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

**Atributos do solo, presença de palha e estágio de desenvolvimento
da cana-de-açúcar na aplicação, afetando a eficácia e seletividade
dos herbicidas imazapic e imazapyr**

Flávio Eduardo Botelhos Obara

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

**Piracicaba
2014**

Flávio Eduardo Botelhos Obara
Engenheiro Agrônomo

Atributos do solo, presença de palha e estágio de desenvolvimento da cana-de-açúcar na aplicação, afetando a eficácia e seletividade dos herbicidas imazapic e imazapyr

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI**

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

Piracicaba
2014

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

Obara, Flávio Eduardo Botelhos

Atributos do solo, presença de palha e estágio de desenvolvimento da cana-de-açúcar na aplicação, afetando a eficácia e seletividade dos herbicidas imazapic e imazapyr / Flávio Eduardo Botelhos Obara.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.

107 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.
Bibliografia.

1. Controle 2. Fitotoxicidade 3. Residual 4. Palha 5. Lixiviação I. Título

CDD 633.61
O12a

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

AGRADECIMENTOS

-Primeiramente a Deus por ter me dado capacidade para percorrer por todo caminho até aqui;

-À toda minha família, especialmente à meus pais Yoshinobu Obara e Hortência Obara por todo apoio moral e financeiro, aos meus irmãos, sobrinhos e aos meus sogros;

-Em especial à minha namorada Thalita Riquelme Augusto, pelo companheirismo em todos os momentos desde que a conheci;

-À Gloriosa Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Universidade de São Paulo, por todo conhecimento que puderam me proporcionar;

-À CAPES pelo auxílio financeiro;

-Ao Professor Dr. Pedro Jacob Christoffoleti pela orientação ao longo do curso;

-Aos Engenheiros Agrônomos MSc. Marcel Sereguin Cabral de Melo, Dr. Marcelo Nicolai, Caio Augusto de Castro Grossi Brunharo, Msc. Ana Beatriz Campos Almeida Prado, Marcelo Rodrigues Alves Figueiredo, Lucas Elache Rosa, Ednaldo Alexandre Borgato e ao graduando Everton Barbosa que tiveram importante papel ao longo do curso pelo companheirismo em todos os momentos de trabalho e de descontração;

-Ao Departamento de Produção Vegetal, como a todos os funcionários e técnicos de campo pelo auxílio na condução dos experimentos, em especial ao Técnico Agrícola Osmair Neves;

-E à todos que contribuíram indiretamente.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	11
Referências	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar	15
2.2 O uso de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar	17
2.3 Mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da ALS	19
2.4 Imazapic e suas propriedades.....	22
2.5 Imazapyr e suas propriedades	23
Referências	24
3 TEXTURA DO SOLO E PRESENÇA DE PALHA AFETANDO A EFICÁCIA E SELETIVIDADE DA ASSOCIAÇÃO DE IMAZAPIC E IMAZAPYR NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR	29
Resumo.....	29
Abstract	29
3.1 Introdução	30
3.2 Material e métodos.....	33
3.3 Resultados e discussão.....	37
3.4 Conclusões.....	45
Referências	46
4 SELETIVIDADE DA ASSOCIAÇÃO DOS HERBICIDAS IMAZAPIC E IMAZAPYR APLICADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR	51
Resumo	51
Abstract	51
4.1 Introdução	52
4.2 Material e métodos.....	53
4.3 Resultados e discussão.....	56
4.4 Conclusões.....	70
Referências	70

5 COMPORTAMENTO DA ASSOCIAÇÃO DOS HERBICIDAS IMAZAPIC E IMAZAPYR APLICADOS EM ÁREAS COM E SEM PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	75
Resumo	75
Abstract.....	75
5.1 Introdução.....	76
5.2 Material e métodos	78
5.2.1 Efeito da intensidade de chuva simulada sobre a atividade da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr em solos com palhada	78
5.2.2 Efeito do período de "seca" após aplicação sobre a atividade da associação de imazapic e imazapyr em solos com palhada	80
5.2.3 Avaliação do efeito residual da associação de imazapic e imazapyr em diferentes camadas do solo	80
5.2.4 Avaliação da eficácia de associações entre imazapic e imazapyr e outros herbicidas no controle de espécies daninhas em diferentes texturas de solo	81
5.3 Resultados e discussão	83
5.3.1 Efeito da intensidade de chuva simulada sobre a atividade da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr em solos com palhada	83
5.3.2 Efeito do período de "seca" após aplicação sobre a atividade da associação de imazapic e imazapyr em solos com palhada	87
5.3.3 Avaliação do efeito residual da associação de imazapic e imazapyr em diferentes camadas do solo	90
5.3.4 Avaliação da eficácia de associações entre imazapic e imazapyr e outros herbicidas no controle de espécies daninhas em diferentes texturas de solo	93
5.4 Conclusões	101
Referências.....	102
6 CONCLUSÕES GERAIS	107

RESUMO

Atributos do solo, presença de palha e estágio de desenvolvimento da cana-de-açúcar na aplicação, afetando a eficácia e seletividade dos herbicidas imazapic e imazapyr

As soqueiras de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) são colhidas anualmente, momento em que são expostas a uma grande interferência negativa interespecífica das plantas daninhas, sendo essencial o manejo destas plantas para obtenção de uma produtividade economicamente rentável da cultura. Comumente este controle é feito com a aplicação de herbicidas residuais em condições de pré ou pós-plantio através da recomendação de acordo com a infestação local. Apesar da existência de várias opções de controle químico de plantas daninhas em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar, novas opções de formulações de herbicidas são necessárias. Sendo assim, esta pesquisa teve o objetivo de estudar uma nova associação de moléculas, imazapic e imazapyr, para o controle das plantas daninhas em cana-de-açúcar, através da avaliação da influência de parâmetros de solo e culturais, na eficácia de controle de plantas daninhas e seletividade para a cultura. Para este propósito foram conduzidos experimentos em condições de campo e casa de vegetação. Em condições de campo, em agosto de 2012 foram instalados experimentos em áreas de solos arenoso e argiloso com e sem palhada, para avaliação da eficácia da associação de imazapic e imazapyr no controle de plantas daninhas e da seletividade à cultura, no qual as menores doses testadas de (imazapic + imazapyr), em todas as situações continuaram eficientes no controle da comunidade infestante até 120 dias após a aplicação, equiparando estatisticamente aos tratamentos com maiores doses, aos tratamentos associados ao tebuthiuron e aos padrões, com a ausência de sintomas fitotóxicos nas variedades. Para avaliação da fitotoxicidade foram instalados três experimentos durante o mês de novembro de 2012 sobre soqueira de 2º corte, nos quais foram feitas aplicações do (imazapic + imazapyr) isolado e associados a outros herbicidas nos estádios de pré-emergência total, pós-inicial e pós-tardia da cultura, sendo possível observar a seletividade quando aplicada a dose (80,25 + 26,25 g imazapic + imazapyr ha⁻¹) na modalidade de pré-emergência, como também quando associada ao tebuthiuron, metribuzin e clomazone. Foram realizados estudos em casa de vegetação para avaliação de características do herbicida quanto à capacidade de lixiviação pela palha em relação à precipitação, quanto ao período residual durante época seca, quanto à lixiviação do herbicida da superfície às diferentes camadas de solo, e quanto ao controle de espécies daninhas em diferentes texturas de solo. Volumes de 10 e 20 mm de água foram suficientes para promover a transposição do herbicida sobre a camada de palha em solo argiloso e médio-arenoso, respectivamente, apresentando atividade do (imazapic + imazapyr) no controle do bioindicador mesmo após 120 dias sem irrigação após a aplicação do herbicida, quando aplicado sobre a palha ou sobre o solo. A presença do herbicida foi observada até a camada 10-20 cm de profundidade, pelos índices de controle do bioindicador resultantes da lixiviação, e do efeito residual em solo arenoso e argiloso aos 75 e 90 dias após a aplicação, sendo de um modo geral as associações (imazapic + imazapyr) + clomazone e (imazapic + imazapyr) + tebuthiuron foram as mais eficientes no controle das espécies daninhas estudadas.

Palavras-chave: Controle; Fitotoxicidade; Residual; Palha; Lixiviação

ABSTRACT

Soil properties, crop residue and sugarcane growth stage on imazapic and imazapyr efficacy and selectivity

The weed management is essential in sugarcane crop. After the harvest, sugarcane ratoons are exposed to interspecific weed competition, and its control usually is done with residual herbicides in pre or post-planting according to the local infestation. Although there are several options for weed chemical control in sugar cane, new options of formulations are needed. Thus, this research aimed to study the imazapic and imazapyr association through the evaluation of soil parameters influence, the efficacy of weed control and selectivity for the sugar cane. For this purpose field and greenhouse experiments were conducted. In August 2012, field experiments were conducted in sandy and clay soils areas, with and without crop residues to evaluate the effectiveness of imazapic + imazapyr on weed control and selectivity to sugarcane, in which the lower doses tested of imazapic + imazapyr were enough to control the weeds until 120 day after application equating to higher doses in association to tebuthiuron and standard treatments, without phytotoxic symptoms in the studied varieties. To evaluate the phytotoxicity, three experiments were installed in november 2012 on second ratoon, Imazapic + imazapyr was selective when applied at $80.25 + 26.25 \text{ g ha}^{-1}$ in pre-emergence, as well as associated with tebuthiuron, metribuzin and clomazone. In early post-emergence, selectivity was noted when applied at $80.25 + 26.25 \text{ g imazapic + imazapyr ha}^{-1}$, as by the association of this rate with the herbicides clomazone and isoxaflutole. However, the application in late post-emergence proved to be non-selective for any use of the association of the herbicides imazapic + imazapyr. Other studies were conducted in a greenhouse to evaluate the the herbicide association ability to leach the straw in relation to rainfall volume, the residual period during the dry season, the herbicide leaching from the surface into different layers of soil as the weed species control in different soil textures. Simulated rainfall volumes from 10 to 20 mm were sufficient to promote herbicide transposition through the straw to clay and medium-sandy soil, respectively. Imazapic + imazapyr effects on bio-indicator showed that even after 120 days of drought conditions after application, when applied on straw or to the soil. Imazapic + imazapyr were able to leach in the sandy and clay soils up to 10-20 cm deep layer, and residual effect at 75 and 90 days after application in sandy and clay soil. Generally, better weed control levels were obtained by the association of imazapic, imazapyr and clomazone, and imazapic, imazapyr and tebuthiuron.

Keywords: Control; Phytotoxicity; Residual; Crop residue; Leaching

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), planta da família Poaceae, é originária da Ásia Meridional e cultivada em países tropicais e subtropicais, sendo utilizada como matéria prima para obtenção principalmente de açúcar e álcool em função da alta concentração de sacarose em seus colmos (DINARDO-MIRANDA; VASCONCELOS; LANDELL, 2010).

O Brasil é maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com área de cultivo estimada, durante a safra 2012/2013, de 9,7 milhões de ha (IBGE, 2013), sendo que 5,5 milhões de ha estão no Estado de São Paulo (INPE, 2013). Em função da crescente demanda de mercado pelos subprodutos da cana-de-açúcar, sua produção deve ser otimizada através da minimização dos problemas recorrentes no ciclo produtivo.

A presença de plantas daninhas durante as fases críticas de seu desenvolvimento vegetativo e na colheita é um dos fatores limitantes à produção, pois pode provocar perdas na produtividade de até 85%, através da competição com a cultura por água, luz, espaço e nutrientes, por serem hospedeiras de patógenos e pragas ou por interferirem nas práticas culturais e na colheita (VICTÓRIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004).

O manejo de plantas daninhas nas áreas canavieiras está embasado na associação de métodos de controle cultural, mecânico, físico e químico, sendo este último o mais utilizado no sistema agrícola, através de herbicidas que podem ser empregados em condições de pré-emergência, pós-emergência inicial ou pós-emergência tardia das plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2013).

Entre os anos de 2004 e 2009, a área tratada com herbicidas cresceu 53,12%, sendo que em 2009, 93,51% da área total cultivada com cana-de-açúcar recebeu a aplicação, sendo o custo médio de US\$ 54,42 por hectare investido na utilização de herbicidas durante a safra 2009/10 (FRANCONERE, 2010). Os herbicidas estão entre as classes de defensivos agrícolas mais utilizada na cultura da cana-de-açúcar segundo Armas et al. (2005), e sua eficácia está relacionada à diversos fatores como estágio de desenvolvimento da cultura e das daninhas, as espécies de plantas daninhas a serem controladas, as condições climáticas e edáficas do local e à tecnologia de aplicação (CHRISTOFFOLETI et al., 2013).

Após a colheita, as soqueiras da cana-de-açúcar ficam expostas à interferência negativa das infestações das plantas daninhas. Dentre as opções de controle destas infestações, destaca-se a aplicação de herbicidas em condição de pré-emergência das plantas daninhas posteriormente a colheita, em situação na qual o herbicida deve permanecer ativo no solo até que as condições de umidade sejam favoráveis para sua ativação, ou na qual se adia a aplicação até um momento de maior disponibilidade hídrica no meio edáfico. No entanto, para esta última forma de aplicação, é possível que o processo de brotação da cana-de-açúcar já tenha sido iniciado, exigindo herbicidas com seletividade em condições de pós-emergência da cultura. A seletividade nesta condição pode ser obtida através da tolerância da cana ao herbicida absorvido via foliar ou através da aplicação com equipamentos que direcionam o herbicida para a entrelinha da cultura, técnica esta chamada de jato dirigido.

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar, deixa sobre o solo uma camada de resíduos conhecida como palhada, sendo assim, se os herbicidas forem aplicados sobre essa palhada há necessidade de serem transportados quer pela água da chuva ou de irrigação, e assim atingir a superfície do solo a fim de controlar as plantas daninhas em processo de germinação. Por outro lado, quando a colheita é manual, o canavial é normalmente submetido ao processo de queima, deixando o solo sem a presença de resíduos da colheita, assim o herbicida é aplicado diretamente ao solo sem a necessidade de transpor a camada de palha.

Portanto, a escolha do herbicida a ser utilizado deve ser embasada em todos estes fatores, além de ser necessário o conhecimento de suas características físico-químicas para que seja possível sua aplicação no sistema agrícola de modo inteligente e rentável. A atual disponibilidade de produtos para o canavicultor é ampla, com possibilidade de aplicação nas mais diversas situações de manejo, no entanto, para as soqueiras colhidas durante o período de baixa precipitação pluvial, chamada na prática de época seca, é escassa. Esta prática é muito comum na canavicultura brasileira e isto deve-se aos aspectos de logística de aplicação e pela escassez de produtos seletivos aplicados em condições de pós-emergência da cana-de-açúcar. Quando o controle é feito em condições de pós-emergência das plantas daninhas, possíveis problemas de interferência negativa da comunidade infestante sobre a cultura da cana podem ocorrer, desta forma, há necessidade

estudos de novas opções de herbicidas de época seca na cultura sob condições de pré-emergência.

Herbicidas inibidores da ALS, da classe química das imidazolinonas, como o imazapic e imazapyr são seletivos para a cana-de-açúcar e suas características fisio-químicas de alta solubilidade em água, baixa adsorção, volatilidade e fotodecomposição, além de efeito residual prolongado, permitem aplicações no período seco do ano com capacidade para suportar longos períodos sobre a palha de cana, antes que uma chuva ou irrigação ocorra. Isoladamente são recomendados para a cultura da cana-de-açúcar, porém uma formulação contendo ambos os herbicidas pode ser vantajosa para o manejo de plantas daninhas, ampliando o espectro de controle e suportando as condições de umidade no solo desfavoráveis para a atuação da maioria dos produtos em cana. No entanto, não existem informações na literatura sobre o comportamento da associação dos ingredientes ativos imazapic e imazapyr com relação a sua eficácia de controle de plantas daninhas e seletividade para a cultura da cana-de-açúcar, quando aplicado sobre a palhada resultante da colheita ou diretamente no solo em condições de seca.

Sendo assim, a presente pesquisa foi proposta com o objetivo de estudar uma possível formulação contendo dois ingredientes ativos, imazapic e imazapyr, cujo mecanismo de ação é a inibição da ALS na cultura da cana-de-açúcar, aplicada isoladamente, com variação de doses ou associada à outras moléculas para avaliação da eficácia no controle de plantas daninhas e seletividade para a cultura, assim como a dinâmica da formulação quando aplicada sobre a palhada.

Referências

ARMAS, E.D.; ANTUNES, P.M.; SANTOS, M.A.P.F.; CAMARGO, P.B.; ABAKERLI, R.B. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 975, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LOPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas. Disponível em: <[http://www.ppi-far.org/ppiweb/pbrazil.nsf/2c7b019d46c9bda485256a6d006d777d/e5595a4efa1a6821032570d8004576de/\\$FILE/Anais%20Jacob%20Christofoletti.pdf](http://www.ppi-far.org/ppiweb/pbrazil.nsf/2c7b019d46c9bda485256a6d006d777d/e5595a4efa1a6821032570d8004576de/$FILE/Anais%20Jacob%20Christofoletti.pdf)>. Acesso em: 06 mar.2013.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. 882p.

FRANCONERE, R. **Mercado de herbicidas na cana-de-açúcar**. 2010. 54p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 mar.2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>>. Acesso em: 06 mar.2013.

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

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar possui elevada eficiência fotossintética devido ao seu metabolismo C₄, pela presença abundante de cloroplastos nas células do mesofilo, nas adjacências dos estômatos e na bainha que envolve os feixes vasculares, o que proporciona uma maior taxa de crescimento, maior eficiência no uso da água e maior aproveitamento do CO₂ (DINARDO-MIRANDA; VASCONVELOS; LANDELL, 2010).

Mesmo sendo uma planta eficiente no uso dos recursos disponíveis, esta cultura sofre interferência negativa pela presença de plantas daninhas em seu estágio inicial de desenvolvimento. Segundo Kuva et al. (2003), as plantas infestantes são um dos principais fatores com capacidade de limitar o desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar.

A presença de plantas daninhas pode provocar perdas na produtividade de até 85%, pois competem com as culturas por água, luz, espaço, nutrientes, podem hospedar patógenos e pragas ou interferir nas práticas culturais e na colheita (VICTÓRIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004). A competição por nutrientes minerais essenciais, luz, água e espaço é o meio de interferência mais evidente promovido por estas plantas (PITELLI, 1985).

A luminosidade tem importância durante todo o ciclo, porém na fase inicial do desenvolvimento da cultura está intensamente correlacionada com o perfilhamento da planta, uma vez que quando esta é interceptada por alguma barreira como a presença de plantas infestantes, o processo do perfilhamento é menos eficiente (DILLEWIJN, 1952). Os fatores água e espaço também são limitantes em vista da presença de daninhas na área, por sua escassez poder promover a redução no desenvolvimento de raízes e do porte da planta.

Porém algumas outras características como a produção de compostos alelopáticos estão presentes no meio produtivo, diferindo da competição, pela inserção de substâncias químicas no meio e não remoção dos fatores necessários ao crescimento (OLIVEIRA Jr.; CONSTANTIN; INOUE, 2011), como exemplo a tiririca (*Cyperus* spp.), que por exsudação de compostos químicos, pode inibir a brotação e perfilhamento em algumas variedades mais sensíveis, como foi relatado por Rolim, Gonçalves e Corbo (2002) ao compararem o desenvolvimento das

variedades RB855536, RB72454 e RB835486, em presença de 500 g de tubérculos.m⁻², observaram efeito alelopático em maior intensidade na variedade RB835486. Interferências na colheita também ocorrem no caso da cana-de-açúcar, quando esta convive com as diversas espécies de corda-de-viola (*Ipomoea* spp., *Merremia* spp.) que entrelaçam nos colmos diminuindo o rendimento operacional da colheita mecanizada e do produto colhido (CORREIA; KRONKA Jr., 2010).

Sob o ponto de vista prático, o período em que as plantas daninhas e a cultura estão competindo pelos recursos do meio é um dos fatores que mais afetam o desenvolvimento adequado da planta. Deste modo é necessária a identificação do período entre o plantio até o momento em que a presença de plantas infestantes não interfira qualitativamente e quantitativamente na produção, utilizando este conhecimento para a aplicação das medidas de controle (PITELLI, 1985).

Pitelli e Durigan (1984) denominaram os períodos críticos de interferência das plantas daninhas nas culturas como: período anterior à interferência (PAI), período crítico de prevenção à interferência (PCPI) e período total de prevenção à interferência (PTPI).

A presença de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria sanguinalis* não foi prejudicial no PAI de até 30 dias após o plantio (DAP), exercendo influência negativa sobre cultura no PCPI de 30 a 120 DAP, em um experimento realizado com cana de ano por Rolim e Christoffoleti (1982). Kuva et al. (2001), estudando o período de interferência da *Brachiaria decumbens*, concluíram que até o 89º dia após o plantio a cultura conviveu com a comunidade infestante sem sofrer queda significativa na produtividade, estabelecendo um PCPI entre 89 e 138 dias após o plantio. Em outro estudo, Kuva et al. (2003) determinaram um PCPI compreendido entre 74 e 127 dias após o plantio, na presença das espécies *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum*.

Meirelles, Alves e Nepomuceno (2009) encontraram valores de PCPI entre 9 e 200 dias após a brotação da cana soca para um nível de tolerância nas perdas de produtividade de 2% e 18 a 137 dias para um nível de tolerância de 5%, quando estudada a cultura na presença das espécies *Panicum maximum*, *Acanthospermum hispidum* e *Alternanthera tenella*.

De acordo com Azania, Rolim e Azania (2010), em termos gerais, para “cana de ano e meio” o PCPI se estende do segundo ao quarto mês após plantio, já para a

“cana de ano” ou soqueira este período ocorre do segundo ao terceiro mês (após plantio ou colheita). Como as variedades de cana-de-açúcar diferem entre si quanto à velocidade de crescimento, os mesmos autores citam que o período de controle das plantas infestantes na prática se estende até os 120 dias após o plantio ou rebrote, pela dificuldade da manutenção da cultura na ausência de matocompetição apenas no período crítico.

O manejo de plantas daninhas na cana-de-açúcar se dá pela combinação do controle preventivo, cultural, físico, mecânico e químico, que muitas vezes são utilizados conjuntamente visando a redução nos custos e o aumento da eficácia do controle. O método de controle químico é o mais frequentemente utilizado devido à sua praticidade, eficácia e economia para a aplicação no campo (AZANIA; ROLIM; AZANIA, 2010).

2.2 O uso de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar

Herbicida é uma substância química usada para matar ou suprimir o crescimento de plantas (ANDERSON, 2007).

O controle químico é o método mais utilizado na cultura da cana-de-açúcar, tanto na condição de pré como de pós-emergência, devido ao grande número de produtos herbicidas registrados no Brasil (HERNANDEZ; ALVES; MARTINS, 2001), mais precisamente 40 moléculas de acordo com Rodrigues e Almeida (2011), sendo uma prática muito difundida em todo o país (FREITAS et al., 2004).

Os herbicidas podem ser aplicados em pré-plantio incorporado, pré-emergência e pós-emergência, contudo no caso da cana-de-açúcar, a eficiência destes está relacionada com as condições climáticas quanto à disponibilidade hídrica no solo (CHRISTOFFOLETI et al., 2013). Azania, Rolim e Azania (2010) citam que em condições hídricas adequadas no solo e temperatura do ar entre 25°C e 35°C, o metabolismo das plantas é otimizado pelo incremento fotossintético e absorção de nutrientes, promovendo maior absorção de herbicida pelas plantas daninhas, e na cana-de-açúcar a maior inativação das moléculas devido à degradação do herbicida absorvido.

A aplicação em condições de pré-plantio incorporado atualmente é pouco utilizada na agricultura e consiste em duas operações tratorizadas, uma para a

pulverização do herbicida seguida de outra para incorporação por meio de uma gradagem leve para incorporação. Esta incorporação é feita para evitar a volatilização de herbicidas com baixa pressão de vapor ou a fotodecomposição de produtos fotodecomponíveis, além de incorporar os herbicidas de baixa solubilidade em água no solo (BLANCO et al., 1982).

Os herbicidas aplicados em condições de pré-emergência são aqueles aplicados após o plantio ou colheita da cultura de cana-de-açúcar. O ideal é que no momento da aplicação, o solo deve apresentar-se com umidade adequada (o teor de umidade no solo seja próximo da capacidade de água disponível para as plantas (CAD)), e a superfície do solo esteja livre de torrões para que ocorra distribuição adequada do herbicida nos primeiros centímetros superficiais do perfil do solo, onde se encontram as sementes das plantas daninhas que darão origem a flora emergente da área (banco de sementes).

Em áreas de plantio, os herbicidas aplicados devem ter efeito residual adequado ao controle das plantas infestantes ao longo de todo PTPI, uma vez que no Estado de São Paulo a cana-de-açúcar é normalmente plantada no período em que há umidade no solo e o fluxo de emergência do banco de sementes é intenso (AZANIA; ROLIM; AZANIA, 2010). Christoffoleti et al. (2013) ainda incluem o manejo do “banco de sementes” no pré plantio da cultura afim de que se evite a inserção de novos propágulos na área, por meio de técnicas como rotação de culturas e dessecações.

Em áreas colhidas (soqueiras), a presença da palha, as diferentes condições de umidade do solo e a possibilidade de chuva após a aplicação sobre a palhada devem ser consideradas. As plantas daninhas sofrem grande influência da palha remanescente sobre o solo após a colheita mecanizada, que muda a dinâmica do sistema por constituir uma barreira física superficial que seleciona espécies com maior adaptabilidade a essa condição. Quanto aos herbicidas aplicados, estes devem ultrapassar essa barreira física para que atinjam o solo e atuem de modo esperado, o que depende para Fornarolli et al. (1998) de algumas características da molécula como a solubilidade em água, pressão de vapor, coeficiente de distribuição octanol-água (K_{ow}), quantidade de palha presente na área, da frequência e intensidade de chuvas.

Em vista do longo período de safra, áreas são colhidas em diferentes períodos e condições de umidade e temperatura, fatores os quais influenciam na eficácia do produto aplicado. Ferreira (2009) cita a classificação das soqueiras em função das condições de umidade do solo no Estado de São Paulo como: “soca semi-seca”, colheita no início da safra (abril-junho) com chuvas esparsas e temperatura em declínio; “soca seca”, nos meses de junho a agosto em condições de déficit hídrico; “soca semi-úmida”, em setembro a novembro com o início das precipitações; e “soca úmida”, com estabilização das chuvas no período de dezembro a março. Este tipo de designação é utilizado na escolha da molécula, no emprego de produtos mais solúveis em épocas secas e menos solúveis em períodos que a disponibilidade hídrica não é limitada.

O conhecimento dos mecanismos de ação dos herbicidas também é um fator essencial na escolha do herbicida em áreas onde se pratica a canavieira. Considera-se que o mecanismo de ação diz respeito à principal reação metabólica ou processo fisiológico das plantas onde o produto atua, é normalmente o primeiro de uma série de eventos metabólicos que resultam na expressão final do herbicida sobre a planta, sendo úteis esses conhecimentos para o manejo na prevenção da ocorrência de resistência de plantas daninhas aos herbicidas na área produtiva (CHRISTOFFOLETI, 2008).

2.3 Mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da ALS

Os grupos de herbicidas sulfonilureias, triazolopirimidinas, pirimidiloxitobenzoatos e imidazolinonas, estão entre os mais importantes na atualidade e têm como local de ação a acetolactato sintase (ALS) (CHRISTOFFOLETI, 1997).

Acetolactato sintase (ALS) ou acetohidroxiácido sintase (AHAS) é a primeira enzima da rota de síntese de aminoácidos de cadeia ramificada que catalisa duas reações fisiológicas para a biossíntese da valina, leucina e isoleucina (STETTER, 1994).

Esta enzima contém a tiamina pirofosfato (TPP), a qual é um grupo prostético que ao reagir com uma molécula de piruvato produz hidroxietil-TPP que reage com a segunda molécula de piruvato formando o acetolactato, que por reação de redução e rearranjo da molécula, é produzido o cetoisovalerato e subsequentemente à

transaminação deste pelo glutamato, produz-se a valina. A acetil-CoA se condensa com o cetoisovalerato produzindo o α -isopropilmalato que se isomeriza em β -isopropilmalato sendo oxidado pelo NAD^+ (com a produção de CO_2) à α -cetoisocaproato, que por transaminação é transformado em leucina (HELDT, 2005).

Na produção da isoleucina a acetolactato sintase condensa uma molécula de piruvato com uma de α -cetobutirato resultando em α -aceto- α -hidroxibutirato que posteriormente será transformada no aminoácido (CHRISTOFFOLETI, 2008). Singh e Shaner (1992) já haviam evidenciado esse fato por estudos nos quais observaram maiores níveis de α -cetobutirato em plântulas de milho tratadas com imazaquin, em comparação às plântulas tratadas com o herbicida associado à isoleucina, aminoácido o qual promoveu a diminuição do efeito inibitório do herbicida no vegetal.

Os herbicidas inibidores da ALS se ligam no sítio da enzima destinado ao piruvato impedindo a formação do acetolactato, o qual é indispensável para a produção dos aminoácidos (HELDT, 2005). Com a paralisação na síntese dos aminoácidos, o processo de divisão celular é cessado, assim como o crescimento da planta. Outros sintomas observados são o alongamento do limbo foliar e o surgimento de cloroses internervais (TAN et al., 2006).

Herbicidas desse mecanismo de ação são, no geral, móveis tanto no xilema como no floema, podendo ser absorvidos e translocados a partir das folhas e das raízes, sendo conhecidos quatro grupos químicos.

O grupo das sulfonilureias foi descoberto em 1975 por George Levitt (BAKER; FENYES; MOBERG, 1991), caracterizando-se pela utilização em baixas doses que podem ser de 10 a 100 vezes menores que a de alguns herbicidas convencionais (BROWN; COTTERMAN, 1994). Os herbicidas deste grupo podem ser absorvidos tanto via foliar ou via solo com translocação apoplástica ou simplástica sendo rapidamente inativado metabolicamente em culturas tolerantes, com valores de meia vida variando de 1 a 5 horas nestes tipos de culturas, enquanto as plantas sensíveis precisam de aproximadamente 20 horas para metabolizar a metade do produto (BROWN, 1990).

A degradação destes no solo ocorre por hidrólise e pela ação de microrganismos. Como os herbicidas do grupo das sulfonilureias são ácidos fracos com valores de pK_a entre 3 e 5, a hidrólise é mais intensa em solos com pH abaixo de 5,0 (BROWN, 1990; THILL, 1994). Fazem parte deste grupo azimsulfuron,

chlorimuron-ethyl, ethoxysulfuron, metsulfuron-methyl, halosulfuron, flazasulfuron, pirazosulfuron-etil, nicosulfuron, oxasulfuron, trifloxysulfuron-sodium, iodosulfuron-methyl e foramsulfuron (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Os herbicidas flumetsulam, diclosulam, cloransulam-methyl e penoxsulam pertencem ao grupo das triazolopirimidinas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), o qual é produto de pesquisas iniciadas em 1982 que visaram a descoberta de compostos análogos às sulfonilureias (KLESCHICK et al., 1990). A absorção de herbicidas desse grupo ocorre principalmente pelas raízes e em menor quantidade pela parte aérea antes das plantas emergirem e se translocam tanto pelo apoplasto quanto pelo simplasto (OLIVEIRA Jr.; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

As imidazolinonas formam o grupo de moléculas herbicidas que foi descoberto na década de 70 através de modificações químicas estruturais aleatórias do grupo ftalimida, que primeiramente deram origem a um composto mimetizador do ácido giberélico e posteriormente a uma molécula imidazolinona de grande atividade biológica (SHANER, 2012). Imazamox, imazethapyr, imazapic, imazaquin e imazapyr fazem parte deste grupo químico (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Herbicidas deste grupo apresentam baixa toxicidade aos mamíferos, podem ser utilizados para o controle de folhas largas e gramíneas, e apresentam grande efetividade em baixas doses. São absorvidos pelas raízes, parte aérea e translocados por toda a planta, acumulando nos meristemas apicais e nas gemas presentes nas axilas das folhas (ANDERSON, 2007). A baixa toxicidade pode ser explicada pela ausência da acetolactato sintase nos animais, sendo esta específica para plantas, algumas espécies de bactérias e fungos (OLIVEIRA Jr.; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

A persistência das imidazolinonas no meio edáfico está relacionada aos fatores de umidade, presença da luz solar, temperatura e do grau de sorção, cujo aumenta com o acréscimo do teor de matéria orgânica, de argila, de cátions metálicos e também com o decréscimo do pH do solo. Quanto à dissipação no solo, a degradação por microrganismos é o principal meio, posteriormente a fotólise que somente é relevante em solos arenosos com alta disponibilidade hídrica e a lixiviação, que pode promover a contaminação de lençóis freáticos (KRAEMER et al., 2009).

2.4 Imazapic e suas propriedades

O imazapic é um herbicida seletivo recomendado para o controle em pré e pós-emergência de espécies de plantas daninhas com ciclo perene e anual, monocotiledôneas e dicotiledôneas, atuando na inibição da produção de aminoácidos de cadeia ramificada, os quais são necessários para a síntese proteica e crescimento vegetal.

De nome químico ácido (RS)-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl)-5-methylnicotinic e fórmula bruta $C_{14}H_{17}N_3O_3$, o imazapic é registrado no Brasil para as culturas do amendoim e da cana-de-açúcar, para o controle principalmente das espécies *Alternanthera tenella*, *Portulaca oleracea*, *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, *Panicum maximum*, *Brachiaria plantaginea*, *Eleusine indica*, *Amaranthus retroflexus*, *Ipomoea aristolochiaefolia*, *Emilia sonchifolia*, *Sida rhombifolia*, *Bidens pilosa* (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Apresenta solubilidade em água de 2200 ppm (25 °C), pressão de vapor $< 1,3 \cdot 10^{-5}$ Pa, pKa de 3,9 e log Kow de 0,16 em pH 5,0, 0,01 em pH 7,0 e 0,002 em pH 9,0 (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Enquadra-se nas categorias de alta solubilidade em água e baixa volatilidade, é um ácido fraco e hidrofílico, de acordo com Deuber (1992) e Vidal (2002).

A meia vida do imazapic no solo é de aproximadamente 120 dias e esta molécula se liga com intensidade fraca a moderada nos diversos tipos de solo, aumentando a adsorção à medida que diminui o pH e com o aumento do teor de argila e de matéria orgânica (TU et al., 2001). A fotodegradação e a volatilização são desprezíveis, sendo a degradação microbiana responsável pela dissipação do produto no meio (AHRENS, 1994).

As aplicações de imazapic são recomendadas em pré-emergência da cana-de-açúcar visando a seletividade do produto à cultura (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Procópio et al. (2003) citam que a aplicação deve ser feita sempre em pré-emergência da cultura, porém Azania, Casagrande e Rolim (2001) não observaram prejuízos na produtividade quando aplicadas doses de 73,5; 98,0; e 122,5 g de imazapic ha^{-1} em pós-emergência inicial em soqueira de segundo corte da variedade RB835089, relatam apenas o surgimento de sintomas leves iniciais com total recuperação aos 100 dias após a aplicação (DAP). Monquero et al. (2011) não relataram sintomas significativos de fitotoxicidade nas variedades RB925345,

RB925211, RB935744 e RB855036, quando aplicado 122,5 g imazapic ha⁻¹ na cultura já em estágio de pós-emergência em plantas com cerca de 25 cm de altura. A fitotoxicidade ocasionada pela aplicação de 147 g de imazapic ha⁻¹ em plantas com 10,5 cm de altura provenientes de soqueiras de terceiro corte, foi observada somente até os 30 DAP em estudo realizado por Zera et al. (2011) nos cultivares IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IACSP86-2480, RB72454 e IACSP94-2101, apresentando estas, alta capacidade de recuperação não refletindo efeitos negativos na produtividade.

Procópio et al. (2003) relatam que o imazapic pode ser utilizado em pré-plantio da cana-de-açúcar, assim como em soqueira de época seca, em áreas tratadas com vinhaça e sobre a palhada proveniente de colheita mecanizada, visto sua baixa lipofilicidade, podendo apresentar um efeito residual de até 120 dias.

2.5 Imazapyr e suas propriedades

O imazapyr é um herbicida sistêmico utilizado para o controle de monocotiledôneas e dicotiledôneas, anuais e perenes, pode ser aplicado em pré-emergência com maior eficácia quando utilizado em pós-emergência (TU et al., 2001). De nome químico ácido 2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl)nicotinic, e fórmula bruta C₁₃H₁₅N₃O₃, o imazapyr é registrado no Brasil para a cana-de-açúcar, com controle indicado para *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria horizontalis* em cana soca, *Cynodon dactylon* e *Cyperus rotundus* na renovação do canavial (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Sua absorção é rapidamente executada pelos tecidos da planta sendo translocado pelo xilema e floema às regiões meristemáticas, onde atua na inibição da ALS (TU et al., 2001) paralisando inicialmente o crescimento das raízes e posteriormente da parte aérea, com a morte completa da planta em aproximadamente um mês após a aplicação (COX, 1996).

A solubilidade em água do imazapyr é de 11.272 ppm (25 °C), com valor de pressão de vapor < 1,3.10⁻⁵ Pa (45 °C), pKa de 3,6 e log Kow igual a 1,3 (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), caracterizando-se como um herbicida de solubilidade extremamente alta, pouca volatilidade, de caráter ácido fraco e medianamente lipossolúvel de acordo com Deuber (1992) e Vidal (2002).

O comportamento adsorptivo do imazapyr no solo depende do pH, dos teores de óxidos de ferro e de matéria orgânica (PUSINO; PETRETTO; GESSA, 1997). A diminuição do pH a valores menores que 5,0, aumenta a adsorção da molécula no solo e valores de pH maiores que 5,0 promovem a predominância da forma aniônica do herbicida limitando a sua capacidade de retenção nas partículas (MANGELS, 1991).

No sistema de produção da cana-de-açúcar o imazapyr pode ser utilizado no processo de redução do potencial de infestação da área em pós ou pré-emergência das plantas infestantes, pelo menos 60 dias antes do plantio, com a necessidade da incidência de ao menos 90 mm de chuva, e em cana soca seca logo após a colheita em pré-emergência total do rebrote (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), podendo apresentar efeito residual de até 150 dias (PROCÓPIO et al., 2003).

Referências

ANDERSON, W.P. **Weed Science**: Principles and applications. 3rd ed. Long Grove: Waveland Press, 2007. 338p.

AHRENS, W.H. Herbicide Handbook. 7th ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352p.

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.; AZANIA, A.A. de P.M. Plantas Daninhas. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. cap. 22. p. 465-490.

BAKER, D.R.; FENYES, J.G.; MOBERG, W.K. **Synthesis and chemistry of agrochemicals II**. Washington: American Chemical Society, 1991. 609p.

BLANCO, H.G.; NOVO, M.C.S.S.; COELHO, R.R.; OLIVEIRA, D.A. Comportamento do herbicida trifluralin em solos. III. Persistência em solo arenoso cultivado com soja nas condições de Pirassununga, Estado de São Paulo. **O Biológico**, São Paulo, v. 48, n.9, p. 217-222, 1982.

BROWN, H.M. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. **Pesticide Science**, West Sussex, v. 29, n. 3, p. 263-281, 1990.

BROWN, H.M.; COTTERMAN, J.C. Recent advances in sulfonylurea herbicides. In: STETTER, J. **Herbicides Inhibiting Branched Chain Amino Acid Biosynthesis: Recent Developments**. New York: Springer, 1994. p. 47-81.

CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2008. 120p.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LOPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas. Disponível em: <[http://www.ppi-far.org/ppiweb/pbrazil.nsf/2c7b019d46c9bda485256a6d006d777d/e5595a4efa1a6821032570d8004576de/\\$FILE/Anais%20Jacob%20Christofoletti.pdf](http://www.ppi-far.org/ppiweb/pbrazil.nsf/2c7b019d46c9bda485256a6d006d777d/e5595a4efa1a6821032570d8004576de/$FILE/Anais%20Jacob%20Christofoletti.pdf)>. Acesso em: 06 mar.2013.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1., 1997. Dourados, **Palestras...** Dourados: EMBRAPA, 1997. p.75-94.

CORREIA, N.M.; KRONKA Jr, B. Controle químico de plantas dos gêneros Ipomoea e Merremia em cana-soca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 1143-1152, 2010.

COX, C. Imazapyr. **Journal of Pesticide Reform**, Eugene, v. 16, n. 3, p. 16-20, 1996.

DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas**: fundamentos. Jaboticabal: FUNEP, 1992. v. 1, 431p.

DILLEWIJN, C.N. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371p.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. 882p.

FERREIRA, R.V. **Uso da análise multivariada para caracterização de comunidades infestantes em cana-soca**. 2009. 50 p. Dissertação (Mestrado na área de Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2009.

FORNAROLLI, D.A.; RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; VALÉRIO, M.A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. **Planta Daninha**, Londrina, v. 16, n. 2, p. 97-107, 1998.

FREITAS, S.P.; OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.J.; SOARES, L.M.S. Controle químico de *Rottboelia exaltata* em cana-de açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, p. 461-466, 2004.

HELDT, H.W. **Plant biochemistry**. Oxford:Academic Press, 2005. 630p.

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. 9, n. 3, p. 419-426, 2001.
KLESCHICK, W.A. COSTALES, M.J.; DUNBAR, J.E.; MEIKLE, R.W.; MONTE, W.T.; PEARSON, N.R.; SNIDER, S.W.; VINOGRADOFF, A.P. New herbicidal derivatives of 1,2,4-triazolo (1,5-a] pyrimidine. **Pesticide Science**, West Sussex, v. 29, p. 341-355, 1990.

KRAEMER, A.F.; MARCHESAN, E.; AVILA, L.A.; MACHADO, S.L.O.; GROHS, M. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas: revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 629-639, 2009.

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.

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.

MANGELS, G. Behavior of the imidazolinone herbicides in soil – a review of the literature. In: SHANER, D.L.; O'CONNOR, S.L. **The Imidazolinone Herbicides**. Boca Raton: CRC Press, 1991. cap. 16. p. 191-209.

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.

MONQUERO, P.A.; BINHA, D.P.; INÁCIO, E.M.; SILVA, P.V.; AMARAL, L.R. do. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 286-293, 2011.

OLIVEIRA Jr., R.S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348p.

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

PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Terminologia para períodos de controle e convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHDE, 1984. p. 37.

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

PUSINO, A.; PETRETTO, S.; GESSA, C. Adsorption and desorption of imazapyr by soil. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 3, p. 1012-1016, 1997.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de Herbicidas**. 6. ed. Londrina, PR: Edição dos autores, 2011. 697p.

ROLIM, J.C.; CHRISTOFFOLETI, 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.

ROLIM, J.C.; GONÇALVES, C.P.; CORBO, E. Interferência da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23.,2002. Gramado. **Resumos**...Gramado:Editora, 2002. p. 60.

SHANER, D. Imidazolinone Herbicides. In: LAMBERTH, C.; DINGES, J. **Bioactive Heterocyclic Compound Classes: Agrochemicals**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH KGaA, 2012. 279p.

SINGH, B.K.; SHANER, D.L. Carbon flow through branched-chain amino acid biosynthetic pathway: lessons from acetohydroxy acid synthase inhibitors. In: SINGH, B.K.; FLORES, H.E.; SHANNON, J.C. **Biosynthesis and molecular regulation of amino acids in plants**. Rockville: American society of plant Physiologists, 1992. p. 354–357.

STETTER, J. **Herbicides Inhibiting Branched Chain Amino Acid Biosynthesis: Recent Developments**. New York: Springer, 1994. 219p.

TAN, S.; EVANS, R.; SINGH, B. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino Acids**, Vienna, v. 30, n. 2, p. 195-204, 2006.

THILL, D.C. Sulfonylureas and triazolopyrimidines. In: PURDUE UNIVERSITY, Herbicide Action Course. West Lafayette: Purdue University, 1994. p.317-343.

TU, M.; HURD, C.; RANDALL, J.M. **Weed Control Methods Handbook: Tools & Techniques for Use in Natural Areas**. Utah: All U.S. Government Documents (Utah Regional Depository), 2001. Disponível em: <
<http://digitalcommons.usu.edu/govdocs/533>>. Acesso em: 9 maio 2013.

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

VIDAL, R.A. **Ação dos herbicidas: absorção, translocação e metabolização**. Porto Alegre: Evangraf, 2002. 89p.

ZERA, F.S.; AZANIA, C.A.M.; SCHIAVETTO, A.R.; LORENZATO, C.M.; AZANIA, A.A.P.M. Tolerância de diferentes cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) a herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.3, p. 591-599, 2011.

3 TEXTURA DO SOLO E PRESENÇA DE PALHA AFETANDO A EFICÁCIA E SELETIVIDADE DA ASSOCIAÇÃO DE IMAZAPIC E IMAZAPYR NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

O controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar deve ser feito de maneira a manter a cultura livre da matocompetição ao longo de todo o período crítico de prevenção à interferência, sendo o controle químico por meio de herbicidas a ferramenta mais utilizada nesse sistema de produção. Com o objetivo de estudar a eficácia da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr no controle de plantas daninhas no sistema de produção canavieiro, foram instalados quatro experimentos em campo no delineamento experimental de blocos ao acaso. Em áreas de solo arenoso, na presença e ausência de palha, foram aplicadas doses do imazapic + imazapyr ((120 + 40) e (133,75 + 43,75) g ha⁻¹) isolado e em associação com tebuthiuron (750 g ha⁻¹) para comparação com os padrões tebuthiuron (750 g ha⁻¹) e (diuron + hexazinone) + clomazone ((702 + 198 g ha⁻¹) + 750 g ha⁻¹), nos municípios de Itirapina - SP e Santa Bárbara D'oeste - SP respectivamente, e em solo argiloso, com e sem a presença de palha foram aplicados dois tratamentos de (imazapic + imazapyr) ((133,75 + 43,75); (160,5 + 52,5) g ha⁻¹) isolado, a associação destes com tebuthiuron (750 g ha⁻¹) e os tratamentos padrão tebuthiuron (750 g ha⁻¹) e (diuron + hexazinone) + clomazone ((1170 + 330 g ha⁻¹) + 750 g ha⁻¹), no município de Rio das Pedras - SP. As menores doses testadas do imazapic + imazapyr, em todas as situações continuaram eficientes no controle (aos 120 dias após a aplicação) de monocotiledôneas e dicotiledôneas (*Conyza bonariensis*, *Bidens pilosa*, *Digitaria horizontalis*, *Ricinus communis*, *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia*, *Chloris polydactyla*) provenientes de infestação natural da área, equiparando estatisticamente aos tratamentos com maiores doses, aos tratamentos associados ao tebuthiuron e aos padrões, com a ausência de sintomas fitotóxicos nas variedades CTC 2, CTC 14 e RB 855453 utilizadas.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; Herbicida; Inibidores da ALS; Imazapic; Imazapyr

Abstract

The weed control in the sugar cane must be done to keep the crop free from weed competition throughout the critical period. With the purpose to study the efficacy of the imazapic and imazapyr association in sugar cane weed control, were developed four field trials in randomized block experimental design. In sandy soils areas, with and without the harvest residues, it was sprayed different rates of imazapic + imazapyr ((120 + 40); (133,75 + 43,75) g ha⁻¹) alone and in association with tebuthiuron (750 g ha⁻¹) to compare with the standard treatments tebuthiuron (750 g ha⁻¹) and (diuron + hexazinone) + clomazone ((702 + 198 g ha⁻¹) + 750 g ha⁻¹) in Itirapina - SP and Santa Bárbara D'oeste - SP, respectively. In clay soil with and without crop residue over the surface, were sprayed two treatments of imazapic + imazapyr ((133,75 + 43,75); (160,5 + 52,5) g ha⁻¹) alone and combined with tebuthiuron (750 g ha⁻¹) to compare with the standard treatments tebuthiuron (750 g ha⁻¹) and (diuron + hexazinone) + clomazone ((1170 + 330) + 750 g ha⁻¹) in Rio das

Pedras – SP. The lower doses of (imazapic + imazapyr) in all situations promoted an effective control (at 120 days after application) of monocot and dicot species (*Conyza bonariensis*, *Bidens pilosa*, *Digitaria horizontalis*, *Ricinus communis*, *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia*, *Chloris polydactyla*) from natural infestation, statistically similar to the treatments with higher doses and to the standard treatments, without phytotoxicity symptoms in CTC 2, CTC 14 and RB 855453 sugarcane varieties.

Keywords: *Saccharum* spp.; Herbicide; ALS inhibitors; Imazapic; Imazapyr

3.1 Introdução

Segundo IBGE (2013), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com área estimada em 9,7 milhões de ha na safra 2012/13, sendo que deste total, aproximadamente 5,5 milhões de ha são cultivados no Estado de São Paulo (INPE, 2013). A expressão do potencial produtivo destas lavouras é afetada por diversos fatores bióticos e abióticos como as plantas daninhas que atuam interferindo negativamente, competindo pelos recursos do meio com a cultura, podendo ainda hospedar pragas e doenças, liberar compostos químicos alelopáticos e assim prejudicar o rendimento agrícola e industrial (PITELLI, 1985).

Os investimentos no controle das plantas daninhas em lavouras comerciais podem chegar a 30% do custo agrícola de produção da cana (LORENZI, 1995). A principal ferramenta utilizada no controle de plantas daninhas é o herbicida, motivado pela facilidade, eficácia e pelo grande número de moléculas registradas para a cultura (HERNANDEZ; ALVES; MARTINS, 2001).

Dentre os herbicidas amplamente utilizados na cultura destacam-se o imazapic e imazapyr. São geralmente aplicados em condições de pré-emergência, com um período residual de controle de plantas daninhas de até 150 dias após sua aplicação (PROCÓPIO et al., 2003). Atuam inibindo especificamente a acetolactato sintase (ALS), uma enzima da via metabólica dos aminoácidos alifáticos de cadeia ramificada valina, leucina, isoleucina e como consequência desta inibição há uma interrupção da síntese proteica, de DNA e do crescimento das células (SHANNER; O'CONNOR, 1991).

Os herbicidas inibidores da ALS constituem-se numa opção bastante usada pelos produtores de cana, associados aos herbicidas inibidores do Fotossistema II, como o tebuthiuron e diuron + hexazinone (MONQUERO et al., 2009a). Estas associações, no geral, têm ação pré e pós-emergência inicial de controle das plantas

daninhas das classes das monocotiledôneas, dicotiledôneas e algumas perenes (PROCÓPIO; SILVA; VARGAS, 2004).

Como as aplicações de herbicidas nas soqueiras de cana de açúcar são feitas na maior parte em condições de pré-emergência das plantas daninhas e o sistema predominante de colheita é a mecanizada, sem a queima, é inevitável que os herbicidas sejam aplicados sobre a palhada a qual pode estar presente em quantidades de até 20 t ha⁻¹ (SILVA et al., 2011).

A palhada interfere de forma direta na dinâmica populacional das plantas daninhas e no comportamento dos herbicidas. Em áreas onde a quantidade de palha é superior a 10 t ha⁻¹ há supressão da infestação da maioria das espécies, no entanto, algumas que são adaptadas a tais situações podem ocorrer em altas densidades (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

Para que o herbicida aplicado sobre a palhada desempenhe sua função de controle das plantas daninhas, há necessidade que este transponha essa barreira física para ser ativado no solo, onde se encontra o banco de sementes não dormente. Para isso, o herbicida deve ter características físico-químicas adequadas a fim de evitar perdas por volatilização, fotólise e retenção pela cobertura remanescente da colheita mecanizada (LOCKE; BRYSON, 1997).

As doses dos herbicidas utilizados em pré-emergência em grande parte são recomendadas pela textura e/ou teor de matéria orgânica no solo, sendo que menores doses para solos arenosos e doses mais elevadas para argilosos (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Christoffoleti et al. (2009) citam a textura e a estrutura, dentre outras características edáficas, como fatores que determinam o comportamento dos herbicidas no solo, podendo haver diferenças nesse comportamento à medida que esses fatores se alteram. No entanto, quando a palhada está presente na superfície do solo há necessidade de estudos para readequação da dose. É importante ressaltar que as características físico-químicas dos herbicidas imazapic e imazapyr, relativas à solubilidade em água e coeficiente de partição octanol-água são bastante favoráveis ao funcionamento do herbicida na palhada, principalmente quando o período entre a aplicação e a primeira chuva ou irrigação é prolongado.

O herbicida imazapic é utilizado no manejo de plantas daninhas em soqueiras da cultura da cana-de-açúcar, em condições de pré-emergência; principalmente

durante o período de menor precipitação pluvial do ano. Já o herbicida imazapyr tem sido aplicado principalmente em pré-plantio para a redução do potencial de infestação de plantas daninhas na cana planta. Normalmente o imazapyr é aplicado em doses não seletivas para a cultura, porém a aplicação antecipada ao plantio, de aproximadamente 45 dias, permite que a dose seja reduzida no solo pelos fatores de degradação de tal forma que se torna seletivo para a cultura no momento do plantio. Em soqueiras, o imazapyr é recomendado em pré-emergência da cultura em doses mais reduzidas.

Ultimamente tem sido observado que os produtores têm constantemente associado imazapic e imazapyr durante o período seco do ano em soqueiras de cana-de-açúcar. Dentre as razões práticas desta associação destaca-se o controle de um espectro de espécies de plantas daninhas, como no caso da grama seda (*Cynodon dactylon*) controlada pelo imazapyr e tiririca (*Cyperus rotundus*) controlada pelo imazapic. No entanto, são poucos os estudos sobre a eficácia e seletividade desta associação, inclusive da associação tripla com herbicidas que ampliam o espectro de ação no controle do capim colchão e capim braquiária, plantas daninhas de difícil controle pelo imazapic e imazapyr.

A recomendação dos herbicidas imazapic e imazapyr é de que a aplicação seja feita em total pré-emergência da cana-de-açúcar. No entanto, nas condições de campo eventualmente há possibilidade de que seja necessária alguma aplicação em pós-emergência da cultura (uma folha), na prática conhecida como fase de “esporão” ou “charuto”. Sendo assim, estudos também são necessários para avaliar a seletividade nestas condições.

A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de estudar a eficácia da aplicação dos herbicidas imazapic associado ao imazapyr, assim como quando em associação tripla com tebuthiuron, no controle de plantas daninhas das classes das mono e dicotiledôneas, em soqueiras de cana-de-açúcar, em diferentes situações de textura de solo e de presença ou ausência de palhada. Foi também objetivo da pesquisa avaliar a seletividade destas associações de herbicidas quando aplicado em condições de pré-emergência ou pós-emergência inicial (uma folha) da cana-de-açúcar.

3.2 Material e métodos

Foram desenvolvidos quatro experimentos em áreas de cultivo de cana-de-açúcar em solo arenoso e argiloso, ambos na ausência e presença de palha remanescente da colheita mecanizada.

No município de Itirapina – SP (22°16'53.03" S e 47°45'01.35" O), ao final do mês de agosto de 2012, foi instalado o experimento em área de solo de textura arenosa sobre a variedade CTC 2 de quarto corte colhida mecanicamente. A aplicação dos tratamentos foi feita em estágio de pós-emergência inicial da cultura com uma folha emitida e em pré-emergência das daninhas. As condições meteorológicas médias no momento da aplicação dos tratamentos eram de temperatura do ar de 27 °C, umidade relativa de 52,2% e ventos de 2,5 km h⁻¹. Os valores médios de temperatura mensal e de precipitação durante o período de desenvolvimento do experimento para este local estão apresentados na Figura 3.1. A comunidade infestante natural avaliada foi composta pelas espécies *Conyza bonariensis*, *Bidens pilosa* e *Digitaria horizontalis*.

A área experimental nas condições de solo de textura média arenosa sem a presença de palha foi instalada no município de Santa Barbara D' oeste - SP (22°48'39.48" S e 47°28'56.75" O), ao final do mês de agosto de 2012 em uma soqueira de quinto corte da variedade CTC 14. A aplicação foi feita em pré-emergência total da cana-de-açúcar, com as plantas daninhas predominantes *Chloris polydactyla* e *Ipomoea triloba*, sendo a instalação do experimento em condições meteorológicas de temperatura média do ar de 22,7 °C, umidade relativa de 54,1% e velocidade do vento de 2,9 km h⁻¹.

As áreas experimentais de solo argiloso com e sem palha foram instaladas no município de Rio das Pedras – SP (22°52'13.96" S e 47°31'18.80" O) na primeira semana de setembro de 2012, em soqueira de primeiro corte da variedade RB 855453 na presença de *Ricinus communis*, *Cyperus rotundus* e *Digitaria horizontalis* em pré-emergência. Na área coberta com resíduos remanescentes da colheita, procedeu-se com a aplicação no momento em que a cultura se encontrava em pós-emergência inicial (emissão de uma folha) e pré-emergência das daninhas, enquanto na área desprovida de palhada as soqueiras se encontravam em estágio de pré-emergência total, assim como a comunidade infestante. Para ambas, as condições meteorológicas no momento da aplicação foram de 36 °C de temperatura, 34% de

umidade relativa do ar com ventos de $3,5 \text{ km h}^{-1}$. Os valores médios de temperatura mensal e de precipitação durante o período de desenvolvimento dos experimentos em Rio das Pedras e Santa Bárbara D’oeste são representados pelos dados climáticos do município de Piracicaba – SP na Figura 3.2.

Os tratamentos utilizados nos experimentos encontram-se na tabela 3.1. Para cálculo das doses de imazapic e imazapyr partiu-se das formulações comerciais Plateau® e Contain®, respectivamente.

Deste modo, foram adotadas estas doses com pequeno ajuste de uma possível formulação, sendo aplicados por meio de um pulverizador costal manual pressurizado com CO_2 , trabalhando à pressão constante de 2,0 bar, equipado com seis bicos do tipo leque XR 110.02 espaçados a 0,5 m, aplicando um volume de calda correspondente a 200 L ha^{-1} . Os tratamentos foram os mesmos para as situações de área com palha e sem palha em cada classe textural de solo, de características físico-químicas descritas na tabela 3.2.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo cada parcela constituída por quatro linhas de cana-de-açúcar por 10 m de comprimento.

Figura 3.1 - Temperatura média (°C) e precipitação (mm) mensais durante o período de desenvolvimento do experimento em campo, Itirapina – SP, 2012/13

Figura 3.2 - Temperatura média (°C) e precipitação (mm) mensais durante o período de desenvolvimento do experimento em campo, Piracicaba – SP, 2012/13

Tabela 3.1 – Lista de tratamentos dos experimentos aplicados em solo arenoso e argiloso na presença e ausência de palha em canaviais do Estado de São Paulo, 2012

Tratamentos	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	
	Solo Arenoso/médio arenoso	Solo Argiloso
1 Testemunha sem capina	..	..
2 Testemunha capinada	..	..
3 (Imazapic + imazapyr)	(120 + 40)	(133,75 + 43,75)
4 (Imazapic + imazapyr)	(133,75 + 43,75)	(160,5 + 52,5)
5 (Imazapic + imazapyr) + tebuthiuron	(120 + 40) + 750	(133,75 + 43,75) + 750
6 (Imazapic + imazapyr) + tebuthiuron	(133,75 + 43,75) + 750	(160,5 + 52,5) + 750
7 Tebuthiuron	750	750
8 (Diuron + Hexazinone) + clomazone	(702 + 198) + 750	(1170 + 330) + 750

Tabela 3.2 – Características físico-químicas edáficas das áreas experimentais, 2013

Amostra	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	M. O.
	CaCl₂	(mg.dm⁻³)			(mmolc.dm⁻³)				(%)	g.dm³
Rio das Pedras	4,4	8	1,1	14	8	58	22,9	80,8	28	28
Itirapina	5,2	18	0,7	11	3	25	15	39,9	38	13
S. Bárbara D' oeste	4,2	13	0,5	10	3	34	14	48	28	7

Amostra	Areia	Silte	Argila	Classe
		(g.kg⁻¹)		textural
Rio das Pedras	556	41	403	argiloso
Itirapina	859	28	113	arenoso
S. Bárbara D' oeste	787	37	176	médio arenoso

As variáveis avaliadas nos experimentos foram: controle visual das espécies daninhas em escala proposta pela Asociación Latino Americana de Malezas (1974) (Tabela 3.3) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o tratamento (DAT), avaliação da fitotoxicidade da cultura em escala proposta pela EWRC (1964) na qual o índice 1= nula, 2= muito leve, 3= leve, 4= sem influência na produção, 5= média, 6= quase forte, 7= forte, 8= muito forte, 9= destruição total e no momento da colheita foi determinado o peso dos colmos das duas linhas centrais de cada parcela para extrapolação destes dados em t de colmos ha⁻¹.

Tabela 3.3 – Escala de avaliação visual de controle de plantas daninhas proposta pela Asociación Latino Americana de Malezas, ALAM (1974)

Porcentagem de controle (%)	Descrição do nível de controle
0-40	Pobre
41-60	Regular
61-70	Suficiente
71-80	Bom
81-90	Muito bom
91-100	Excelente

Fonte: Adaptado de ALAM (1974).

Os dados obtidos em campo foram submetidos ao Teste F na análise da variância para verificação da hipótese da existência de diferença entre os tratamentos, e posteriormente ao Teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

3.3 Resultados e discussão

Pela distinção de localidade e de situações das áreas, a comunidade infestante variou em relação às espécies predominantes, portanto os experimentos foram analisados individualmente. Houve diferenças significativas em relação ao controle das espécies presentes nas áreas entre o (imazapic + imazapyr), a testemunha e os diferentes tratamentos aplicados nos quatro experimentos (Tabelas 3.4 e 3.5).

No município de Santa Bárbara D’oeste – SP, em solo arenoso sem palhada, as espécies estudadas foram *Chloris polydactyla* e *Ipomoea grandifolia*. Aos 30 DAT os controles do capim branco (*Chloris polydactyla*) pelos tratamentos (imazapic + imazapyr) (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹, foram os menos efetivos com valores de 15 e 31,25% de controle respectivamente. Ao decorrer do tempo das avaliações houve um incremento na eficácia destes tratamentos, sendo que aos 60 DAT os tratamentos com (imazapic + imazapyr) isolado e associado ao tebuthiuron foram mais eficientes que os tratamentos padrão, com valores acima de 80% de controle. A supressão das plantas foi observada até a última avaliação aos 120 DAT, quando ainda se observou um nível adequado de controle da espécie pelos tratamentos com (imazapic + imazapyr), 3, 4, 5 e 6.

Ao longo das avaliações, as doses (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹ não se diferenciaram estatisticamente quanto ao controle da corda de viola (*Ipomoea grandifolia*), porém a associação de (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹ com 750 g tebuthiuron ha⁻¹, elevou a taxa de controle ao nível dos tratamentos padrão em todas as avaliações. Labonia (2008) observou a eficácia do tebuthiuron no controle de 100% de *I. grandifolia* aos 90 DAT com a aplicação pré-emergente de 1600 g i.a. ha⁻¹ em experimento em casa de vegetação com solo na ausência de palha de cana-de-açúcar. O elevado controle de corda de viola promovido pelo tratamento padrão (diuron + hexazinone) + clomazone ((702 + 198) + 750 g i.a. ha⁻¹) observado no experimento, condiz com estudo realizado por Silva et al. (2011), quanto aos níveis de controle de 99,25% para a espécie aos 28 dias após a aplicação de (diuron + hexazinone) na dose (936 + 264) g i.a. ha⁻¹ sobre o solo nu em pré-emergência das daninhas, enquanto o imazapic na dose de 300 g i.a. ha⁻¹ promoveu menor controle na ordem de 61,25%. Já em experimento realizado por Monquero et al. (2009b), a aplicação de imazapic (84 g i.a. ha⁻¹)

resultou em controle 90,42% aos 28 DAT, acompanhado de valores de 90, 100 e 100% para os herbicidas, imazapyr (200 g i.a. ha⁻¹), diuron + hexazinone (1170 + 330 g i.a. ha⁻¹) e diuron + hexazinone (1330 + 160 g i.a. ha⁻¹) aplicados em pré-emergência.

No experimento instalado no município de Itirapina – SP, em solo arenoso com a presença de palha (aproximadamente 10 t ha⁻¹), a infestação predominante foi composta pelas espécies *Conyza bonariensis*, *Bidens pilosa* e *Digitaria horizontalis*, as quais foram avaliadas quanto ao controle pelos tratamentos aplicados.

A associação dos herbicidas imazapic e imazapyr nas duas doses testadas (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹, apresentou respectivamente controle de 82,5% e 92,5%, aos 120 DAT para *Conyza bonariensis* (buva), não diferenciando estatisticamente dos tratamentos que receberam aplicação herbicida e da testemunha capinada ao longo de todas as avaliações de controle (Tabela 3.4). A associação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) às duas doses de (imazapic + imazapyr) (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹ não promoveu diferenças de eficácia de controle quando comparado ao tebuthiuron isolado, como também não houve diferença estatística quando comparado aos tratamentos de (imazapic + imazapyr) isolado (tratamentos 3 e 4), os quais foram os únicos que apresentaram escape de plantas nas parcelas. Santos et al. (2012) observaram controles satisfatórios aos 60 DAT de plantas de buva somente quando aplicadas as associações do herbicida (imazapic + imazapyr) com doses superiores a 36,75 g ha⁻¹ de imazapic ou na presença da concentração mínima de 36,75 g ha⁻¹ de imazapyr (52,5 + 17,5 g i.a. ha⁻¹; 12,25 + 36,75 g i.a. ha⁻¹; 17,5 + 52,5 g i.a. ha⁻¹). Constantin et al. (2013) atribuíram o controle residual de 75% e 72% da buva aos 75 dias após a aplicação aos tratamentos (imazapic + imazapyr) nas doses (68,6 + 26,3) g i.a. ha⁻¹ e (18,8 + 78,8) g i.a. ha⁻¹, quando associados a herbicidas dessecantes no manejo da buva na entressafra da soja. Oliveira Jr. et al. (2013) citam um experimento desenvolvido em áreas de soja tolerante aos herbicidas ALS infestadas com *Conyza* spp. no estado do Paraná, no qual foi possível observar níveis de controle superiores ou iguais a 95% aos 60 dias após a aplicação de (imazapic + imazapyr) em pré-emergência nas doses (12,5 + 36,78), (36,78 + 12,5), (18,38 + 55,44) e (55,44 + 18,38) g i.a. ha⁻¹, ressaltando a utilidade deste produto no controle desta espécie infestante.

O controle de *Bidens pilosa* pelo (imazapic + imazapyr) nos tratamentos 3 e 4 aos 30 e 60 DAT foi o mesmo comparado aos padrões e à associação deste com o tebuthiuron. Aos 90 DAT a associação (imazapic + imazapyr) + tebuthiuron ((120 + 40) + 750 g i.a. ha⁻¹), representada pelo tratamento 5, se mostrou a menos eficiente devido ao controle de 73,8% de plantas. Aos 120 DAT todos os tratamentos foram eficazes e se equipararam estatisticamente, verificando a ausência de plantas durante o fechamento do canavial somente nas parcelas do tratamento 6, tratadas com (imazapic + imazapyr) + tebuthiuron ((133,75 + 43,75) + 750 g i.a. ha⁻¹). A importância da associação de diferentes mecanismos de ação é ressaltada por López-Ovejero e Christoffoleti (2004), os quais citam a necessidade de adoção de práticas preventivas para que se evite a seleção de biótipos resistentes na cultura da cana-de-açúcar. Gressel e Segel (1990) ressaltam casos de resistência da planta daninha *Bidens pilosa* a herbicidas inibidores da ALS, entre eles o imazapyr e imazapic, uma vez que para Nunes, Vidal e Trezzi (2005), o controle de picão preto é realizado em sua maioria por herbicidas que atuam no mecanismo de inibição da enzima ALS.

A gramínea capim colchão (*Digitaria horizontalis*) foi controlada efetivamente pelos tratamentos com o (imazapic + imazapyr), os quais se equipararam aos tratamentos padrões já utilizados comumente na cana-de-açúcar como o tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) e (diuron + hexazinone) + clomazone ao longo de todas as avaliações, que corrobora com o relato de alta suscetibilidade desta espécie aos herbicidas tebuthiuron, (diuron + hexazinone), imazapic e imazapyr feito por Lorenzi (2000). Carvalho et al. (2005) comprovaram a alta susceptibilidade da *D. horizontalis* ao imazapic por meio de curvas dose resposta realizadas em casa de vegetação, onde observaram que a aplicação de 28,6 g i.a. ha⁻¹, dose abaixo da recomendada 140 g i.a. ha⁻¹, foi suficiente para o controle acima de 80% da espécie aos 60 DAT no primeiro fluxo de emergência, destacando a importância deste herbicida na cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 3.4 – Avaliações de controle percentual (%)^{*} aos 60, 90 e 120 DAT das espécies daninhas presentes nas áreas de solo arenoso nos municípios de Santa Bárbara D’oeste e Itirapina - SP, sem e com a presença de palha respectivamente

Palha	Espécie ¹	Tratamentos ²															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
60 DAT																	
sem	CHRPO	0,0	a	100,0	d	81,3	bcd	86,3	cd	80,0	bcd	87,5	cd	58,8	b	75,0	bc
	IAQGR	0,0	a	100,0	c	90,0	b	92,5	b	98,3	b	100,0	c	100,0	c	100,0	c
com	ERIBO	0,0	a	100,0	b	87,5	b	100,0	b	100,0	b	100,0	b	100,0	b	100,0	b
	BIDPI	0,0	a	100,0	b	95,0	b	85,0	b	75,0	b	100,0	b	100,0	b	100,0	b
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	97,5	b	82,5	b	95,0	b	83,8	b	90,0	b	100,0	b
90 DAT																	
sem	CHRPO	0,0	a	100,0	d	73,8	bc	80,0	c	77,5	bc	85,0	cd	58,8	b	68,8	bc
	IAQGR	0,0	a	100,0	c	88,8	bc	88,8	bc	83,8	b	95,0	bc	98,3	c	100,0	c
com	ERIBO	0,0	a	100,0	b	70,0	b	93,8	b	100,0	b	100,0	b	93,8	b	100,0	b
	BIDPI	0,0	a	100,0	c	85,0	bc	90,0	bc	73,8	b	97,5	bc	100,0	c	100,0	c
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	100,0	b	97,5	b	100,0	b	100,0	b	96,3	b	100,0	b
120 DAT																	
sem	CHRPO	0,0	ab	100,0	d	72,5	bc	77,5	c	77,5	c	80,0	c	58,8	b	67,5	bc
	IAQGR	0,0	a	100,0	d	83,8	b	87,5	bc	83,8	b	96,3	cd	97,0	cd	100,0	d
com	ERIBO	0,0	a	100,0	b	82,5	b	92,5	b	100,0	b	100,0	b	100,0	b	100,0	b
	BIDPI	0,0	a	100,0	b	75,0	b	82,5	b	83,8	b	100,0	b	97,5	b	85,0	b
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	93,8	b	83,8	b	71,3	b	95,0	b	78,8	b	90,0	b

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹*Chloris polydactyla* (CHRPO), *Ipomoea grandifolia* (IAQGR), *Conyza bonariensis* (ERIBO), *Bidens pilosa* (BIDPI), *Digitaria horizontalis* (DIGHO).

²1: Testemunha; 2: Testemunha capinada; 3: (120 Imazapic + 40 imazapyr) ; 4: (133,75 Imazapic + 43,75 imazapyr); 5: (120 Imazapic + 40 imazapyr) + 750 tebuthiuron; 6: (133,75 Imazapic + 43,75 imazapyr) + 750 tebuthiuron; 7: 750 Tebuthiuron; 8: (702 Diuron + 198 Hexazinone) + 750 g i.a. clomazone

Nas áreas de solo argiloso, com e sem a presença da palhada, a comunidade infestante natural foi representada pelas espécies *Ricinus communis* (mamona), *Cyperus rotundus* (tirimica), *Digitaria horizontalis* (capim-colchão).

Os índices de controle da mamona no experimento com a ausência de palha foram os mesmos estatisticamente para todos os tratamentos em todas as avaliações, diferindo somente da testemunha (Tabela 3.5). A inexistência de diferença significativa entre o tratamento da testemunha capinada (100% de controle) e os tratamentos de (imazapic + imazapyr) nas doses (133,75 + 43,75) e

(160,5 + 52,5) g i.a. ha⁻¹ demonstram, neste caso, a eficiência deste herbicida no controle do *R. communis*. Zera et al. (2011) em experimento conduzido em solo argiloso, observaram sintomas de fitotoxicidade de 89% aos 30 dias após a aplicação de 147 g de imazapic ha⁻¹ em mamona silvestre oriundas de sementes provenientes de canaviais, observando os mesmos sintomas de necrose e enfezamento das plantas desde o estágio cotiledonar como os observados neste experimento.

O controle promovido por todos os tratamentos (exceto a testemunha) na espécie *Cyperus rotundus* foi satisfatório nas avaliações de 30, 60 e 120 DAT não havendo diferença estatística entre estes, porém aos 60 DAT é possível observar um menor controle da tiririca nas parcelas que receberam o tratamento (diuron + hexazinone) + clomazone ((1170 + 330) + 750) com porcentagem de controle de 65%, enquanto o (imazapic + imazapyr) aplicado isoladamente nas doses (133,75 + 43,75 g i.a. ha⁻¹) e (160,5 + 52,5 g i.a. ha⁻¹), tratamentos 3 e 4, diminuiram a manifestação da tiririca em níveis acima de 91% em todas as avaliações. Ulbrich et al. (2004) não observaram controles satisfatórios da tiririca quando aplicado (63 + 21g i.a. ha⁻¹) de (imazapic + imazapyr) em pré-emergência da cultura do milho semeada em solo argiloso, com controle de apenas 46% da infestação aos 42 DAT, visto que a dose utilizada pelos autores corresponde à aproximadamente metade da quantia utilizada neste presente experimento, apresentando melhor nível de controle da manifestação epígea do *C. rotundus* com a aplicação de (63 + 21g i.a. ha⁻¹) de (imazapic + imazapyr) em pós emergência da daninha chegando a 88% aos 42 DAT. Estas observações coincidem com as feitas por Almeida et al. (2004), os quais relatam controles insatisfatórios de *C. rotundus* pelas doses (52,5 + 17,5 g i.a. ha⁻¹) e (63 + 21 g i.a. ha⁻¹) de (imazapic + imazapyr) aplicadas em pré-emergência em solo argiloso na cultura do milho. Fato o qual pode ser explicado pela utilização da baixa dosagem herbicida por questões de fitotoxicidade à cultura do milho, diferentemente da cana-de-açúcar que mesmo com doses maiores do herbicida, em condições de solo argiloso, não demonstrou danos significativos de fitotoxicidade nos experimentos instalados em Rio das Pedras – SP.

Todos os tratamentos foram eficientes quanto ao controle de *Digitaria horizontalis*. Níveis de controle acima de 80% foram observados para todos os tratamentos na última avaliação chegando a 88,33% para o tratamento 3 e 96,67% para o tratamento 4, assim como para os tratamentos com associação das

imidazolinonas ao tebuthiuron nos tratamentos 5 e 6, resultando valores de 96,67% e 90% de controle respectivamente.

No experimento realizado em área com a presença de palha (aproximadamente 10 t ha⁻¹) foram avaliadas as mesmas espécies *Ricinus communis*, *Cyperus rotundus* e *Digitaria horizontalis*. Todos os tratamentos de aplicação herbicida e testemunha capinada foram estatisticamente iguais em todas as avaliações, com níveis de controle excelentes. Estes resultados são reforçados pelos encontrados por Medeiros (2004) os quais relatam que a transposição de 175 e 210 g imazapic ha⁻¹ pela palhada da cana-de-açúcar é altamente significativa na presença de 10 ou 20 mm de irrigação proporcionando excelentes controles de tiririca. Hernandez et al. (2001) também observaram eficiência do imazapic (nas doses 122,5 e 147 g i.a. ha⁻¹) no controle de *Cyperus rotundus* e *Digitaria horizontalis* independentemente da presença de palha. Já para Azania et al. (2004) uma camada de palha de 15 t ha⁻¹ possui capacidade de retenção do imazapic em épocas secas ou em situações de pouca irrigação. Monquero et al. (2009b) não observaram queda na eficiência no controle de daninhas pelo imazapic (84 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (200 g i.a. ha⁻¹) aplicados em áreas com densidade de palha de até 10 t ha⁻¹, quando comparado à ação destes em área sem a presença dos resíduos da colheita de cana crua.

Tabela 3.5 – Avaliações de controle percentual (%)^{*} aos 60, 90 e 120 DAT das espécies daninhas presentes nas áreas de solo argiloso no município de Rio das Pedras - SP, sem e com a presença de palha

Palha	Espécie ¹	Tratamentos ²															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
60 DAT																	
sem	RIICO	0,0	a	100,0	b	95,0	b	100,0	b	80,0	b	97,5	b	80,0	b	100,0	b
	CYPRO	0,0	a	100,0	b	96,3	b	100,0	b	80,0	b	78,8	b	100,0	b	100,0	b
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	92,5	b	87,5	b	88,8	b	78,8	b	88,8	b	100,0	b
com	RIICO	0,0	a	100,0	b	100,0	b	93,8	b	82,5	b	100,0	b	88,8	b	96,3	b
	CYPRO	0,0	a	100,0	b	100,0	b	98,8	b	100,0	b	93,8	b	87,5	b	65,0	b
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	95,0	b	100,0	b	87,5	b	100,0	b	100,0	b	100,0	b
90 DAT																	
sem	RIICO	0,0	a	100,0	b	95,0	b	87,5	b	65,0	b	100,0	b	65,0	b	100,0	b
	CYPRO	0,0	a	100,0	c	92,5	bc	92,5	bc	85,0	bc	76,3	bc	96,3	bc	65,0	b
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	90,0	b	96,7	b	88,3	b	76,7	b	76,7	b	96,7	b
com	RIICO	0,0	a	100,0	b	90,0	b	100,0	b	80,0	b	100,0	b	75,0	b	80,0	b
	CYPRO	0,0	a	100,0	b	100,0	b	80,0	b	98,8	b	85,0	b	87,5	b	72,5	b
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	100,0	b	100,0	b	92,5	b	97,5	b	100,0	b	90,0	b
120 DAT																	
sem	RIICO	0,0	a	100,0	b	92,5	b	86,3	b	77,5	b	100,0	b	70,0	b	100,0	b
	CYPRO	0,0	a	100,0	b	93,8	b	91,3	b	92,5	b	80,0	b	92,5	b	70,0	b
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	88,3	b	96,7	b	96,7	b	90,0	b	86,7	b	100,0	b
com	RIICO	0,0	a	100,0	b	97,5	b	100,0	b	85,0	b	100,0	b	81,3	b	87,5	b
	CYPRO	0,0	a	100,0	b	97,5	b	82,5	b	87,5	b	91,3	b	90,0	b	86,3	b
	DIGHO	0,0	a	100,0	b	100,0	b	100,0	b	95,0	b	96,3	b	97,5	b	92,5	b

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹*Ricinus communis* (RIICO), *Cyperus rotundus* (CYPRO), *Digitaria horizontalis* (DIGHO).

²1: Testemunha; 2: Testemunha capinada; 3: (133,75 Imazapic + 43,75 imazapyr) ; 4: (160,5 Imazapic + 52,5 imazapyr); 5: (133,75 Imazapic + 43,75 imazapyr) + 750 tebuthiuron; 6: (160,5 Imazapic + 52,5 imazapyr) + 750 tebuthiuron; 7: 750 Tebuthiuron; 8: (1170 Diuron + 330 Hexazinone) + 750 g i.a. clomazone

A aplicação de imazapic + imazapyr nas doses (120 + 40), (133,75 + 43,75) e (160,5 + 52,5) g i.a. ha⁻¹, como também a associação destas com o tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) e os tratamentos padrão, não promoveram danos fitotóxicos diferentes ao da testemunha capinada ao final das avaliações quando aplicados em pré ou pós-emergência inicial da cultura nas condições estudadas (Tabela 3.6). Aos 30 e 60 DAT nos tratamentos com a presença do (imazapic + imazapyr), foram observados

sintomas cloroses internervais no limbo foliar das plantas tratadas, os quais desapareceram posteriormente como notados através dos valores de produtividade (t ha^{-1}) estatisticamente iguais à testemunha capinada, utilizada como padrão pela ausência de danos fitotóxicos, sendo que aos 120 DAT todos os tratamentos em todas as condições foram avaliados com índice 1 da escala EWRC (1964). Singh e Shaner (1992) e Tan et al. (2006) justificam a clorose entre as nervuras, pelo fato dos herbicidas inibidores da ALS promoverem a deficiência de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) que promovem diminuição na síntese protéica e de DNA, interferindo nos processos de translocação dos subprodutos da fotossíntese às zonas mesotômicas da planta.

Estes resultados corroboram com os de Azania, Casagrande e Rolim (2001), os quais não relatam prejuízos na produtividade quando aplicados os tratamentos 73,5; 98,0; e 122,5 g de imazapic ha^{-1} e 125 g imazapyr ha^{-1} em pós-emergência inicial da variedade RB835089 de segundo corte. Monquero et al. (2011) em estudos semelhantes, não observaram sintomas significativos de fitotoxicidade nas variedades RB925345, RB925211, RB935744 e RB855036, pela aplicação de 122,5 g imazapic ha^{-1} e 125 g imazapyr ha^{-1} (separadamente) em pós emergência das plantas com cerca de 25 cm de altura. A fitotoxicidade ocasionada pela aplicação de 147 g de imazapic ha^{-1} em plantas com 10,5 cm de altura provenientes de soqueiras de terceiro corte, foi observada somente até os 30 DAP em estudo realizado por Zera et al. (2011) nos cultivares IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IACSP86-2480, RB72454 e IACSP94-2101.

Os tratamentos padrão tebuthiuron e (diuron + hexazinone) + clomazone, também não proporcionaram redução na produtividade em nenhuma das situações estudadas. Correia, Braz e Fuzita (2010) em situação similar, relatam que o tratamento clomazone + hexazinone ($800 + 200 \text{ g ha}^{-1}$) proporcionaram sintomas moderados de fitointoxicação que diminuíram ao longo do tempo, como também foi observado através da aplicação de imazapic (147 g ha^{-1}) sobre a variedade SP 81-3250 após a colheita mecanizada.

Tabela 3.6 – Médias de produtividade de cana-de-açúcar* (t ha⁻¹) em razão da aplicação dos tratamentos herbicidas em solo arenoso e argiloso, com e sem a presença da palha, 2013

Tratamentos	Dose de i.a. ha ⁻¹ (i.a.)	Solo arenoso			
		sem palha ¹		com palha ²	
1 Testemunha	..	22,6	a	54,9	a
2 Testemunha capinada	..	36,2	b	74,8	a
3 (Imazapic+imazapyr)	(120 + 40)	37,3	b	69,6	a
4 (Imazapic+imazapyr)	(133,75 + 43,75)	42,8	b	74,1	a
5 (Imazapic+imazapyr) + tebuthiuron	(120 + 40) + 750	40,9	b	77,1	a
6 (Imazapic+imazapyr) + tebuthiuron	(133,75 + 43,75) + 750	37,8	b	69,3	a
7 Tebuthiuron	750	36,6	b	66,4	a
8 (Diuron + hexazinone) + clomazone	(702 + 198) + 750	35,4	ab	72,6	a

Tratamentos	Dose de i.a. ha ⁻¹ (i.a.)	Solo argiloso			
		sem palha ³		com palha ³	
1 Testemunha	..	86,3	a	90,1	a
2 Testemunha capinada	..	100	b	99,3	b
3 (Imazapic+imazapyr)	(133,75 + 43,75)	100,8	b	100,6	b
4 (Imazapic+imazapyr)	(160,5 + 52,5)	101,9	b	100,6	b
5 (Imazapic+imazapyr) + tebuthiuron	(133,75 + 43,75) + 750	103,4	b	102,2	b
6 (Imazapic+imazapyr) + tebuthiuron	(160,5 + 52,5) + 750	102,1	b	102,6	b
7 Tebuthiuron	750	100,8	b	100,3	b
8 (Diuron + hexazinone) + clomazone	(1170 + 330) + 750	99,4	b	98,9	ab

*Médias de produtividade seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹ variedade CTC 14; ² variedade CTC 2; ³ variedade RB 855453.

3.4 Conclusões

As menores doses aplicadas de (imazapic + imazapyr), (120 + 40 g i.a. ha⁻¹) para solo arenoso e (133,75 + 43,75 g i.a. ha⁻¹) para argiloso, já foram eficazes agronomicamente no controle das espécies monocotiledôneas e dicotiledôneas presentes nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, não diferindo dos tratamentos com doses maiores do herbicida e dos padrões tebuthiuron e (diuron + hexazinone) + clomazone. Quando aplicado isolado e associado ao tebuthiuron em solo arenoso e argiloso na presença ou ausência de palha como cobertura vegetal, proporcionou controle adequado até o período de fechamento do dossel ao fim do período total de prevenção da interferência, sem causar perdas na produtividade no fim do ciclo das variedades CTC 2, CTC 14 e RB 855453, nas condições estudadas.

Referências

- ALMEIDA, J.C.V.; ULBRICH, A.V.; LEITE, C.R.F.; SOUZA, J.R.P. Eficácia de imazapic + imazapyr no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) em milho (*Zea mays*) tolerante às imidazolinonas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n.1, p. 151-156, 2004.
- ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, cidade, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- 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.; AZANIA, A.A.P.M.; CENTURION, M.A.P.C.; ALVES, P.L.C.A. Seletividade do 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, p. 145-150, 2004.
- 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.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; DAMIN V.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: C P 2, 2009. 72p.
- CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR.; R.S.; OLIVEIRA NETO, A.M.; BLAINSKI, E; GUERRA, N. Manejo da buva na entressafra. In: CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA Jr., R.S.; OLIVEIRA NETO, A.M. de. **Buva: Fundamentos e Recomendações para Manejo**. Curitiba: Omnipax, 2013. cap 6. p. 41-64.
- CORREIA, N.M.; BRAZ, B.A.; FUZITA, W.E. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 631-642, 2010.
- EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC - Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, Malden, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.
- FRANCONERE, R. **Mercado de herbicidas na cana-de-açúcar**. 2010. 54p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2010.
- GRESSEL, J.; SEGEL, L. A. Modeling the effectiveness of herbicide rotation and mixtures strategies to delay or preclude resistance. **Weed Technology**, Lakewood, v. 4, p. 186-198, 1990.

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. 9, n. 3, p. 419-426, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 mar.2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>>. Acesso em: 06 mar.2013.

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. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, 2008.

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

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Recomendações para prevenção e manejo da resistência a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2. ed. Campinas: HRAC, 2004. p. 49-86.

LORENZI, H. **Manual de identificação e de controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 339p.

LORENZI, H. 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...** Recife: Editora, 1995. 23p.

MEDEIROS, D. 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: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2004. CD-ROM.

MONQUERO, P.A.; SILVA, P.V.; BINHA, D.P.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.M.; SILVA, A.C. Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas e espécies daninhas em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 309-317, 2009a.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; SILVA, A.C.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V. 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, 2009b.

MONQUERO, P.A.; BINHA, D.P.; INÁCIO, E.M.; SILVA, P.V.; AMARAL, L.R. do. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 286-293, 2011.

NUNES, A.; VIDAL, A.; TREZZI, M. Desempenho de foransulfuron + iodosulfuron e imazapic + imazapyr em biótipos de *Bidens* spp. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 4, n. 3, p. 68-76, 2005.

OLIVEIRA Jr., R.S.; GUERRA, N.; OSIPE, J.P.; FRANCHINI, L.H.M.; ADEGAS, F.S.; OSIPE, R. Herbicidas registrados para uso e resultados de pesquisa. In: CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA Jr., R.S.; OLIVEIRA NETO, A.M. de. **Buva: Fundamentos e Recomendações para Manejo**. Curitiba: Omnipax, 2013. cap 7. p. 65-90.

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

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

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, 2004. 397-452.

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

SANTOS, G.; FRANCISCHINI, A.C.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; GHIGLIONE, H.; VELHO, G.F.; OLIVEIRA NETO, A.M. Uso do novo sistema Clearfield® na cultura do girassol para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 359-365, 2012.

SHANER, D.L.; O'CONNOR, S.L. **The Imidazolinone Herbicides**. Boca Raton: CRC Press, 1991. 209p.

SILVA, F.; CAVALIERI, S.; VELINI, E.; CORDEIRO, J.; SÃO JOSÉ, A. Controle de *Urochloa decumbens* e *Ipomoea triloba* pela associação de herbicidas com palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.3, p.200-209, 2011.

SINGH, B.K.; SHANER, D.L. Carbon flow through branched-chain amino acid biosynthetic pathway: lessons from acetohydroxy acid synthase inhibitors. In: SINGH, B.K.; FLORES, H.E.; SHANNON, J.C. **Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 1992. p. 354-357.

TAN, S.; EVANS, R.; SINGH, B. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino Acids**, Vienna, v. 30, n. 2, p. 195-204, 2006.

ULBRICH, A.V.; LEITE, C.R.F.; SOUZA, J.R.P.; ANDRADE, D.S. Ação do imazapic+imazapyr sobre a tiririca (*Cyperus rotundus*) e os desnitrificadores em milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.4, p. 577-582, 2004.

ZERA, F.S.; AZANIA, C.A.M.; SCHIAVETTO, A.R.; LORENZATO, C.M.; FREITAS, G.B.; AZANIA, A.A.P.M. Tolerância de mamona (*Ricinus communis*) a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2011.

4 SELETIVIDADE DA ASSOCIAÇÃO DOS HERBICIDAS IMAZAPIC E IMAZAPYR APLICADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

A seletividade dos herbicidas à cana-de-açúcar é tão importante quanto sua eficácia no controle de plantas daninhas, sendo os experimentos de fitotoxicidade justificados pelo risco de danos às culturas apresentado pelos herbicidas. Três experimentos foram conduzidos com o intuito de avaliar a seletividade da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr em diferentes doses. As associações foram também testadas em mistura com outros herbicidas comumente utilizados na cultura. Todos os tratamentos foram testados em pré-emergência, pós-emergência inicial e pós-emergência tardia da cana-de-açúcar. A variedade usada foi uma segunda soqueira da CTC 14, em solo arenoso no município de Santa Bárbara D'oeste – SP ao final do mês de novembro de 2012. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema de faixas, sendo que em uma direção de aplicação, as faixas foram constituídas de quatro doses da associação de imazapic + imazapyr, 0 + 0, 80,25 + 26,25, 120 + 40 e 133,75 + 43,75 g ha⁻¹, e na outra direção a aplicação no mesmo dia dos herbicidas ametrina (2400 g ha⁻¹), clomazone (1200 g ha⁻¹), hexazinone (225 g ha⁻¹), isoxaflutole (75 g ha⁻¹), metribuzin (1440 g ha⁻¹), tebuthiuron (750 g ha⁻¹) e testemunha sem aplicação. Foram realizadas avaliações mensais e colheita das parcelas aos 150 DAT. A seletividade da associação de imazapic + imazapyr foi observada quando aplicada na dose de 80,25 + 26,25 g ha⁻¹, na modalidade de pré-emergência, como também quando associada ao tebuthiuron, metribuzin e clomazone. Na aplicação em pós-emergência inicial a seletividade foi constatada pela aplicação de 80,25 + 26,25 g de imazapic + imazapyr ha⁻¹, como pela associação desta dose com os herbicidas isoxaflutole e clomazone, dado que a aplicação em pós-emergência tardia se mostrou totalmente não seletiva para qualquer uso das associações dos herbicidas imazapic + imazapyr.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; Fitotoxicidade; Associação tripla; Seletividade

Abstract

The herbicides selectivity to sugarcane is important as its efficacy on the weed control, being the experiments of phytotoxicity justified due to the risks of crop damage by the herbicides. Three trials were conducted in order to evaluate the selectivity of the association of imazapic and imazapyr. The associations were also tested in mixture with other commonly used herbicides in the crop. All treatments were tested in pre-emergence, early post-emergence and late post-emergence of sugarcane. The variety used was second ratoon of CTC 14, in sandy soil, and the trials were conducted in Santa Bárbara D'oeste – SP – Brazil, at the end of November 2012. The main treatments were four doses of the association of imazapic + imazapyr at the rates of: 0 + 0, 80.25 + 26.25, 120 + 40 and 133.75 + 43.75 g ha⁻¹, sprayed in one direction. The secondary treatments were sprayed in the opposed direction: ametrina (2400 g ha⁻¹), clomazone (1200 g ha⁻¹), hexazinone (225 g ha⁻¹), isoxaflutole (75 g ha⁻¹), metribuzin (1440 g ha⁻¹), tebuthiuron (750 g ha⁻¹) and control

treatment. Evaluations of phytotoxicity were made monthly and the harvest at 150 days after the treatment. Imazapic + imazapyr were selective when applied at 80.25 + 26.25 g ha⁻¹ in pre-emergence, as well as associated with tebuthiuron, metribuzin and clomazone. In early post-emergence, selectivity was noted when applied at 80.25 + 26.25 g imazapic + imazapyr ha⁻¹, as by the association of this rate with the herbicides clomazone and isoxaflutole. However, the application in late post-emergence proved to be non-selective for any use of the association of the herbicides imazapic + imazapyr.

Keywords: *Saccharum* spp.; Fitotoxicity; Triple association; Selectivity

4.1 Introdução

A alta eficiência da cana-de-açúcar na utilização dos recursos devido ao seu metabolismo C4 não impede que a cultura sofra com a competição imposta pelas plantas daninhas, sendo necessário que se mantenha a lavoura livre da presença de qualquer interferência no estágio inicial de desenvolvimento (PROCÓPIO et al., 2003).

Pelo cultivo desta cultura em extensas áreas, o uso de herbicidas é a ferramenta mais adequada para o controle das plantas daninhas, tanto na condição de pré como de pós-emergência devido ao grande número de produtos herbicidas registrados no Brasil (HERNANDEZ; ALVES; MARTINS, 2001). Pela similaridade de fatores fisiológicos e anatômicos entre a cana-de-açúcar e as plantas infestantes, sintomas de fitotoxicidade na cultura podem ser observados (NEGRISOLI et al., 2004).

Gosnell (1965) ressalta que dados experimentais confirmam a necessidade do controle da comunidade infestante na cana-de-açúcar, porém alguns herbicidas podem causar danos a esta cultura (TURNER; LEIBBRANDT; WIEHE, 1990). De acordo com Velini et al. (1993), a cana-de-açúcar tolera perda de até 27% da sua área foliar sem apresentar efeitos na produtividade, seja pela fitotoxicidade causada devido à baixa tolerância da variedade ou uso incorreto do herbicida, já Ferreira et al. (2005) ressaltam que para herbicidas sistêmicos esses valores podem variar de acordo com os processos fisiológicos nos quais estes interferem. Para Hartzler, Fawcett e Owen (1989) a capacidade de injúria de um defensivo é estipulada pela persistência deste no meio edáfico e pela susceptibilidade da cultura ao produto.

Fitotoxicidade é a capacidade de um composto promover injúrias temporárias ou permanentes às plantas. Os experimentos de seletividade são justificados pelo risco apresentado pelos herbicidas de causarem danos às culturas, sendo usuais as

avaliações dos sintomas na emergência e no desenvolvimento da cultura em valores de produção (EPPO, 2007). Velini et al. (2000) definem seletividade como a capacidade de um herbicida controlar a comunidade infestante em uma cultura sem reduzir-lhe a produtividade. Para Negrisoni et al. (2004), a seletividade de herbicidas não deve ser determinada unicamente pela avaliação dos sintomas visuais, justificado pelo fato de que algumas moléculas podem reduzir a produtividade sem que a cultura pronuncie efeitos possíveis de serem detectados visualmente, porém por outro lado, alguns herbicidas promovem injúrias acentuadas sem afetar na produtividade.

As características físico-químicas, a dose do produto utilizado, as condições edafo-climáticas, a suscetibilidade do genótipo e o estágio de desenvolvimento da cultura são fatores determinantes para o nível de seletividade do herbicida à cultura da cana-de-açúcar (TORRES et al., 2012).

Com o intuito de avaliar a seletividade de diferentes doses da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr, além da associação à ametrina, clomazone, hexazinone, isoxaflutole, metribuzin e tebuthiuron, quando aplicados em momentos distintos do desenvolvimento da cana-de-açúcar, foram conduzidos três experimentos no município de Santa Bárbara D’oeste – SP.

4.2 Material e métodos

Com instalação no mês de novembro de 2012 e condução durante a safra 2012/13, foram desenvolvidos três experimentos para a avaliação da presença e intensidade de sintomas fitotóxicos ocasionados pela aplicação da associação herbicida imazapic e imazapyr em três doses crescentes, como pela associação destes com outras moléculas comumente utilizadas no controle de plantas daninhas na cana-de-açúcar em três diferentes estádios da cultura.

Os experimentos foram instalados nas coordenadas geográficas 22°48'50.27" S e 47°28'44.81" O do município de Santa Bárbara D’oeste – SP, sobre soqueira de 2º corte da variedade CTC 14 em solo médio arenoso.

As propriedades físico-químicas do solo da área experimental são representadas pelos valores: pH = 4,2; P 13 (mg dm⁻³); K = 0,5, Ca = 10, Mg = 3, H+Al = 34, SB = 14, CTC = 48 (mmolc dm⁻³); V = 28%; M.O.= 7 (g dm⁻³); areia = 787, silte = 37 e argila = 176 (g kg⁻¹).

Três foram os momentos de aplicação dos tratamentos: em pré-emergência da cultura; em pós-emergência inicial, quando as plantas se encontravam com duas a três folhas expandidas e aproximadamente 30 cm de altura; e pós-emergência tardia em plantas em pleno perfilhamento, aproximadamente 70 cm de altura. No momento da aplicação em pré e pós-emergência inicial, as condições meteorológicas mensuradas foram de temperatura do ar de 30,5 °C, umidade relativa de 47,2% e ventos de 4,0 km h⁻¹. A aplicação em pós-emergência tardia foi efetuada no momento em que as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento desejado, sob temperatura de 30 °C, 65% de umidade relativa e ventos de 2,2 km h⁻¹. Os valores médios de temperatura mensal e de precipitação durante o período de desenvolvimento dos experimentos em Santa Bárbara D’oeste são representados pelos dados climáticos do município de Piracicaba – SP na Figura 4.1.

Figura 4.1 - Temperatura média (°C) e precipitação (mm) mensais durante o período de desenvolvimento do experimento em campo, Piracicaba – SP, 2012/13

Os tratamentos foram aplicados por meio de um pulverizador costal manual pressurizado com CO₂, trabalhando à pressão constante de 2,0 bar, equipado com seis bicos do tipo leque XR 110.02 espaçados a 0,5 m, aplicando um volume de calda correspondente a 200 L ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado em cada experimento foi o de blocos ao acaso com três repetições no esquema de faixas, com cada parcela sendo constituída de quatro linhas de cana-de-açúcar por 4 metros de comprimento.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de doses do (imazapic + imazapyr) com diferentes ingredientes ativos já comumente utilizados no sistema de produção da cana-de-açúcar. Em uma direção de aplicação, as faixas foram constituídas de quatro doses de (imazapic + imazapyr): (0 + 0), (80,25 + 26,25), (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g ha⁻¹, e na outra direção: ametrina (2400 g ha⁻¹), clomazone (1200 g ha⁻¹), hexazinone (225 g ha⁻¹), isoxaflutole (75 g ha⁻¹), metribuzin (1440 g ha⁻¹), tebuthiuron (750 g ha⁻¹) e testemunha sem aplicação.

Foram avaliados sintomas de fitotoxicidade aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o tratamento (DAT) pela escala proposta por Rolim (1989) (Tabela 4.1) na qual o valor “0” indica nulidade de sintomas e “100”, destruição total da planta. Aos 150 DAT foi feita a mensuração da produção dos tratamentos através da colheita das plantas das duas linhas centrais da parcela e posteriormente a extrapolação dos dados para t ha⁻¹.

Os dados de fitotoxicidade (%) e produtividade (t ha⁻¹), obtidos em campo foram submetidos ao Teste F na análise da variância para verificação da hipótese da existência de diferença entre os tratamentos, e posteriormente ao Teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.1 – Escala visual de fitotoxicidade causada por herbicidas em variedades de cana-de-açúcar proposta por Rolim (1989)

Escala	Descrição	Injúria
0	Sem efeito	Sem injúria
10	Efeitos leves	Ligeira descoloração e menor porte
20		Descoloração e menor porte
30		Injúria mais pronunciada, mas não duradoura
40		Injúria moderada, cultura em recuperação
50	Efeitos moderados	Injúria duradoura, recuperação duvidosa
60		Injúria duradoura sem recuperação
70		Injúria severa com perda de stand
80	Efeitos severos	Cultura quase totalmente destruída
90		Apenas algumas plantas sobreviventes
100	Efeitos totais	Destruição total

4.3 Resultados e discussão

Os tratamentos proporcionaram diferentes níveis de sintomas fitotóxicos ao longo das avaliações, devido aos herbicidas empregados e principalmente à aplicação nos diferentes momentos de desenvolvimento da cultura.

Os resultados observados foram fortemente influenciados pela época de instalação do experimento, ao passo de que este foi iniciado ao final do mês de novembro, época caracterizada pela maior frequência de chuvas, fazendo com que os herbicidas estudados considerados como de “época seca” por suas características de alta solubilidade, fossem mais solubilizados e absorvidos pelas raízes.

Na aplicação em pré-emergência dos tratamentos herbicidas, não se observou sintomas fitotóxicos estatisticamente diferentes da testemunha para os padrões ametrina (2400 g i.a. ha⁻¹), clomazone (1200 g i.a. ha⁻¹), hexazinone (225 g i.a. ha⁻¹), isoxaflutole (75 g i.a. ha⁻¹), metribuzin (1440 g i.a. ha⁻¹), tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) ao longo das avaliações, nas quais foi possível observar um pequeno incremento nos sintomas de fitotoxidade aos 60 e 90 DAT que foi revertido após esse período. As avaliações de porcentagem de fitotoxidade aos 150 DAT e produtividade demonstraram a ausência significativa de sintomas causados por estes herbicidas nas condições estudadas na variedade CTC 14 (Tabela 4.2). Negrisoli et al. (2004) observaram a seletividade à variedade RB855113 pela aplicação em pré-emergência em solo arenoso dos herbicidas tebuthiuron (1120 g i.a. ha⁻¹), ametrina (1750 g i.a. ha⁻¹), metribuzin (1920 g i.a. ha⁻¹), isoxaflutole (52,5 g i.a. ha⁻¹) e clomazone (1250 g i.a. ha⁻¹), que não afetaram o crescimento, a produtividade e as características tecnológicas da cana-de-açúcar. Clement et al. (1979) também concluíram sobre a seletividade da hexazinona, que testando as doses 372, 417 e 628 g i.a. ha⁻¹ aplicada em pré-emergência sobre solo arenoso na variedade e CB-45/3 resultaram em produção de kg parcela⁻¹ estatisticamente igual à testemunha capinada.

Aos 30, 60 e 90 DAT a menor dose de (imazapic + imazapyr) (80,25 + 26,25) g i.a. ha⁻¹, promoveu danos visuais que variaram entre 6,7 a 8,3 % que se igualaram à nulidade de sintomas observada na testemunha, porém nas avaliações posteriores (120 e 150 DAT) todos os tratamentos de (imazapic + imazapyr) diferiram do tratamento sem aplicação com índices que variaram de 8,3 a 13,3 %, considerados

efeitos leves. As doses (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹ de (imazapic + imazapyr) proporcionaram valores de produtividade de 39,2 e 41,2 t ha⁻¹, significativamente menores que 51,6 t ha⁻¹ observado na testemunha e 49 t ha⁻¹ no tratamento de dose (80,25 + 26,25) em aplicação pré-emergente.

As associações de (80,25 + 26,25) e (120 + 40) g i.a. ha⁻¹ (imazapic + imazapyr) com a ametrina (2400 g i.a. ha⁻¹) não promoveram danos visuais fitotóxicos diferentes do tratamento com aplicação da ametrina e da testemunha, somente na adição da dose mais elevada, (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹ de (imazapic + imazapyr) foi possível observar diferenças devido ao maior índice sintomático, cujo variou entre 15 e 10 % durante os 150 dias de avaliação. A queda de produtividade, em relação à testemunha e ao tratamento ametrina (2400 g i.a. ha⁻¹), foi observada a partir do momento em que a adição de (imazapic + imazapyr) à associação com ametrina, foi igual e maior que (120 + 40) g i.a. ha⁻¹, com valores de 36,6 e 36,2 t ha⁻¹ para as duas doses mais elevadas da imidazolinona.

Não se observou sintomas fitotóxicos nas avaliações visuais e nem queda significativa na produtividade ao adicionar (imazapic + imazapyr) nas diversas doses testadas ao clomazone (1200 g i.a. ha⁻¹). Sandaniel, Fernandes e Barroso (2008) verificaram a seletividade do inibidor da síntese de carotenóides na dose 1250 g clomazone ha⁻¹ quando aplicado em pré-emergência no início da época úmida, na variedade SP 80-1816 sobre solo argiloso sob o regime de cana queimada, não sendo observada nenhuma redução na produtividade em relação à testemunha. A aplicação da associação do clomazone às três doses testadas de (imazapic + imazapyr) não proporcionou diferenças de produtividade em referência a cada respectivo tratamento de (imazapic + imazapyr) isolado.

Os sintomas fitotóxicos das associações (imazapic + imazapyr) com os herbicidas hexazinone e isoxaflutole foram relevantes na avaliação de mensuração do material colhido, na qual a adição da menor dose de imazapic + imazapyr (80,25 + 26,25 g i.a. ha⁻¹) já foi o suficiente para a redução significativa da produtividade em relação aos respectivos tratamentos padrão, fato que pode ser explicado pela alta solubilidade do imazapic, imazapyr, isoxaflutole e hexazinone que em condições de umidade são solubilizados e lixiviados aumentando a probabilidade de serem absorvidos pelo sistema radicular. Esta redução não foi observada nas notas visuais, uma vez que a produtividade da cultura é o parâmetro mais importante na

avaliação dos efeitos dos herbicidas na cana-de-açúcar, já que alguns produtos podem reduzir a produtividade sem promover efeitos visuais (VELINI et al., 2000; SILVA et al., 2003). A adição de 225 g hexazinone ha^{-1} às doses (80,25 + 26,25) e (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha^{-1} , não proporcionou efeitos visuais fitotóxicos significativos em comparação aos tratamentos com (imazapic + imazapyr) isolado nas doses citadas, porém pôde-se observar queda na produtividade de 49,0 para 33,1 t ha^{-1} , devido à adição do inibidor do fotossistema II à menor dose de (imazapic + imazapyr), e de 41,2 para 32,3 t ha^{-1} no tratamento de maior dose. A reatividade do isoxaflutole se dá somente na presença de água, geralmente proporcionando sintomas de intoxicação nas plantas no período inicial após a aplicação sem interferir na produtividade (COSTA; ROZANSKI, 2003). O acréscimo de 75 g isoxaflutole ha^{-1} aos tratamentos de (imazapic + imazapyr) nas doses (80,25 + 26,25) e (120 + 40) g i.a. ha^{-1} , propiciou queda na quantidade de material colhido, o que não foi constatado quando em mistura com a dose (133,75 + 43,75) g i.a. ha^{-1} ao confrontar estes dados com os obtidos pelos tratamentos com aplicação do (imazapic + imazapyr) isolado.

O metribuzin geralmente promove menor fitotoxicidade na cana-de-açúcar quando comparado a outros herbicidas (MILLER, et al. 1998). Nas condições do experimento, a inserção do metribuzin (1440 g i.a. ha^{-1}) às caldas herbicidas, somente foi prejudicial à cultura quando associado às doses (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha^{-1} . Já em comparação aos tratamentos de (imazapic + imazapyr) isolados, houve queda relevante na produtividade de 23% ao unir o metribuzin às imidazolinonas na dose (133,75 + 43,75) g i.a. ha^{-1} .

O tebuthiuron possui efeito residual sendo amplamente utilizado em pré-emergência para o controle excelente de espécies anuais (NEGRISOLI et al., 2004), não apresentando risco de fitotoxicidade para a cana-de-açúcar quando aplicado nas doses recomendadas (COSTER et al., 1981). Foram observados danos visuais entre 6,7 a 8,3% aos 120 e 150 DAT pela adição de doses acima de (80,25 + 26,25) g (imazapic + imazapyr) ha^{-1} ao tebuthiuron, visto que prejuízos na produtividade são conferidos apenas pelo tratamento (imazapic + imazapyr) (133,75 + 43,75 g i.a. ha^{-1}) + tebuthiuron (750 g i.a. ha^{-1}), tanto quando comparado à aplicação de tebuthiuron (750 g i.a. ha^{-1}) como quando comparado à aplicação 133,75 + 43,75 g (imazapic + imazapyr) ha^{-1} .

Tabela 4.2 – Avaliações de fitotoxidade* (%) aos 30, 60, 90, 120, 150 e produtividade ($t\ ha^{-1}$) aos 150 dias após o tratamento (DAT) em pré-emergência de soqueiras de cana-de-açúcar. Santa Bárbara D’oeste – SP, 2013

Herbicidas (g i.a. ha ⁻¹)																					
(Imazapic + imazapyr)	Ametrina (2400)		Clomazone (1200)		Hexazinone (225)		Isoxaflutole (75)		Metribuzin (1440)		Tebuthiuron (750)		Testemunha ..								
30 DAT																					
(0 + 0)	1,7	a	A	6,7	a	A	3,3	a	A	1,7	a	A	3,3	a	A	0,0	a	A			
(80,25 + 26,25)	10,0	ab	A	10,0	a	A	6,7	a	A	5,0	a	A	8,3	ab	A	10,0	a	A	8,3	ab	A
(120 + 40)	11,7	b	A	10,0	a	A	8,3	a	A	8,3	a	A	11,7	bc	A	10,0	a	A	10,0	b	A
(133,75 + 43,75)	15,0	b	AB	13,3	a	AB	6,7	a	A	6,7	a	A	20,0	c	B	8,3	a	A	10,0	b	AB
60 DAT																					
(0 + 0)	3,3	a	A	10,0	a	A	5,0	a	A	6,7	a	A	6,7	a	A	10,0	a	A	0,0	a	A
(80,25 + 26,25)	3,3	a	A	10,0	a	A	6,7	a	A	5,0	a	A	8,3	a	A	13,3	a	A	6,7	ab	A
(120 + 40)	6,7	a	A	10,0	a	AB	10,0	a	AB	15,0	a	AB	10,0	a	AB	20,0	a	B	11,7	b	AB
(133,75 + 43,75)	13,3	a	A	11,7	a	A	8,3	a	A	5,0	a	A	16,0	a	A	16,7	a	A	15,0	b	A
90 DAT																					
(0 + 0)	8,3	a	A	10,0	a	A	6,7	a	A	6,7	a	A	5,0	a	A	5,0	a	A	0,0	a	A
(80,25 + 26,25)	10,0	a	A	10,0	a	A	6,7	a	A	8,3	a	A	3,3	a	A	5,0	a	A	6,7	ab	A
(120 + 40)	10,0	a	A	8,3	a	A	11,7	a	A	11,7	a	A	8,3	a	A	8,3	a	A	8,3	ab	A
(133,75 + 43,75)	15,0	a	A	13,3	a	A	6,7	a	A	10,0	a	A	11,7	a	A	8,3	a	A	13,3	b	A
120 DAT																					
(0 + 0)	5,0	a	A	6,7	a	A	3,3	a	A	1,7	a	A	1,7	a	A	1,7	a	A	0,0	a	A
(80,25 + 26,25)	8,3	ab	A	8,3	a	A	6,7	a	A	1,7	a	A	1,7	a	A	6,7	ab	A	8,3	b	A
(120 + 40)	6,7	ab	AB	11,7	a	B	6,7	a	AB	6,7	a	AB	1,7	a	A	8,3	b	AB	8,3	b	AB
(133,75 + 43,75)	11,7	b	A	6,7	a	A	6,7	a	A	6,7	a	A	11,7	b	A	8,3	b	A	13,3	b	A
150 DAT																					
(0 + 0)	3,3	a	A	5,0	a	A	3,3	a	A	1,7	a	A	1,7	a	A	1,7	a	A	0,0	a	A
(80,25 + 26,25)	6,7	ab	AB	6,7	a	AB	6,7	a	AB	1,7	a	A	1,7	a	AB	6,7	ab	AB	8,3	b	B
(120 + 40)	6,7	ab	A	5,0	a	A	6,7	a	A	3,3	a	A	3,3	a	A	8,3	b	A	8,3	b	A
(133,75 + 43,75)	10,0	b	AB	8,3	a	AB	6,7	a	AB	3,3	a	A	10,0	b	AB	8,3	b	AB	13,3	b	B
Produtividade (t ha ⁻¹)																					
(0 + 0)	47,5	a	A	44,0	a	A	49,0	a	A	44,7	a	A	50,6	a	A	44,7	a	A	51,6	a	A
(80,25 + 26,25)	41,4	ab	BCD	43,3	a	ABC	33,1	bc	D	37,0	b	CD	50,2	a	A	45,0	a	ABC	49,0	a	AB
(120 + 40)	36,6	b	AB	40,1	a	A	39,9	b	A	29,5	c	B	41,4	b	A	39,3	a	A	39,2	b	A
(133,75 + 43,75)	36,2	b	AB	37,6	a	AB	32,3	c	B	33,9	bc	AB	31,4	c	B	30,2	b	B	41,2	b	A

*Médias de fitotoxidade seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Comumente a recomendação para uso de herbicidas em cana-de-açúcar é feita para que sejam aplicados em pré-emergência tanto das daninhas como da cultura, entretanto, ocorre que por questões operacionais e de extensão da área a ser tratada, se faz necessária a aplicação em pós-emergência (da cultura e das daninhas) podendo implicar em efeitos negativos na produção (VICTÓRIA FILHO;

CAMARGO, 1980) devido à fitointoxicações que podem promover alterações nos mecanismos de absorção nutritiva e de defesa da planta (RIZZARDI et al., 2003).

A aplicação dos tratamentos em pós-emergência inicial da cultura, em plantas com duas a três folhas expandidas, proporcionou diferentes efeitos fitotóxicos quanto às doses e produtos aplicados nas avaliações visuais e de produtividade (Tabela 4.3).

Sintomas visuais de fitotoxicidade causados pelos tratamentos padrão aplicados isoladamente somente foram estatisticamente significativos nas avaliações de 90 e 120 DAT, nas quais os tratamentos tebuthiuron ($750 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e hexazinone ($225 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) foram os que apresentaram maiores índices de fitotoxicidade, os quais se igualaram à testemunha na avaliação posterior. Na avaliação de produtividade, o tratamento metribuzin ($1440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) foi o mais seletivo à cultura, acompanhado pelos tratamentos isoxaflutole ($75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e clomazone ($1200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), equiparando-se à produtividade de $48,7 \text{ t ha}^{-1}$ obtida pela testemunha, resultado o qual corrobora com os dados obtidos por Azania et al. (2006), que observaram alta seletividade do metribuzin ($1.920 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e do isoxaflutole ($127,5 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), com índices de fitotoxicidade abaixo de 5% para a variedade RB835089 em solo argiloso, com aplicação nas plantas em estágio de uma folha totalmente expandida, e de Zera et al. (2011) que relataram a capacidade de recuperação e ausência de efeitos negativos na produção dos cultivares IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IACSP86-2480, RB72454 e IACSP94-2101 pela aplicação de imazapic (147 g ha^{-1}), isoxaflutole ($112,5 \text{ g ha}^{-1}$), clomazone (1100 g ha^{-1}) em plantas no estágio de pós-emergência inicial.

As menores produtividades foram obtidas pelos tratamentos ametrina ($39,2 \text{ t ha}^{-1}$), hexazinone ($41,7 \text{ t ha}^{-1}$) e tebuthiuron ($35,9 \text{ t ha}^{-1}$). Em situação semelhante Carvalho et al. (2010) não observaram sintomas visuais tóxicos pela aplicação da ametrina (2.000 g ha^{-1}) na variedade RB 86-7515, porém os dados de colheita expressam a fitotoxicidade causada por este herbicida quando aplicado na cultura com três a quatro folhas expandidas, pela redução na produtividade de 13,07% em relação à testemunha capinada. O tebuthiuron é um herbicida expressivamente empregado na cana-de-açúcar, mas pode apresentar problemas de toxicidade (AZÂNIA; CASAGRANDE; ROLIM, 2001), como citado por Montório et al. (2005) que

através da aplicação de 960 g tebuthiuron ha⁻¹ em pós-emergência da cultura puderam observar a não seletividade desta molécula para os parâmetros diâmetro e produção de colmos.

O estágio de pós-emergência, por se caracterizar pela presença de folhas já expandidas, proporciona o aumento da taxa de penetração dos herbicidas nas plantas da cana-de-açúcar em relação à modalidade pré-emergente, na qual o herbicida entra em contato com a planta via raiz. Este fator aliado à alta precipitação do período, fez com que os herbicidas estudados, todos de alta solubilidade, fossem lixiviados aumentando o contato destes com a trama radicular da cultura o que consequentemente diminuiu a seletividade à cana-de-açúcar.

Durante as avaliações visuais de fitotoxicidade, a menor dose de (imazapic + imazapyr) (80,25 + 26,25) g i.a. ha⁻¹, promoveu danos visuais que reduziram de 8,3 a 1,7% ao longo dos 150 dias, se igualando à nulidade de sintomas observada na testemunha, dados amparados pelo valor de produtividade estatisticamente igual ao do tratamento sem aplicação herbicida. Foi possível observar o incremento nos índices de fitotoxicidade quando estudadas as doses (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹, fator que se correlaciona de modo proporcionalmente inverso à produtividade, a qual foi reduzida a valores de 40,7 e 31,3 t ha⁻¹ pelo emprego deste herbicida nas taxas citadas acima. Azania, Casagrande e Rolim (2001) relatam resultados relativamente opostos ao deste experimento, possivelmente pela condição de baixo índice pluviométrico após a aplicação do experimento, ao avaliarem a seletividade de imidazolinonas em soqueiras de segundo corte do cultivar RB 835089, nas quais não observaram queda na produtividade pela aplicação em pós-emergência inicial de imazapic nas doses 98,0 e 122,5 g ha⁻¹ e do imazapyr na dose 125 g ha⁻¹. Em concordância com os resultados explanados por estes autores, Monquero et al. (2011) relatam sintomas acentuados aos 30 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos imazapic (122,5 g i.a ha⁻¹) e imazapyr (125 g i.a. ha⁻¹) em plantas de com 25 cm de altura, sendo nulos aos 90 DAA nas variedades RB925345, RB925211, RB935744 e RB855036, ressaltando que a aplicação dos tratamentos foi executada no início da época seca da região.

Os sintomas observados na cana-de-açúcar devido à fitointoxicação ocasionada pela aplicação de (imazapic + imazapyr), podem ser descritos pela

redução de produtividade da planta e surgimento de manchas cloróticas paralelas internervais ao longo do limbo foliar. Singh e Shaner (1992) e Tan et al. (2006) justificam estas características sintomáticas, pelo fato dos herbicidas inibidores da ALS promoverem a deficiência de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) que promove a queda na síntese protéica e de DNA, interferindo nos processos de divisão celular e de translocação dos subprodutos da fotossíntese às zonas meristemáticas da planta.

Para este caso, a associação das três doses testadas de (imazapic + imazapyr) à ametrina ($2400 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) não promoveu danos fitotóxicos nas avaliações visuais a partir de 60 DAT, nem redução da produtividade quanto ao tratamento com aplicação da ametrina. A igualdade nos valores de produtividade entre o tratamento com aplicação da ametrina isolada e os de associação ao (imazapic + imazapyr), se deu pelo fato do tratamento ametrina padrão já ter sido significativamente fitotóxico com menor valor de produtividade em relação à testemunha, dado que a adição destas imidazolinonas à calda não reduziu ainda mais os valores de massa de colmos colhidos que já se apresentavam em valor reduzido. A aplicação da ametrina isolada neste estágio de desenvolvimento da cultura causou uma queda altamente significativa na produtividade quando comparada à testemunha sem aplicação, Velini et al. (2000) explicam que este herbicida é facilmente absorvido tanto através do sistema radicular como da parte aérea gerando os sintomas de intoxicação de cloroses e necroses que se iniciam nas extremidades do limbo foliar.

A seletividade observada através do dado de produtividade pela aplicação em pós-emergência inicial de clomazone ($1200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) na cultura da cana-de-açúcar, também foi observada de forma semelhante por Fagliari, Oliveira Jr. e Constantin (2001) em soqueira de 2º corte da variedade RB 835089 pela aplicação de $1000 \text{ g clomazone ha}^{-1}$ em plantas com 30 cm de altura, nas quais não observaram interferência negativa de forma significativa sobre o diâmetro, o comprimento, o número de entrenós e a produtividade de colmos. Ao longo das avaliações, índices significativos de fitointoxicação foram verificados no tratamento com a maior dose de imazapic + imazapyr ($133,75 + 43,75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) + clomazone ($1200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) confirmados pela queda na produtividade de $10,8 \text{ t ha}^{-1}$ observada neste tratamento em relação ao tratamento padrão de clomazone. A igualdade observada entre esta

associação e o tratamento imazapic + imazapyr ($133,75 + 43,75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) mediante aos dados de produtividade e fitotoxicidade, permite complementar que tal redução ocorre em razão da alta dosagem de imazapic e imazapyr ($133,75 + 43,75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e não da associação deste com o clomazone.

A aplicação de $225 \text{ g hexazinone ha}^{-1}$ em pós-emergência inicial da variedade CTC 14, não foi seletiva à cultura como se pode observar no valor de produtividade abaixo do apresentado pela testemunha. Já Cruz e Gurgel (1978) e Lima et al. (1978) citados por Clement et al. (1979), também mencionaram sintomas de fitotoxicidade pela aplicação de hexazinona neste estágio na cultura, porém não constatarem redução na produtividade. Os tratamentos com associação do hexazinone ao (imazapic + imazapyr) proporcionaram maiores índices de intoxicação na avaliação de 30 DAT quando comparado ao padrão hexazinone, fato o qual não se nota nas avaliações posteriores quando há a igualdade deste parâmetro entre os tratamentos. Presenciou-se queda na produtividade em relação ao padrão hexazinone isolado, somente ao adicionar (imazapic + imazapyr) na dose ($80,25 + 26,25$) g i.a. ha^{-1} , circunstância a qual pode ser justificada por falha no desenvolvimento de plantas ocasionada por uma zona com acúmulo de água encontrada em uma das repetições do tratamento. Logo que associadas as doses ($120 + 40$) e ($133,75 + 43,75$) $\text{g (imazapic + imazapyr) ha}^{-1}$ ao inibidor do fotossistema II, não se notou queda na produtividade destes tratamentos quando contrastados ao padrão hexazinone e aos respectivos tratamentos de (imazapic + imazapyr) isolado.

Índices de fitotoxicidade contrastantes ao obtido no tratamento padrão de isoxaflutole ($75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) pelas associações deste inibidor da síntese de carotenóides às crescentes doses (imazapic + imazapyr) foram constatados somente até os 90 DAT, não obstante, para o parâmetro produtividade, os tratamentos que receberam isoxaflutole e (imazapic + imazapyr) nas doses ($120 + 40$) e ($133,75 + 43,75$) g i.a. ha^{-1} foram os mais fitotóxicos com médias de 41,4 e 40,8 t de colmos ha^{-1} , respectivamente.

Os sintomas mais comuns do uso deste herbicida que comumente intoxica a cana-de-açúcar nos primeiros meses após ser aplicado são o surgimento de zonas de coloração branca e queimadura na ponta das folhas (PALLETT et al., 1998). As médias de produtividade obtidas nas parcelas onde houve a aplicação do

isoxaflutole + (imazapic + imazapyr) se igualam às obtidas nas respectivas parcelas (de mesma dose) com aplicação do (imazapic + imazapyr) isolado, dado que a combinação entre o isoxaflutole ($75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) + (imazapic + imazapyr) ($133,75 + 43,75 \text{ g ha}^{-1}$) foi mais seletiva à cultura que a aplicação do (imazapic + imazapyr) isolado nesta mesma dose.

O metribuzin geralmente promove menor fitotoxicidade na cana-de-açúcar quando comparado a outros herbicidas (MILLER, et al. 1998), como descrito neste experimento e por Correia e Kronka Jr. (2010), que observaram a seletividade do metribuzin pela igualdade à testemunha quanto aos parâmetros altura de colmo, número de colmos m^{-1} e diâmetro de colmos, ao aplicarem $1.920 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ em plantas da variedade SP 79-1011 de segundo corte com altura média de 89,6 cm.

A associação de metribuzin ao (imazapic + imazapyr), somente foi prejudicial nas avaliações visuais com a dose ($133,75 + 43,75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) da imidazolinona, porém houve queda na produtividade em todos os tratamentos que receberam (imazapic + imazapyr) quando comparados ao padrão metribuzin isolado. A alta seletividade observada pela aplicação do metribuzin foi reduzida pela adição de todas as doses de (imazapic + imazapyr) estudadas, porém quando comparados os dados de produção obtidos nestas associações aos tratamentos com as mesmas doses de (imazapic + imazapyr) em associação à outros herbicidas padrão, pode-se observar menores índices de fitotoxicidade expressos nos maiores valores de produtividade.

Durante as avaliações visuais foram observados danos entre 8,3 e 15 % de fitotoxicidade pela adição de doses acima de ($80,25 + 26,25$) g (imazapic + imazapyr) ha^{-1} ao tebuthiuron ($750 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). O tebuthiuron é um herbicida expressivamente empregado na cana-de-açúcar, mas pode apresentar problemas de toxicidade (AZÂNIA; CASAGRANDE; ROLIM, 2001), sendo recomendado seu uso em pré-emergência da cultura (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), assim os dados de produtividade obtidos através dos tratamentos de associação entre herbicidas não diferiram da baixa produtividade obtida no tratamento tebuthiuron isolado, salientando ainda que foram os menores quando comparados às associações das respectivas doses de (imazapic + imazapyr) aos outros herbicidas padrão estudados.

Tabela 4.3 – Avaliações de fitotoxidade* (%) aos 30, 60, 90, 120, 150 e produtividade (t ha⁻¹) aos 150 dias após o tratamento (DAT) em pós-emergência inicial de soqueiras de cana-de-açúcar. Santa Bárbara D’oeste – SP, 2013

Herbicidas (g i.a. ha ⁻¹)														
(Imazapic + imazapyr)	Ametrina (2400)		Clomazone (1200)		Hexazinone (225)		Isoxaflutole (75)		Metribuzin (1440)		Tebuthiuron (750)		Testemunha ..	
30 DAT														
(0 + 0)	1,7 a	A	1,7 a	A	1,7 a	A	1,7 a	A	0,0 a	A	3,3 a	A	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	11,7 b	A	10,0 ab	A	10,0 ab	A	8,3 ab	A	8,3 ab	A	11,7 a	A	8,3 a	A
(120 + 40)	13,3 b	A	16,7 b	A	11,7 b	A	11,7 b	A	10,0 b	A	10,0 a	A	6,7 a	A
(133,75 + 43,75)	11,7 b	A	16,7 b	A	11,7 b	A	10,0 ab	A	13,3 b	A	8,3 a	A	8,3 a	A
60 DAT														
(0 + 0)	5,0 a	A	0,0 a	A	5,0 a	A	3,3 a	A	3,3 a	A	5,0 a	A	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	10,0 ab	A	6,7 ab	A	6,7 a	A	5,0 a	A	8,3 a	A	15,0 a	A	3,3 a	A
(120 + 40)	16,7 a	B	10,0 ab	AB	8,3 a	AB	8,3 a	AB	3,3 a	A	11,7 a	AB	10,0 a	AB
(133,75 + 43,75)	11,7 ab	A	16,7 b	A	10,0 a	A	13,3 a	A	21,7 b	A	11,7 a	A	10,0 a	A
90 DAT														
(0 + 0)	6,7 a	ABC	6,7 ab	ABC	13,3 b	C	3,3 a	AB	1,7 a	AB	8,3 a	BC	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	11,7 a	B	3,3 a	A	11,7 ab	B	6,7 ab	AB	5,0 a	AB	8,3 a	AB	3,3 ab	A
(120 + 40)	11,7 a	B	6,7 ab	AB	6,7 a	AB	6,7 ab	AB	1,7 a	A	11,7 a	B	5,0 ab	AB
(133,75 + 43,75)	11,7 a	A	11,7 b	A	8,3 ab	A	11,7 b	A	13,3 b	A	10,0 a	A	6,7 b	A
120 DAT														
(0 + 0)	5,0 a	ABC	6,7 a	ABC	10,0 a	C	3,3 a	ABC	1,7 a	AB	8,3 a	BC	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	11,7 b	B	3,3 a	A	8,3 a	AB	3,3 a	A	3,3 a	A	11,7 a	B	5,0 ab	AB
(120 + 40)	10,0 ab	A	5,0 a	A	6,7 a	A	3,3 a	A	3,3 a	A	10,0 a	A	8,3 b	A
(133,75 + 43,75)	6,7 ab	AB	8,3 a	AB	5,0 a	A	6,7 a	AB	13,3 b	B	11,7 a	AB	5,0 ab	A
150 DAT														
(0 + 0)	5,0 a	A	1,7 a	A	5,0 a	A	3,3 a	A	1,7 a	A	3,3 a	A	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	10,0 a	B	3,3 ab	A	3,3 a	A	0,0 a	A	3,3 a	A	10,0 b	B	1,7 a	A
(120 + 40)	8,3 a	B	1,7 a	A	1,7 a	A	3,3 a	AB	1,7 a	A	8,3 ab	B	8,3 b	B
(133,75 + 43,75)	6,7 a	AB	8,3 b	B	1,7 a	A	1,7 a	A	15,0 b	C	10,0 b	BC	5,0 ab	AB
Produtividade (t ha ⁻¹)														
(0 + 0)	39,2 a	CD	44,2 a	ABC	41,7 a	BCD	44,0 ab	ABC	51,8 a	A	35,9 a	D	48,7 a	AB
(80,25 + 26,25)	34,3 a	B	43,4 a	A	34,7 b	B	49,3 a	A	41,5 b	AB	33,9 a	B	45,7 ab	A
(120 + 40)	38,0 a	A	39,4 ab	A	39,2 ab	A	41,4 b	A	42,5 b	A	36,2 a	A	40,7 b	A
(133,75 + 43,75)	35,6 a	AB	33,4 b	AB	35,4 ab	AB	40,8 b	A	40,3 b	A	32,4 a	B	31,3 c	B

*Médias de fitotoxidade seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Eventualmente herbicidas são aplicados em condições de pós-emergência tardia, dado que esta época de aplicação pode vir a causar injúrias mais severas (AZANIA et al., 2005).

A aplicação dos tratamentos em pós-emergência tardia da cultura, quando as plantas se encontravam em pleno perfilhamento com aproximadamente 70 cm de altura, proporcionou diferenças estatísticas significativas nos efeitos fitotóxicos

quanto às doses e produtos aplicados nas avaliações visuais e de produtividade (Tabela 4.4).

Sintomas visuais de fitotoxicidade causados pelos tratamentos padrão aplicados isoladamente foram maiores na avaliação de 30 DAT que reduziram posteriormente com equiparação estatística à testemunha. Os dados de produtividade não sustentam essa igualdade observada através dos índices fitotóxicos, atribuindo maior seletividade por meio da maior produtividade como a da testemunha ($64,4 \text{ t ha}^{-1}$) aos tratamentos clomazone ($1200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e isoxaflutole ($75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), $64,8$ e $68,3 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Azania et al. (2006) também observaram sintomas próximos a 20% de fitointoxicação da cultura aos 30 DAT, que reduziram aos 45 dias após a aplicação de $127,5 \text{ g isoxaflutole ha}^{-1}$ na variedade RB835089 aos 42 dias após a colheita indicando rápida seletividade à cana-de-açúcar. Rinaldi et al. (2010) relataram a seletividade da aplicação de $900 \text{ g clomazone ha}^{-1}$ em pós emergência tardia em cana planta da variedade SP 791011 perante à igualdade dos parâmetros tecnológicos e produtivos entre este tratamento e a testemunha capinada. As menores produtividades foram observadas pela aplicação, em ordem decrescente de produtividade, de ametrina ($59,7 \text{ t ha}^{-1}$), hexazinone ($55,3 \text{ t ha}^{-1}$), metribuzin ($54,7 \text{ t ha}^{-1}$) e tebuthiuron ($41,2 \text{ t ha}^{-1}$).

O desempenho da aplicação de (imazapic + imazapyr) neste estágio de desenvolvimento da cultura foi negativo quanto à seletividade, pois ao longo de todas as avaliações os índices de fitotoxicidade foram estatisticamente maiores que a testemunha sem aplicação. A aplicação da menor dose ($80,25 + 26,25 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) aos 30 DAT proporcionou um índice de 45% de toxidade que diminuiu para 15% aos 150 DAT, com valor de produtividade menor que o da testemunha e maior que dos dois tratamentos com doses mais elevadas de (imazapic + imazapyr). A presença de umidade no solo, da maior ocorrência de chuvas observadas no período e do estágio avançado de desenvolvimento da cultura, influenciaram intensamente na redução da produtividade dos tratamentos aplicados, devido a recomendação destes herbicidas de alta solubilidade serem utilizados em épocas mais secas. Os altos valores de solubilidade aliados à ocorrência de chuvas após a aplicação do experimento facilitaram o contato via lixiação dos herbicidas com a zona radicular, aumentando a absorção e consequentemente diminuindo a seletividade principalmente em solos arenosos (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

Os tratamentos (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹ ao início do período de avaliação já evidenciaram a baixa seletividade à cultura, mantendo os altos índices de fitotoxicidade até os 150 DAT, com valores de 45 e 43,3% respectivamente. Redução no porte da planta e clorose internerval evoluindo para a seca das folhas foram sintomas fortemente evidenciados visualmente devido ao uso destes tratamentos, comprometendo totalmente a produtividade das parcelas tratadas, com redução de aproximadamente 60% em relação à testemunha. De acordo com Claus (1987), esta redução no porte ocorre por estas moléculas serem capazes de inibir a síntese da enzima ALS, a qual está relacionada diretamente à biossíntese de aminoácidos precursores da síntese protéica e ao crescimento de estruturas meristemáticas que ao serem absorvidas são translocadas às zonas de crescimento promovendo a inibição da divisão celular e consequentemente do crescimento da planta.

A associação do (imazapic + imazapyr) à ametrina elevou bruscamente as médias das notas visuais de fitotoxicidade em comparação à aplicação da ametrina isolada. Os índices superaram o valor de 50% de toxicidade e no caso da associação ametrina (2400 g i.a. ha⁻¹) + (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹, este valor ultrapassou 60%, justificado pela presença de plantas com porte reduzido, injuriadas e secas, com comprometimento total da produtividade evidenciada pelo valor médio de 9,6 t de colmos ha⁻¹, o menor observado entre os tratamentos.

O clomazone na dose de 1200 g i.a. ha⁻¹ apresentou boa seletividade à cultura quando aplicado em pós-emergência tardia com valor médio de produtividade de 64,8 t ha⁻¹, estatisticamente igual ao da testemunha. Até os 60 DAT a adição do (imazapic + imazapyr) nas três doses testadas proporcionaram os mesmos níveis de danos visuais na cultura, porém após esse período os tratamentos clomazone (1200) + (imazapic + imazapyr) (120 + 40 g i.a. ha⁻¹) e clomazone (1200) + (imazapic + imazapyr) (133,75 + 43,75 g i.a. ha⁻¹) acarretaram fitotoxicidade ao nível de 51,7 e 56,7%, nesta ordem, que se mantiveram constantes aos 90, 120 e 150 DAT.

Nas parcelas tratadas com hexazinone (225 g i.a. ha⁻¹) pode-se notar um menor valor médio de produtividade em comparação com a testemunha. Já Cruz e Gurgel (1983) citam que não observaram queda na produtividade da variedade Na 56-79 devido à aplicação de 300 g hexazinone ha⁻¹ em pós-emergência da cultura. Em exceção à avaliação de 150 DAT, aos 30, 50, 90 e 120 DAT em todos os

tratamentos com associação do hexazinone ao (imazapic + imazapyr) foram observados sintomas do herbicida em níveis iguais entre si e diferentes do tratamento hexazinone isolado, fato o qual também ocorreu com os valores médios de produtividade. A aplicação de (imazapic + imazapyr) reduziu a produtividade quando comparado ao tratamento padrão, porém o aumento da dose desse herbicida não estimulou o acréscimo da fitotoxicidade. Dentre as associações de herbicidas com (80,25 + 26,25 g imazapic + imazapyr ha⁻¹) a do hexazinone juntamente a da ametrina foram as que promoveram os maiores danos na produtividade.

A adição de (imazapic + imazapyr) ao tratamento isoxaflutole (75 g i.a. ha⁻¹) foi totalmente danosa às plantas. A seletividade observada por meio da produtividade pela aplicação do isoxaflutole isoladamente foi reduzida de 68,3 t ha⁻¹ a 40,1, 35,5 e 21,3 t ha⁻¹, à medida que se aumentou a dose de (imazapic + imazapyr). Dentre os tratamentos que receberam (imazapic + imazapyr) nas doses (120 + 40), o de associação ao isoxaflutole e à ametrina foram os mais seletivos, como também pôde ser observado para o isoxaflutole entre os tratamentos que receberam 133,75 + 43,75 g i.a. das imidazolinonas.

O metribuzin apresenta baixa toxidade à cana-de-açúcar (PROCÓPIO et al., 2003), porém seu uso é recomendado na modalidade de pré-emergência ou logo após a emergência da cultura (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). A aplicação do metribuzin em pós-emergência tardia da cultura ocasionou queda de 9,7 t ha⁻¹ em relação à produtividade obtida na testemunha, sendo esta queda acentuada ainda mais pela adição de (80,25 + 26,25 g imazapic + imazapyr ha⁻¹) quando se observou produtividade média de 24,7 t ha⁻¹, 13 t ha⁻¹ pela adição de (imazapic + imazapyr) na dose (120 + 40 g i.a. ha⁻¹) e 25 t ha⁻¹ no tratamento com associação de (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹. A maior produtividade no tratamento de maior dose pode ser justificada pela heterogeneidade encontrada em alguns pontos da área experimental que podem ter interferido à parte do herbicida no desenvolvimento das plantas.

Como citado por Azania, Casagrande e Rolim (2001), o tebuthiuron é um herbicida expressivamente empregado na cana-de-açúcar, mas pode apresentar problemas de toxicidade. Entre os tratamentos padrão, a aplicação do tebuthiuron em pós-emergência tardia foi o tratamento mais fitotóxico, conseqüentemente suas

associações com o (imazapic + imazapyr) também provocaram queda na produtividade de 29,9 t ha⁻¹ pela associação de 750 g de tebuthiuron ha⁻¹ com (120 + 40 g imazapic + imazapyr ha⁻¹) em relação ao tratamento padrão, evidenciando a inaplicabilidade destes tratamentos neste estágio de desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Tabela 4.4 – Avaliações de fitotoxidade* (%) aos 30, 60, 90, 120, 150 e produtividade (t ha⁻¹) aos 150 dias após o tratamento (DAT) em pós-emergência tardia de soqueiras de cana-de-açúcar. Santa Bárbara D’oeste – SP, 2013

Dose de 30, 60, 90, 120 e 150 DAT														
Herbicidas (g i.a. ha ⁻¹)														
(Imazapic + imazapyr)	Ametrina (2400)		Clomazone (1200)		Hexazinone (225)		Isoxaflutole (75)		Metribuzin (1440)		Tebuthiuron (750)		Testemunha ..	
30 DAT														
(0 + 0)	8,3 a	AB	15,0 a	AB	13,3 a	AB	20,0 a	AB	18,3 a	AB	23,3 a	B	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	53,3 b	A	43,3 b	A	48,3 b	A	48,3 b	A	46,7 b	A	53,3 b	A	45,0 b	A
(120 + 40)	65,0 b	A	48,3 b	A	51,7 b	A	50,0 b	A	55,0 b	A	61,7 b	A	53,3 b	A
(133,75 + 43,75)	63,3 b	A	46,7 b	A	53,3 b	A	51,7 b	A	60,0 b	A	46,7 b	A	56,6 b	A
60 DAT														
(0 + 0)	6,7 a	A	6,7 a	A	10,0 a	A	23,3 a	A	11,7 a	A	18,3 a	A	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	58,3 b	A	41,7 ab	A	41,7 ab	A	55,0 a	A	56,7 b	A	53,3 ab	A	40,0 b	A
(120 + 40)	45,0 b	A	36,7 ab	A	45,0 ab	A	46,7 a	A	48,3 ab	A	60,0 b	A	48,3 b	A
(133,75 + 43,75)	61,7 b	A	45,0 b	A	65,0 b	A	55,0 a	A	66,7 b	A	66,7 b	A	68,3 b	A
90 DAT														
(0 + 0)	5,0 a	A	3,3 a	A	6,7 a	A	3,3 a	A	11,7 a	A	15,0 a	A	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	48,3 b	A	31,7 b	A	41,7 b	A	45,0 b	A	46,7 b	A	51,7 b	A	31,7 b	A
(120 + 40)	55,0 b	A	51,7 c	A	45,0 b	A	55,0 b	A	43,3 b	A	50,0 b	A	43,3 bc	A
(133,75 + 43,75)	60,0 b	A	56,7 c	A	51,7 b	A	61,7 b	A	55,0 b	A	53,3 b	A	55,0 c	A
120 DAT														
(0 + 0)	1,7 a	A	3,3 a	A	3,3 a	A	1,7 a	A	3,3 a	A	13,3 a	A	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	51,7 b	C	26,7 b	AB	30,0 b	AB	36,7 b	AB	31,7 b	AB	50,0 b	C	18,3 b	A
(120 + 40)	55,0 b	A	51,7 c	A	43,3 b	A	51,7 c	A	40,0 bc	A	51,7 b	A	43,3 c	A
(133,75 + 43,75)	58,3 b	B	56,7 c	AB	43,3 b	AB	58,3 c	B	51,7 c	AB	51,7 b	AB	41,7 c	A
150 DAT														
(0 + 0)	1,7 a	A	1,7 a	A	5,0 a	A	0,0 a	A	3,3 a	A	13,3 a	A	0,0 a	A
(80,25 + 26,25)	50,0 b	B	21,7 b	A	26,7 b	A	26,7 b	A	25,0 b	A	45,0 b	B	15,0 b	A
(120 + 40)	55,0 b	B	51,7 c	AB	43,3 c	AB	40,0 c	A	43,3 c	AB	55,0 b	B	45,0 c	AB
(133,75 + 43,75)	60,0 b	C	56,7 c	BC	41,7 c	A	56,7 d	BC	48,3 c	ABC	50,0 b	ABC	43,3 c	AB
Produtividade (t ha ⁻¹)														
(0 + 0)	59,7 a	BC	64,8 a	AB	55,3 a	C	68,3 a	A	54,7 a	C	41,2 a	D	64,4 a	AB
(80,25 + 26,25)	18,2 c	E	38,4 b	B	19,8 b	DE	40,1 b	B	27,4 b	C	26,3 b	CD	52,5 b	A
(120 + 40)	31,0 b	A	17,4 c	BC	23,6 b	B	35,5 b	A	13,0 c	C	11,3 d	C	23,4 c	B
(133,75 + 43,75)	9,6 d	D	17,4 c	C	21,2 b	ABC	21,3 c	ABC	25,0 b	AB	19,2 c	BC	28,3 c	A

*Médias de fitotoxidade seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.4 Conclusões

Nas condições dos experimentos, a seletividade da associação imazapic e imazapyr pôde ser observada para a cultura da cana-de-açúcar var. CTC14, nas aplicações em pré-emergência da dose 80,25 + 26,25 g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹, como quando associada ao tebuthiuron, metribuzin e clomazone, e em pós-emergência inicial também pela dose (80,25 + 26,25) g imazapic + imazapyr ha⁻¹, como pela associação desta com os herbicidas isoxaflutole e clomazone. A modalidade de aplicação em pós-emergência tardia se mostrou totalmente inexequível para qualquer uso do herbicida imazapic + imazapyr nas doses e condições testadas.

Referências

- 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.
- AZANIA, C.A.M.; ROLIM, J.C.; CASAGRANDE, A.A.; LAVORENTI, N.A.; AZANIA, A.A.P.M. 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.
- CARVALHO, F.T.; CASTRO, R.M.; OTSUBO, R.I.; PEREIRA, F.A.R. Controle de dez espécies daninhas em cana-de-açúcar com o herbicida mesotrione em mistura com ametryn e metribuzin. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 585-590, 2010.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; DAMIN V.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2009. 72 p.
- CLAUS, J.S. Chlorimuron-ethyl (classic): a new broadleaf postemergence herbicide in soybean. **Weed Technology**, Champaign, v. 1, n. 1, p. 114-115, 1987.
- CLEMENT, A.A.; LAMMEL, J.S.; A. FILHO, J.; 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, n. 2, p. 85-88, 1979.

CORREIA, N.M.; KRONKA Jr., B. Controle químico de plantas dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia* em cana-soca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 1143-1152, 2010.

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 SBPD**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 14-20, 2003.

COSTER, S.K.; FINDLAY, J.B.R.; SCHANS, C. van der. A combination of tebuthiuron and diuron for weed control in South African sugarcane. **Proceedings of The South African Sugar Technologists Association**, 1981. p. 106-110.

CRUZ, L.S.P.; GURGEL, M.N.A. Efeitos de hexazinone e diuron, e suas misturas, no controle de capim-colchão (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop) em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 15-20, 1983.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION – EPPO. Efficacy evaluation of plant protection products. **EPPO Bulletin**, Paris, n. 37, p. 4-98, 2007.

FAGLIARI, J.R.; OLIVEIRA Jr., R.S. de; CONSTANTIN, J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1229-1234, 2001.

FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A.; VENTRELLA, M.C.; BARBOSA, M.H.P.; PROCÓPIO, S.O.; REBELLO, V.P.A. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium+ ametryn. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

GOSNELL, J.M. Herbicide trials in Natal sugarcane. **Proceedings of the South African Sugar Technology Association**, Mount Edgecombe, v. 39, p. 171-181, 1965.

HARTZLER, R.G.; FAWCET, R.S.; OWEN, D.K. Effects of tillage on trifluralin residue carryover injury to corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Champaign, v. 37, n. 4, p. 609-615, 1989.

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. 9, n. 3, p. 419-426, 2001.

MILLER, D.K.; RICHARD JR, E.P.; GRIFFIN, J.L. Sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrids) response to simulated fallow field residues of metribuzin and sulfometuron. **Weed Technology**, Lakewood, v. 12, p. 454-457, 1998.

MONQUERO, P.A.; BINHA, D.P.; INÁCIO, E.M.; SILVA, P.V.; AMARAL, L.R. do. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 286-293, 2011.

MONTÓRIO, G.A.; CONSTANTIN, J.; VELINI, E.; MONTÓRIO, T. Seletividade de herbicidas sobre as características de produção da cana-de-açúcar utilizando-se duas testemunhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 4, n. 1, p. 146-155, 2005.

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 de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 567-575, 2004.

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.

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

RINALDI, E.B.; BALAN, M.G.; SILVA, C.M. da. Influência dos herbicidas hexazinone+ diuron e clomazone na produtividade e qualidade tecnológica da variedade de cana-de-açúcar SP79-1011. **Campo Digital**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, 2010.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JR, A.A. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**, 6.ed. Londrina, 2011. 696p.

ROLIM, J.C. **Proposta de utilização da escala EWRC modificada em ensaios de campo com herbicidas**. Araras: IAA/PLANALSUCAR. Coordenadoria Regional Sul, 1989. 3p.

SANDANIEL, C.R.; FERNANDES, L.B.; BARROSO, A.L. de L. Controle de plantas daninhas em cana soca com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Nucleus**, Ituverava, n. 1, p. 1-10, 2008.

SILVA, A. A.; SILVA, J.F.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2003. 260p.

SINGH, B.K.; SHANER, D.L. Carbon flow through branched-chain amino acid biosynthetic pathway: lessons from acetohydroxy acid synthase inhibitors. In: SINGH, B.K.; FLORES, H.E.; SHANNON, J.C. **Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 1992. p. 354–357.

TAN, S.; EVANS, R.; SINGH, B. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino Acids**, Vienna, v. 30, n. 2, p. 195-204, 2006.

TORRES, L.G.; FERREIRA, E.A.; ROCHA, P.R.R.; FARIA, A.T.; GONÇALVES, V.A.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.

TURNER, P.E.T.; LEIBBRANDT, N.B.; WIEHE, L.G.H. The phytotoxic effects of herbicides on sugarcane in South Africa. **Proceedings of The South African Sugar Technologists Association**, Mount Edgecombe, v.4300, p. 49-55, 1990.

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 DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 1993, Águas de São Pedro, SP. **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. 2, p. 123-134, 2000.

VICTÓRIA FILHO, R.; CAMARGO, P.N. Efeitos de herbicidas nos teores de macronutrientes e nas características tecnológicas da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). I-Misturas de herbicidas em pós-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 96-107, 1980.

ZERA, F.S.; AZANIA, C.A.M.; SCHIAVETTO, A.R.; LORENZATO, C.M.; FREITAS, G.B.; AZANIA, A.A.P.M. Tolerância de mamona (*Ricinus communis*) a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2011.

5 COMPORTAMENTO DA ASSOCIAÇÃO DOS HERBICIDAS IMAZAPIC E IMAZAPYR APLICADOS EM ÁREAS COM E SEM PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

O solo é o destino final dos herbicidas pré-emergentes, porém com o atual sistema de colheita mecanizada da cana-de-açúcar, a presença da palha, assim como as características físico-químicas do solo interferem na eficácia do herbicida. Com o intuito de avaliar a influência de fatores edáficos e climáticos na dinâmica da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr, aplicada na cultura da cana-de-açúcar, foram instalados quatro experimentos em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, município de Piracicaba – SP. No primeiro experimento foi avaliada a influência das intensidades de chuva simulada de 0, 5, 10, 15, 20 e 40 mm quanto à transposição do herbicida pela palhada sobre solo médio arenoso e argiloso. No segundo ensaio avaliou-se o efeito dos períodos de seca de 0, 15, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos herbicidas sobre a atividade residual, aplicados sobre solo e sobre palhada. No terceiro ensaio foi avaliada a lixiviação e efeito residual da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr em nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade do solo, e no quarto ensaio foi avaliada a eficácia das associações de imazapic e imazapyr com clomazone, metribuzin, ametrina, tebuthiuron, hexazinone ou isoxaflutole no controle de espécies daninhas em diferentes texturas de solo. Índices pluviométricos a partir de 10 e 20 mm foram suficientes para promover a transposição do herbicida sobre a camada de palha em solo argiloso e médio-arenoso, respectivamente, apresentando atividade do imazapic + imazapyr no controle do bioindicador mesmo após 120 dias de seca quando aplicado sobre a palha ou sobre o solo. A presença da associação dos herbicidas foi observada até a camada 10-20 cm de profundidade, pelos índices de controle resultantes da lixiviação e do efeito residual em solo tanto arenoso como argiloso aos 75 e 90 dias após a aplicação, sendo de um modo geral as associações imazapic + imazapyr + clomazone e imazapic + imazapyr + tebuthiuron as mais eficientes no controle das espécies *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, *Ipomea grandifolia*, *Merremia aegyptia* e *Mucuna pruriens*.

Palavras-chave: Lixiviação; Residual; Transposição; Imidazolinona

Abstract

The soil is the final destination of pre-emergent herbicides, however with the current system of mechanical harvest of sugarcane, the presence of straw as well as the soil physical-chemical characteristics may interfere in the herbicides efficacy. In order to evaluate the influence of edaphic and climatic factors on the dynamic of the association of the herbicides imazapic and imazapyr sprayed in sugarcane, it was installed four experiments in greenhouse conditions of the Department of Crop Production of ESALQ-USP, Piracicaba – SP, Brazil. In the first trial it was evaluated the influence of simulated rain intensity of 0, 5, 10, 15, 20 and 40 mm, in medium

sandy and clay soil, covered with mulch residue. In the second trial it was evaluated the effect of dry periods of 0, 15, 30, 60, 90 and 120 days after herbicide application on its residual activity, sprayed to the soil and over the straw. In the third trial the leaching and the residual effect in different layers, 0-5, 5-10 and 10-20 cm soil depth was studied; and in the fourth trial the effectiveness of the associations among imazapic + imazapyr and clomazone, metribuzin, ametryne, tebuthiuron, hexazinone or isoxaflutole was studied. Simulated rainfall volumes from 10 to 20 mm were sufficient to promote herbicide transposition through the straw to clay and medium-sandy soil, respectively. Imazapic + imazapyr effects on bio-indicator showed that even after 120 days of drought conditions after application, when applied on straw or to the soil. Imazapic + imazapyr were able to leach in the sandy and clay soils up to 10-20 cm deep layer, and residual effect at 75 and 90 days after application in sandy and clay soil. Generally, better control levels was obtained by the association of Imazapic + imazapyr and clomazone, and imazapic + imazapyr and tebuthiuron in *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia*, *Merremia aegyptia* and *Mucuna pruriens* control.

Keywords: Leaching; Residual; Transposition; Imidazolinone

5.1 Introdução

As recomendações de herbicidas para o manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar são feitas, em sua maior parte, para aplicação em condições de pré e pós-emergência inicial das plantas daninhas e da cultura. Sendo assim, o solo é o principal destino final destes produtos, sendo que as características edafo-climáticas e práticas adotadas no sistema produtivo interferem de forma significativa na eficácia de controle das plantas daninhas, seletividade para a cultura e impacto no ambiente (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

O efeito residual ideal dos herbicidas aplicados ao solo é aquele que suprime emergência da comunidade infestante ao longo do período crítico de prevenção da interferência (HAGER; NORDBY, 2007). A persistência do herbicida no solo é afetada pelos processos físico-químicos de retenção, evaporação, escoamento superficial, lixiviação e degradação do produto (BAILEY; WHITE, 1970; GRAHAM-BRYCE, 1981). O processo de retenção influencia a intensidade de ocorrência dos outros fatores por meio da adsorção e dessorção aos colóides do solo, sendo um processo complexo devido à heterogeneidade físico-química dos solos. Portanto, o conhecimento da composição físico-química do solo é requisito básico para a compreensão do fenômeno da retenção (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

Na safra 2012/13, 72,6% das áreas canavieiras do Estado de São Paulo foram colhidas mecanicamente, sendo que a palha residual sobre o solo após a

colheita mecanizada melhora a fertilidade, protege contra erosão e apresenta potencial para geração de energia elétrica nas usinas (SÃO PAULO, 2013). A presença desta palha sobre o solo reduz o potencial de infestação das plantas infestantes, porém em contrapartida interfere no desempenho dos herbicidas, uma vez que a água é o fator responsável pelo transporte destes ao solo (SIMONI et al., 2006).

A retenção, a volatilização e a lixiviação para o solo, são os principais destinos dos herbicidas após serem interceptados pela palha. Para o controle das plantas daninhas deseja-se que ocorra o transporte dos herbicidas da palha ao solo, dependendo então das características físico-químicas das moléculas (TOFOLI et al., 2009), e para Alleto et al. (2009), do período entre a aplicação do produto e a ocorrência e intensidade da primeira precipitação hídrica na área. Em geral os herbicidas com maior solubilidade e menor Kow (coeficiente de partição octanol-água), são menos retidos à palhada (CHRISTOFFOLETI et al., 2009). A sorção do herbicida na palha está intimamente relacionada ao Kow da molécula, coeficiente indicador do grau de lipofilicidade e consequentemente da afinidade com a matéria orgânica do solo (SCHWARZENBACH et al., 1992).

O movimento descendente dos herbicidas no solo é influenciado pelos atributos quantidade de matéria orgânica, composição física, densidade aparente, pH e porosidade do meio, sendo o conteúdo de matéria orgânica o fator mais importante em relação à capacidade adsorptiva do herbicida (SPRANKLE et al., 1975). O conteúdo de óxidos, o tipo de argila e o pH influenciam a adsorção e lixiviação das imidazolinonas, como por exemplo o imazapic (WEHTJE et al., 1987)

Para o uso racional dos herbicidas no sistema de produção canavieira, é imprescindível o conhecimento sobre o desempenho dos herbicidas no quando aplicados ao solo e sobre a palha. Para isto foram conduzidos experimentos para a avaliação da dinâmica e eficácia da associação de imazapic e imazapyr nas condições de aplicação sobre o solo, sobre a palha e do controle de espécies daninhas em diferentes classes texturais de solo em casa-de-vegetação da Escola Superior de Agricultura “Luiz e Queiroz” - Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba – SP.

Com o intuito de estudar a influência de fatores edáficos e climáticos na dinâmica da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr aplicados na cultura da

cana-de-açúcar, foram instalados quatro experimentos em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, município de Piracicaba – SP com os objetivos de avaliar: (i) a influência das intensidades de chuva simulada de 0, 5, 10, 15, 20 e 40 mm, em solo médio arenoso e argiloso com palhada; (ii) o efeito dos períodos de seca de 0, 15, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos herbicidas sobre a atividade residual, aplicados sobre solo e sobre palhada; (iii) a lixiviação e efeito residual da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr em nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade do solo, e; (iv) a eficácia das associações entre imazapic e imazapyr com clomazone, metribuzin, ametrina, tebuthiuron, hexazinone ou isoxaflutole no controle de espécies daninhas em diferentes texturas de solo.

5.2 Material e métodos

Os experimentos foram realizados em condições de casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, em Piracicaba - SP (Latitude: 22° 42' 32" S, Longitude: 47° 37' 43" O e 550 m de altitude) no ano de 2012. As unidades experimentais foram constituídas de vasos com capacidade de 1,1 L preenchidos com solo, sendo que para a aplicação dos tratamentos herbicidas se fez o uso de um pulverizador costal manual, trabalhando à pressão constante de 2,0 bar, pressurizado com CO₂, equipado com dois bicos do tipo leque XR 110.02, espaçados a 0,5 m aplicando um volume de calda correspondente a 200 L ha⁻¹.

5.2.1 Efeito da intensidade de chuva simulada sobre a atividade da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr em solos com palhada

Quantidades iguais de vasos plásticos de 1,1 L foram preenchidos com solo seco ao ar de texturas, argilosa (30,5 % areia, 12,3 % silte e 57,2 % argila e 14 g dm⁻³ M.O.) e média-arenosa (77 % areia, 3 % silte e 20 % argila e 48 g dm⁻³ M.O.), onde foram semeadas 10 sementes de sorgo (*Sorghum* spp.), espécie comumente utilizada como bioindicadora da presença de herbicidas (DAN et al., 2010), sendo a metade do número de vasos, de cada classe textural, coberta com 10 t de palha

seca ha^{-1} proveniente de área produtora de cana de açúcar comercial da variedade RB 86-7515.

Os vasos preenchidos com solo argiloso receberam a aplicação de 133,75 e 43,75 g de imazapic e imazapyr ha^{-1} , respectivamente; sendo que as doses utilizadas nos vasos com solo de textura média-arenosa foram 80,25 e 26,25 g imazapic e imazapyr ha^{-1} , respectivamente. Os tratamentos se diferenciaram em relação ao volume de irrigação após a aplicação, que foram 0, 5, 10, 15, 20 e 40 mm de água, adicionados nos vasos correspondentes aos tratamentos com o auxílio de um regador. Após a irrigação, a palha quando já seca foi removida e os vasos que não receberam 40 mm de água, foram irrigados até que se completasse esse valor com o intuito de igualar a condição hídrica do solo perante as sementes.

Aos 21 dias após o tratamento (DAT) foram realizadas avaliações de contagem do número de plantas emergidas e controle de visual (%).

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com seis repetições e os dados de controle visual foram submetidos ao Teste F na análise da variância para verificação da hipótese da existência de diferença entre os níveis de controle visual proporcionado pelos tratamentos, e posteriormente ao Teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

A metodologia utilizada para a estimativa da quantidade de herbicida transposto pela palha através do número de plantas controladas partiu do cálculo do número de plantas que seriam controladas se 100% do herbicida atravessasse as 10 t de palha ha^{-1} , pela subtração da média do número de plantas germinadas em solo sem palha e com aplicação herbicida, do número médio de plantas germinadas na testemunha com palha, para que fosse possível avaliar o efeito conjunto do herbicida e da palha na supressão da planta bioindicadora. Para o cálculo da estimativa da porcentagem de herbicida transposto pela palha, o número médio de plantas controladas em cada tratamento de lâmina de irrigação foi correlacionado percentualmente ao número previamente calculado de plantas controladas se 100% do herbicida atravessasse as 10 t de palha ha^{-1} .

Após o cálculo da estimativa da proporção da quantidade de herbicida transposto pela palha em cada volume de irrigação aplicado nas duas classes texturais de solo, procedeu-se então com a análise de regressão para geração de

gráficos e verificação da relação entre este parâmetro e do controle visual (%) com o volume de água irrigado.

5.2.2 Efeito do período de "seca" após aplicação sobre a atividade da associação de imazapic e imazapyr em solos com palhada

Em vasos (1,1 L de capacidade) preenchidos solo seco de textura argilosa (30,5 % areia, 12,3 % silte e 57,2 % argila e 14 g dm^{-3} M.O.) e de textura média-arenosa (77 % areia, 3 % silte e 20 % argila e 48 g dm^{-3} M.O.), foram semeadas 10 sementes de sorgo sendo a metade do número de vasos coberta com 10 t de palha seca ha^{-1} , proveniente de área produtora de cana de açúcar comercial da variedade RB 86-7515.

Os vasos preenchidos com solo argiloso receberam a aplicação de 133,75 + 43,75 g de imazapic e imazapyr ha^{-1} , respectivamente, e os vasos com solo de textura média-arenosa, 80,25 e 26,25 g de imazapic e imazapyr ha^{-1} , respectivamente. Os tratamentos se diferenciaram em relação ao período de "seca" após a aplicação dos herbicidas, que variou de 0, 15, 30, 60, 90 e 120 dias até que recebessem irrigação do sistema de aspersão da casa-de-vegetação.

Aos 21 dias após a primeira irrigação, foi realizada a avaliação do controle visual (%) das plantas de sorgo e coleta da parte aérea para obtenção dos valores de massa seca em estufa de circulação forçada durante 72 horas à temperatura constante de 60°C com o propósito da obtenção de informações sobre a permanência do imazapic + imazapyr no solo com e sem palhada em períodos de estiagem. Os dados foram analisados pelo Teste F na análise da variância para verificação da hipótese da existência de diferença entre os tratamentos, e posteriormente ao Teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

5.2.3 Avaliação do efeito residual da associação de imazapic e imazapyr em diferentes camadas do solo

Foram aplicadas as doses (80,25 + 26,25) e (133,75 + 43,75) g imazapic + imazapyr ha^{-1} , em áreas de solo arenoso (17,6 % de argila, $\text{pH} = 6,7$, 12 g dm^{-3} M.O.) e argiloso (57,2 % argila, $\text{pH} = 6,4$, 14 g dm^{-3} M.O.), respectivamente, que receberam precipitação total aproximada de 370 mm proveniente de chuva durante

60 dias. Após 60 dias da aplicação, em cada área foram coletadas amostras de solo das camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, as quais foram ensacadas e levadas à casa-de-vegetação onde em vasos de 1,1 L foram adicionadas, procedendo então com a semeadura de 10 sementes de sorgo (*Sorghum* spp.), espécie bioindicadora de residual herbicida.

Aos 15 e 30 dias após a semeadura do sorgo (DAS), foram realizadas avaliações de controle visual segundo a escala proposta pela ALAM (1974), de altura média de plantas por vaso (medida do colo à extremidade foliar) e mensuração da massa seca da parte aérea por secagem em estufa de circulação forçada durante 72 horas à temperatura constante de 60°C, com o propósito de avaliar a intensidade de lixiviação da associação imazapic e imazapyr em condições de campo como também seu efeito residual em diferentes profundidades e texturas de solo.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e os dados foram submetidos ao Teste F na análise da variância para verificação da hipótese da existência de diferença entre os tratamentos, e posteriormente ao Teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

5.2.4 Avaliação da eficácia de associações entre imazapic e imazapyr e outros herbicidas no controle de espécies daninhas em diferentes texturas de solo

Em solo argiloso (30,5 % areia, 12,3 % silte e 57,2 % argila e 14 g dm⁻³ M.O.) e médio-arenoso (77 % areia, 3 % silte e 20 % argila e 48 g dm⁻³ M.O.), foram realizados dois experimentos em casa-de-vegetação para a avaliação da eficácia da associação de imazapic e imazapyr e de suas associações com outros herbicidas comumente utilizados no sistema produtivo da cana-de-açúcar (Tabela 5.1) no controle de espécies daninhas.

Tabela 5.1 – Lista de tratamentos aplicados em solo médio-arenoso e argiloso para o controle de espécies daninhas em casa-de-vegetação, Piracicaba – 2013

Tratamentos	Dose g i.a. ha ⁻¹	
	Solo médio-arenoso	Solo argiloso
1 (Imazapic + imazapyr)	(120 + 40)	(160,5 + 52,5)
2 Clomazone	1200	1200
3 Metribuzin	1440	1440
4 Ametrina	2400	3200
5 Tebuthiuron	750	1250
6 Hexazinone	150	300
7 Isoxaflutole	75	112,5
8 (Imazapic + imazapyr) + Clomazone	(120 + 40) + 1200	(160,5 + 52,5) + 1200
9 (Imazapic + imazapyr) + Metribuzin	(120 + 40) + 1440	(160,5 + 52,5) + 1440
10 (Imazapic + imazapyr) + Ametrina	(120 + 40) + 2400	(160,5 + 52,5) + 3200
11 (Imazapic + imazapyr) + Tebuthiuron	(120 + 40) + 1250	(160,5 + 52,5) + 1250
12 (Imazapic + imazapyr) + Hexazinone	(120 + 40) + 150	(160,5 + 52,5) + 300
13 (Imazapic + imazapyr) + Isoxaflutole	(120 + 40) + 75	(160,5 + 52,5) + 112,5

Cada vaso de capacidade 1,1 L foi adubado com 5 g de N-P-K 10-10-10, onde foram semeadas as espécies *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea grandifolia*, *Merremia aegyptia* e *Mucuna pruriens*, sendo que após a aplicação dos tratamentos os vasos foram irrigados diariamente por meio de um sistema de irrigação por aspersão automático da casa de vegetação.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições sendo realizadas avaliações visuais de controle aos 15, 30, 60, 90 e 120 DAT e coleta da parte aérea aos 120 DAT para mensuração da massa seca da por secagem em estufa de circulação forçada durante 72 horas à temperatura constante de 60°C para posterior pesagem. Os dados obtidos foram submetidos ao Teste F na análise da variância para verificação da hipótese da existência de diferença entre os tratamentos, e posteriormente ao Teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Efeito da intensidade de chuva simulada sobre a atividade da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr em solos com palhada

De modo geral nos solos médio arenoso e argiloso a quantidade de herbicida transposto pela palha (10 t ha^{-1}) aumentou à medida que houve o incremento no volume de água irrigado. Cavenaghi et al. (2006) verificaram que quantidades acima de 20 mm são suficientes para que a maioria do imazapic transponha a palhada. Diversos são os fatores determinantes na eficácia do herbicida quando aplicado sobre a palha, sendo eles: a interceptação pela camada de palha; a intensidade de chuva após a aplicação que é responsável pelo transporte do herbicida ao solo; a solubilidade em água do herbicida e sua tendência de sorção à palha (VELINI et al., 2003).

Pôde-se observar que em solo médio arenoso a simulação de chuva de volume 5 mm foi a menos efetiva no carregamento do herbicida ao solo, representado pelo valor de 9,25% que foi transposto pela palha com controle visual das plantas de sorgo de 27,5% (Tabela 5.2). Azania et al. (2004) constataram que em épocas do ano de baixa precipitação (épocas conhecidas popularmente como época seca), camada de palha equivalente a 15 t ha^{-1} possui alto potencial de retenção do herbicida imazapic.

Com o incremento do volume irrigado houve maior transposição do imazapic + imazapyr na dose $80,25 + 26,25 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, como observado na Figura 5.1 onde os volumes de 10 e 15 mm carregaram as proporções de 30,05 e 39,31% do herbicida aplicado sobre a palha, proporcionando índices médios de controle de 55 e 75%, respectivamente, devido à quantidade de herbicida que chegou ao solo.

Para Rodrigues et al. (2000) e Fornarolli et al. (1998), uma chuva de 20 mm já é suficiente para carregar ao solo boa parte dos produtos depositados sobre a palha. Neste caso as simulações de lâminas de chuva equivalentes a 20 e 40 mm foram suficientes para promover transposição do herbicida ao nível de proporcionar os maiores índices de controle visual, 90 e 90,8%, sendo que os valores 41,62% e 76,3% de herbicida transposto pela palha não proporcionaram índices de controle estatisticamente diferentes. Rodrigues et al. (2000) estudando o herbicida imazaquin, uma imidazolinona como o imazapic e o imazapyr, observaram que 20

mm de irrigação é suficiente para promover a lixiviação do produto da palha (7 e 14 t ha⁻¹) ao solo, uma vez que a condução desses produtos pela água pode ser explicada pelos altos valores de solubilidade dessas moléculas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Silva et al. (2011), citam que 30 mm de chuva após um dia da aplicação de 300 g imazapic ha⁻¹ sobre 10 t de palha ha⁻¹ foi o suficiente para proporcionar índices de controle superiores a 80% para *Urochloa decumbens* e *Ipomoea triloba*.

Tabela 5.2 – Valores de quantidade de herbicida (%) que transpõe a palha em relação ao número de plantas controladas de *Sorghum* spp. e ao volume irrigado (mm) após a aplicação de 80,25 + 26,25 g de imazapic + imazapyr ha⁻¹, respectivamente sobre a palhada em solo médio arenoso

Irrigação (mm)	Sem palha	Com palha			
	nº de plantas germinadas	nº de plantas germinadas	nº de plantas controladas	nº plantas controladas se 100% do herbicida transpor a palha*	% de herbicida que transpôs a palha**
Testemunha	10,00	9,00	..	7,21	..
5	1,80	8,33	0,67	7,21	9,25
10	1,33	6,83	2,17	7,21	30,06
15	1,50	6,17	2,83	7,21	39,31
20	1,83	6,00	3,00	7,21	41,62
40	2,50	3,50	5,50	7,21	76,30
Média	1,79				

*(nº de plantas germinadas na testemunha com palha - média do nº de plantas germinadas em solo sem palha); **relação percentual entre o nº plantas controladas se 100% do herbicida transpor a palha e o nº de plantas controladas

Figura 5.1 – Relação entre volume de irrigação (mm) e os parâmetros controle visual (%) e quantidade de herbicida que transpõe a palha (%) sobre solo médio arenoso

A simulação de 5 mm de chuva sobre $133,75 + 43,75$ g imazapic + imazapyr ha^{-1} , foi a menos efetiva na transposição do herbicida através das 10 t de palha ha^{-1} em relação ao controle de plantas de sorgo em solo argiloso (Tabela 5.3). As lâminas de irrigação de 10, 15 e 20 mm, proporcionaram efeito semelhante quanto ao índice de porcentagem de herbicida transposto através palha com valores de 62,89, 65,41 e 62,89%, respectivamente, com índices de controle estatisticamente iguais, de 76,67% para simulação de 10 mm e 77,5% para as simulações de 15 e 20 mm (Figura 5.2). Monquero et al. (2007) em condições de campo observaram a alta eficácia no controle de *Euphorbia heterophylla* pela aplicação sobre 10 t de palha ha^{-1} tanto do imazapic (84 g i.a. ha^{-1}) como do imazapyr (200 g i.a. ha^{-1}) em um regime hídrico de 9,2 mm mensurado durante o mês de condução do experimento, como também relatado por Francisco et al. (2007) que ao aplicarem o herbicida imazapic sobre solo coberto com 12 t de palha ha^{-1} com simulação de chuva de 10 mm após a

aplicação observaram adequada eficácia do herbicida no controle de *Ipomoea triloba* e *Euphorbia heterophylla*.

O maior índice de controle das plantas de sorgo, 87,5%, pôde ser observado pela aplicação da lâmina de irrigação de 40 mm, que proporcionou a lixiviação de 65,41% do total de herbicida aplicado sobre a palha. Pela metodologia utilizada de cálculo da proporção de herbicida que transposto pela palha, a porcentagem de (imazapic + imazapyr) carregada pela lâmina de irrigação de 15 mm foi a mesma observada pela simulação de 40 mm, sendo que nesta os sintomas de fitotoxicidade ao sorgo foram mais evidentes pela redução do porte e presença de clorose internerval do limbo foliar. Hernandez et al. (2001) em concordância à estes dados, simulando diferentes intensidades de chuva após 24 horas da aplicação de 122,5 e 147 g imazapic ha⁻¹ observaram que o valor de 30 mm de irrigação foi o mais adequado para a redução do porte das plantas de sorgo.

Tabela 5.3 – Valores de quantidade de herbicida (%) que transpõe a palha em relação ao número de plantas controladas de *Sorghum* spp. e ao volume irrigado (mm) após a aplicação de 133,75 + 43,75 g de imazapic + imazapyr ha⁻¹, respectivamente sobre a palhada em solo argiloso

Irrigação (mm)	Sem palha	Com palha			
	nº de plantas germinadas	nº de plantas germinadas	nº de plantas controladas	nº plantas controladas se 100% do herbicida transpor a palha*	% de herbicida que transpõe a palha**
Testemunha	9,00	8,66	..	6,63	..
5	2,00	7,67	1,00	6,63	20,13
10	2,00	4,83	3,83	6,63	62,89
15	1,67	4,67	4,00	6,63	65,41
20	0,67	4,83	3,83	6,63	62,89
40	3,83	4,67	4,00	6,63	65,41
Média	2,03				

*(nº de plantas germinadas na testemunha com palha - média do nº de plantas germinadas em solo sem palha); **relação percentual entre o nº plantas controladas se 100% do herbicida transpor a palha e o nº de plantas controladas

Figura 5.2 – Relação entre volume de irrigação (mm) e os parâmetros controle visual (%) e quantidade de herbicida que transpõe a palha (%) sobre solo argiloso

5.3.2 Efeito do período de "seca" após aplicação sobre a atividade da associação de imazapic e imazapyr em solos com palhada

Em solo médio arenoso, a aplicação de 80,25 + 26,25 g de imazapic + imazapyr ha⁻¹ respectivamente promoveu índices de controle das plantas de sorgo, aos 21 dias após a irrigação (DAI), superiores a 80 %, valor mínimo para um controle adequado (FRANS et al., 1986), e constantes em todos os períodos de seca, tanto em solo com a presença e ausência da palha como cobertura (Figura 5.3). Os valores de massa seca obtidos pelos tratamentos em solo sem palha foram estatisticamente iguais entre os períodos de seca testados, já em presença da palha houve um incremento no valor de massa seca aos 15 e 30 dias de período de seca (Tabela 5.4), o qual foi reduzido e estabilizado nas avaliações de 60, 90 e 120, equiparando-se estatisticamente ao observado no tratamento sem período de seca (0 dias). Já Monquero et al. (2008) relatam queda na eficácia do controle do

bioindicador *Cucumis sativus* após 90 dias de seca depois da aplicação de imazapyr (125 g ha⁻¹) e imazapic (105 g ha⁻¹) em solo de textura média.

Para Fornarolli et al. (1998) a retenção dos herbicidas na palha varia de acordo com as características de solubilidade em água, pressão de vapor e coeficiente de distribuição octanol-água (Kow) da molécula e com a quantidade de palha e intensidade e período seco após a aplicação, neste caso a presença de 10 t de palha ha⁻¹ de um modo geral não interferiu na eficácia da dose (80,25 + 26,25 g i.a.) do herbicida em relação ao solo médio arenoso sem palha, sendo que não houve diferença entre os valores de massa seca observados nas duas condições de cobertura de solo aos 0, 60, 90 e 120 dias de seca.

Figura 5.3 – Avaliação aos 21 dias após a irrigação, do efeito residual da aplicação de (80,25 + 26,25) g imazapic + imazapyr ha⁻¹ em solo médio arenoso, com e sem palha sobre *Sorghum* spp.

Na ausência da palha sobre solo argiloso, o residual da aplicação de 133,75 + 43,75 g imazapic + imazapyr ha⁻¹ foi observado até os 120 dias de seca, evidenciado pela constância estatística dos valores de massa e de porcentagem de controle das plantas de sorgo (Figura 5.4). Uma vez que o principal mecanismo de degradação das imidazolinonas no meio edáfico ocorre através da ação microbiana (LOUX et al., 1989; FLINT & WITT, 1997), a ausência de umidade nos tratamentos com período de seca desfavoreceu a atividade da microbiota do solo, aumentando a persistência do (imazapic + imazapyr) no meio, já que segundo Kraemer et al. (2009), quando as

condições do meio favorecem o desenvolvimento dos microrganismos a degradação das imidazolinonas aumenta. Em contraposição, em experimentos realizados por Monquero et al. (2008), a aplicação de imazapic (200 g ha^{-1}) sobre solo argiloso com 53% de argila, apresentou atividade residual quando submetido a até 90 dias de seca, sendo capaz de causar intoxicação do bioindicador na ordem de 80%, já o imazapyr ($122,5 \text{ g ha}^{-1}$) teve seu efeito reduzido no controle do bioindicador em período superior a 60 dias de seca.

Sobre a palha (10 t ha^{-1}) em solo argiloso, o residual do (imazapic + imazapyr) se manteve até no tratamento de 120 dias de seca de acordo com os dados de massa seca, porém em relação ao controle percentual, até os 90 dias de seca foram observados índices de controle estatisticamente iguais ao tratamento sem período seco após a aplicação, considerado o ideal. Carvalho et al. (2006) observaram resultados semelhantes aos deste experimento, pela aplicação de imazapic sobre solo exposto e coberto com $12 \text{ t palha ha}^{-1}$, relatando a presença de atividade herbicida mesmo após 90 dias de seca.

A presença da palha quando comparada à sua ausência em relação à aplicação de $(133,75 + 43,75) \text{ g imazapic + imazapyr ha}^{-1}$ sobre solo argiloso, propiciou redução na eficácia do herbicida, observada através dos maiores valores de massa seca de plantas, indicando menor controle nos tratamentos com palha em todos os períodos de seca, fato o qual pode ser explicado pela retenção de parte do herbicida pela palha, sendo que o remanescente que chega ao solo pode ter sido sorvido em maior intensidade devido ao alto teor de argila, que como citado por Kraemer et al. (2009), a textura é um dos fatores de dependência da sorção das imidazolinonas no solo.

As propriedades físico-químicas do imazapic e do imazapyr foram determinantes na eficácia do herbicida no controle das plantas de sorgo ao longo dos períodos de seca, ressaltando que ambos herbicidas se encaixam nas classes de moléculas hidrofílicas, de solubilidade muito alta, de pouca volatilidade e de fraca sorção à matéria orgânica (DEUBER, 1992; GEBLER & SPADOTTO, 2004; ROSS & LEMBI, 1999; VIDAL, 2002).

Figura 5.4 – Avaliação aos 21 dias após a irrigação, do efeito residual da aplicação de (133,75 + 43,75) g imazapic + imazapyr ha⁻¹ em solo argiloso, com e sem palha sobre *Sorghum* spp.

Tabela 5.4 – Valores de massa seca (g)* da parte aérea de plantas de sorgo aos 21 dias após a irrigação, obtidos pelos tratamentos de períodos de seca após a aplicação do (imazapic + imazapyr) em solo médio-arenoso e argiloso, com a presença e ausência de palha de cana-de-açúcar como cobertura

Solo	Palha	Período de seca após a aplicação (dias)					
		0	15	30	60	90	120
Médio arenoso	sem	1,0024 a A	1,0008 a A	1,0008 a A	1,0024 a A	1,0016 a A	1,0033 a A
	com	1,0057 a A	1,0311 b B	1,0230 b B	1,0066 a A	1,0049 a A	1,0066 a A
Argiloso	sem	1,0017 a A	1,0000 a A	1,0040 a A	1,0040 a A	1,0020 a A	1,0020 a A
	com	1,0066 b A	1,0140 b B	1,0110 b AB	1,0100 b AB	1,0110 b AB	1,0090 b AB

*médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; dados transformados por $\sqrt{x+1}$.

5.3.3 Avaliação do efeito residual da associação de imazapic e imazapyr em diferentes camadas do solo

Houve diferença significativa para os valores observados dos parâmetros avaliados entre as diferentes camadas de solo coletadas e a testemunha sem aplicação para ambas as classes texturais de solo (tabelas 5.5 e 5.6).

Quanto aos dados obtidos no experimento com solo arenoso, a atribuição de níveis médios de controle (%) da planta bioindicadora *Sorghum* spp. significativamente diferentes da testemunha, elucida a ocorrência da lixiviação do

(imazapic + imazapyr) até a profundidade de 20 cm de solo, sendo que quanto à esse parâmetro, aos 15 DAS os maiores níveis de controle visual foram observados através das amostras 0-5 e 5-10 cm de profundidade. Houve maior redução na altura de plantas quando semeadas nas amostras de solo da camada 0-5 cm com valor médio de 3,9 cm, sendo também observada redução expressiva na altura das plantas em relação à testemunha nos tratamentos provenientes de solo das camadas inferiores. Já aos 30 DAS, as medidas médias da altura de plantas semeadas nos vasos com residual herbicida foram estatisticamente iguais entre si e diferentes da testemunha sem herbicida.

Durante as avaliações de 15 e 30 DAS, foi possível observar expressiva redução na massa seca da parte aérea das plantas de sorgo igualmente em todas as camadas em relação à testemunha, devido ao residual da aplicação de 80,25 + 26,25 g imazapic + imazapyr ha⁻¹ após 60 dias no campo e subsequentemente 15 e 30 dias sob irrigação da casa-de-vegetação, indicando a presença do herbicida até a camada mais profunda de 20 cm. Inoue et al. (2007) também relatam a presença de concentrações semelhantes do herbicida imazapic (65 g ha⁻¹) em todas as camadas até 25 cm de profundidade de um solo arenoso (10% de argila, pH = 4,5) após simulação de 80 mm de chuva, evidenciada pela igualdade estatística da redução na massa seca da parte aérea de plantas da espécie *Brachiaria decumbens*.

O volume de 370 mm de chuva observado durante o período do experimento em campo, aliado a outros fatores, favoreceu a lixiviação do (imazapic + imazapyr) até a camada 10-20 cm, pois segundo Avila et al. (2010), condições de alta umidade favorecem a dessorção das imidazolinonas por proporcionarem maior diluição destes herbicidas.

Tabela 5.5 – Valores médios* dos parâmetros controle visual, altura de plantas e massa seca aos 15 e 30 dias após a semeadura (DAS) do bioindicador em amostras de solo de textura arenosa provenientes de diferentes profundidades coletadas 60 dias após a aplicação de imazapic + imazapyr

Tratamentos	15 DAS						30 DAS					
	Controle (%)		Altura de plantas (cm)		Massa seca (g)		Controle (%)		Altura de plantas (cm)		Massa seca (g)	
Testemunha	0,0	a	18,1	a	1,54	a	0,0	a	38,5	a	3,11	a
0-5	78,8	b	3,9	b	0,26	b	70,0	b	9,6	b	0,30	b
5-10	75,0	b	6,6	c	0,26	b	61,3	c	11,2	b	0,33	b
10-20	63,7	c	7,2	c	0,24	b	62,5	c	15,9	b	0,50	b

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em solo argiloso, a dose (133,75 + 43,75) g imazapic + imazapyr ha⁻¹ teve um efeito residual nas diferentes camadas de solo coletadas que se estendeu durante os 60 dias em condições de campo, com capacidade de controle do bioindicador até 30 dias após a semeadura em casa-de-vegetação.

Níveis de controle sobre o sorgo foram observados com maior intensidade nos tratamentos provenientes das camadas 0-5 e 5-10 cm de profundidade aos 15 DAS, e aos 30 DAS na camada 0-5 cm. Haja vista que para os demais parâmetros altura de plantas e massa seca, por meio das duas avaliações realizadas, foi possível notar a igualdade estatística entre os tratamentos provenientes de coletas de solo que receberam a aplicação do imazapic + imazapyr, ou seja, em todas as três camadas coletadas as proporções de redução na altura e na massa em relação à testemunha foram iguais, indicando a ocorrência da lixiviação do produto em solo argiloso de tal modo a haver uma semelhança quanto à concentração de herbicida em cada camada. Em situação semelhante, Monquero et al. (2008) descrevem a presença de fitotoxicidade no bioindicador *Cucumis sativus* causada pelos herbicidas imazapic (84 g i.a ha⁻¹) e imazapyr (200 g i.a ha⁻¹) em profundidade de até 25 cm de profundidade em colunas preenchidas com Latossolo Vermelho Distrófico (pH = 5,3). O potencial de lixiviação do imazapyr também é relatado por autores como Inoue et al. (2003) que denotam este herbicida como lixiviador e por Firmino et al. (2008a) que descrevem sua alta mobilidade em solo muito argiloso como em areia-franca.

Tabela 5.6 – Valores médios* dos parâmetros controle visual, altura de plantas e massa seca aos 15 e 30 dias após a semeadura (DAS) do bioindicador em amostras de solo de textura argilosa provenientes de diferentes profundidades coletadas 60 dias após a aplicação de imazapic + imazapyr

Tratamentos	15 DAS						30 DAS					
	Controle (%)		Altura de plantas (cm)		Massa seca (g)		Controle (%)		Altura de plantas (cm)		Massa seca (g)	
Testemunha	0,0	a	18,9	A	1,84	a	0,0	a	40,9	a	3,43	a
0-5	75,0	b	5,0	B	0,3	b	68,8	b	11,9	b	0,37	b
5-10	75,0	b	5,3	B	0,34	b	61,3	c	15,8	b	0,36	b
10-20	68,8	c	5,4	B	0,28	b	58,8	c	16,9	b	0,38	b

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Koskinen e Harper (2001), o pH do solo e o teor de matéria orgânica exercem influência na dinâmica das imidazolinonas no meio edáfico, dado a presença do grupo carboxílico na estrutura molecular do imazapic e imazapyr (FIRMINO et al., 2008b; TAN et al., 2005).

O imazapic e o imazapyr são herbicidas que se comportam como ácidos fracos, com valores de pKa de 3,9 e 3,6, respectivamente (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), o que nos ambientes estudados de solo arenoso de pH = 6,7 e argiloso de pH = 6,4, proporciona a predominância destas moléculas na forma dissociada ou aniônica, uma vez que os valores de pH das soluções do solo são maiores que os valores de pKa (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011). Assim quanto maior a proporção de moléculas dissociadas, maior a solubilidade e disponibilidade do herbicida (KRAEMER et al., 2009), o que justifica a presença dos herbicidas imazapic e imazapyr até a camada 10-20 cm de profundidade em ambas as texturas de solo, em quantidade a proporcionar atividade residual no controle sobre as plantas bioindicadoras.

5.3.4 Avaliação da eficácia de associações entre imazapic e imazapyr e outros herbicidas no controle de espécies daninhas em diferentes texturas de solo

Os tratamentos herbicidas proporcionaram resultados de controle visual significativamente diferentes entre si, sendo possível observar diferenças na eficácia da associação herbicida imazapic e imazapyr de acordo com a espécie estudada.

Em solo de textura média arenosa o controle da braquiária (*Brachiaria decumbens*) aos 15 e 30 DAT foi superior a 80%, valor mínimo para um controle adequado (FRANS et al., 1986), porém na avaliações posteriores o controle reduziu ao nível de 72,5%, como observado aos 120 DAT na tabela 5.7 e também por Santos et al. (2009) em situação semelhante, na qual citam um controle de 76 % pela aplicação de 119 g imazapic ha⁻¹ em solo arenoso para *B. decumbens*. Estatisticamente, a aplicação de (120 + 40 g imazapic + imazapyr ha⁻¹) proporcionou índice médio de controle igual ao de todos os padrões, o que não foi observado através dos dados de massa seca (Tabela 5.8), nos quais o valor obtido pelo tratamento (imazapic + imazapyr) somente foi menor que os obtidos na testemunha e no tratamento isoxaflutole. Houve redução no controle da braquiária ao longo do tempo pelo tratamento 75 g isoxaflutole ha⁻¹, sendo o menos eficiente entre todos aos 120 DAT, fato o qual pode ser amparado por resultados de Melo et al. (2010) que notaram a diminuição do efeito residual da aplicação de isoxaflutole (113 g i.a. ha⁻¹) ao longo do tempo em solo arenoso, com 40% de controle do bioindicador sorgo aos 60 DAT em condições de casa-de-vegetação, justificado pela menor quantidade de sítios sortivos disponíveis em solos arenosos ao isoxaflutole. Porém o uso do isoxaflutole associado ao (imazapic + imazapyr) foi vantajoso no controle desta gramínea, visto a elevação no controle visual da espécie e redução nos valores de massa seca em relação à testemunha.

As diversas espécies de capim colchão estão amplamente disseminadas no Estado de São Paulo, sendo necessário que se proceda com a identificação correta da espécie para a tomada de decisões quanto ao controle (OBARA et al. 2012). Para o capim colchão (*D. horizontalis*), o controle promovido pela aplicação de (120 + 40 g imazapic + imazapyr ha⁻¹) foi superior a 80% nas avaliações de 30 e 60 DAT, o qual reduziu a 72,5 e 65% aos 90 e 120 DAT, respectivamente. Em relação aos parâmetros massa seca e controle visual, os tratamentos mais eficientes foram clomazone, metribuzin e as associações do (imazapic + imazapyr) ao clomazone e hexazinone. Lorenzi (2000) em sua obra relata a alta susceptibilidade do capim colchão aos herbicidas imazapic e imazapyr, como Carvalho et al. (2005) também relatam a alta susceptibilidade da *D. horizontalis* ao imazapic por meio de curvas dose resposta realizadas em casa de vegetação, porém no caso deste experimento, pode-se ressaltar o fator irrigação como item totalmente influente no resultado, uma

vez que nestas condições controladas a disponibilidade hídrica diária pode ter propiciado maior lixiviação destes herbicidas de alta solubilidade. O alto nível de controle obtido pela associação do (imazapic + imazapyr) ao clomazone se deve à este inibidor da síntese de carotenoides, que aplicado isoladamente proporcionou índice de controle de 100% aos 120 DAT, como também observado por Correia, Perussi e Gomes (2012) aos 94 dias após terem aplicado a mesma dose de clomazone sobre a *D. horizontalis*.

Em relação ao controle da mucuna preta (*M. pruriens*) pelo (imazapic + imazapyr), é possível observar a ineficácia deste através dos dados de massa seca com valor médio estatisticamente igual ao observado na testemunha. A alta capacidade de produção de massa verde aliada ao hábito trepador tornam a mucuna uma importante planta daninha no sistema de produção canavieiro (NICOLAI et al, 2012). As associações do (imazapic + imazapyr) ao metribuzin, clomazone e isoxaflutole, foram as mais eficientes na redução dos valores de massa seca, porém não diferiram dos tratamentos onde estes herbicidas padrão foram aplicados isoladamente, já na associação com o clomazone, houve redução na massa seca em relação ao tratamento clomazone isolado ao ponto de se igualar estatisticamente aos melhores tratamentos observados.

Quanto à inibição do desenvolvimento da *Ipomoea triloba* (corda-de-viola) pela aplicação de (120 + 40) g imazapic + imazapyr ha⁻¹ pode-se ressaltar a baixa taxa de controle promovida por este herbicida. Os tratamentos ametrina, hexazinone e isoxaflutole também se igualaram à testemunha quanto à porcentagem de controle, como também descrito por Carbonari et al. (2010), que designa o controle da *I. triloba* pelo isoxaflutole nas doses 150 e 225 g i.a. ha⁻¹ como bastante insatisfatórios.

As associações do (imazapic + imazapyr) ao clomazone e ao hexazinone promoveram efeito sinérgico no controle da *I. triloba*, enquanto na aplicação isolada destas moléculas o controle observado foi abaixo de 30%, com a associação, tais níveis atingiram valores acima de 70%, igualando-se aos melhores tratamentos de associação ao metribuzin e tebuthiuron em relação à redução dos valores médios de massa seca da parte aérea e do controle visual.

A presença de diferenças entre a susceptibilidade de espécies de corda de viola à herbicidas é fundamental na recomendação quanto ao manejo (NICOLAI et al. 2013)

Tabela 5.7 – Índices médios* de controle visual (%) aos 120 DAT, obtidos pela aplicação em pré-emergência dos tratamentos em solo médio arenoso sobre as espécies daninhas, Piracicaba – 2013

Tratamentos	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	<i>Brachiaria</i> <i>decumbens</i>	<i>Digitaria</i> <i>horizontalis</i>	<i>Mucuna</i> <i>pruriens</i>	<i>Ipomoea</i> <i>triloba</i>	<i>Merremia</i> <i>aegyptia</i>
1- Testemunha	..	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
2- (I + I) ¹	(120 + 40)	72,5 b c d	65,0 b c d	48,8 a b	6,3 a b	31,3 b
3- Clomazone	1200	100,0 d	100,0 e	46,3 a b	33,8 c d	78,8 c d
4- Metribuzin	1440	100,0 d	86,3 b c d e	91,3 b	57,5 e f	92,5 d
5- Ametrina	2400	76,3 c d	72,5 b c d e	55,0 a b	2,5 a	68,8 c
6- Tebuthiuron	750	72,5 b c d	86,3 b c d e	70,0 b	48,8 d e	96,3 d
7- Hexazinone	150	92,5 c d	88,8 c d e	100,0 b	8,8 a b	77,5 c d
8- Isoxaflutole	75	40,0 b	61,3 b c	95,0 b	2,5 a	73,8 c d
9- (I + I) + clomazone	(120 + 40) + 1200	100,0 d	92,5 d e	91,3 b	70,0 f g	85,0 c d
10- (I + I) + metribuzin	(120 + 40) + 1440	92,5 c d	76,3 b c d e	100,0 b	73,8 f g	92,5 d
11- (I + I) + ametrina	(120 + 40) + 2400	62,5 b c	66,3 b c d	71,3 b	22,5 b c	67,5 c
12- (I + I) + tebuthiuron	(120 + 40) + 1250	77,5 c d	60,0 b	73,8 b	77,5 g	95,0 d
13- (I + I) + hexazinone	(120 + 40) + 150	80,0 c d	81,3 b c d e	95,0 b	80,0 g	80,0 c d
14- (I + I) + isoxaflutole	(120 + 40) + 75	96,3 c d	72,5 b c d e	100,0 b	8,8 a b	73,8 c d

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ¹(I + I) = (imazapic + imazapyr).

A *Merremia aegyptia*, também conhecida vulgarmente como corda de viola, não foi controlada em níveis satisfatórios pela dose 120 + 40 g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹. Aos 15 e 30 DAT, os níveis médios de controle ultrapassaram 60% e decresceram posteriormente até 31,3% como observado aos 120 DAT. Em estudos realizados por Correia, Braz e Fuzita (2010), a aplicação de imazapic (147 g ha⁻¹) resultou em índices de controle insatisfatórios para *M. aegyptia*, ao nível de 45 % aos 130 dias da aplicação em pré-emergência após a colheita da cana-de-açúcar.

Os melhores tratamentos padrão foram clomazone, metribuzin e tebuthiuron, como consequentemente a associação destes com o (imazapic + imazapyr). A adição dos herbicidas hexazinone e isoxaflutole às caldas de (imazapic + imazapyr), como descrito nos tratamentos 13 e 14, elevou o controle da espécie acima dos níveis observados pela aplicação destes mesmos herbicidas isoladamente, através

da observação dos dados de massa seca, tendo essas misturas um caráter sinérgico.

Tabela 5.8 – Valores médios de massa seca da parte aérea (g)* aos 120 DAT, obtidos pela aplicação em pré-emergência dos tratamentos em solo médio arenoso sobre as espécies daninhas, Piracicaba – 2013

Tratamentos	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Digitaria horizontalis</i>	<i>Mucuna pruriens</i>	<i>Ipomoea triloba</i>	<i>Merremia aegyptia</i>
1- Testemunha	..	15,1 a	10,5 a	12,90 a	7,77 a	5,08 a
2- (I + I) ¹	(120 + 40)	5,15 c	2,53 b c	11,62 a b	1,19 c d	3,24 b
3- Clomazone	1200	0,00 g	0,00 f	11,27 a b	1,55 b c	0,97 c d e
4- Metribuzin	1440	0,00 g	0,17 e f	1,69 e f	0,78 d e	0,47 d e
5- Ametrina	2400	1,90 e f	2,22 c	10,21 b	1,57 b c	1,58 c
6- Tebuthiuron	750	1,96 e f	1,28 c d e	6,39 c	0,87 d e	0,34 e
7- Hexazinone	150	1,15 f g	1,76 c d	0,00 f	1,55 b c	1,34 c d
8- Isoxaflutole	75	7,48 b	1,63 c d	1,10 e f	1,69 b	1,28 c d
9- (I + I) + clomazone	(120 + 40) + 1200	0,00 g	0,26 e f	1,21 e f	0,48 e	0,89 c d e
10- (I + I) + metribuzin	(120 + 40) + 1440	1,02 f g	1,79 c	0,00 f	0,41 e	0,47 d e
11- (I + I) + ametrina	(120 + 40) + 2400	4,44 c d	1,37 c d e	4,71 c d	1,40 b c	1,48 c
12- (I + I) + tebuthiuron	(120 + 40) + 1250	3,09 d e	1,87 c	3,48 d e	0,44 e	0,45 d e
13- (I + I) + hexazinone	(120 + 40) + 150	0,87 f g	0,51 d e f	1,08 e f	0,39 e	0,77 c d e
14- (I + I) + isoxaflutole	(120 + 40) + 75	0,84 f g	3,77 b	0,00 f	1,74 b	1,10 c d e

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ¹(I + I) = (imazapic + imazapyr).

No estudo de controle de plantas daninhas em solo argiloso, a aplicação da dose 160,5 + 52,5 g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹ sobre *Brachiaria decumbens* promoveu índice médio de controle visual de 66,7% (tabela 5.9) e redução de aproximadamente 50% de massa em relação à testemunha, enquanto Alves, Martins e Souza (2002) relatam redução de 25,9% no acúmulo de massa seca em relação ao tratamento sem aplicação de imazapyr na dose 250 g ha⁻¹. Tais valores foram os maiores estatisticamente quando comparados às médias obtidas nos outros tratamentos, sendo o controle considerado satisfatório de acordo com a escala proposta pela ALAM (1974), porém não o ideal nas situações práticas, como para

Hernandes et al. (2001) que descreveram o imazapic na dose 122,5 g i.a. ha⁻¹ como ineficiente no controle desta espécie em solo argiloso. Rodrigues e Almeida (2011) em sua obra citam a suscetibilidade desta gramínea ao imazapic + imazapyr, porém neste experimento nenhuma das associações foi eficaz no controle da braquiária, podendo-se ressaltar somente o potencial do clomazone na supressão do desenvolvimento dessas plantas, pois mesmo que não diferindo estatisticamente dos outros tratamentos apresentou índice de controle próximo a 80%, corroborando em parte com os dados observados por Alves, Martins e Souza (2002) de controle excelente pela aplicação de 900 g clomazone ha⁻¹.

Ainda que ressaltada a alta susceptibilidade da *D. horizontalis* ao imazapic por autores como Carvalho et al. (2005) e Lorenzi (2000), neste experimento o controle desta espécie pelo (imazapic + imazapyr) não foi adequado, mesmo que estatisticamente igual à tratamentos com nível de 80% de controle, este herbicida não apresentou ação totalmente satisfatória, como observado pelo controle visual na ordem de 53,3% e ausência de diferença de redução na massa seca em relação à testemunha (Tabela 5.10), fato que discorda da suscetibilidade da espécie ao (imazapic + imazapyr) citada por Rodrigues e Almeida (2011). Para esta finalidade, a aplicação de (imazapic + imazapyr) + clomazone se mostrou entre as demais possibilidades como a mais interessante, visto relatos anteriormente citados por Westberg, Oliver e Frans (1989) que observaram controle de 100% pelo clomazone (1100 g i.a. ha⁻¹) duas semanas após a emergência das plântulas de *Digitaria sanguinalis* e por Correia, Perussi e Gomes (2012) sobre a alta eficiência do clomazone em *D. horizontalis*.

Como publicado por Silva et al. (2010), baixos níveis de controle para *Mucuna aterrima* (18,86%), para *Mucuna cinereum* (11,6%) e para *Mucuna deeringiana* (21,2%) após 45 do tratamento com 245 g imazapic ha⁻¹ em solo argiloso explanam a não aplicabilidade do imazapic no controle das espécies deste gênero. O controle do (imazapic + imazapyr) sobre mucuna preta neste caso também não foi satisfatório, não diferindo da testemunha quanto aos parâmetros controle visual e massa seca, porém quando associado ao clomazone, ametrina e hexazinone pôde-se notar o aumento na taxa de controle da *M. pruriens* com índices acima de 80%. No caso da adição do clomazone à calda do principal herbicida estudado, foi possível notar um sinergismo entre os produtos já que quando isolados o percentual

de supressão das plantas não foi superior a 25% em ambos os casos, mas quando utilizados juntos a supressão foi total. O sinergismo segundo Green e Streibig (1993), ocorre quando a média de controle promovida pela associação dos produtos é maior que a soma das médias obtidas pelos tratamentos com os herbicidas isolados.

Deve ser ressaltado que o baixo controle da mucuna promovido pela aplicação do tratamento hexazinone isoladamente pode ter ocorrido por interferência de outros fatores como o volume de irrigação em casa-de-vegetação, considerado excessivo no caso de herbicidas de “época seca”, uma vez que em no experimento em solo arenoso, instalado em outra casa de vegetação, o controle sobre a espécie foi 100%.

O controle da *Ipomoea triloba* em solo argiloso foi nulo para (imazapic + imazapyr), sendo que suas associações aos outros herbicidas proporcionaram controles abaixo do nível satisfatório de 80% de controle. Apenas no tratamento imazapic + imazapyr + isoxaflutole, foi possível observar um aumento no controle quando em confronto aos dados obtidos pela aplicação destes herbicidas isoladamente, porém em níveis abaixo de 40%, sendo considerado regular segundo a ALAM (1974), pelo motivo de o controle pelo isoxaflutole não ser satisfatório para esta espécie de corda-de-violão de acordo com Carbonari et al. (2010).

Para *Merremia aegyptia*, a associação imazapic + imazapyr na dose estudada somente atingiu nível adequado de controle no tratamento de associação a 1250 g tebuthiuron ha⁻¹, com índice médio de 76,6% e valor de massa seca de 0,5 g, com alta redução quando comparado as 4,78 g de massa da parte aérea seca da testemunha, visto que a aplicação de tebuthiuron isolado proporcionou controle de 80% da espécie com valor de massa seca estatisticamente igual ao observado na associação deste herbicida às imidazolinonas.

Vale ressaltar que em condições de casa-de-vegetação, onde não há déficit hídrico, experimentos com herbicidas de cana-de-açúcar que se enquadram na característica de “herbicidas de seca”, devido à sua alta solubilidade, podem sofrer influência da alta disponibilidade de água, a qual não é observada a campo nas épocas mais secas do ano quando esses herbicidas são recomendados.

Tabela 5.9 – Índices médios* de controle visual (%) aos 120 DAT, obtidos pela aplicação em pré-emergência dos tratamentos em solo argiloso sobre as espécies daninhas, Piracicaba – 2013

Tratamentos	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	<i>Brachiaria</i> <i>decumbens</i>	<i>Digitaria</i> <i>horizontalis</i>	<i>Mucuna</i> <i>pruriens</i>	<i>Ipomoea</i> <i>triloba</i>	<i>Merremia</i> <i>aegyptia</i>
1- Testemunha	..	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
2- (I + I) ¹	(160,5 + 52,5)	66,7 de	53,3 bcd	23,3 ab	0,0 a	31,7 b
3- Clomazone	1200	76,7 e	76,7 d	13,3 ab	35,0 bc	58,3 cde
4 -Metribuzin	1440	26,7 ab	56,7 bcd	100,0 c	23,3 abc	83,3 f
5- Ametrina	3200	41,7 bcd	46,7 bc	100,0 c	48,3 c	68,3 def
6- Tebuthiuron	1250	61,7 cde	45,0 bc	8,3 ab	45,0 c	80,0 f
7- Hexazinone	300	48,3 bcde	31,7 b	20,0 ab	23,3 abc	45,0 bc
8- Isoxaflutole	112,5	41,7 bcd	38,3 bc	23,3 ab	15,0 ab	63,3 cdef
9- (I + I) + clomazone	(160,5 + 52,5) + 1200	65,0 cde	80,0 d	100,0 c	33,3 bc	66,7 de ^f
10- (I + I) + metribuzin	(160,5 + 52,5) + 1440	31,7 abc	46,7 bc	13,3 ab	30,0 bc	50,0 bcd
11- (I + I) + ametrina	(160,5 + 52,5) + 3200	60,0 bcde	60,0 bcd	85,0 c	21,7 abc	53,3 cd
12- (I + I) + tebuthiuron	(160,5 + 52,5) + 1250	46,7 bcde	61,7 cd	40,0 b	35,0 bc	76,6 ef
13- (I + I) + hexazinone	(160,5 + 52,5) + 300	51,7 bcde	41,7 bc	80,0 c	21,7 abc	50,0 bcd
14- (I + I) + isoxaflutole	(160,5 + 52,5) + 112,5	40,0 bcd	58,3 bcd	28,3 ab	35,0 bc	51,7 bcd

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ¹(I + I) = (imazapic + imazapyr).

Tabela 5.10 – Valores médios de massa seca da parte aérea (g)* aos 120 DAT, obtidos pela aplicação em pré-emergência dos tratamentos em solo argiloso sobre as espécies daninhas, Piracicaba – 2013

Tratamentos	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Digitaria horizontalis</i>	<i>Mucuna pruriens</i>	<i>Ipomoea triloba</i>	<i>Merremia aegyptia</i>
1- Testemunha	..	3,94 a b c	1,69 b c d	14,23 a	1,37 a b c	4,78 a
2- (I + I) ¹	(160,5 + 52,5)	1,99 a	1,26 c d	11,10 a b	1,77 a b	3,48 a b
3- Clomazone	1200	2,98 a b c	1,76 b c d	12,44 a b	1,31 a b c	3,07 b c
4- Metribuzin	1440	4,47 b c	3,10 a	0,00 c	1,32 a b c	1,12 d e
5- Ametrina	3200	1,93 a	2,09 a b c d	0,00 c	1,07 b c	3,15 a b c
6- Tebuthiuron	1250	2,86 a b	2,38 a b c d	12,46 a b	1,27 a b c	1,58 c d e
7- Hexazinone	300	2,77 a b	1,86 a b c d	11,44 a b	1,01 b c	3,13 a b c
8- Isoxaflutole	112,5	4,91 c	2,47 a b c	10,77 a b	2,04 a	2,68 b c d
9- (I + I) + clomazone	(160,5 + 52,5) + 1200	2,82 a b	1,15 d	0,00 c	0,79 c	2,10 b c d e
10- (I + I) + metribuzin	(160,5 + 52,5) + 1440	3,70 a b c	1,83 b c d	12,47 a b	1,02 b c	2,19 b c d e
11- (I + I) + ametrina	(160,5 + 52,5) + 3200	2,63 a b	2,71 a b	2,18 c	1,14 a b c	2,71 b c d
12- (I + I) + tebuthiuron	(160,5 + 52,5) + 1250	3,58 a b c	1,68 b c d	8,99 b	0,95 b c	0,50 e
13- (I + I) + hexazinone	(160,5 + 52,5) + 300	3,32 a b c	2,21 a b c d	2,81 c	1,27 a b c	2,53 b c d
14- (I + I) + isoxaflutole	(160,5 + 52,5) + 112,5	3,91 a b c	2,29 a b c d	10,72 a b	1,01 b c	2,61 b c d

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ¹(I + I) = (imazapic + imazapyr).

5.4 Conclusões

A associação de imazapic e imazapyr apresenta alta aplicabilidade de uso em períodos de menor precipitação pluvial devido a sua persistência tanto sobre o solo como sobre a palha de cana-de-açúcar, necessitando um volume mínimo de 20 mm de chuva para a transposição desta associação pela palhada com controle satisfatório do bioindicador na dose testada em solo arenoso e 10 mm para a utilizada em solo argiloso, com capacidade de lixiviação em solos de textura arenosa e argilosa em condições de boa disponibilidade hídrica podendo atingir profundidade de até 20 cm, sendo mais eficiente quando em associação a outros herbicidas como clomazone e tebuthiuron no controle de espécies de plantas daninhas.

Referências

- ALLETTO, L.; COQUET, Y.; BENOIT, P.; HEDDADJ, D.; BARRIUSO, E. Tillage management effects on pesticide fate in soils: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 30, p. 367-400, 2009.
- ALVES, E.; MARTINS, D.; SOUZA, F.H.D. Seletividade de herbicidas pré-emergentes para gramíneas forrageiras tropicais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 457-464, 2002.
- ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- AVILA, L.A.; MARCHEZAN, M.; FRANÇOIS, T.; CEZIMBRA, D.M.; SOUTO, K.M.; REFATTI, J.P. Toxicidade da mistura formulada de imazethapyr e imazapic sobre o azevém em função do teor de umidade do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1041-1046, 2010.
- AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M.; CENTURION, M.A.P.C.; ALVES, P.L.C.A. Seletividade do 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, p. 145-150, 2004.
- BAILEY, G.W.; WHITE, J.L. Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. **Residue Reviews**, New York, v. 32, n. 1, p. 29-92, 1970.
- CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D.; SILVA, J.R.M.; BENTIVENHA, S.R.P.; TAKAHASHI, E.N. Eficácia da utilização de grânulos de argila como veículo para a aplicação aérea de sulfentrazone e isoxaflutole em área de implantação de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 207-212, 2010.
- 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.
- CAVENAGHI, A. L.; VELINI, E.D.; MEDEIROS, D.; DEGASPARI, N. Dinâmica do herbicida imazapic aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, v. 25. 2006. **Resumos...** Brasília: SBCPD/ UNB/ Embrapa Cerrados, 2006. p. 360.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; DAMIN V.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: C P 2, 2009. 72p.

CORREIA, N.M.; PERUSSI, F.J.; GOMES, L.J.P. S-metolachlor efficacy on the control of *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, and *Panicum maximum* in mechanically green harvested sugarcane. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 861-870, 2012.

CORREIA, N.M.; BRAZ, B.A.; FUZITA, W.E. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 631-642, 2010.

DAN, H.A.; BARROSO, A.L.L.; DAN, L.G.M.; PROCOPIO, S. de O.; FERREIRA FILHO, W.C.; MENEZES, C.C.E. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010.

DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas**: fundamentos. v.1. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431p.

FLINT, J.L.; WITT, W.W. Microbial degradation of imazaquin and imazethapyr. **Weed Science**, Lakewood, v. 45, n. 4, p. 586-591, 1997.

FIRMINO, L.E.; TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; QUIRINO, A.L.S. Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 223-230, 2008a.

FIRMINO, L.E.; TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; TIBURCIO, R.A.S. Sorção do imazapyr em solos com diferentes texturas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 395-402, 2008b.

FORNAROLLI, D.A.; RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; VALÉRIO, M.A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. **Planta Daninha**, Viçosa, v.16, p.97-107, 1998.

FRANCISCO, M.O.; SCHMIDT, D.F.; DANTAS, T.L.T.; CARVALHO, S.J.P.; MOREIRA, M.S.; NICOLAI, M.; MEDEIROS, D.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de *Ipomoea triloba* e *Euphorbia heterophylla* com o herbicida imazapic. **STAB - Açúcar Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.25, p.38-42, 2007.

FRANS, R.E.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N.D. **Research methods in weed science**. 3rd.ed. Champaign, Southern Weed Science Society, 1986. p.29-46.

GEBLER, L.; SPADOTTO, C.A. Comportamento ambiental dos herbicidas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.57-87.

GRAHAM-BRYCE, I.G. The behavior of pesticides in soil. In: GREENLAND, D.J.; HAYES, M.H.B. (Ed.). **The chemistry of soil processes**. New York: J. Wiley, 1981. p. 621-670.

- GREEN, J.M.; STREIBIG, J.C. Herbicide mixtures. In: STREIBIG, J.C.; KUDSK, P. **Herbicide bioassays**. Florida: CRC Press, 1993. p. 117-135.
- HAGER, A.G.; NORDBY, D. Herbicide Persistence and How to Test for Residues in Soils. In: UNIVERSITY OF ILLINOIS. **Illinois Agricultural Pest Management Handbook**. Illinois: University of Illinois Board of Trustees, 2007. cap. 15. p. 343-350.
- 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. 9, n. 3, p. 419-426, 2001.
- INOUE, M.H.; OLIVEIRA JR., R.S.; REGITANO, J.B.; TORMENA, C.A.; TORNISIELO, V.L.; CONSTANTIN, J. Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no Estado do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 313-323, 2003.
- 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.
- KOSKINEN, W.C.; HARPER, S.S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, LEON, V. W. J.; CARL, R. F. A bioassay technique detects imazethapyr leaching and liming-dependant activity. **Weed Technology**, Lakewood, v. 15, n. 1, p. 1-6, 2001.
- KRAEMER, A.F.; MARCHESAN, E.; AVILA, L.A.; MACHADO, S.L.O.; GROHS, M. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas: revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 629-639, 2009.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e de controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 339p.
- LOUX, M.M.; LIEBL, A.R.; SLIFE, F.W. Adsorption of imazaquin and imazethapyr on soils, sediments and selected adsorbants. **Weed Science**, Champaign, v. 37, n. 5, p. 712-718, 1989.
- MELO, C.A.D.; MEDEIROS, W.N.; SANTOS, L.D.T.; FERREIRA, F.A.I.; FERREIRA, G.L.; PAES, F.A.S.; REIS, M.R. Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 835-842, 2010.
- 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.V.; 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.; BRUNHARO, C.A.G.C.; OBARA, F.E.B.; MELO, M.S.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; BARBALHO, S.G.F. Determinação de doses ótimas de controle para os herbicidas Dinamic (amicarbazone) e Front (sulfometuron + diuron + hexazinona) sobre a planta daninha mucuna (*Mucuna aterrina*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBCPD, 2012. p. 104-109.

NICOLAI, M.; OBARA, F.E.B.; MELO, M.S.C.; SOUZA JÚNIOR, J.A.; CANTALICE-SOUZA, R.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Suscetibilidade diferencial de espécies convolvuláceas ao flumioxazin determinada através de curvas de dose-resposta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 157-163, 2013.

OBARA, F.E.B.; NICOLAI, M.; MELO, M.S.C.; FIGUEIREDO, M.R.A.; BRUNHARO, C.A.G.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; BARELA, J.F.; MONTEIRO, A.C.; SOARES JR., A.A. Levantamento fitossociológico da espécie *Digitaria nuda* em áreas canavieiras do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBCPD, 2012. p. 536-540.

OLIVEIRA, M.F. de; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA Jr., R.S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap 11. p. 263-304.

RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.; 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.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**, 6.ed. Londrina, 2011. 696p.

ROSS, M.A.; LEMBI, C.A. **Applied weed science**. 2nd.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999. 452p.

SANTOS, G.; FRANCISCHINI, A.; NETO, A.; GUERRA, N.; ALONSO, D.; DAN, H.; OLIVEIRA JR., R.; CONSTANTIN, J. Eficácia e seletividade do herbicida imazapic isolado ou associado a outros herbicidas aplicados com e sem cobertura de palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 8, n. 3, p. 75–84, 2009.

SÃO PAULO (Estado). Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/>>. Acesso em: 03 jul. 2013.

SCHWARZENBACH, R.P. GSCHWEND, P.M.; IMBODEN, D.M. **Environmental Organic Chemistry**. New York: Wiley Interscience. 1992. 657p.

SILVA; G.B.F.; AZANIA; C.A.M.; ZERA; F.S.; NOVO; M.C.S.S.; DEUBER; R.; WUTKE, E.B. Tolerância de espécies de mucuna a herbicidas utilizados na cultura da cana de Açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 149-153.

SIMONI, F.; VICTORIA FILHO, R.; SAN MARTIN, H.A.M.; SALVADOR, F.L.; ALVES, A.S.R.; BREMER NETO, H. Eficácia de imazapic e sulfentrazone sobre *Cyperus rotundus* em diferentes condições de precipitação e palha de cana-de-açúcar.

Planta Daninha, Viçosa, v.24, n.4, p.769-778, 2006.

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. Absorption, mobility, and microbial degradation of glyphosate in the soil. **Weed Science**, Champaign, v.23, n.3, p.229-234, 1975.

TAN, S.; EVANS, R.R.; DAHMER, M.L.; SINGH, B.K.; SHANER, D.L. Imidazolinone-tolerant crops: History, current status and future. **Pesticide Management Science**, Great Britain, v. 61, n. 3, p. 246-257, 2005.

TOFOLI, G.R.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; CAVENAGHI, A.L.; MARTINS, D. Dinâmica do tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 815-821, 2009.

VELINI, E.D.; TRINDADE, M.L.B.; CAVENAGHI, A.L.; NEGRISOLI, E. Influência da palha na ocorrência de plantas daninhas e na eficiência de herbicidas. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.) **Milho**: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003. p.198-208.

VIDAL, R.A. **Ação dos herbicidas**. Porto Alegre: VIDAL, R.A. 2002. 89p.

WEHTJE, G.; DICKENS, R.; WILCUT, J.W. Sorption and mobility of sulfometuron and imazapyr in five Alabama soils. **Weed Science**, Champaign, v.35, p.858, 1987.

WESTBERG, D.E.; OLIVER, L.R.; FRANS, R.E. Weed control with clomazone alone and with other herbicides. **Weed Technology**, Lakewood v. 3, p. 678-685, 1989.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos, é possível concluir que a associação dos herbicidas imazapic e imazapyr foi eficiente no controle de espécies daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas em áreas com e sem a presença de palhada, equiparando-se aos tratamentos padrão utilizados sem causar danos de fitotoxicidade nas variedades CTC 2, CTC 14 e RB 855453 quando aplicada em época seca. A seletividade foi observada para a variedade CTC 4, pela aplicação do imazapic e imazapyr nas doses 80,25 e 26,25 g, respectivamente, em associação tripla com tebuthiuron, metribuzin e clomazone na modalidade pré-emergente, e esta mesma dose associada ao isoxaflutole e clomazone em pós-emergência inicial, quando aplicados estes tratamentos no início da época chuvosa.

A associação de imazapic e imazapyr se apresentou altamente aplicável através dos experimentos em casa-de-vegetação, quanto ao uso em época seca, devido sua alta persistência sobre o solo e sobre a palhada de cana-de-açúcar, sendo 20 mm de chuva o volume mínimo para a transposição desta pela palha com controle satisfatório do bioindicador na dose testada em solo arenoso e 10 mm para a utilizada em solo argiloso. Em condições de boa disponibilidade hídrica a associação de imazapic e imazapyr pode ser lixiviada em profundidades até 20 cm no solo, sendo mais eficiente quando associada aos herbicidas clomazone e tebuthiuron para o controle de espécies daninhas.

O presente estudo demonstra que a associação entre imazapic e imazapyr pode ser uma ferramenta no manejo de plantas daninhas principalmente na época seca em soqueiras de cana-de-açúcar, devido às características de permanência sobre a superfície do solo, adequado controle de plantas daninhas principalmente quando associada ao tebuthiuron e baixa fitotoxicidade quando aplicada nos períodos iniciais de emergência da cultura.