIORI Jr., O.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA Jr., R.S.; INOUE, M.H.; PIVETTA, J.P.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de isoxaflutole após diferentes períodos de seca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 491-499, 2005.

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

MEDEIROS, D. **Efeitos da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sobre o manejo de plantas daninhas e dinâmica do banco de sementes.** 2001.126 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MEIRELLES, G.L.S.; ALVES, P.L.C.A.; NEPOMUCENO, M.P. Determinação dos períodos de convivência da cana-soca com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 67-73, 2009.

MELLO FILHO, A.T.; PIO, L.C.; LAVORENTI, A.; SILVA, S.A. Estudo comparativo de herbicidas de pós-emergência para o controle de plantas daninhas na cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 32-36, 1986.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; SILVA, A.C.; SILVA, P.V.; BINHA, D.P. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 613-619, 2007.

NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; TOFOLI, G.R.; CAVENAGHI, A.L.; MARTINS, D.; MORELLI, J.L.; COSTA, A.G.F. Seletividade de herbicidas aplicados em pré emergência na cultura da cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n. 4, p.567-575, 2004.

NEGRISOLI, E. **Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência e associados a nematicidas, à cultura da cana-de-açúcar, cultivar RB855113**. 2002. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

NICOLAI, M. **Fluxos de emergência, épocas de aplicação de herbicidas e sistemas de manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar**. 2009. 158 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 291-313.

PALLET, K.E.; LITTLE, J.P.; SHEEKEY, M.; VEERASEKARAN, P. The mode of action of isoxaflutole – I. Physiological effects, metabolism and selectivity. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 62, p. 113-124, 1998.

PITELLI, R.A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PITELLI, R.A.; MARCHI, S.R. Interferência das plantas daninhas nas áreas de reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Mineira, 1991. p. 1-12.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. p. 477-531.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; VARGAS, L.; FERREIRA, A.F. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: Suprema, 2003. 150 p.

RIZZARDI, M.A.; LUIZ, A.R.; ROMAN, E.S.; VARGAS, L. Temperatura cardinal e potencial hídrico na germinação de sementes de corda-de-violão (*Ipomoea triloba*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 13 -21. 2009.

RIZZARDI, M.A.; ROMAN, E.S.; BOROWSKI, D.Z.; MARCON, R. Interferência de populações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 29-34, 2004.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Autores, 2005. 591 p.

ROLIM, J.C.; CHISTOFFOLETI, P.J. Período crítico de competição de plantas daninhas com cana planta de ano. **Saccharum APC**, São Paulo, v. 5, n. 22, p. 21-26, 1982.

TAKAHASHI, E.N. **Efeito de subdoses dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em clones de *E. grandis* x *E. urophylla***. 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

VELINI, E.D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia**. 1995. 250 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1995.

VELINI, E.D.; FREDERICO, L.A.; MORELLI, J.L. KOJIMA, K. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência, sobre o crescimento e produtividade de soqueiras de nove cultivares de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 5., 1993, Águas de São Pedro. **Anais...** Águas de São Pedro: STAB, 1993. p. 125-128.

VELINI, E.D.; MARTINS, D.; MANOEL, L.A.; MATSUOKA, S.; TRAVAIN, J.C.; CARVALHO, J.C. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré e pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 123-134, 2000.

VICTORIA FILHO, R.; CAMARGO, P. N. Efeito de herbicidas nos teores de macronutrientes e nas características tecnológicas da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). I – mistura de herbicidas em pós-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 2, p. 96-107, 1980.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 32-37, 2004.

4 INFLUÊNCIA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR E DIFERENTES PERÍODOS DE RESTRIÇÃO HÍDRICA SOBRE A EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA

Resumo

O objetivo da presente pesquisa foi verificar a eficácia dos herbicidas diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl [D+H+SMM] (1206 + 340 + 29 e 1386,9 + 391 + 33,35 g.ha⁻¹), isoxaflutole [IFT] (165 g.ha⁻¹), imazapic [IMZ] (133 g.ha⁻¹) e clomazone + hexazinone [C+H] (1000 + 250 g.ha⁻¹) no controle de plantas daninhas quando associados à presença de palha de cana-de-açúcar e submetidos a diferentes períodos de restrição hídrica. Para isso, conduziu-se um experimento em condições controladas em casa de vegetação, utilizando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com esquema fatorial e 5 repetições. A lixiviação dos herbicidas, em 10 t de palha por hectare, foi avaliada sob efeito dos intervalos de tempo (0, 30, 60 e 90 dias) entre a aplicação e a simulação de 20 mm de chuva. As plantas daninhas avaliadas no experimento foram *Ipomoea triloba* L., *Brachiaria decumbens* Stapf., *E. heterophylla* L. e *P. maximum* L.. Avaliou-se a porcentagem de controle das plantas daninhas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 120 dias após restabelecimento da umidade (DARU) e biomassa seca da parte aérea ao fim das avaliações. A eficácia da menor dose de D+H+SMM sofreu grande influência dos períodos de restrição hídrica para *I. triloba*; para *P. maximum*, níveis suficientes de controle foram obtidos até 60 DRH. Já para as demais espécies estudadas, bons níveis de controle foram observados, sem efeito significativo do período de restrição hídrica sobre a eficácia do herbicida. Para a maior dose de D+H+SMM níveis suficientes de controle de *I. triloba* foram obtidos até 60 DRH, sendo que apenas o maior período de restrição hídrica diferiu dos demais. Para as demais espécies também não houve influência da restrição hídrica na eficácia do herbicida. IFT foi pouco eficaz no controle de *I. triloba* e *E. heterophylla*. No entanto o controle de *B. decumbens*, para as avaliações mais distantes da primeira precipitação, foi afetado significativamente a partir de 60 DRH. Para *P. maximum*, níveis regulares (< 56%) de controle foram observados a partir de 60 DARU com restrições hídricas maiores que 30 dias. Para IMZ apenas o controle de *B. decumbens*, na situação em que a aplicação do herbicida foi seguida de precipitação, o controle foi considerado eficaz. O herbicida C+H apresentou baixa atividade residual e controle regular para *E. heterophylla*. Já para *I. triloba* restrições hídricas a partir de 30 dias influenciaram negativamente a sua eficácia, principalmente em relação à sua atividade residual. O controle de *B. decumbens* foi pouco afetado pelos períodos de restrição hídrica estudados, no entanto sua atividade residual decresceu a níveis considerados suficientes (< 66%) nas últimas avaliações. Para *P. maximum*, em relação à atividade residual nas últimas avaliações, a eficácia decresceu a partir de 30 DRH. A quantidade de palha utilizada não foi suficiente para impedir a germinação e acúmulo de biomassa da parte aérea para todas as espécies avaliadas.

Palavras-chave: Palha de cana-de-açúcar; Herbicidas; Lixiviação; Planta daninha

Abstract

This experiment aimed at evaluating the efficacy of the herbicides diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl at two doses [D+H+SMM] (1206 + 340 + 29 and 1386.9 + 391 + 33.35 g.ha⁻¹), isoflutole [IFT] (165 g.ha⁻¹), imazapic [IMZ] (133 g.ha⁻¹), and clomazone + hexazinone [C+H] (1000 + 250 g.ha⁻¹) for the control of weeds when associated to sugarcane straw cover and submitted to different drought periods. To accomplish this goal, an experiment was carried out under greenhouse conditions, in a randomized complete block design with five replications in a factorial arrangement. In addition to their efficacy, leaching of the herbicides, when applied on 10 ton of straw cover per hectare, was evaluated in a time course of 0, 30, 60, and 90 days between their application and a rainfall simulation (Days of Drought Period - DDP) of 20 mm. The weeds tested were *Ipomoea triloba*, *Brachiaria decumbens*, *Euphorbia heterophylla*, and *Panicum maximum*, which were evaluated for the percentage of control at 15, 30, 45, 60, 75, 90, and 120 days after water re-establishment (DAWR) as well as the fresh weight of the aerial parts after the last evaluation. The efficacy of the lower dose of D+H+SMM was strongly affected by the drought periods for *I. triloba*; for *P. maximum*, sufficient levels of control were obtained up to 60 DDP. For the other studied weeds, the efficacy of the herbicides was not affected by the drought periods. For the higher dose of D+H+SMM sufficient levels of control for *I. triloba* were observed up to 60 DDP, however, only the highest drought period (90 DDP) differed from the others. The other studied species were not significantly affected by the drought periods. IFT showed a low efficacy for the control of *I. triloba* and *E. heterophylla*. However, the control of *B. decumbens*, for the highest DAWR, was significantly affected by the drought periods, starting at 60 DDP. For *P. maximum*, regular levels of control (<56%) were observed starting at 60 DAWR with drought periods higher than 30 DDP. IMZ was only effective for the control of *B. decumbens* in cases where its application was followed by a rainfall application. The herbicide C+H showed a low residual activity and lack of control of *E. heterophylla*. Although effective against *I. triloba*, drought periods starting at 30 DDP negatively affected C+H performance. The control of *B. decumbens* was not significantly affected by the drought periods, however, in the last evaluations, its residual activity decreased significantly (<66%). For *P. maximum*, C+H residual activity in the last evaluations, decreased, starting at 30 DDP. The amount of straw cover used in this experiment was not sufficient to prevent germination and biomass accumulation of all tested weed species.

Keywords: Sugarcane straw cover; Residual; Herbicides; Leaching; Weed

4.1 Introdução

A crescente preocupação da sociedade com a sobrevivência do homem no planeta tem fomentado discussões dos conceitos de produção sustentável, na qual se procura adequar a atividade agrícola a uma ação que seja ambientalmente adequada, socialmente justa e economicamente viável (HANSEN, 1996).

A colheita mecanizada na cultura da cana-de-açúcar está inserida neste contexto de produção sustentável, sendo que foi introduzida, pela primeira vez no mundo no Hawaii, em 1906, segundo Humbert (1974). No Brasil é prática recente, incorporada ao sistema de produção para minimizar os problemas que a colheita tradicional com queima causa ao homem e ao meio ambiente (AZANIA et al., 2002). Além destes problemas, a queima de canaviais também provoca um desperdício enorme de energia, pois a agroindústria canvieira tem a grande vantagem de ser uma transformadora de energia renovável de biomassa. Esse desperdício é caracterizado pela queima do palhiço (pontas, folhas verdes e palha) da cana, que representa, em média, 32,5% de toda a biomassa produzida por um canavial (RIPOLI; VILLANOVA, 1992).

Estes impactos sociais e ambientais levaram a proibição da queimada em canaviais no Estado de São Paulo, segundo esquema de restrições legais progressivas até o ano de 2021, em áreas com possibilidade de mecanização total da colheita, e até 2031 para as demais áreas (Decreto nº 47.700 de 11/03/2003, que regulamenta a lei 11.2431 de 19/09/2002).

Segundo Velini e Negrisoli (2000), em áreas de colheita de cana mecanizada, poderá permanecer sobre o solo espessa camada de palha de 8 a 20 toneladas por hectare. Esta quantidade é função das características varietais e do ambiente, bem como facilidade de despalha do colmo, hábito de crescimento da touceira, uniformidade em altura e tamanho dos ponteiros, produtividade e desenvolvimento da cana (MANECHINI, 1997; MEDEIROS, 2001).

De acordo com Blevins et al. (1971), a presença de palha sobre o solo altera suas condições biológicas, químicas e físicas, de modo que a dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas também é modificada. A palha afeta o estabelecimento e crescimento de plantas daninhas, reduzindo a amplitude térmica do solo (TIMM, 2002),

interceptando alguns comprimentos de luz necessários à germinação de algumas espécies, formando uma barreira física à sua emergência (VICTORIA FILHO, 1985) e aumentando a população de microrganismos que podem decompor as sementes destas plantas, além dos possíveis efeitos alelopáticos, que inibem a germinação e/ou o crescimento inicial das plantas daninhas (RICE, 1984; PITELLI, 1985; TAYLORSON; BORTHWICK, 1969; KREMER; SPENCER, 1989; MEED; NIKANDROW; JONES, 1984; VELINI; NEGRISOLI, 2000).

Algumas espécies daninhas têm seu fluxo de emergência reduzido quando a densidade de cobertura morta é maior que 300 g.m^{-2} e a porcentagem de recobrimento do solo superior a 90% (VOLL, 2005).

Velini e Negrisoli (2000) observaram que nas quantidades de $7,5$ e 15 t.ha^{-1} de palha de cana-de-açúcar houve uma redução drástica na variação da temperatura a 1 e a 5 cm de profundidade. Esta redução contribuiu para a diminuição da germinação de algumas plantas daninhas, em áreas de cana crua.

Estima-se que existe cerca de 1000 espécies de plantas daninhas habitando o agroecossistema da cana-de-açúcar nas regiões produtoras de todo o mundo (ARÉVALO, 1979). Alguns fatores ligados diretamente a cultivar, clima e manejo da área, como por exemplo, a quantidade, a composição, a periodicidade da produção e o tempo de permanência da palha (ALMEIDA; RODRIGUES; OLIVEIRA, 1983; ALMEIDA; RODRIGUES, 2005) causam alterações na composição da flora infestante, controlando mais eficientemente algumas plantas daninhas. Porém espécies, como *Ipomoea grandifolia* e *Euphorbia heterophylla* não tem sua germinação inibida pelas quantidades de palha de cana-de-açúcar que normalmente são encontradas em campo (MARTINS et al., 1999; CORREIA; DURIGAN, 2004; SALVADOR, 2007).

A cobertura morta pode provocar seleção da comunidade infestante e suprimir a infestação de plantas daninhas normalmente consideradas importantes nos canaviais, como *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* (GRAVENA et al., 2004). No entanto, Velini e Negrisoli (2000) verificaram que em áreas com cobertura de palha pouco espessa e onde há menor crescimento da cultura, ocorre maior infestação de plantas daninhas. Relataram também que mesmo para espécies com alta sensibilidade à

cobertura com palha, a supressão da germinação apenas ocorreu quando foram adicionadas quantidades de palha superiores a 10,0 t.ha⁻¹.

Em levantamento fitossociológico realizado em canaviais do estado do Rio de Janeiro observou-se que a família mais representativa de todo o levantamento, no que se refere a número de espécies, foi a Poaceae, com um total de 23 espécies identificadas, seguida por Asteraceae (17), Euphorbiaceae (8), Malvaceae (6), Papilionoideae (6) e Amaranthaceae (5) (OLIVEIRA; FREITAS, 2008). Ainda de acordo com estes autores as espécies *Brachiaria decumbens*, *Ipomoea grandifolia* e *Panicum maximum* apresentam altos índices de valor de importância para a área estudada, 29, 63 e 47, respectivamente, o que evidencia a importância de se estudar estas espécies dentro do contexto de produção de cana-de-açúcar.

Muito embora o solo esteja coberto com uma camada de palha, as espécies adaptadas a este cenário, ao germinarem, vão vencer essa barreira física e vão se estabelecer no canavial, o que pode ser resultado do fato de alguns herbicidas serem mais retidos pela cobertura morta (ROSSI et al., 2004) e, conseqüentemente, terem sua eficácia reduzida.

Segundo Oliveira e Freitas (2008), nos sistemas de cana-soca, nos períodos de outono-inverno a espécie *I. grandifolia* mereceu destaque devido à sua elevada frequência relativa (34,43%) e dominância relativa (25,63%); essa planta daninha, além de competir com a planta cultivada, pode interferir nas práticas culturais e prejudicar o desenvolvimento da cultura, em razão de seu hábito de crescimento volúvel, e causar problemas durante a colheita, provocando embuchamento da máquina colhedora.

Espécies da família convolvulaceae, como *Ipomoea grandifolia* não tem sua germinação inibida pelas quantidades de palha de cana-de-açúcar que normalmente são encontradas em campo (MARTINS et al., 1999; CORREIA; DURIGAN, 2004; SALVADOR, 2007).

Correia e Durigan (2004) verificaram que o número de plantas emersas de corda-de-viola (*I. grandifolia* e *I. hederifolia*) não diferiram entre as quantidades de palha de 10 a 15 t.ha⁻¹. Segundo Martins et al. (1999) e Medeiros (2001), mesmo com quantidades de palha de 15 t.ha⁻¹ não é possível controlar o estabelecimento de algumas espécies

de plantas daninhas, como *I. triloba*, em áreas de colheita de cana-de-açúcar sem queima.

Devido ao fato de *E. heterophylla* ser uma espécie com sementes que apresentam um comportamento fotoblástico indiferente em relação à germinação, suas plântulas conseguem germinar até mesmo em quantidades elevadas de palha (MARTINS et al., 1999; VELINI; NEGRISOLI, 2000; MEDEIROS, 2001; SEIFERT; VOLL, 2000).

Salvador (2007) observou que em relação ao número de plantas de *E. heterophylla* emersas, nas diferentes quantidades de palha testadas, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Observou também que essa espécie apresentou maior germinação que a própria testemunha em alguns tratamentos com palha, o que pode ser observado aos 15 dias após a semeadura com 15 e 20 t.ha⁻¹, aos 30 dias após a semeadura (DAS) com 5, 10, 15 e 20 t.ha⁻¹ e aos 45 DAS nos tratamentos com 5 e 20 t.ha⁻¹, porém essas diferenças foram apenas numéricas, não diferiram estatisticamente.

No Estado de São Paulo, é comum a expansão dos plantios de cana-de-açúcar para áreas de pastagem com capim-braquiária. O banco de sementes existente nessas áreas favorece a presença de grandes populações dessa planta daninha nos primeiros anos de cultivo, sendo necessária a adoção de práticas de controle (CONSTANTIN, 1993; COLETI et al., 1997).

Segundo Kuva et al. (2001) na ausência do controle, durante todo o ciclo da cultura, o capim-braquiária acumulou cerca de 400 g.m⁻². No entanto, independentemente da extensão dos períodos iniciais de controle, a comunidade infestante apresentou novos surtos de emergência na área experimental, com significativos acúmulos de biomassa seca na ocasião da colheita da cultura. Esse resultado evidencia uma característica importante de agressividade dessa planta daninha, que é a desuniformidade de germinação.

Assim o controle de *Brachiaria decumbens* é crítico no período compreendido entre 89 e 138 dias após o plantio da cana-de-açúcar (Período Crítico de Prevenção à Interferência – PCPI) (KUVA et al., 2001).

Em estudo realizado por Coleti et al. (1997), na época da seca, em que a planta daninha predominante foi o capim-braquiária, os autores observaram que houve

reduções na produtividade de 48%. Além de diminuir a produtividade, a presença do capim-braquiária em altas densidades pode reduzir a longevidade do canavial (LORENZI, 1983).

Por causa do porte que alcança, baixas densidades de *Panicum maximum* podem trazer grandes prejuízos, seja pela interferência ou pelo enriquecimento do banco de sementes (KUVA et al., 2003). Bozán e Rey (1977) concluíram que, em apenas um ciclo vegetativo, uma única planta de capim-colonião produziu 127.350 sementes.

Kuva et al. (2003) observaram que para cada 1,27 g de matéria seca.m⁻² acumulada pela população de capim-colonião, convivendo com a cana-de-açúcar no início do ciclo (0 - 147 dias após o plantio), resultou em reduções de rendimento na ordem de 1 t ha⁻¹.

Portanto é sabido que em áreas de colheita de cana crua, a presença da palha afeta a germinação de plantas daninhas e a dinâmica dos herbicidas (CHRISTOFFOLETI; LOPEZ OVEJERO; NICOLAI, 2004). Segundo Velini e Negrisoni (2000), para uma camada de palha de 1 t.ha⁻¹, apenas 35,5% da calda pulverizada atinge o solo. Essa interceptação atinge 99,4 e 99,5%, para 10 e 15 t.ha⁻¹, respectivamente.

Assim, quando um herbicida é aplicado sobre a palhada, é interceptado pela superfície da palha ali depositada e torna-se vulnerável à degradação causada pela volatilização e/ou fotodecomposição, até ser lixiviado para o solo (LOCKE; BRYSON, 1997). Lamoreaux, Jain e Hess (1993) ressaltam que a lavagem de herbicidas da palha para o solo é dependente da capacidade desses resíduos em cobrir o solo e reter os herbicidas; da solubilidade do produto aplicado; e do período em que a área permanece sem chuva após a aplicação do produto. De acordo com Costa (2001), o qual relata que, para exercerem sua atividade sobre as plantas infetantes, os herbicidas residuais precisam ser introduzidos diretamente no solo, o que se dá através do carreamento pela chuva, em função da solubilidade do produto. A partir do momento que atingem o solo, apresentam maior distribuição e persistência, devido aos canais formados pelos restos vegetais (formando vias preferenciais de escoamento) ou por organismos do solo (minhocas) e, principalmente, pelo abrandamento dos processos de degradação (JONES; BANKS; RADCLIFFE, 1990; SORENSON; SHEA; ROETH, 1991).

Cavenaghi et al. (2002) observaram que 65% do total aplicado de tebuthiuron, 65% de diuron, 72% de ametrine e 67% de sulfentrazone foram lixiviados de 10 t de palha de cana-de-açúcar ha⁻¹ com a lâmina de 65 mm de chuva um dia após a aplicação.

O comportamento de herbicidas residuais aplicados sobre a cobertura morta não depende apenas das características específicas do produto, mas também da quantidade e origem dessa cobertura morta, do volume de água e da época da primeira precipitação ocorrida após a aplicação do produto, assim como das precipitações subseqüentes, das condições climáticas prevalentes durante e após a aplicação (RODRIGUES, 1993).

Baseado neste contexto, o manejo da palha residual da colheita, juntamente com o uso combinado de herbicidas, constitui-se em técnica eficaz para o controle das plantas daninhas (CÂMARA, 1993; GHELLER, 1993; VICTORIA FILHO, 1993).

Diversos autores têm realizado pesquisas envolvendo a lixiviação e ação dos herbicidas em áreas de cana crua. No entanto, atualmente há uma crescente demanda por estudos mais detalhados sobre a eficácia desses herbicidas sobre a palha associada à sua dinâmica em condições de estresse hídrico, frente às novas necessidades logísticas de aplicação dentro das usinas. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de diferentes períodos de restrição hídrica na eficácia dos herbicidas diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, isoxaflutole, imazapic e clomazone + hexazinone no controle das plantas daninhas *Ipomoea triloba*, *Brachiaria decumbens*, *Euphorbia heterophylla* e *Panicum maximum*, quando aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar.

4.2 Material e Métodos

A presente pesquisa foi conduzida no período de novembro de 2009 a julho de 2010 em condições semi-controladas de casa-de-vegetação pertencente à Estação Experimental Agrícola da DuPont do Brasil S/A, localizada no município de Paulínia – SP (22°43'21,72" S, 47°7'50,88" W e altitude de 590 m).

O solo utilizado foi inicialmente seco à sombra por período igual a 48 horas. Após esse período, foi peneirado em peneira com malha de 200 mesh e submetido à análise química e granulométrica (Tabela 4.1), sendo classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006) com textura argilosa. O solo foi acondicionado em vasos com capacidade de 2 litros. As plantas daninhas, *Ipomoea triloba* L., *Brachiaria decumbens* Stapf, *Euphorbia heterophylla* L. e *Panicum maximum* Jacq. foram semeadas e incorporadas até 1 cm de profundidade a partir da superfície do solo para obtenção de uma população de 20 plantas por vaso.

Tabela 4.1 – Análise química e física* do solo da área experimental. Paulínia, SP. 2009

Área	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
Experimental	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³				mmolc/dm ³					%	
Paulínia - SP	4,5	26	16	2	24	8	40	34	74	45	23	16,2	60,8

*Laboratório IBRA de Análise de Solos

A palha de cana-de-açúcar utilizada para o experimento foi da variedade RB 72-454, na quantidade de 10 t de palha.ha⁻¹. Cada vaso recebeu a palha de cana, depositada em camada uniforme e cortada em fragmentos menores, com tamanho inferior ou igual ao diâmetro do vaso. A fim de evitar que a palha que recebeu a aplicação dos herbicidas fosse removida durante período que aguardava a simulação da primeira chuva, os vasos foram cobertos e presos com tule, e estes retirados somente após aplicação da lâmina de água. A quantidade foi selecionada em função de informações disponíveis na literatura por ser quantidade comumente encontrada em áreas colhidas mecanicamente sem queima prévia, por interceptar quase que o total dos herbicidas aplicados e por não suprimir a germinação, mesmo de espécies com alta sensibilidade à cobertura de palha (VELINI; NEGRISOLI, 2000; CAVENAGHI et al., 2007).

Figura 4.1 – Disponibilidade da palha de cana-de-açúcar nos vasos em casa-de-vegetação da Estação Experimental Agrícola da DuPont. Paulínia, SP. 2009

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com esquema fatorial, cinco repetições e com medidas repetidas no tempo. Herbicidas e períodos de restrição hídrica constituíram os fatores, incluindo testemunha com e sem palha da cana-de-açúcar. A umidade do solo, feita por irrigação automatizada, foi mantida durante todo o ensaio próxima a dois terços da capacidade de campo.

Os períodos de restrição hídrica referem-se ao período de tempo, a partir da aplicação do produto, em que os vasos foram mantidos sem irrigação.

A pulverização dos herbicidas foi realizada por barra constituída por duas pontas de pulverização XR 110.02, espaçadas de 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura do alvo. O consumo de calda foi correspondente a 200 L ha^{-1} e o equipamento foi operado sob pressão constante de $2,1 \text{ kgf.cm}^{-2}$, pressurizado por CO_2 .

A simulação de chuva, após os períodos restrição hídrica, de 0, 30, 60 e 90 dias, foi realizada por meio de equipamento simulador de chuva, o qual é constituído de uma estrutura metálica de 3 m de altura, com ponta FullJet $\frac{1}{2}$ HH-W – SS 30W da marca

‘Spraying Systems’, instalado de modo que um motor, com velocidade igual a 1 rpm, permita movimento circular a este e garanta homogênea distribuição das gotas sobre o alvo. O sistema foi operado a pressão constante e igual a $0,28 \text{ kgf.cm}^{-2}$, por 20 minutos, com intensidade de precipitação de 1 mm.min^{-1} . Essa lâmina aplicada visa lixiviar as moléculas permitindo efetivamente que atinjam o solo e exerçam atividade herbicida. A metodologia baseou-se em dados de Cavenaghi et al. (2007) em que lâmina de 20 mm de água foi importante para lixiviação da maior parte do produto retido na palha, independentemente do intervalo de tempo entre a aplicação e a primeira chuva.

Figura 4.2 – Disposição dos vasos em área em que foi realizada a simulação da precipitação pluviométrica. Paulínia, SP. 2009

Os tratamentos herbicidas utilizados foram: diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl [D+H+SMM] nas doses de $(1206 + 340 + 29)$ e $(1386,9 + 391 + 33,35) \text{ g.ha}^{-1}$; isoxaflutole [IFT] a 165 g.ha^{-1} ; imazapic [IMZ] a 133 g.ha^{-1} ; clomazone + hexazinone [C+H] a $(1000 + 250) \text{ g.ha}^{-1}$ e testemunha com e sem palha.

Foram realizadas avaliações visuais de controle das plantas daninhas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 120 dias após restabelecimento da umidade (DARU), utilizando-se

escala percentual variando entre 0 e 100%, por meio da comparação do controle exercido pelo herbicida com a testemunha com e sem palha, em que 0% correspondeu à ausência de controle e 100% ao controle total, conforme descrito por Velini (1995).

Na avaliação da biomassa seca, aos 120 DARU, utilizou-se apenas a parte aérea. As plantas foram cortadas rentes ao solo e pesadas em balança de precisão. Para determinar a biomassa seca, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 70°C, até atingir a biomassa constante, sendo posteriormente pesada em balança de precisão.

4.3 Resultados e Discussão

Para facilitar a interpretação dos dados cada espécie foi discutida isoladamente.

a. *Ipomoea triloba*

Na Tabela 4.2 pode-se observar que para a menor dose de D+H+SMM, exceto para a avaliação aos 30 DARU, em todas as demais datas avaliadas, houve diferença entre a eficácia do herbicida quando não houve restrição hídrica (0 DRH) em comparação aos demais períodos (30, 60 e 90 DRH); evidenciando que para esta dose é importante que a precipitação ocorra próximo à data de aplicação do produto, uma vez que para esta modalidade (0 DRH), notou-se alta eficácia do herbicida, com média de controle igual a 86% aos 120 DARU. Assim para essa dose, tipo de solo e quantidade de cobertura morta, se submetido a períodos de restrição hídrica maiores que 30 dias, a fração lixiviada de herbicida para o solo não é suficiente para garantir controle eficaz desta espécie de planta daninha.

Tabela 4.2 – Controle percentual de *I. triloba* nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP. 2010

Tratamentos	Dose g.ha ⁻¹	30 DARU				60 DARU				90 DARU				120 DARU			
		0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
		DRH				DRH				DRH				DRH			
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	93 Aab	64 Aab	68 Aa	65 Aa	88 Aa	55 ABa	48 Ba	40 Ba	87 Aa	42 Ba	39 Bab	34 Ba	86 Aa	36 Ba	35 Ba	34 Ba
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	97 Aa	84 Aa	75 Aa	64 Aa	96 Aa	77 ABa	71 ABa	44 Ba	90 Aa	75 Aa	73 Aa	35 Ba	90 Aa	69 Aa	67 ABa	35 Ba
IFT ²	165	24 Ac	12 Ac	2 Bb	6 ABc	18 Ab	8 ABab	2 ABb	0 Bb	18 Ab	3 Ab	18 Abc	0 Ab	16 Abc	17 Ab	2 Bb	0 Bb
IMZ ³	133	56 Ab	38 ABb	8 Cb	28 Bb	53 Aa	21 Bb	6 Bb	12 Bb	46 Aa	18 Bb	4 Bc	8 Bb	43 Ab	13 Bb	3 Bb	8 Bb
C+H ⁴	1000 + 250	89 Aab	80 Aa	72 Aa	56 Aa	77 Aa	61 ABa	54 ABa	38 Ba	76 Aa	46 Ba	48 ABa	31 Ba	74 Aab	39 Ba	46 ABa	30 Ba
Testemunha sem palha	-	0 Ad	0 Ad	0 Ab	0 Ac	0 Ab	0 Ac	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ac	0 Ab	0 Ac	0 Ab	0 Ab	0 Ab
Testemunha com palha	-	0 Ad	0 Ad	0 Ab	0 Ac	0 Ab	0 Ac	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ac	0 Ab	0 Ac	0 Ab	0 Ab	0 Ab
C.V. (%)		24,45				30,84				35,93				34,12			
F _(herb. x Seca)		2,56***				2,29***				2,43***				2,81***			
D.M.S. tratamentos		2,39				2,57				2,87				2,59			
D.M.S. épocas		2,04				2,23				2,45				2,25			

Dados previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Em cada avaliação (DARU), médias seguidas de mesma letra, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; ***Teste F significativo a 1%.¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Para a maior dose utilizada de D+H+SMM o comportamento foi diferente do verificado anteriormente, observando-se redução da eficácia com diferenças significativas apenas para o maior período de restrição hídrica estudada (90 DRH). Assim pode se concluir ser esta dose a mais adequada para este tipo de solo, já que sua textura argilosa exige maiores doses do herbicida para garantir maior lixiviação através da palha em concentrações que proporcionem controle mais eficaz e com maior atividade residual, sendo neste caso bons níveis de controle observados até os 120 DARU e ausência de restrição hídrica (0 DRH), e níveis suficientes de controle (ALAM, 1974) para 120 DARU e 30 e 60 DRH.

Monquero et al. (2009) observaram para *I. triloba* níveis de controle iguais a 96,25% para diuron + hexazinone aos 28 DAA quando aplicado sobre 10 t.ha⁻¹. Os mesmos autores observaram também que este mesmo herbicida em quantidades de palha de 15 e 20 t.ha⁻¹ tem sua eficácia reduzida. Corrêa et al. (2006) também observaram bons níveis de controle desta espécie com diuron + hexazinone para a mesma quantidade de cobertura vegetal.

Segundo dados de Barberis et al. (2010a), com aplicação de diferentes doses de SMM (3.75, 7.5, 11.25 e 15 g.ha⁻¹) sobre 5 t.ha⁻¹ de palha, foram observados níveis de controle de *B. pilosa*, superiores a 80% para todas as doses quando submetidos a simulações de chuva de 20mm e superiores a 90% para 40mm.

Observando-se os dados de percentagem de controle da Tabela 4.2 de *I. triloba* por IFT verifica-se ser este herbicida ineficaz para esta infestante, com valores inferiores a 25% para todas as datas avaliadas, independentemente do período de restrição hídrica estudado. IFT apresentou baixa eficácia no controle, uma vez que não é recomendado para essa espécie (BRASIL, 2008). Porém Kruse et al. (2001) constataram controles em torno de 90% para *Ipomoea hederacea* aos 52 dias após a aplicação de isoxaflutole na dose de 52,5 g ha⁻¹ em um solo franco-argilo-siltoso.

Segundo Monquero et al. (2008b), quando isoxaflutole foi aplicado sobre 10 t.ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar, utilizando-se bioindicador para se avaliar a eficácia do herbicida, verificou-se que a partir de 40 dias, entre a aplicação e a semeadura do bioindicador, sua eficácia decresceu significativamente, com médias de controle inferiores a 62,5% de controle, especialmente no solo com textura argilosa.

Considerando-se a eficácia de IMZ para corda-de-viola (Tabela 4.2) observa-se que a partir de 30 DRH, independentemente da avaliação, houve queda significativa no controle da espécie, sendo que o melhor desempenho do herbicida deu-se quando a aplicação foi seguida pela simulação de chuva (0 DRH), embora mesmo para esta condição a sua eficácia é considerada baixa, com valores de controle inferiores a 57%.

Segundo Monquero et al. (2008a) imazapic apresentou atividade residual, quando submetido a 90 dias de seca, capaz de causar intoxicação da ordem de 80% em avaliação realizada aos 21 dias após semeadura do bioindicador (*Cucumis sativus*). Hernandez, Alves e Martins (2001) verificaram que interação de imazapic com palha de cana-de-açúcar em camada em quantidade equivalente a 12 t ha⁻¹ reduziu a eficiência deste sobre *Ipomoea grandifolia* e que a biomassa seca acumulada desta espécie nas duas testemunhas, com e sem palha, foi semelhante, demonstrando que a cobertura com palha não afetou de modo diferenciado o crescimento da comunidade e as plantas daninhas que a compõem, mas apenas a densidade.

Finalmente para C+H o comportamento (Tabela 4.2) foi semelhante ao observado para a menor dose de D+H+SMM em que a partir de 30 DRH verificou-se queda acentuada em sua eficácia para *I. triloba*, e que bons níveis de controle são obtidos somente na situação em que o herbicida é aplicado e em seguida ocorre a precipitação de 20mm (0 DRH), observando residual até os 120 DARU com 74% de controle.

Segundo dados de Carbonari et al. (2010) a aplicação de C+H sobre palha de cana-de-açúcar promoveu excelentes níveis de controle para *I. triloba* (100%) quando este permaneceu durante 60 dias sobre a palha por período de até 60 dias antes da ocorrência da chuva.

Segundo Silva, Vivian e Oliveira Junior (2007) herbicidas aplicados à superfície do solo são freqüentemente perdidos, especialmente se ocorrer um período prolongado de seca após a aplicação. É possível que ocorram perdas em função do processo de fotodegradação, além de outros fatores que podem estar envolvidos, como a volatilização, acentuada pela temperatura elevada na superfície do solo, a degradação química e biológica e a sorção, que devem ser considerados para explicar o desaparecimento dos herbicidas no solo.

Ao se analisar a situação mais crítica estudada, em relação à atividade residual dos herbicidas, ou seja, aos 120 DARU (Tabela 4.2), observa-se para as diferentes condições de restrição hídrica (0, 30, 60 e 90 DRH), comparando-se os diferentes tratamentos, que D+H+SMM na menor dose e C+H foram eficazes apenas para a condição em que a chuva ocorreu logo após a aplicação dos herbicidas. Para a maior dose de D+H+SMM apenas o maior período de restrição hídrica diferiu dos demais. IMZ não apresentou níveis satisfatórios de controle para todos os períodos de restrição hídrica avaliados, sendo influenciados pela presença da palha sobre o solo. IFT apresentou dados semelhantes ao de IMZ, porém como já citado não é recomendado para controle desta espécie de planta daninha.

Na Figura 4.3 são apresentados os dados de biomassa seca da parte aérea para *I. triloba*.

Figura 4.3 – Biomassa seca de parte aérea de *Ipomoea triloba* aos 120 DARU. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para tratamentos e maiúsculas para períodos de restrição hídrica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(herb.)} = 86,32^{***}$; $F_{(seca)} = 34,99^{***}$; $F_{(herb. \times seca)} = 3,19^{***}$; CV (%) = 22,61. Paulínia – SP, 2010

Pela análise da Figura 4.3, observa-se que para todos os tratamentos a biomassa seca foi sempre maior quando se aumentou o período de restrição hídrica a que foi submetida, evidenciando a perda de eficácia dos herbicidas. As menores biomassas

foram observadas, independentemente do período de restrição hídrica, para ambas as doses de D+H+SMM seguidos de C+H, IFT e IMZ, corroborando os dados de porcentagem de controle.

Pode se concluir também, pela análise da Figura 4.3, que não houve diferença entre a testemunha com e sem palha, evidenciando que o acúmulo de massa para esta espécie não sofreu interferência da quantidade de palha utilizada.

Segundo Azania et al. (2002), em estudo de interferência da palha de cana-de-açúcar na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae a massa seca das plântulas aos 45 dias após a semeadura não diferiram entre si quando semeadas sob quantidades de 0, 5, 10 e 15 toneladas por hectare, sendo que somente a quantidade de 20 t.ha⁻¹ inibiu o crescimento das plantas. Salvador (2007) verificou que em relação à biomassa seca de *I. triloba* não houve diferenças estatísticas entre as quantidades de palha avaliadas, sendo que aos 15 dias após a semeadura houve um aumento de 19,5% na biomassa seca na quantidade de palha de 10 t.ha⁻¹ quando comparados à testemunha. Gravena et al. (2004) verificaram que houve um acúmulo de biomassa seca pelas plantas de *Ipomoea* de 117 g no tratamento sem palha e atingiu 510 g no tratamento com 15 t.ha⁻¹ de palha.

Segundo Negrisoni et al. (2007) as testemunhas com palha e sem palha diferiram estatisticamente para as espécies estudadas, sendo que a cobertura com palha provocou estímulo na germinação de *I. triloba*.

b. *Euphorbia heterophylla*

Para *E. heterophylla* os tratamentos com ambas as doses de D+H+SMM foram os que apresentaram maiores porcentagens de controle, sendo que não houve influência significativa entre os períodos de restrição hídrica estudados, nem tampouco perda de atividade residual nas diferentes avaliações, o que evidencia alta eficácia deste herbicida para esta espécie.

Embora pela análise da Tabela 4.3 não se observe diferença significativa entre as doses de D+H+SMM testadas, verifica-se que aos 120 DARU, a maior dose do herbicida proporcionou porcentagens de controle 22, 10 e 8% maiores que a menor

dose para 0, 30 e 60 DRH, respectivamente. Assim considerando-se cenários em que esta espécie infestante é importante, um longo período residual desejável, e para solos com texturas semelhantes à utilizada neste experimento, a maior dose de D+H+SMM estudada seria a mais indicada.

Segundo dados de Monquero et al. (2008a) as médias de controle aos 14 e 21 dias após a semeadura do bioindicador (*Cucumis sativus*) para diuron + hexazinone foram iguais ou superiores a 90% em todos os períodos de restrição hídrica avaliados (0, 10, 20, 40, 60 e 90 dias).

Em estudo realizado por Barberis et al. (2010b), em que foi avaliada a eficácia de sulfometuron-methyl sobre leiteiro, quando aplicado sobre quantidade equivalente a 5 t.ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar, e simulados diferentes precipitações, observou-se aos 15 DAA baixos níveis de controle para as menores doses, sendo observados aumentos significativos para a dose de 11,25 g.ha⁻¹ a partir da lâmina de 40mm. Para a maior dose (15 g.ha⁻¹) foi observado um aumento significativo de controle a partir de 40mm de chuva, se mantendo constante até 80mm. Aos 28 DAA foram observados níveis de controle acima de 80% para as doses de 11,25 e 15 g.ha⁻¹, principalmente para as chuvas acima de 20 mm e na dose 7,5 g.ha⁻¹, para chuvas acima de 40 mm. Aos 42 DAA foram observados níveis de controle acima de 80% para todos os tratamentos com chuva acima de 10 mm, atingindo níveis de controle acima de 95% para as doses 11,25 e 15 g.ha⁻¹.

O resultado favorável de D+H+SMM neste tipo de solo deve-se provavelmente ao fato de esse herbicida ser adsorvido a matéria orgânica, minerais de argila e óxidos metálicos do solo. Enquanto adsorvido, fica menos exposto aos processos de degradação e transporte, o que pode prolongar o efeito residual no solo (LANGENBACH; CORREIA, 2006). O processo de adsorção retarda ou, em alguns casos, até mesmo impede o movimento e a ação de herbicidas no perfil do solo. Entretanto, depois de sorvida, uma fração das moléculas pode retornar à solução do solo e exercer a atividade herbicida, sendo esse processo conhecido como dessorção (BOUCHARD; ENFIELD; PIWONI, 1989).

Tabela 4.3 – Controle percentual de *E. heterophylla*, nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP. 2010

Tratamentos	Dose g.ha ⁻¹	30 DARU				60 DARU				90 DARU				120 DARU			
		0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
		DRH				DRH				DRH				DRH			
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	93 Aab	89 Aa	85 Aa	78 Aab	84 Aab	83 Aa	83 Aa	76 Aa	76 Aab	80 Aa	79 Aab	70 Aa	74 Aab	76 Aa	79 Aa	68 Aa
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	99 Aa	92 Aa	93 Aa	85 Aa	98 Aa	94 Aa	91 Aa	81 Aa	96 Aa	90 Aa	87 Aa	70 Aa	96 Aa	86 Aa	87 Aa	70 Aa
IFT ²	165	55 Ac	45 Ab	25 Bc	38 Abc	44 Ac	25 ABb	36 Ab	15 Bc	40 Ab	19 ABb	37 Ac	12 Bcd	34 Ac	16 ABb	35 Ab	9 Bcd
IMZ ³	133	64 Aabc	51 Ab	49 Ab	51 Abc	56 Abc	40 Ab	45 Ab	42 Ab	46 Ab	30 Ab	39 Abc	34 Ab	46 Abc	27 Ab	34 Ab	34 Ab
C+H ⁴	1000 + 250	59 Abc	42 Ab	38 Abc	39 Ac	58 Aabc	40 ABb	24 Bb	26 Bbc	46 Ab	34 ABb	12 Bd	22 ABbc	43 Abc	30 ABb	19 Bb	22 ABbc
Testemunha sem palha	-	0 Ad	0 Ac	0 Ad	0 Ad	0 Ad	0 Ac	0 Ac	0 Ad	0 Ac	0 Ac	0 Ad	0 Ad	0 Ad	0 Ac	0 Ac	0 Ad
Testemunha com palha	-	0 Ad	0 Ac	0 Ad	0 Ad	0 Ad	0 Ac	0 Ac	0 Ad	0 Ac	0 Ac	0 Ad	0 Ad	0 Ad	0 Ac	0 Ac	0 Ad
C.V. (%)		19,58				23,07				27,37				27,61			
F _(herb. x Seca)		0,88***				1,41 ^{ns}				1,70**				1,20 ^{ns}			
D.M.S. tratamentos		2,13				2,34				2,58				2,61			
D.M.S. épocas		1,91				2,03				2,24				2,22			

Dados previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Em cada avaliação, médias seguidas de mesma letra, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; ^{ns} Não significativo; ** Teste F significativo a 5%; *** Teste F significativo a 1%. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Observou-se baixa eficácia de IFT para esta espécie, uma vez que a maior percentagem de controle observada foi de 55% para 0 DRH e 30 DARU (Tabela 4.3). Pela análise dos resultados obtidos verifica-se que a queda de eficácia se dá de maneira significativa, entre os períodos de restrição hídrica estudados, principalmente quando simulados 90 dias entre a aplicação e a primeira chuva. É importante ressaltar que IFT não é recomendado para controle desta espécie (BRASIL, 2008).

A baixa eficácia de IMZ, nas presentes condições de cobertura de palha e simulação de restrições hídricas, para leiteiro, é semelhante à observada para IFT, em que as maiores percentagens de controle não ultrapassam os 64%, porém para esta molécula herbicida não se observou diferenças para os diferentes períodos de restrição hídrica estudados.

Rodrigues et al. (2000) observaram que o herbicida imazaquin, uma imidazolinona tal qual o imazapic, arrastou-se através da palha a partir de uma chuva igual a 20 mm, ao passo que, antes de se efetuar a irrigação, mais de 90% desse produto aplicado permanecia sobre a palha. O arraste desses produtos pela água pode ser explicado pela sua alta solubilidade em água (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

O comportamento de C+H também foi semelhante ao citado anteriormente, com valores máximos de controle não excedendo os 59%, embora, para este herbicida, tenha-se observado, por exemplo, aos 60 DARU, diferença entre a eficácia aos 0 e 30 DRH quando comparadas a 60 e 90 DRH, evidenciando que os períodos de restrição hídrica tiveram influencia sobre a atividade do herbicida.

Carbonari et al. (2010) observaram máximo controle (100%) *E. heterophylla* quando C+H foi aplicado e em seguida permaneceu sobre camada de palha de cana-de-açúcar por período igual a 60 dias até ocorrência da primeira chuva, dado que difere do observado na presente pesquisa.

Analisando-se a Tabela 4.3, observa-se, aos 120 DARU, situação mais crítica, considerando-se a atividade residual dos herbicidas, que de maneira geral, para 0, 30, 60 e 90 DRH, não se observou diferenças entre as doses de D+H+SMM, sendo este herbicida, o mais eficaz para *E. heterophylla* e portanto pouco influenciado pelos períodos de restrição hídrica a que foi submetido. Para IFT, IMZ e C+H observou-se

baixa atividade herbicida para a espécie, uma vez que as quantidades lixiviadas através da palha não foram suficientes para controlar eficientemente esta planta daninha.

Segundo dados de Monquero et al. (2008a) o herbicida clomazone + ametryn apresentou efeito residual menor ao longo das épocas de seca. Os mesmos autores observaram que o herbicida imazapic teve seus efeitos tóxicos diminuídos, em dois tipos de solo de textura contrastante (argilosa e média), quando submetidos a um período de seca maior que 60 dias. Ainda verificaram que diuron + hexazinone controlaram totalmente os bioindicadores mesmo com 90 dias de seca após aplicação em ambos os solos.

Na Figura 4.4 são apresentados os dados de biomassa seca da parte aérea para *E. heterophylla*.

Figura 4.4 – Biomassa seca de parte aérea de *Euphorbia heterophylla* aos 120 DARU. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para tratamentos e maiúsculas para períodos de restrição hídrica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(\text{herb.})} = 103,77^{***}$; $F_{(\text{seca})} = 4,00^{***}$; $F_{(\text{herb.} \times \text{seca})} = 1,70^{**}$; CV (%) = 24,21. Paulínia – SP, 2010

Observando-se a Figura 4.4 verifica-se que para ambas as doses de D+H+SMM não houve diferença entre os períodos de restrição hídrica, e que os valores de

biomassa seca encontrados para esta espécie foram os menores dentre os tratamentos avaliados.

Para IMZ também não foi observado diferença entre os períodos de restrição hídrica, porém pela Figura 4.4 observa-se que os valores de biomassa seca para este herbicida são maiores e diferem dos observados para D+H+SMM. Já para IFT e C+H verificou-se diferenças entre a biomassa e os períodos estudadas, sendo que para IFT apenas 90 DRH diferiu dos demais e para C+H aos 60 DRH houve aumento significativo da biomassa seca, dados que estão de acordo com os observado por meio das avaliações de percentagem de controle.

Considerando as testemunhas, com e sem palha, observa-se não haver diferença entre elas, o que reforça a importância de se estudar o manejo desta espécie em ambientes com palha residual da colheita da cana-de-açúcar. Estes dados estão de acordo com diversos autores que também observaram não haver influência da quantidade de palha testada neste experimento e a emergência desta espécie de planta daninha.

Segundo Medeiros e Christoffoleti (2001) em experimento realizado com várias espécies de plantas daninhas, dentre elas, *E. heterophylla*, observaram que esta emergiu muito bem em áreas onde não havia palha, mas também apresentou uma alta taxa (93%) de cobertura do solo nos tratamentos que apresentavam palha.

Segundo Salvador (2007), as biomassas, fresca e seca, de plantas de *E. heterophylla* emersas não apresentaram diferenças estatísticas dentre as quantidades de palha testadas, sendo que apresentou um declínio a partir de 15 t.ha⁻¹ mas mesmo assim ainda superior a testemunha. Somente com 20 t.ha⁻¹ é que a biomassa foi inferior, numericamente, ao valor da testemunha, mas sem diferir estatisticamente.

c. *Brachiaria decumbens*

Tendo em vista a crescente expansão de canaviais em áreas anteriormente ocupadas por pastagens torna-se importante estudar o controle desta espécie, como apresentado na Tabela 4.4.

O controle de *B. decumbens* por D+H+SMM deu-se de maneira muito eficaz para todos os períodos de restrição hídrica e épocas avaliadas para ambas as doses. Para 0 e 30 DRH o comportamento de ambas as doses foi muito semelhante, porém a partir dos 60 DRH, para as avaliações aos 90 e 120 DARU, observou-se que a maior dose garantiu, numericamente, maiores níveis de controle, no entanto sem diferir estatisticamente, na ordem de 12 e 7% de incremento aos 90 DARU e 12 e 8% aos 120 DARU, para 60 e 90 DRH, respectivamente. Evidenciando que à medida que se prolonga o período de restrição hídrica e exige-se maior atividade residual do herbicida a maior dose se mostra mais estável.

Na condição de cana crua sem retirada da palha da linha do plantio, diuron + hexazinone apresentou controle excelente (98,2%) de *B. decumbens* com 2 a 6 folhas (MACIEL et al., 2008).

Segundo Kollman e Segawa (1995), SMM é uma molécula polar, relativamente solúvel em água e tem baixo coeficiente de adsorção em carbono orgânico (K_{oc}). É um herbicida potencialmente móvel no solo, sendo que esta mobilidade aumenta com o incremento do pH do solo. Sua meia vida por hidrólise é maior que 30 dias e a meia vida anaeróbica de 283 dias, indicando ser esta molécula persistente no solo (LYM; SWENSON, 1991).

Para IFT, herbicida comumente utilizado para controle de gramíneas na cultura da cana-de-açúcar, verificou-se que para 0 e 30 DRH, independentemente da época avaliada, o controle de capim-braquiária foi muito eficaz, no entanto quando nas situações mais críticas de restrição hídrica, 60 e 90 DRH, observou-se significativa queda de sua eficácia, principalmente aos 90 e 120 DARU.

A meia vida de IFT diminui de 74 para 38 horas quando a umidade do solo passa de 10 para 40%; se o solo estiver seco, essa reação não ocorre ou acontece muito lentamente (TAYLOR-LOVELL; SIMS; WAX, 2002). Não há informações concretas que quantifiquem o nível de umidade necessária para “ativar” o produto, nem com relação ao período que ele suporta sem umidade antes ser metabolizado. Segundo Rodrigues e Almeida (2005), o produto apresenta boa estabilidade em condições de seca, podendo aguardar, dependendo da dose, por mais de 60 dias o início das chuvas.

Tabela 4.4 – Controle percentual de *B. decumbens*, nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP. 2010

Tratamentos	Dose	30 DARU				60 DARU				90 DARU				120 DARU			
	g.ha ⁻¹	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
		DRH				DRH				DRH				DRH			
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	98	97	93	93	98	96	86	88	96	92	82	81	96	92	80	80
		Aa	Aa	Aa	Aab	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aab	Aab	Aa	Aa	Aa	Aab	Aa
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	98	96	95	96	96	95	89	92	98	94	94	88	96	93	92	88
		Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
IFT ²	165	96	98	86	52	93	96	80	50	92	94	65	44	88	88	60	44
		Aa	Aa	Aab	Bd	Aa	Aa	Aa	Bb	Aa	Aa	Bbc	Bb	Aa	Aa	Bbc	Bb
IMZ ³	133	92	67	67	57	87	47	50	48	80	40	40	38	79	35	39	36
		Aa	Bb	Bb	Bcd	Aa	Bb	Bb	Bb	Aa	Bc	Bc	Bb	Aa	Bb	Bc	Bb
C+H ⁴	1000 + 250	82	90	82	70	74	81	60	48	66	58	54	38	62	61	50	35
		Aa	Aa	Aab	Abc	Aa	Aa	ABab	Bb	Aab	Abc	Aabc	Ab	Aab	Aab	Abc	Ab
Testemunha sem palha	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ab	Ac	Ac	Ae	Ab	Ac	Ac	Ac	Ab	Ad	Ad	Ac	Ab	Ac	Ad	Ac
Testemunha com palha	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ab	Ac	Ac	Ae	Ab	Ac	Ac	Ac	Ab	Ad	Ad	Ac	Ab	Ac	Ad	Ac
C.V. (%)		10,05				13,96				20,65				19,58			
F _(herb. x Seca)		3,77***				3,02***				1,78**				2,08**			
D.M.S. tratamentos		1,28				1,69				2,38				2,27			
D.M.S. épocas		1,11				1,47				2,07				1,94			

Dados previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Em cada avaliação, médias seguidas de mesma letra, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; ** Teste F significativo a 5%; *** Teste F significativo a 1%. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Segundo dados de Monquero et al. (2008a) isoxaflutole foi indiferente em relação ao período em que é exposto ao solo seco, apresentando-se eficiente no controle de *S. bicolor*, independentemente do período analisado. O resultado por esse autor assemelha-se aos dados de trabalhos instalados no campo, em que se observa controle acima de 80% para este herbicida por períodos de até 80 dias de seca para espécies como *Brachiaria decumbens*, *B. plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Portulaca oleracea*, *Cenchrus echinatus*, *Galinsoga parviflora*, *Amaranthus viridis* e *Ageratum conyzoides* (MARCHIORI JR. et al., 2005; COSTA; ROZANSKI, 2003; ADORYAN; BENDECK; GELMINI, 2002; MONTÓRIO et al., 2002).

Oliveira et al. (2006) verificaram que, à medida que aumenta o tempo e o número de irrigações entre a aplicação do herbicida e a semeadura de uma espécie bioindicadora, há redução no potencial de controle, de aproximadamente 30% para a dose de 200 g.ha⁻¹, exercido pelo isoxaflutole em condições de Latossolo Vermelho distrófico.

Segundo dados de Marchiori Jr. et al. (2005) em solo de textura franco-argilo-arenosa e avaliações aos 60 dias após a semeadura, com valores obtidos através de equações de regressão, controle de 80% para *B. decumbens* foi obtido aos 58 dias para dose de 180 g.ha⁻¹ e 114 dias para dose de 200 g.ha⁻¹. Os mesmos autores observaram em solo de textura argilosa, para todas as épocas estudadas, controle superiores a 97% para o bioindicador, submetidos à dose de 230 e 270 g.ha⁻¹ de isoxaflutole.

IMZ mostrou-se eficaz para controle de capim-braquiária (Tabela 4.4) apenas quando aplicado e em seguida, simulada a precipitação (0 DRH), sendo que para as demais condições de restrição hídrica (30, 60 e 90 DRH) sua eficácia não diferiu e foi inferior a 68% já a partir dos 30 DARU.

Medeiros et al. (2004) obtiveram resultados, constatando que o herbicida imazapic apresentou uma excelente transposição através da palha de cana, independentemente da quantidade de água (10 ou 20 mm) aplicada após a pulverização do herbicida. Os mesmos autores desenvolveram experimento para avaliar a eficácia do herbicida imazapic no controle de tiririca em presença de palha de cana-de-açúcar e concluíram que, mesmo que após a aplicação do herbicida ocorra um período de seca de até 60 dias, a transposição do herbicida imazapic através da palha de cana, nas doses de 175

e 210 g.ha⁻¹ de produto comercial, é altamente significativa, independente da quantidade de água (10 ou 20 mm) aplicada após a aplicação do herbicida.

Sabe-se que a adsorção das imidazolinonas pelos colóides dos solos é baixa ou muito baixa, sendo altamente influenciada pelos teores de argila e de matéria orgânica, e os solos com maiores destes teores requerem maiores doses dos produtos (MILLER; WESTRA, 1998).

Hernandez, Alves e Martins (2001) observaram ausência de controle de *Brachiaria decumbens* por imazapic a 122,5 g i.a.ha⁻¹ em aplicação sobre 12 t.ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar. Os autores verificaram também que a biomassa seca acumulada de desta espécie nas duas testemunhas, com e sem palha, foi semelhante, demonstrando que a cobertura com palha não afetou de modo diferenciado o crescimento da comunidade e as plantas daninhas que a compõem, mas apenas a densidade.

Segundo Inoue et al. (2007) após simulação de lâminas de 0 e 20 mm de água sobre tubos de PVC, houve redução significativa de crescimento da planta bioindicadora (*B. decumbens*) apenas na camada superficial de solo (0-5 cm), o que indica ausência ou níveis muito baixos de imazapic nas camadas mais profundas da coluna (5- 25 cm).

O controle de *B. decumbens* por C+H (Tabela 4.4) foi eficiente apenas na primeira avaliação (30 DARU) independentemente do período de restrição hídrica a que foi submetido, sendo que nas avaliações seguintes, principalmente a partir dos 90 DARU, as percentagens de controle diminuíram para níveis insatisfatórios para todos os períodos avaliados, o que permite concluir que este herbicida, para esta espécie de infestante, apresenta baixa atividade residual no solo.

Carbonari et al. (2010) observaram que quando aplicado sobre palha de cana-de-açúcar C+H apresentou excelentes níveis de controle de *B. decumbens* em situações que a aplicação ocorreu em até 30 dias antes da primeira chuva, sendo que a partir de 60 dias entre a aplicação e a ocorrência da precipitação o controle decresceu significativamente, indicando que existe degradação do herbicida quando submetido a períodos extensos de exposição na superfície da palha.

Pela análise da Tabela 4.4, na situação mais extrema estudada, ou seja, aos 120 DARU, observou-se que os maiores níveis de controle se deram para ambas as doses

de D+H+SMM, com ausência de interferência devido aos períodos de restrição hídrica e sem diferenças entre si. Já as médias encontradas para IFT sofreram interferência a partir de 60 DRH. IMZ apresentou para essa avaliação bom nível de controle apenas para a situação em que a chuva ocorreu logo após a aplicação do herbicida. Para C+H baixa eficácia foi observada para todos os períodos de restrição hídrica avaliados.

Segundo Negrison et al. (2007), para as plantas daninhas *B. decumbens* e *B. plantaginea*, os tratamentos que apresentaram melhores porcentagens médias de controle com aplicação de tebuthiuron, foram aqueles em que o herbicida atingiu o solo, através da aplicação direta sobre este ou através da lixiviação deste herbicida pela simulação de chuva após sua aplicação. Esses resultados demonstram a importância e a necessidade da ocorrência de chuva após aplicação do herbicida sobre a palha.

Na Figura 4.5 são apresentados os dados de biomassa seca da parte aérea para *B. decumbens*.

Figura 4.5 – Biomassa seca de parte aérea de *Brachiaria decumbens* aos 120 DARU. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para tratamentos e maiúsculas para períodos de restrição hídrica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(herb.)} = 74,84^{***}$; $F_{(seca)} = 13,26^{***}$; $F_{(herb. \times seca)} = 1,44^{ns}$; CV (%) = 34,82. Paulínia – SP, 2010

Considerando-se os dados apresentados na Figura 4.5, para biomassa seca da parte aérea de *B. decumbens*, os menores valores encontrados são para as duas doses de D+H+SMM, independentemente do período de restrição hídrica, para IFT aos 0 e 30 DRH, e IMZ aos 0 DRH, dados que estão de acordo com aqueles já discutidos para eficácia dos herbicidas.

Pela análise da mesma figura pode-se observar também o aumento da biomassa seca para IFT aos 90 DRH, IMZ a partir de 30 DRH e C+H também aos 90 DRH, evidenciando a perda de eficácia destes herbicidas para estes períodos de restrição hídrica citados.

Na Figura 4.5 verifica-se não haver diferença entre as testemunhas com e sem palha, no entanto foram observadas reduções médias, dentre os períodos de restrição hídrica estudados, de 23% para a biomassa das plantas na presença de palha, quando comparadas ao tratamento com ausência de cobertura vegetal. Dados que estão de acordo com o observado por Hernandez, Alves e Martins (2001) que verificaram que a biomassa seca acumulada desta espécie nas duas testemunhas, com e sem palha, foi semelhante, demonstrando que a cobertura com palha não afetou de modo diferenciado o crescimento da planta daninha, mas apenas a densidade.

No entanto diversos outros autores verificaram que a presença de palha afeta de maneira significativa a emergência de capim-braquiária. Correia e Durigan (2004) verificaram que em cobertura de solo com 5, 10 e 15 t.ha⁻¹ houve uma inibição na emergência de plântulas de *B. decumbens*. Velini e Martins (1998) verificaram germinação nula para *B. plantaginea* e *B. decumbens* na quantidade de palha de 20 t.ha⁻¹.

Segundo Negrisoni et al. (2007) a presença de palha prejudicou o desenvolvimento da espécie *B. decumbens*, porém, para *B. plantaginea*, não ocorreu diferença entre as testemunhas com e sem palha. Já Salvador (2007) observou para a biomassa seca de *B. plantaginea* nas avaliações aos 15 e 30 dias após a semeadura que o tratamento 20 t.ha⁻¹ diferiu estatisticamente de todos os outros tratamentos, porém para quantidades de palha iguais a 0, 5, 10 e 15 t.ha⁻¹ não foi observado diferença significativa. Deste modo, o autor conclui que esta espécie é capaz de germinar e ultrapassar quantidades de palha como 5 e 10 t.ha⁻¹, mostrando sua capacidade adaptativa e que esta espécie

emerge mas não consegue ultrapassar quantidades equivalentes a 15 t.ha^{-1} , devido a pouca quantidade de reserva presentes nas sementes.

d. *Panicum maximum*

O controle de *P. maximum* pela menor dose de D+H+SMM, não apresentou diferença entre os períodos de restrição hídrica simulados, porém pela análise da Tabela 4.5, pode-se observar que este se deu de maneira mais eficaz nos três primeiros períodos estudados (0, 30 e 60 DRH), sendo considerado satisfatório e com longa atividade residual apenas para 0 DRH.

Já para a maior dose de D+H+SMM apesar de também não ter se constatado diferença entre os períodos de restrição hídrica, as médias encontradas foram sempre superiores as encontradas para a menor dose, como por exemplo, aos 90 DRH e 120 DARU, em que o controle da maior dose foi 20% superior ao observado na menor dose. Assim considera-se esta dose a mais recomendada, para esta espécie, em casos com maiores períodos de restrição hídrica, após aplicações dos herbicidas.

Bons níveis de controle de capim-colonião foram observados para IFT apenas para 0 DRH e mesmo assim com atividade residual até os 60 DARU, uma vez que aos 120 DARU, mesmo para esta condição, o controle observado foi de 60%. Para todos os demais períodos de restrição hídrica, especialmente 90 DRH, a eficácia deste herbicida para esta espécie de planta daninha foi baixa.

Marchiori Jr. et al. (2005) verificaram maior estabilidade e persistência do efeito residual do isoxaflutole em solo argiloso, quando comparado com solo franco-arenoso, aplicando-se a mesma dose, atribuindo esse fato às diferenças nos teores de carbono orgânico e argila entre os dois solos.

Novo et al. (2005) constataram que a perda da atividade residual de isoxaflutole, em solo argiloso, foi bastante lenta, utilizando batata como planta teste. Nas doses de 75 e 150 g ha^{-1} , o período residual foi de, respectivamente, 84 e 112 dias; na dose de 300 g ha^{-1} , o período residual foi superior a 140 dias.

Tabela 4.5 – Controle percentual de *P. maximum* nos diferentes períodos de restrição hídrica (DRH). Paulínia, SP. 2010

Tratamentos	Dose g.ha ⁻¹	30 DARU				60 DARU				90 DARU				120 DARU			
		0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
		DRH				DRH				DRH				DRH			
D+H+SMM ¹	1206 + 340 + 29	92 Aa	90 Aa	84 Aa	68 Aa	89 Aa	84 Aa	79 Aa	64 Aa	86 Aa	79 Aa	70 Aa	53 Aab	84 Aa	77 Aa	62 Aab	51 Aab
D+H+SMM ¹	1386,9 + 391 + 33,35	98 Aa	91 Aa	85 Aa	88 Aa	95 Aa	87 Aa	84 Aa	68 Aa	94 Aa	81 Aa	74 Aa	72 Aa	94 Aa	78 Aa	74 Aa	71 Aa
IFT ²	165	89 Aab	68 Aab	71 Aa	42 Bb	81 Aa	56 ABab	40 Bb	36 Ba	72 Aa	40 Bb	44 ABab	30 Bb	60 Aa	32 ABb	37 ABab	30 Bb
IMZ ³	133	62 Ab	57 Ab	45 Ab	39 Ab	45 Ab	38 Ab	38 Ab	34 Aa	33 Ab	32 Ab	29 Ab	32 Aab	26 Ab	28 Ab	29 Ab	32 Aab
C+H ⁴	1000 + 250	95 Aa	92 Aa	80 Aa	76 Aa	90 Aa	80 Aa	68 Aab	60 Aa	82 Aa	62 Aab	50 Aab	51 Aab	80 Aa	58 Aab	43 Aab	48 Aab
Testemunha sem palha	-	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ab	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac
Testemunha com palha	-	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ab	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac	0 Ac
C.V. (%)		16,43				25,72				30,75				31,20			
F _(herb. x Seca)		1,21 ^{ns}				0,72 ^{ns}				0,82 ^{ns}				0,94 ^{ns}			
D.M.S. tratamentos		1,96				2,83				3,15				3,09			
D.M.S. épocas		1,71				2,46				2,74				2,68			

Dados previamente transformados por $\sqrt{x+0,5}$. Em cada avaliação, médias seguidas de mesma letra, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; ^{ns}Não significativo. ¹diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, ²isoxaflutole, ³imazapic e ⁴clomazone + hexazinone

Em solo argiloso, tendo a aveia-preta como cobertura morta, Rodrigues et al. (2000) verificaram que 30% do total de isoxaflutole aplicado (68 g ha^{-1}) foi detectado no solo até 10 cm de profundidade, após 48 mm de precipitação, enquanto os outros 70% poderiam ter ficado retidos na palha ou ter lixiviado para as camadas mais profundas do solo.

Segundo dados de Marchiori Jr. et al. (2005) em solo de textura franco-argilo-arenosa e avaliações aos 60 dias após a semeadura, com valores obtidos através de equações de regressão, controle de 80% para *P. maximum* foi observado por 33 dias para dose de 180 g.ha^{-1} , e 32 dias para dose de 200 g.ha^{-1} , respectivamente. Os mesmos autores observaram em solo de textura argilosa, para todas as épocas estudadas, controle superior a 97% para o bioindicador, submetidos à dose de 230 e 270 g.ha^{-1} de isoxaflutole. Ainda no mesmo trabalho os autores verificaram que *P. maximum* se mostrou mais sensível a este herbicida que *B. decumbens*.

Para IMZ, independentemente do período de restrição hídrica (Tabela 4.5) e da data de avaliação observou-se baixa eficácia para *P. maximum*, com médias de controle sempre inferiores a 63%. Durigan, Timossi e Leite (2004) verificou que imazapic teve seu desempenho afetado pela presença de palha em ensaio de eficácia sobre tiririca. Essa possível retenção do imazapic também foi observada por Azania et al. (2004), quando aplicaram o herbicida sobre a camada de palha de cana-de-açúcar na cultura do amendoim. Em trabalho de Hernandez, Alves e Martins (2001), quando imazapic foi aplicado sobre quantidade de 12 t.ha^{-1} de palha não houve interferência no controle; observaram também que aumentando o índice pluviométrico de 30 para 90 mm o arraste do herbicida, visualmente, ocorreu em maiores profundidades.

Já Hernandez, Alves e Martins (2001) observaram bons níveis de controle de *Panicum maximum* por imazapic a $122,5 \text{ g i.a.ha}^{-1}$ em aplicação sobre 12 t.ha^{-1} de palha de cana-de-açúcar, diferindo do observado na presente pesquisa.

O herbicida C+H mostrou-se eficaz para controle de capim-colonião para a condição em que o herbicida é aplicado e em seguida ocorre a precipitação (0 DRH) (Tabela 4.5). Também foram observados bons níveis de controle, para todas os períodos de restrição hídrica, aos 30 DARU, no entanto a medida que se aumentou o período de avaliação, especialmente aos 90 e 120 DARU, verificou-se que a sua

eficácia, para as condições de 30, 60 e 90 DRH, foi insatisfatória para a espécie, com médias de controle inferiores a 63%, no entanto sem diferir estatisticamente.

Na Figura 4.6 são apresentados os dados de biomassa seca da parte aérea para *P. maximum*.

Figura 4.6 – Biomassa seca de *Panicum maximum* aos 120 DARU. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas para tratamentos e maiúsculas para períodos de restrição hídrica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; $F_{(herb.)} = 50,30^{***}$; $F_{(seca)} = 5,37^{***}$; $F_{(herb. \times seca)} = 1,90^{**}$; CV (%) = 29,97. Paulínia – SP, 2010

Na Figura 4.6 pode-se observar que os menores valores de biomassa seca da parte aérea de *P. maximum* são encontrados para todos os períodos de seca da maior dose de D+H+SMM, 0 e 30 DS para a menor dose de D+H+SMM e 0 DS para C+H, corroborando os dados apresentados de eficácia.

Verificou-se também por meio da análise desta figura clara queda residual da menor dose de D+H+SMM e C+H, bem como a baixa eficácia de IMZ e a menor eficácia de IFT à medida que se aumenta o período de restrição hídrica.

Observou-se também não haver diferenças entre as testemunhas com e sem palha, concluindo-se que a quantidade de palha utilizada não afetou o acúmulo final de biomassa de capim-colonião. Hernandez, Alves e Martins (2001) observaram redução

de 22% na germinação desta espécie em virtude da quantidade de palha utilizada (12 t.ha^{-1}). Por fim os autores concluem que a biomassa seca acumulada de *Panicum maximum* nas duas testemunhas, com e sem palha, foi semelhante, demonstrando que a cobertura com palha não afetou de modo diferenciado o crescimento da comunidade e as plantas daninhas que a compõem, mas apenas a densidade.

Lorenzi (1993), porém, mencionou que a quantidade de palha de cana-de-açúcar de 12 t.ha^{-1} proporcionou um controle de 100% da plantas daninha *P. maximum*. Porém estudos do efeito da cobertura morta de palha de cana-de-açúcar sobre a germinação de plantas daninhas por Borsari (2001) constataram que a espécie *Panicum maximum* não foi eficientemente controladas pela presença da palha de cana-de-açúcar.

Gravena et al. (2004) observaram que até os 60 DAA, a presença de 10 t ha^{-1} de palha, sem aplicação da mistura de herbicidas, reduziu o número de plantas de *P. maximum* em 67% , por outro lado, 15 t ha^{-1} de palha promoveram o controle total dessa planta daninha. Analisando os resultados de biomassa seca, os mesmos autores confirmaram que a quantidade de 10 t ha^{-1} de palha, sem herbicida, foi menos eficiente no controle que 15 t ha^{-1} de palha, uma vez que causou reduções no crescimento das populações de *P. maximum* em 86 e 100%, respectivamente. Entretanto, em áreas com desuniformidade na deposição da palha avaliam que é possível a ocorrência desta espécie, podendo exigir a adoção de práticas de controle.

4.4 Conclusões

A eficácia de todos os herbicidas estudados decresceu à medida que se aumentou o período de restrição hídrica a que foram submetidos. A menor dose de D+H+SMM sofreu grande influência dos períodos de restrição hídrica para *I. triloba*, para *P. maximum*, níveis suficientes de controle foram obtidos até 60 DRH e para as demais espécies estudadas, bons níveis de controle foram observados sem efeito significativo do período de restrição hídrica sobre a eficácia do herbicida. Para a maior dose de D+H+SMM níveis suficientes de controle de *I. triloba* foram obtidos até 60 DRH, sendo que apenas o maior período de restrição hídrica (90 DRH) diferiu dos demais; para as demais espécies também não houve influencia da restrição hídrica na eficácia do

herbicida. IFT foi pouco eficaz no controle de *I. triloba* e *E. heterophylla*, uma vez que não é recomendado para o controle dessas espécies; o controle de *B. decumbens*, para as avaliações mais distantes da primeira precipitação, foi afetado significativamente a partir de 60 DRH; para *P. maximum*, níveis regulares de controle foram observados a partir de 60 DARU com restrições hídricas maiores que 30 dias. Para IMZ apenas o controle de *B. decumbens*, na situação em que a aplicação do herbicida foi seguida de precipitação, o controle foi considerado eficaz; para todas as outras situações e plantas daninhas o controle foi considerado insatisfatório. O herbicida C+H apresentou baixa atividade residual e controle regular para *E. heterophylla*; para *I. triloba* restrições hídricas a partir de 30 dias influenciaram negativamente a sua eficácia, principalmente em relação à sua atividade residual; o controle de *B. decumbens* foi pouco afetado pelos períodos de restrição hídrica estudados, no entanto sua atividade residual decresceu a níveis considerados regulares nas últimas avaliações; para *P. maximum*, especialmente em relação à atividade residual nas últimas avaliações, a eficácia decresceu a partir de 30 DRH. Ainda, conclui-se a partir dos dados, que a quantidade de palha utilizada não foi suficiente para impedir a germinação e acúmulo de biomassa da parte aérea para todas as espécies avaliadas.

Referências

- ADORYAN, M. L.; BENDECK, O. B.; GELMINI, G. A. Avaliação do herbicida isoxaflutole na cultura de *Pinus caribae*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 577.
- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 592p.
- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N; OLIVEIRA, V.F. **Resultados de pesquisa da área de herbologia do IAPAR, da safra de 1982/83**. Londrina: IAPAR, 1983. 167p.
- ARÉVALO, R.A. **Plantas daninhas da cana-de-açúcar**. Araras: IAA; PLANALSUCAR-CONESUL, 1979. 46 p.
- ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v. 1, p. 35-38, 1974.

AZANIA, A.A.P.M.; AZANIA, C.A.M.; GRAVENA, R.; PAVANI, M.C.M.D.; PITELLI, R.A. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 207-212, 2002.

AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M.; CENTURION, M.A.P.C.; ALVES, P.L.C.A. Seletividade de imazapic para dois cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea*) cultivados na ausência e na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 145-150, 2004.

BARBERIS, L.R.M.; VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; CAVALIERI, S.D.; VIANA, R.S. Eficácia de sulfometuron metil associado com palha de cana-de-açúcar no controle de *Bidens pilosa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., Ribeirão Preto, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010a. p. 2027-2031.

_____. Eficácia de sulfometuron metil associado com palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., Ribeirão Preto, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010b. p. 2032-2036.

BLEVINS, R.L.; COOK, D.; PHILLIPS, S.H.; PHILLIPS, R.E. Influence of no-tillage on soil moisture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p. 593-596, 1971.

BORSARI, H.N. **Controle de plantas daninhas pela aplicação de palha de cana-de-açúcar e da mistura comercial de trifloxysulfuron sodium + ametrina aplicada em pré-emergência**. 2001. 71 p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2001.

BOUCHARD, D.C.; ENFIELD, C.G.; PIWONI, M.D. Transport processes involving organic chemicals. In: SAWHNEY, B. L. (Ed.). **Reactions and movement of organic chemicals in soils**. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p. 349-372.

BOZÁN, J. I. R.; REY, H. A. Métodos para el conteo de semillas de malas hierbas en el solo. **Revista Centro Agrícola**, Santa Clara, v. 4, n. 2, p. 79-89, 1977.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://agrofit.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 29 mar. 2010.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 31-64.

CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D.; CORREA, M.R.; NEGRISOLI, E.; ROSSI, C.V.; OLIVEIRA, C.P. Efeitos de períodos de permanência de clomazone + hexazinona no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 197-205, 2010.

CAVENAGHI, A. L.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G.R.; VELINI, E.D.; COSTA, E.A.D.; COSTA, A.G.F. Dinâmica de herbicidas em palhada de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2002. p. 170-174.

CAVENAGHI, A.L.; ROSSI, C.V.S.; NEGRISOLI, E.; COSTA, E.A.D.; VELINI, E.D.; TOLEDO, R.E.B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LOPEZ OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M. Manejo de plantas daninhas. **Atualidades Agrícolas**, São Paulo, p. 10-14, abr. 2004.

COLETI, J.T.; CAVALCANTI JR., N.; NEME, L.H.; DE PAULA, J.; ALBINO, F.E. *Brachiaria* pode provocar sérios danos nos canaviais. **Informativo Coopercitrus**, São Paulo, n. 132, p. 34-35, 1997.

CONSTANTIN, J. **Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência da *Brachiaria decumbens* Stapf. com a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1993. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1993.

CORRÊA, M.R.; ROSSI, C.V.S.; NEGRISOLI, E.; SILVA, F.M.L.; VELINI, E.D.; PANINI, E.L.; OLIVEIRA, C.P. Eficiência do herbicida Diuron + Hexazinone no controle de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar em aplicações em pré e pós-emergência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., Brasília, 2006. **Resumos...** Brasília: SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 2006. p. 364.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004.

COSTA, E.A.D.; ROZANSKI, A. Eficácia da aplicação de isoxaflutole associado com ametryn ou diuron no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Boletim Informativo SBCPD**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 14-21, 2003.

COSTA, E.A.D. **Efeito de adjuvantes na dinâmica de ametryn em palha de cana-de-açúcar**. 2001. 81 p. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.

DURIGAN, J.C.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, G.J. Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 127-135, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

GHELLER, A.C.A. Características desejáveis e manejo comercial de variedades de cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 65-82.

GRAVENA, R.; RODRIGUES, J.P.R.G.; SPINDOLA, W.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A. Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium + ametrina. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 419-427, 2004.

HANSEN, J.W. Is agricultural sustainability a useful concept? **Agricultural Systems**, Essex, v. 50, p. 117-143, 1996.

HERNANDEZ, D.D.; ALVES, P.L.C.A.; MARTINS, J.V.F. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência dos herbicidas imazapic e imazapic + pendimethalin. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 419-426, 2001.

HUMBERT, R.P. **El cultivo de la caña de azúcar**. México: Continental, 1974. 719 p.

INOUE, M.H.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; ALONSO, D. Potencial de lixiviação de imazapic e isoxaflutole em colunas de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, p. 547-555, 2007.

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 Science**, Champaign, v. 38, p. 589-597, 1990.

KOLLMAN, W.; SEGAWA, R. **Interim report of the pesticide chemistry database**. Sacramento: Department of Pesticide Regulation, 1995. 200 p.

KREMER, R.J.; SPENCER, N.R. Impact of a seed-feeding insect and microorganisms on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seed viability. **Weed Science**, Champaign, v. 37, p. 211-216, 1989.

KRUSE, N.D.; VIDAL, R.A.; BAUMAN, T.T.; TREZZI, M.M. Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 569-575, 2001.

KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim- Braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 323-330, 2001.

_____. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – Capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) e Capim-Colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LAMOREAUX, R.J.; JAIN, R.; HESS, F.D. Efficacy of dimethenamid, metolachlor and encapsulated alachlor in soil covered with crop residue. **Brighton Crop Protection Conference Weeds**, Farnham, v. 3, p. 1015-1220, 1993.

LANGENBACH, T.; CORREIA, F. V. Dinâmica da distribuição e degradação de atrazina em Argissolo Vermelho-Amarelo sob condições de clima tropical úmido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2006.

LOCKE, M.A.; BRYSON, C.T. Herbicide-soil interaction in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science**, Champaign, v. 45, p. 307-320, 1997.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA COOPERSUCAR: PRAGAS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1983, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: COOPERSUCAR, 1983. p. 59-73.

_____. Efeito da palha da cana no controle das plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBHED, 1993. p. 28-29.

LYM, R.; SWENSON, O.R. Sulfometuron methyl persistence and movement in soil and water in North Dakota. **Journal of Pesticide Environmental Quality**, Madison, v. 20, p. 209-215, 1991.

MACIEL, C.D.G.; VELINI, E.D.; CONSTANTIN, J.; JARDIM, C.E.; BERNARDO, R.S.; FONSECA, P.P.M.; BARELA, J.D.; OLIVEIRA, J.S. Eficiência e seletividade dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryne e hexazinone + diuron em função da tecnologia de aplicação e do manejo mecânico da palha de cana-de-açúcar na linha de plantio. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 665-676, 2008.

MANECHINI, C. Manejo da cana crua. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1997. p. 309-27.

MARCHIORI JR., O.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; INOUE, M.H.; PIVETTA, J.P.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de isoxaflutole após diferentes períodos de seca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 491-499, 2005.

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

MEDEIROS, D. **Efeitos da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sobre o manejo de plantas daninhas e dinâmica do banco de sementes**. 2001. 112 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MEDEIROS, D.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Efeito da palha de cana-de-açúcar em áreas de colheita mecanizada sem queima sobre a infestação de plantas daninhas e eficácia de herbicidas. In: PRADO, R.; JORRÍN, J.V. **Uso de herbicidas em la agricultura del siglo XXI**. Córdoba: Universidad de Córdoba, 2001, p. 599-605.

MEDEIROS, D.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; BARELA, J.F.; DEGASPARI, N. Eficácia do herbicida imazapic no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) em presença de palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

MEED, R.W.; NIKANDROW, A.; JONES, K. Possible use of soil-born pathogen for weed control. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BIOLOGIC CONTROL OF WEEDS, 6., 1984, Vancouver. **Proceedings...** Vancouver: [s.n], 1984. p. 19-25.

MILLER, P.; WESTRA, P. **Herbicide selectivity and performance**. Fort Collins: Colorado State University, Cooperative Extension Service 1998. (Crop Series. Production, 563).

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R. do; BINHA, D.P.; SILVA, A.C. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Ipomoea grandifolia*. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.367-372, 2009.

MONQUERO, P.A.; BINHA, D.P.; SILVA, A.C.; SILVA, P.C.; AMARAL, L.R. Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 185-193, 2008a.

MONQUERO, P.A.; SILVA, A.C.; BINHA, D.P.; AMARAL, L.R.; SILVA, P.V.; INACIO, E.M. Mobilidade e persistência de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 411-417, 2008b.

MONTÓRIO, G.A.; MONTÓRIO, T.; SANOMYA, R.; JANEGITZ, I.P.; FERNANDES, G.J. Avaliação da eficiência agrônômica de herbicidas aplicados em área de alta infestação de capim colchão (*Digitaria horizontalis* Willd) na cultura de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 508.

NEGRISOLI, E.; ROSSI, C.V.S.; VELINI, E.D.; CAVENAGHI, A.L.; COSTA, E.A.D.; TOLEDO, R.E.B. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2007.

NOVO, M.C.S.S.; ADORYAN, M.L.; FAVORETTO, P.; TESSARIOLI NETO, J.; MELO, P.C.T. Persistência de isoxaflutole em solo argiloso cultivado com batata. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 4, p. 39-50, 2005.

OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 36-46, 2008.

OLIVEIRA JR., R.S.; MARCHIORI JR., O.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. Influence of drought periods on the residual activity of isoxaflutole in soil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 733-740, 2006.

PITELLI, R.A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

RICE, E. L. **Allelopathy**. New York: Academic Press, 1984. 422 p.

RIPOLI, T.C.; VILLANOVA, N.A. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar: novos desafios. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 11, n. 1, p. 28-30, 1992.

RODRIGUES, B.N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 21-28, 1993.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.L.S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 592 p.

RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.U.; ULBRICH, A.V.; FORNAROLLI, D.A. Influência da cobertura morta na retenção do imazaquin em plantio direto de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, p. 231-239, 2000.

ROSSI, C.V.S.; LUCHINI, L.C.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E. COSTA, A.G.F.; CORRÊA, T.M.; PIVETTA, J.P. Associação do metribuzin à palha de cana-de-açúcar na eficácia de controle de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

SALVADOR, F.L. **Germinação e emergência de plantas daninhas em função da luz e da palha de cana de açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2007. 84p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SEIFERT, G.; VOLL, E. Cobertura de aveia e calagem sobre amendoim-bravo em semeadura direta de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, p. 309-322, 2000.

SILVA, A.A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S. Herbicidas: Comportamento no solo. In: SILVA, A.A.; SILVA, F.J. (Ed). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 189-248.

SORENSEN, B.A.; SHEA, P.J.; ROETH, F.W. Effects of tillage, application time and rate on metribuzin dissipation. **Weed Research**, Oxford, v. 31, p. 333-345, 1991.

TAYLOR-LOVELL, S.; SIMS, G.K.; WAX, L.M. Effects of moisture, temperature, and biological activity on the degradation of isoxaflutole in soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Oxford, v. 50, p. 5626-5633, 2002.

TAYLORSON, R.B.; BORTHWICK, H.A. Light filtration by foliar canopies: significance for light-controlled weed seed germination. **Weed Science**, Champaign, v. 17, p. 48-51, 1969.

TIMM, L.C. **Efeito do manejo da palha da cana-de-açúcar nas propriedades físico-hídricas de um solo**. 2002. 127 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

VELINI, E.D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia**. 1995. 250 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 1995.

VELINI, E.D.; MARTINS, D. **Efeito da palha da cana-de-açúcar sobre a germinação das principais espécies de plantas daninhas desta cultura**. Botucatu: UNESP, FCA, 1998. 26 p. (Relatório Técnico).

VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 148-164.

VICTORIA FILHO, R. Controle de plantas daninhas na cultura cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 174-183.

VOLL, C.E. **Aplicação de vinhaça e do extrato de palhiço de cana-de-açúcar no controle de plantas daninhas**. 2005. 45 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, foi possível concluir que:

- i. Os herbicidas tiveram sua eficácia alterada, nas plantas daninhas estudadas, em função da restrição hídrica a que foram submetidos;
- ii. A menor dose de diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl demonstrou alta eficácia para *I. triloba* e *E. heterophylla*, para ambos os experimentos conduzidos no campo, independentemente do período de restrição hídrica. Quando estudado o seu comportamento sobre a palha, sofreu influência da restrição hídrica para *I. triloba* e *P. maximum*, e para as demais espécies não houve efeito significativo do período de restrição hídrica sobre a eficácia do herbicida;
- iii. A maior dose de diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl, para ambos os experimentos conduzidos no campo, apresentaram maiores porcentagens de controle quando comparada à menor, principalmente para *B. decumbens*, demonstrando a importância da correlação deste herbicida com os teores de matéria orgânica e textura do solo. Para o estudo da dinâmica de aplicação sobre a palha, níveis suficientes de controle de *I. triloba* foram obtidos até 60 dias de restrição hídrica, sendo que para as demais espécies não houve influência da restrição hídrica na eficácia do herbicida;
- iv. Nas condições de campo, isoxaflutole foi eficaz apenas no controle de *B. decumbens*, uma vez que não é recomendado para o controle das demais espécies estudadas. Em casa-de-vegetação, quando aplicado sobre palha, o mesmo comportamento foi observado, sendo que para as espécies gramíneas estudadas (*B. decumbens* e *P. maximum*), principalmente para as avaliações mais distantes da primeira precipitação, a sua eficácia foi influenciada pelos períodos de restrição hídrica;

- v. Imazapic mostrou-se eficaz, nas condições de campo, apenas para *I. triloba*, sendo que *B. decumbens* e *E. heterophylla* apresentaram baixa sensibilidade, principalmente em relação à sua atividade residual. Quando aplicado sobre camada de palha, apenas o controle de *B. decumbens*, na situação em que a aplicação do herbicida foi seguida de precipitação, o controle foi considerado eficaz; para todas as outras situações e plantas daninhas o controle foi considerado insatisfatório;
- vi. O controle de *I. triloba* e *B. decumbens*, por clomazone + hexazinone, foi considerado eficaz nas condições de campo, sendo que para *E. heterophylla*, houve queda de eficácia com o aumento do período de restrição hídrica e atividade residual. Quando aplicado sobre palha, para todas as espécies avaliadas, os períodos de restrição hídrica influenciaram a sua eficácia, principalmente em relação à sua atividade residual;
- vii. Não foram observados sintomas visuais de fitointoxicação, sendo que a altura de colmos e número de perfilhos somente foram afetadas em situações de falha de controle das plantas daninhas estudadas;
- viii. A quantidade de palha utilizada não foi suficiente para impedir a germinação e acúmulo de biomassa da parte aérea para todas as espécies avaliadas;