

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE HERBICIDAS E CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR**

**Klara Silva Castro
Engenheira Agrônoma**

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE HERBICIDAS E CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR**

Klara Silva Castro

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. Silvano Bianco

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal

2023

C355e

Castro, Klara Silva

Efeito de herbicidas e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar / Klara Silva Castro. -- Jaboticabal, 2023

60 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho

Coorientador: Silvano Bianco

1. Saccharum officinarum. 2. Mudanças pré-brotadas. 3. Sensibilidade.
4. Injúria. 5. Mistura em tanque. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO DE HERBICIDAS E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR

AUTORA: KLARA SILVA CASTRO

ORIENTADOR: LEONARDO BIANCO DE CARVALHO

COORIENTADOR: SILVANO BIANCO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEONARDO BIANCO DE CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. IGOR CRUZ MALASPINA (Participação Virtual)
UNIFEB / Barretos/SP

Prof. Dr. PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 02 de dezembro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

KLARA CASTRO – Agrônoma, filha de Marcia Maria Silva Castro e Cleito Carlos de Castro, nasceu em Frutal, interior do Estado de Minas Gerais, no dia 18 de maio de 1994. Cursou a graduação no curso de Agronomia com início em 2014, no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), foi bolsista por um ano do PIBIC UNIFEB com o projeto intitulado “Avaliação da toxicidade aguda de herbicidas para um novo bioindicador neotropical (*Wolffia brasilienses*)”, foi bolsista por um ano da Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão participando como treinamento técnico do projeto intitulado “Uso de herbicidas no controle de macrófitas aquáticas submersas e seus efeitos ecotoxicológicos para organismos não alvos”. Estagiou por três anos e três meses no Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia de agrotóxicos de Barretos (LEEA). Em março de 2020, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia com ênfase na área de Produção Vegetal junto a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/ FCAV), Campus de Jaboticabal juntamente ao grupo de pesquisas do Laboratório de Matologia (LabMato) pertencente ao departamento de Ciências da Produção Agrícola da FCAV. Em setembro de 2021, em parceria com o Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia de agrotóxicos de Barretos (LEEA), deu sequência a parte experimental do curso de mestrado. Em Dezembro de 2022 se apresenta à banca examinadora para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

A minha família, pelo o amor e incentivo
sempre e em especial para meus pais Cleito e
Marcia que nunca mediram esforços para me
ajudar e estão sempre me apoiando em minhas
escolhas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/ FCAV), Câmpus de Jaboticabal juntamente ao grupo de pesquisas do Laboratório de Matologia (LabMato) pertencente ao departamento de Ciências da Produção Agrícola da FCAV pela oportunidade que se fez no curso de Mestrado em Agronomia com ênfase em Produção Vegetal e ao Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia de agrotóxicos de Barretos (LEEA) juntamente com o Professor Claudinei da Cruz e sua equipe pelo suporte a parte experimental. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro (Bolsa de Mestrado). À empresa Spinagro, juntamente à Laura Vicentini, pelo apoio ao material cedido para andamento dos experimentos do projeto proposto.

Um trabalho de mestrado é uma longa viagem e um trabalho longo, que inclui uma trajetória com inúmeros desafios, tristezas, incertezas, alegrias e muitos percalços pelo caminho. Mas, apesar do processo solitário, reúne contribuições de várias pessoas, indispensáveis para encontrar o melhor rumo em cada momento da caminhada.

O apoio imensurável de meus pais e minha família se fez único ao caminho para condução e finalização do curso.

Nestes anos de mestrado, agradeço a todos que passaram pela minha trajetória que de alguma forma se fizeram importante para a conclusão desta etapa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

Página

RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Cana-de-açúcar	4
2.1.1.Variedades e suas características.....	5
2.2 Herbicidas	7
2.3 Plantas daninhas	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Efeito de herbicidas em cana-de-açúcar	12
3.2 Eficácia de controle de plantas daninhas	13
3.3 Avaliações	14
3.4 Análise de Dados	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Efeito de herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.....	16
4.2 Eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas	28
5 CONCLUSÕES.....	41
6 REFERÊNCIAS	42

EFEITO DE HERBICIDAS E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO – A utilização de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar demanda por estudos acerca da seletividade de herbicidas e do controle das plantas daninhas. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de controle das plantas daninhas *Bidens pilosa*, *Digitaria insularis*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea purpurea* e *Spermacoce latifolia*, e determinar a seletividade dos herbicidas imazethapyr e mesotrione+atrazine em MPB de três cultivares de cana-de-açúcar. Os ensaios foram conduzidos em vasos e os tratamentos consistiram na aplicação de imazethapyr (Zaphir®) (0,5 e 1,5 L ha⁻¹), atrazine+mesotrione (Calipen®) (0,5 L ha⁻¹ e 2,4 L ha⁻¹) e misturas de atrazine+mesotrione+imazethapyr (0,8+0,5 L ha⁻¹; 1,2+0,5 L ha⁻¹; 0,8+1,0 L ha⁻¹; 1,2+1,0 L ha⁻¹; 2,4+1,0 L ha⁻¹ e 2,4+1,5 L ha⁻¹). Foram avaliadas a altura das plantas de cana-de-açúcar, a eficácia de controle das plantas daninhas e a biomassa seca da parte aérea de todas as plantas ao final do estudo. Os dados foram submetidos à análise de variância com médias comparadas pelo teste de Tukey. A mistura comercial de atrazine + mesotrione (Calipen®) não alterou o crescimento inicial das cultivares RB 96 6928, RB 97 5201 e CTC 9001 BT. Já o herbicida imazethapyr na formulação comercial (Zaphir®), e a mistura de atrazine+mesotrione+imazethapyr ocasionaram sintomas de injúria e alteraram o crescimento inicial das cultivares. O imazethapyr não foi eficaz apenas no controle de *I. purpurea* e *S. latifolia*. A mistura de atrazine+mesotrione controlou todas as plantas daninhas. O imazethapyr aplicado com atrazine+mesotrione ocasionou maiores notas de controle e reduções de massa seca das plantas daninhas.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, mudas-pré-brotadas, sensibilidade, injúria, mistura em tanque

EFFECT OF HERBICIDES AND WEED CONTROL IN SUGARCANE

ABSTRACT – The use of pre-sprouted seedlings (MPB) of sugarcane requires studies on the selectivity of herbicides and weed control. The objective of this study was to evaluate the control effectiveness of the weeds *Bidens pilosa*, *Digitaria insularis*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea purpurea* and *Spermacoce latifolia*, and to determine the selectivity of the herbicides imazethapyr and mesotrione+atrazine in MPB of three sugarcane cultivars. of sugar. The tests were carried out in pots and the treatments consisted of the application of imazethapyr (Zaphir®) (0.5 and 1.5 L ha⁻¹), atrazine+mesotrione (Calipen®) (0.5 L ha⁻¹ and 2, 4 L ha⁻¹) and mixtures of atrazine+mesotrione+imazethapyr (0.8+0.5 L ha⁻¹; 1.2+0.5 L ha⁻¹; 0.8+1.0 L ha⁻¹; 1.2+1.0 L ha⁻¹; 2.4+1.0 L ha⁻¹ and 2.4+1.5 L ha⁻¹). The height of the sugarcane plants, the effectiveness of weed control and the dry biomass of the aerial part of all the plants at the end of the study were evaluated. Data were subjected to analysis of variance with means compared by Tukey's test. The commercial mixture of atrazine + mesotrione (Calipen®) did not alter the initial growth of RB 96 6928, RB 97 5201 and CTC 9001 BT cultivars. The herbicide imazethapyr in the commercial formulation (Zaphir®), and the mixture of atrazine+mesotrione+imazethapyr caused symptoms of injury and altered the initial growth of the cultivars. Imazethapyr was not only effective in controlling *I. purpurea* and *S. latifolia*. The mixture of atrazine+mesotrione controlled all weeds. Imazethapyr applied with atrazine+mesotrione resulted in higher control scores and reductions in weed dry mass.

Keywords: *Saccharum officinarum*, pre-sprouted seedlings, sensitivity, injury, tank mix

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior área plantada com cana-de-açúcar no mundo, com cerca de 88.078.696 de hectares na safra 2022 e produção de 654,8 milhões de toneladas na safra 20/21. No ciclo de 2021/22, a produtividade foi estimada em 69,355 toneladas por hectare. Já em 2020/21 a produtividade das lavouras ficou em torno de 70,357 toneladas por hectare. (CONAB, 2022; CONAB, 2021).

O Estado de São Paulo é responsável por 65% da área plantada de cana-de-açúcar no País (CONAB, 2021). Porém, a produtividade média brasileira corresponde a apenas 72,23 t ha⁻¹ (CONAB, 2019), equivalendo a menos de 25% do potencial total de produção, que é de cerca de 350 t ha⁻¹ de colmos em um período de 360 dias (Landell et al., 2015).

Em decorrência de baixas produtividades no setor, principalmente provocadas por canaviais mais velhos e baixa taxa de renovação, tecnologias como a utilização de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar (MPB) vem ganhando destaque. Tanto no plantio de MPB's de cana-de-açúcar como nos plantios convencionais com colmos, o controle das plantas daninhas é extremamente importante para o pleno desenvolvimento da cultura (Junior et al., 2001). Dessa forma, para minimizar as perdas, o controle químico acaba sendo o método mais utilizado, em razão das grandes áreas plantadas, da eficiência e do alto rendimento, aliado ao baixo custo em relação a outros métodos de controle e, também, por haver no mercado vários herbicidas registrados para essa cultura (Christoffoleti et al., 2004).

A mato competição compõe um fator expressivo em relação às perdas de produtividade. Em áreas com infestação de monocotiledôneas e dicotiledôneas, a associação de herbicidas é comumente utilizada uma vez que pode proporcionar aumento do espectro de controle e é considerada uma prática benéfica no manejo e prevenção de plantas daninhas resistentes aos herbicidas.

O herbicida imazethapyr pertence à família das imidazolinonas e controla um amplo espectro de plantas daninhas, incluindo gramíneas, ciperáceas e

latifoliadas. É absorvido pelas raízes e folhas (Tan et al., 2005), transportado pelo floema e xilema e acumula-se nos pontos de crescimento. O controle é proporcionado pela inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS), que é essencial no processo de síntese de aminoácidos de cadeias ramificadas em plantas, como a valina, leucina e isoleucina (Tan et al., 2006).

Pertencente ao grupo químico das tricetonas, o mesotrione atua sobre as plantas daninhas inibindo a biossíntese de carotenóides através da interferência na atividade da enzima 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase nos cloroplastos. A aplicação deve ser realizada em pós-emergência das plantas daninhas, em estágio inicial de desenvolvimento, visando uma maior eficiência (Matte et al. 2018).

Os produtos formulados comercialmente facilitam a utilização e proporcionam segurança no momento do preparo da calda de aplicação, uma vez que a mistura em tanque está propícia a erros de dosagem. O herbicida Calipen® é uma mistura formulada com [atrazine+mesotrione], que vem sendo utilizado como opção no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Estudos sobre misturas em tanque ajudam no uso conjunto de princípios ativos, entretanto podem provocar efeitos adversos, tornando-se indispensáveis pesquisas sobre as suas prováveis interações entre controle de plantas daninhas e seletividade de culturas, possibilitando apontar o uso adequado (Matte et al. 2018).

De acordo com Fagliari et al. (2001), a seletividade de novos herbicidas deve ser avaliada nas cultivares de cana-de-açúcar mais plantadas, assim como a tolerância de cultivares recém-lançadas aos herbicidas tradicionalmente utilizados.

No controle químico, os herbicidas devem apresentar seletividade às culturas agrícolas de interesse econômico, ou seja, controlar as plantas daninhas sem comprometer o desenvolvimento nem a produtividade da cultura. Sendo assim, para que a cultura da cana-de-açúcar continue sendo competitiva e expandindo seu cultivo, torna-se fundamental a identificação de herbicidas de aplicação em pós-emergência da cultura, que apresentem seletividade e compatibilidade com a tecnologia de mudas pré-brotadas. Devido à importância

econômica da cultura, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a seletividade a cana-de-açúcar das cultivares RB 96 6928, RB 97 5201 e CTC 9001 BT em função da aplicação dos herbicidas imazethapyr e atrazine+mesotrione, isolados ou em associação e a eficácia destes herbicidas no controle das plantas daninhas *Bidens pilosa*, *Digitaria insularis*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea purpurea* e *Spermacoce latifolia*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma planta de clima tropical pertencente à família Poaceae. Possui caules robustos, fibrosos e articulados, ricos em sacarose, podendo atingir de dois a seis metros de altura. É uma importante cultura para a produção de açúcar e etanol e requer nutrientes essenciais para o ótimo rendimento de biomassa (Júnior et. al., 2022).

Segundo a teoria mais aceita, a cana-de-açúcar teve origem na Polinésia e foi difundida pelos árabes. É muito adaptada nas Américas por ser uma espécie típica de climas tropicais e subtropicais. É uma planta perene com rendimento médio de quatro a seis anos, e seu plantio e manejo são relativamente fáceis (Towsend, 2000).

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar concentra-se nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor e com a maior área de plantio das lavouras. O Brasil é o maior produtor mundial da cultura, seguido por Índia e União Europeia (Vidal, 2021).

Alguns fatores influenciam diretamente na produção de cana-de-açúcar, como a interferência de plantas daninhas que competem por água, luz, gases, nutrientes e por espaço, além de serem hospedeiras de pragas e doenças, ocasionando perdas de até 85% de produtividade e diminuição na longevidade dos canaviais. Além disso, podem ocasionar problemas nas operações de colheita (Negrisoli et al., 2004; Procópio et al., 2004; Vitória Filho e Chistoffoleti, 2004). Diante disso, o manejo de plantas daninhas na cultura da cana se torna indispensável para minimizar os custos e elevar a produtividade (Silva et al., 2018).

Embora existam diversos métodos de controle de plantas daninhas, o método de controle químico é o mais utilizado na cultura da cana-de-açúcar (Reis et al., 2019). Dentre as plantas daninhas consideradas problemáticas em canaviais estão gramíneas como o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e

eudicotiledôneas como as diferentes espécies de corda-de-viola (*Ipomoea spp.*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), erva-quente (*Spermacoce latifolia*) e picão-preto (*Bidens pilosa*) (Azania et al., 2002; Correia e Durigan, 2004; Gravena et al., 2004).

A atual forma de colheita de cana crua deposita sob o solo uma camada de palha que atua como uma barreira física para a germinação do banco de sementes, pois altera importantes fatores para a germinação, como a umidade, luminosidade e temperatura do solo (Correia e Durigan, 2004). No entanto, algumas espécies já se encontram adaptadas ao sistema de cana crua e apresentam pouca sensibilidade a grandes quantidades de palha, como o leiteiro e espécies do gênero *Ipomoea* (Belapart, 2016).

A elevada quantidade de palha dificulta a eficiência dos herbicidas pré-emergentes e nem sempre é possível realizar aplicações em pós-emergência com o estágio de plântula, pois a emergência das plantas daninhas ocorre em diferentes épocas ao longo do desenvolvimento da cultura (Correia et al. 2013 ; Pizzo et al. 2010; Tonieto e Regitano 2014).

2.1.1.Variedades e suas características

2.1.1.1. RB 96 6928

RB 966928 é a variedade que, no Censo Varietal realizado pela RIDESA UFSCar, em 2020, foi a mais plantada nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, com 16,46% das áreas totais com 13,06% das áreas de plantio. Isso aconteceu por suas características, como elevado teor de sacarose no início de safra, cultivo em ambientes de médio a alto potencial e bom desempenho em plantio e colheita mecanizados. Apresenta afinamento de colmos em soqueira nos ambientes de produção mais restritivos (RIDESA, 2020).

Possui florescimento raro, chochamento e oramento ausente com despalha média a regular, mas podendo apresentar rachadura. Pouca saliência da gema com diâmetro e densidade do colmo média e alto índice de perfilhamento. Características de boa brotação da cana soca e cana planta,

bom fechamento das entrelinhas com elevada velocidade de desenvolvimento apresentando boa brotação na cana soca em colheita mecanizada (RIDESA, 2020).

Segundo informações para cultivo (RIDESA, 2020) a colheita da variedade RB 96 6928 é recomendada entre abril e maio e tendo eventual tombamento; apresenta tolerância média a herbicidas com hábito de crescimento semi-decumbente. Apresenta tolerância a pragas e doenças, como a ferrugem, carvão, escaldadura, estria vermelha e raquitismo.

2.1.1.2 RB 97 5201

A variedade RB 97 5201, segundo Censo Varietal realizado pela RIDESA UFSCar, em 2020, teve 2,21% de área total nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, ficando em 8º lugar e em 6º lugar com área de plantio com 4,66%. Apresenta resistência a doenças como carvão, ferrugem marrom e alaranjada, escaldadura e mosaico. Além de alta sanidade, apresenta crescimento rápido, ótimo perfilhamento em cana-planta e cana-soca, com excelente fechamento da entrelinha e ótima brotação em colheita mecanizada (RIDESA, 2020).

Lançada pela RIDESA UFSCar e filha da RB 855113, a RB-975201 possui, ainda, alta produtividade agrícola, com elevada estabilidade de produção, teor de fibra médio, PUI médio e maturação tardia. Recomenda-se plantio em ambientes com alto potencial produtivo e colheita no final de safra (entre agosto e novembro). Além disso, esta variedade apresenta ausência de florescimento e isoporização.

2.1.1.3. CTC 9001 BT

A CT C9001 BT é derivada da CTC 9001, uma das variedades mais cultivadas no Brasil, e apresenta resistência a insetos. Segundo o CTC, a variedade deve atuar principalmente no controle à *Diatrea* spp, popularmente conhecida como a broca-da-cana, sendo que a lagarta jovem se alimenta das

folhas para depois penetrar pelas partes mais moles do colmo formando galerias (CTC, 2021).

Além da modificação genética para única resistência a insetos, a variedade CTC 9001 BT é indicada para ambientes mais restritivos e a colheita normalmente se realiza no início da safra, entre os meses de abril a agosto (CTC, 2021).

2.2 Herbicidas

O imazethapyr é um herbicida que foi introduzido na década de 1980 e pertence ao grupo das imidazolinonas (Zabalza, 2007). Os herbicidas deste grupo inibem a ação da enzima acetolactato sintase (ALS), também conhecida como acetohidroxiácido sintase (AHAS), responsável pela biossíntese de isoleucina, leucina e valina (Rutherford, 2017).

O imazethapyr caracteriza-se por apresentar efeitos em baixas doses aplicadas, possuir alta persistência no solo e ser utilizado para o controle de um amplo espectro de plantas daninhas, tanto gramíneas como espécies de folha larga em soja e várias outras culturas leguminosas (Alister, 2005).

Quanto ao seu comportamento no solo, a sorção é fortemente afetada pelo pH, podendo ser influenciada por outras características, como o teor de carbono orgânico em condições ácidas (Oliveira et al., 1999).

Perucci e Scarponi (1994) identificaram que a matéria orgânica e a argila no solo conferem maior estabilidade ao imazethapyr, quando em comparação aos processos normais de degradação microbiana e química.

A atrazine é um herbicida utilizado em pré e pós-emergência inicial, no controle de dicotiledôneas e algumas monocotiledônes, nas culturas do milho, cana-de-açúcar e sorgo, pertencente ao grupo das triazinas, inibindo o Fotossistema II (Giroto et al., 2011; Lima et al., 2020). É amplamente utilizado em todo o mundo, sendo que o consumo anual da molécula gira em torno de 70 a 90 mil toneladas (Zhang et al., 2018).

Sua solubilidade em água é de 33 mg/L a 20 °C e é facilmente dissolvido em solventes orgânicos (Martins et al., 2018). Devido ao seu longo período de

meia-vida (30 a 100 dias) é frequentemente encontrado em águas subterrâneas e superficiais (Taverna et al., 2018).

Os sintomas apresentados pelas plantas após a aplicação de atrazine são clorose seguida de necrose, em decorrência da interrupção no fluxo de elétrons da fotossíntese, levando a morte da planta (Akbulut e Yigit, 2010). Além disso, pode inibir a germinação de sementes de plantas daninhas (Merini et al., 2009).

Apresenta baixa sorção no solo, com moderada absorção pelos colóides de argila e matéria orgânica. No entanto, a molécula atrazine tem alta afinidade com complexos organo-minerais do solo, de modo que essa interação interfere diretamente na biodisponibilidade do herbicida, que é reduzida quando é sorvida à matéria orgânica do solo. Dessa forma, tanto a eficácia de controle de daninhas quanto a seletividade podem ser afetadas por características do solo, como teor de matéria orgânica (Takeshita et al., 2018).

Mesotrione é um herbicida seletivo, descoberto através de um estudo de identificação de compostos alelopáticos, da planta “escova de garrafa” (*Callistemon citrinus*) e é um dos herbicidas mais utilizados em todo o mundo (Carles et al., 2017; Mitchell et al., 2001).

É um herbicida amplamente utilizado para controle de plantas daninhas em milho, pois é seletivo para a cultura. Após a aplicação foliar, é absorvido rapidamente pelas plantas daninhas, com translocação no sentido acropetal e basipetal. Já nas plantas de milho, a absorção é mais lenta em relação às plantas daninhas suscetíveis ao mesotrione. Esta absorção mais lenta pode contribuir para a tolerância da cultura ao herbicida (Mitchell et al., 2001; Nakka et al., 2017).

A molécula de mesotrione é facilmente degradada no meio ambiente, com meia-vida de 5 a 15 dias no solo, podendo evitar impactos ambientais em longo prazo e danos pós-colheita (SUN et al., 2013).

A mistura dos herbicidas atrazine+mesotrione na formulação (Calaris®) desenvolvida pela Syngenta tem sido considerada uma atualização dos herbicidas de atrazina. Essa formulação é amplamente utilizada para controle

de plantas daninhas e pode ser uma alternativa para controle na cultura da cana-de-açúcar (Matte et al., 2018; Syngenta, 2020).

2.3 Plantas daninhas

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é planta nativa de regiões tropicais e sub-tropicais da América do Sul, sendo frequentemente encontrada em áreas cultivadas e à beira de estradas (Machado et al., 2008).

É uma planta daninha da família Poaceae, de ciclo perene, herbácea, ereta e rizomatosa. A propagação ocorre através de sementes e curtos rizomas, formando grandes touceiras (Kissmann, 1997; Lorenzi, 2008). Tem metabolismo fotossintético do tipo C4, com aproveitamento de luz solar e resposta fotossintética maiores em condições de alta irradiação solar e altas temperaturas (Taiz e Zeiger, 2017).

A dispersão das sementes é favorecida pelo formato das mesmas, que são revestidas por inúmeros pelos, que favorece a dispersão pelo vento para longas distâncias e facilita a propagação da espécie (Kissmann, 1997).

Dentre as plantas daninhas que apresentam resistência ao herbicida glyphosate, o capim-amargoso se destaca em relação às exigências de altas doses do herbicida para controle dos biótipos resistentes (Carvalho et al., 2011).

As cordas-de-viola *Ipomoea nil* e *Ipomoea purpurea* são plantas daninhas consideradas importantes nas plantações na cana-de-açúcar. São plantas herbáceas anuais com caules trepadores e com longo ciclo de vida que, além de interferirem na cultura, comprometem a eficiência da colheita mecânica (Bhullar et al. 2012; Lorenzi, 2008).

Plantas daninhas do gênero *Ipomoea* estão presentes em mais de 40 culturas em 40 países (Chauhan e Abugho 2012). A presença em áreas agrícolas tem aumentado nos últimos anos, o que pode ocasionar redução na produtividade. (Kuva et al., 2007).

Barroso et al. (2019) identificaram que *I. purpurea*, comumente encontrada na colheita da cana-de-açúcar, apresenta crescimento e

desenvolvimento intermediários em relação às outras espécies do gênero. No entanto, pode interferir em cultivos de ciclo mais curto como a soja (Pagnoncelli et al., 2017) e olerícolas como o pimentão (Schuette, 2017).

O sistema de plantio direto e o sistema de produção de cana-de-açúcar verde (cana sem queima de resíduos) contribuem para o aumento da infestação destas espécies de plantas daninhas nas lavouras, uma vez que a elevada quantidade de reservas nestas sementes permitem a germinação mesmo sob grande camada de palha (Gravena et al., 2004; Silva et al., 2009).

No sistema de colheita mecanizada da cana, a dispersão das sementes de *Ipomoea* é favorecida, pois os frutos e as sementes podem estar ligados à planta mãe, e são arrastados pela máquina a médias e longas distâncias (Azania et al., 2002).

A planta daninha erva-quente (*Spermacoce latifolia*) é uma planta nativa da América Central e do Sul, pertence à família Rubiaceae, uma família botânica que compreende mais de 250 espécies distribuídas em zonas tropicais e subtropicais do mundo (Dessein et al., 2006).

Trata-se uma planta anual, herbácea, prostrada ou ascendente, de caule tetragonal com os ângulos pubescentes, pouco ramificada, de 20 a 50 cm de comprimento. Propaga-se exclusivamente por meio de sementes e ocorre frequentemente no Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Tem preferência por solos ácidos e tolera certo grau de sombreamento (Lorenzi, 2000; Kissmann; Groth, 2000).

Infesta canaviais e outras culturas como a soja (*Glycine max* (L.) Merrill). É considerada uma planta daninha de alta adaptabilidade, capaz de desenvolver resistência a herbicidas (Macanawai, 2014; dos Reis e Vivian, 2011).

Euphorbia heterophylla (leiteiro) é uma planta nativa da América tropical e subtropical e, hoje, é considerada uma planta daninha importante em vários países (Hutchinson e Dalziel, 1958). No Brasil, ocorre em todo o país, especialmente no Centro-Oeste, Sudeste e Sul. A principal característica da planta daninha é a produção de látex. Apresenta caule ereto, cilíndrico e folhas

de vários formatos. A propagação ocorre por meio de sementes (Moreira e Bragança, 2011).

No Brasil, tornou-se uma das principais plantas daninhas nos cultivos da soja. Plantas de *E. heterophylla* coexistindo com a soja ao longo de todo o ciclo da cultura reduzem a produtividade em até 48%, afetando diretamente a produtividade dos grãos (Lorenzi, 2008; Voll et al., 2009).

A planta daninha *Bidens pilosa* (picão-preto), é uma planta anual pertence à família Asteraceae com um ciclo de vida de 150 a 360 dias (CIS, 2020). É originária da América tropical e se espalhou agressivamente por regiões com climas semelhantes, tornando-se uma planta daninha problemática ao redor do mundo, sendo relatada em 31 culturas em 40 países. A planta daninha *B. pilosa* é comumente encontrada em cultivos de milho, cana-de-açúcar, sorgo, algodão, arroz, leguminosas e pastagens (Chauhan et al., 2019).

Uma planta de picão-preto é capaz de produzir até 30.000 sementes (Chauhan et al., 2019). Os frutos esparsamente eriçados, possuem pequenas farpas que facilitam sua propagação involuntária por animais, trabalhadores e pelo vento (Holm et al., 1977). Forsyth e Brown (1982) relataram que plantas de picão preto produzem sementes longas e sementes curtas, de forma que as sementes longas germinam mais rapidamente do que sementes curtas, estratégia que dificulta o controle da planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação no Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia de Agrotóxicos no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), localizado a latitude sul 20°34'25" e longitude oeste 48°33'37", no período de setembro a novembro de 2021.

3.1 Efeito de herbicidas em cana-de-açúcar

Para o estudo da seletividade foram utilizadas as cultivares de cana-de-açúcar CTC 9001 BT, RB 97 5201 e RB 96 6928, adquiridas em viveiro comercial localizado na região de Batatais/SP. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de polietileno, contendo 10 dm³ de solo e uma muda pré-brotada de cana-de-açúcar (MPB), que recebeu irrigação diária conforme as exigências das plantas.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dez tratamentos e um controle (Tabela 1), em cinco repetições.

Todos os tratamentos herbicidas foram aplicados juntamente com óleo mineral Joint Oil® a 0,5% v/v conforme recomendação do fabricante. A aplicação dos herbicidas foi realizada 14 dias após o plantio (DAP) das mudas pré-brotadas de cana, com auxílio de um pulverizador costal pressurizado (CO₂) à pressão constante de 172,36 KPa, equipado de barra com duas pontas de jato plano leque DG 11002 (Teejet®), espaçadas em 50 cm, com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos aplicados nos estudos de seletividade em cana-de-açúcar e de controle de plantas daninhas.

Tratamentos	Produto comercial	Ingrediente Ativo	Dose L ha ⁻¹ (P.C.)
1	Zaphir®	imazethapyr	0,5 (53 g i.a. ha ⁻¹)
2	Zaphir®	imazethapyr	1,5 (159 g i.a. ha ⁻¹)
3	Calipen®	atrazine + mesotrione	0,5 (250 + 25 g i.a. ha ⁻¹)
4	Calipen®	atrazine + mesotrione	2,4 (1200 + 120 g i.a. ha ⁻¹)
5	Calipen® + Zaphir®	atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5 (400 + 40 g i.a. ha ⁻¹ + 53 g i.a. ha ⁻¹)
6	Calipen® + Zaphir®	atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5 (600 + 60 g i.a. ha ⁻¹ + 53 g i.a. ha ⁻¹)
7	Calipen® + Zaphir®	atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0 (400 + 40 g i.a. ha ⁻¹ + 106 g i.a. ha ⁻¹)
8	Calipen® + Zaphir®	atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0 (600 + 60 g i.a. ha ⁻¹ + 106 g i.a. ha ⁻¹)
9	Calipen® + Zaphir®	atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0 (1200 + 120 g i.a. ha ⁻¹ + 106 g i.a. ha ⁻¹)
10	Calipen® + Zaphir®	atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5 (1200 + 120 g i.a. ha ⁻¹ + 159 g i.a. ha ⁻¹)
11 (Testemunha)	-	-	-

P.C.= Produto comercial; i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®); Todos os tratamentos herbicidas foram aplicados juntamente com óleo mineral Joint Oil® a 0,5% v/v.

3.2 Eficácia de controle de plantas daninhas

Para os ensaios de eficácia de controle, foram utilizados vasos retangulares de 208 mm x 110 mm x 70 mm (CxLxA) preenchidos com mistura de solo e substrato orgânico (1:1 v/v). As plantas daninhas foram semeadas em fileiras, de forma paralela na seguinte ordem: *I. purpurea*, *D. insularis*, *E. heterophylla*, *S. latifolia*, *B. pilosa* e *I. nil*.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dez tratamentos e um controle (Tabela 1), com dez repetições.

Todos os tratamentos herbicidas foram aplicados juntamente com óleo mineral Joint Oil® a 0,5% v/v conforme recomendação do fabricante. A

aplicação dos herbicidas foi realizada dias após o aparecimento das primeiras folhas verdadeiras das plantas daninhas, com auxílio de um pulverizador costal pressurizado (CO₂) à pressão constante de 172,36 KPa, equipado de barra com duas pontas de jato plano leque DG 11002 (Teejet®), espaçadas em 50 cm, com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

3.3 Avaliações

As avaliações visuais dos efeitos dos tratamentos na cana-de-açúcar foram feitas seguindo a tabela de sinais de fitotoxicidade desenvolvida pelo Prof Dr. Claudinei da Cruz. (Tabela 2)

Tabela 2. Sinais de toxicidade propostos para avaliação de fitotoxicidade de herbicidas.

Escala	Sinais de toxidade	Porcentagem de Efeitos (%)	Classificação do efeito
0	Sem sinal aparente de toxicidade	0,0 - 5,0	Sem sinal de fitotoxicidade
1	Clorose de borda de folhas jovens ou de folhas do cotilédone	5,1 - 10,0	Efeito leve de fitotoxicidade
2	Perda da pigmentação foliar	10,1 - 20,0	
3	Murchamento de folhas ou caule	20,1 - 30,0	
4	Crescimento irregular de ramos e desenvolvimento irregular de folhas (epinastia)	30,1 - 40,0	
5	Necrose parcial ou total de folhas jovens e maduras	40,1 - 50,0	Efeito moderado de fitotoxicidade
6	Encarquilhamento de folhas jovens e/ou maduras	50,1 - 60,0	
7	Alongamento no desenvolvimento de caule e ramos	60,1 - 70,0	
8	Inibição do crescimento ou desenvolvimento da planta	70,1 - 80,0	Efeito grave de fitotoxicidade
9	Necrose das gemas apicais e queda de folhas	80,1 - 90,0	
10	Morte da planta	90,1 - 100,0	

Tabela desenvolvida por Prof. Dr. Claudinei da Cruz – Laboratório de ecotoxicologia e Eficácia dos Agrotóxicos, LEEA, do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos

Aos 15, 21, 35, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) as plantas foram mensuradas quanto à altura, sendo aferida a partir da base da planta rente ao

solo até a primeira aurícula visível. Aos 60 DAA as plantas foram cortadas rente ao solo para obtenção matéria seca da parte aérea. Foram armazenadas em sacos de papel e mantidas em estufa com circulação forçada de ar a 65 ± 2 °C até atingirem massa constante e, posteriormente, determinada a matéria seca da parte aérea.

Após a aplicação nas plantas daninhas os experimentos foram conduzidos por 60 dias e as avaliações foram realizadas em 3; 7; 15; 21; 30; 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) pela escala de notas da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPDC, 1995) e pela escala proposta pela Associação Latinoamericana de malezas (ALAM, 1974). Aos 60 DAA as plantas foram cortadas rente ao solo para obtenção matéria seca da parte aérea. Foram armazenadas em sacos de papel e mantidas em estufa com circulação forçada de ar a 65 ± 2 °C até atingirem massa constante e posteriormente determinada a matéria seca da parte aérea.

3.4 Análise de Dados

Os resultados foram analisados em análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando uma probabilidade de erro de 5%, no software AgroEstat (Barbosa e Maldonado, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito de herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar

Para as cultivares RB 966928 e RB 975201 aos 3 e 7 DAA, as plantas submetidas aos tratamentos dos herbicidas não apresentaram sinais de intoxicação, possivelmente devido ao tempo necessário para metabolização dos herbicidas. Aos 15 DAA os tratamentos imazethapyr 0,5 L e 1,5 L ha⁻¹ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr em todas as doses testadas ocasionaram encarquilhamento das folhas jovens (50,1%) (Tabela 3 e Tabela 4).

Tabela 3: Valores médios de notas visuais de fitotoxicidade para RB 966928 de acordo com Tabela 2 de avaliação.

NOTAS DE SELETIVIDADE (%)									
RB 966928			DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA)						
Ingrediente Ativo (i.a.)		Dose (L ha ⁻¹)	3	7	15	21	30	45	60
imazethapyr	T1	0,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
imazethapyr	T2	1,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione	T3	0,5	0	0	0	0	0	0	0
atrazine + mesotrione	T4	2,4	0	0	0	0	0	0	0
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T5	0,8 + 0,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T6	1,2 + 0,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T7	0,8 + 1,0	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T8	1,2 + 1,0	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T9	2,4 + 1,0	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T10	2,4 + 1,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
Testemunha	T11	-	0	0	0	0	0	0	0

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®).

O herbicida indaziflam (37,5 g ha⁻¹ i.a.) foi seletivo na aplicação em pós-plantio de MPB RB 96 6928, entretanto a aplicação ao solo um dia antes do plantio causou a morte das mudas de RB 96 6928 e CTC14 (37,5 a 112,5 g ha⁻¹ i.a.) (Hijano, 2016). A aplicação de indaziflam (37,5 a 112,5 g ha⁻¹ i.a.) + metribuzin (480 a 1440 g ha⁻¹ i.a.) um dia antes do plantio ocasionou a morte das mudas de RB 96 6928 e CTC14, mas foi seletiva para aplicação em pós-plantio (37,5 + 480; 56,25 + 720; 75 + 960 g ha⁻¹ i.a.) para RB 96 6928 (Silva et.al, 2018).

Tabela 4: Valores médios de notas visuais de fitotoxicidade para RB 975201 de acordo com Tabela 2 de avaliação.

NOTAS DE SELETIVIDADE (%)									
RB 975201			DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA)						
Ingrediente Ativo (i.a.)		Dose (L ha ⁻¹)	3	7	15	21	30	45	60
imazethapyr	T1	0,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
imazethapyr	T2	1,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione	T3	0,5	0	0	0	0	0	0	0
atrazine + mesotrione	T4	2,4	0	0	0	0	0	0	0
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T5	0,8 + 0,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T6	1,2 + 0,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T7	0,8 + 1,0	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T8	1,2 + 1,0	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T9	2,4 + 1,0	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T10	2,4 + 1,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
Testemunha	T11	-	0	0	0	0	0	0	0

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®).

A aplicação de imazethapyr 0,5 e 1,5 L. ha⁻¹ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr em todas as doses testadas atingiram 70,1% de sinais de intoxicação, com a inibição do crescimento e desenvolvimento das plantas aos 21 DAA, chegando aos 80% de sinais de intoxicação nos 30 DAA (Tabelas 3 e 4). Em estudo feito com a cultivar SP 86042, Giraldele (2018) observou que até 65 DAA, os herbicidas flazasulfuron e imazapic proporcionaram maiores notas de sintomas de injúrias, como clorose e retardo de desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar.

Dias et al. (2017) relataram que para as cultivares CTC14, CTC7 e RB 96 6928 os herbicidas diclosulam, sulfentrazone e a associação entre S-metolaclo e sulfentrazone tiveram efeito significativo na intoxicação desde os 14 DAA, quando os sintomas mais importantes foram uma coloração verde mais clara nas folhas e redução da altura e vigor das plantas.

As plantas de cana-de-açúcar das cultivares RB 96 6928 e RB 97 5201 apresentaram redução das injúrias vistas anteriormente na avaliação de 30 DAA, quando chegou a 80%, voltando a apresentar desenvolvimento em altura de planta e visualmente, ficando, então, com 70,1% de intoxicação aos 45 DAA e 60 DAA (Tabelas 3 e 4). Segundo Sabbag et al. (2017) as variedades RB 96

6928 e RB 97 5201 não se apresentaram tolerantes para a aplicação de saflufenacil ($98 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$) + clomazone ($1120 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$) aos 10 DAP (Dias após plantio) das mudas. Para Bertolino e Alves (2014) os tratamentos para a cultivar SP81-3250 com sulfentrazone e amicarbazone apresentaram resultado de toxicidade variável os 48 DAA e aos 69 DAB (Dias após brotação) praticamente não apresentaram danos visuais às plantas.

Para a cultivar CTC 9001 BT aos 3 e 7 DAA as plantas submetidas aos tratamentos herbicidas não apresentaram sinais de intoxicação ou injúrias. Aos 15 DAA e 21 DAA os tratamentos imazethapyr $0,5$ e $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr em todas as doses testadas apresentaram encarquilhamento das folhas jovens ($50,1\%$) (Tabela 5).

As aplicações de imazethapyr $0,5$ e $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr em todas as doses testadas para a cultivar CTC 9001 BT atingiram 80% de sinais de intoxicação, aos 30 DAA tendo a inibição do crescimento e desenvolvimento das plantas (Tabela 5).

Para a cultivar IAC SP 96-2042, um estudo feito por Silva et. al (2013) tanto plantas adubadas quanto sem adubação, os sintomas de intoxicação pelos herbicidas clomazone (1000 g ha^{-1}), diuron (1440 g ha^{-1}) + hexazinone (396 g ha^{-1}) e sulfentrazone (800 g ha^{-1}) não ultrapassaram 50% de danos aos 14 DAA, mas os 35 DAA, as notas atribuídas aos sintomas de intoxicação diminuiram pela metade, diferindo dos resultados obtidos neste estudo com outros herbicidas.

Tabela 5: Valores médios de notas visuais de fitotoxicidade para CTC 9001 BT de acordo com Tabela 2 de avaliação.

NOTAS DE SELETIVIDADE (%)									
CTC 9001 BT			DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA)						
Ingrediente Ativo (i.a.)		Dose (L ha^{-1})	3	7	15	21	30	45	60
imazethapyr	T1	0,5	0	0	50,1	50,1	80	70,1	70,1
imazethapyr	T2	1,5	0	0	50,1	50,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione	T3	0,5	0	0	0	0	0	0	0
atrazine + mesotrione	T4	2,4	0	0	0	0	0	0	0
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T5	$0,8 + 0,5$	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T6	$1,2 + 0,5$	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T7	$0,8 + 1,0$	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T8	$1,2 + 1,0$	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1

atrazine + mesotrione + imazethapyr	T9	2,4 + 1,0	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
atrazine + mesotrione + imazethapyr	T10	2,4 + 1,5	0	0	50,1	70,1	80	70,1	70,1
Testemunha	T11	-	0	0	0	0	0	0	0

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®).

Aos 45 e 60 DAA as plantas da cultivar CTC 9001 BT apresentaram redução das injúrias vistas anteriormente na avaliação de 30 DAA, quando chegou a 80%, voltando a apresentar desenvolvimento em altura de planta e, visualmente, ficando com 70,1% de intoxicação (Tabela 5).

Para a cultivar RB 96 6928 aos 15 DAA os tratamentos atrazine + mesotrione 0,5 L ha⁻¹ e 2,4 L ha⁻¹ (250 + 25 e 1200 + 120 g i.a. ha⁻¹) e testemunha não se diferenciaram estatisticamente quanto ao efeito na altura, mantendo assim até 45 DAA. Os tratamentos imazethapyr 0,5 e 1,5 L ha⁻¹ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr em todas as doses testadas não se diferenciaram estatisticamente entre si, mas ocorreu diferença estatística em relação a testemunha e aos tratamentos atrazine + mesotrione 0,5 L ha⁻¹ e 2,4 L ha⁻¹ (250 + 25 e 1200 + 120 g i.a. ha⁻¹) no período entre 15 a 45 DAA.

Todavia, aos 60 DAA, os tratamentos imazethapyr 0,5 e 1,5 L ha⁻¹ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr em todas as doses testadas para a cultivar RB 96 6928, causaram redução na altura e se diferenciaram estatisticamente em relação a testemunha, chegando a apresentar 80,8 % de redução na mistura atrazine + mesotrione + imazethapyr 2,4 L ha⁻¹ + 1,5 L ha⁻¹. (Tabela 6).

Tabela 6: Altura (cm) das plantas de cana-de-açúcar (RB 96 6928).

ALTURA DE PLANTA (cm)		DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA)				
RB 96 6928						
Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose (L ha ⁻¹)	15	21	30	45	60
T1. imazethapyr	0,5	16,88 b	16,88 b	19,20 b	32,40 b	53,70 b
T2. imazethapyr	1,5	17,34 b	17,40 b	17,50 b	18,40 b	18,50 d
T3. atrazine + mesotrione	0,5	29,30 a	36,44 a	46,70 a	66,40 a	88,20 a
T4. atrazine + mesotrione	2,4	28,40 a	35,20 a	47,60 a	68,50 a	93,40 a
T5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	18,20 b	18,20 b	18,30 b	26,00 b	44,30 bc
T6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	18,94 b	19,00 b	19,00 b	22,70 b	27,40 cd

T7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	16,86 b	17,06 b	17,16 b	18,10 b	18,60 d
T8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	17,50 b	17,80 b	18,10 b	18,20 b	23,20 cd
T9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	17,00 b	17,20 b	17,30 b	18,70 b	28,00 cd
T10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	17,36 b	17,50 b	17,50 b	17,90 b	17,90 d
T11. Testemunha		32,10 a	38,78 a	52,80 a	71,90 a	93,20 a
DMS(5%)		8,52	10,33	12,68	18,38	25,25
CV (%)		19,01	21,06	22,32	24,84	25,56
F		11,02**	17,53**	30,46**	34,82**	35,41**

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®); Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo.

Os efeitos dos tratamentos atrazine + mesotrione ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 \text{ L ha}^{-1}$) não se diferenciaram estatisticamente da testemunha, no qual pode se observar que o tratamento atrazine + mesotrione $2,4 \text{ L ha}^{-1}$ apresentou aos 60 DAA maior altura comparada a testemunha (Tabela 7). Ao final do período de avaliação (60 DAA), mesmo diferenciando estatisticamente entre si para a altura, pode se observar a recuperação do desenvolvimento em todos os tratamentos, observadas a partir dos 45 DAA. Aos 35 DAA Silva et. al (2013) constataram para a cultivar IAC SP 96-2042 uma capacidade de recuperação (sintomas de intoxicação chegaram ao máximo de 27%) pois não mais se observou diferenças significativas entre o tratamento diuron+hexazinone com a testemunha e os níveis de adubação utilizados. Souza et al. (2009) também observaram uma grande capacidade de recuperação dos sintomas de intoxicação em cana-de-açúcar para o diuron+hexazinone.

Tabela 7. Altura (cm) das plantas de cana-de-açúcar das cultivares RB 96 6928, RB 97 5201 e CTC 9001 BT aos 60 dias após a aplicação

ALTURA DE PLANTA (cm) AOS 60 DAA				
Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose (L ha^{-1})	RB 966928	RB 975201	CTC 9001 BT
1. imazethapyr	0,5	$53,7 \pm 14,35 \text{ b}$	$39,6 \pm 5,02 \text{ b}$	$50,80 \pm 8,31 \text{ ab}$
2. imazethapyr	1,5	$18,5 \pm 3 \text{ d}$	$17,6 \pm 1,38 \text{ c}$	$20,80 \pm 6,18 \text{ de}$
3. atrazine + mesotrione	0,5	$88,2 \pm 26,42 \text{ a}$	$50,2 \pm 3,83 \text{ a}$	$56,20 \pm 16,85 \text{ a}$
4. atrazine + mesotrione	2,4	$93,4 \pm 10,56 \text{ a}$	$41 \pm 4,48 \text{ ab}$	$62,60 \pm 15,20 \text{ a}$

5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	44,3 ± 7,59 bc	23,38 ± 2,41 c	36,20 ± 8,01 bcd
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	27,4 ± 9,85 cd	24,1 ± 5,15 c	31,40 ± 5,45 bcde
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	18,6 ± 2,50 d	21,5 ± 5,64 c	17,60 ± 5,12 de
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	23,2 ± 3,89 cd	17,1 ± 1,59 c	22,80 ± 5,97 de
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	28 ± 14,67 cd	19,2 ± 2,36 c	27,50 ± 11,14 cde
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	17,9 ± 2,10 d	16,9 ± 1,63 c	12,90 ± 2,24 e
11. Testemunha		93,2 ± 10,08 a	48,5 ± 8,35 ab	45,80 ± 6,87 abc
	DMS(5%)	25,25	9,31	19,99
	CV	25,56	14,95	26,66
	F	35,41**	45,52**	16,06**

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®); Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo.

Para a cultivar RB 97 5201 aos 15 DAA os tratamentos atrazine + mesotrione ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 \text{ L ha}^{-1}$) e testemunha não se diferenciaram estatisticamente quanto à altura. Entretanto o tratamento atrazine + mesotrione $2,4 \text{ L ha}^{-1}$ não se diferenciou também dos tratamentos imazethapyr $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr $1,2 \text{ L ha}^{-1} + 0,5 \text{ L ha}^{-1}$, $0,8 \text{ L ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, $1,2 \text{ L ha}^{-1} + 1,0 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 \text{ L ha}^{-1} + 1,0 \text{ L ha}^{-1}$. Aos 21 DAA os tratamentos atrazine + mesotrione ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 \text{ L ha}^{-1}$) e testemunha não se diferenciaram estatisticamente quanto a altura, mantendo assim até 30 DAA. Os tratamentos imazethapyr $0,5$ e $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr $0,8 + 0,5 \text{ L ha}^{-1}$; $1,2 + 0,5 \text{ L ha}^{-1}$; $0,8 + 1 \text{ L ha}^{-1}$; $1,2 + 1,0 \text{ L ha}^{-1}$; $2,4 + 1,0 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 + 1,5 \text{ L ha}^{-1}$ não se diferenciaram estatisticamente entre si aos 21 DAA, mas ocorreu diferença estatística em relação a testemunha e aos tratamentos atrazine + mesotrione ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 \text{ L ha}^{-1}$) (Tabela 8).

Tabela 8. Porcentagem de redução da altura (cm) das plantas de cana-de-açúcar das cultivares RB 96 6928, RB 97 5201 e CTC 9001 BT em 60 dias após a aplicação

% REDUÇÃO DA ALTURA AOS 60 DAA				
Ingrediente ativo (i.a.)	Dose	RB 966928	RB 975201	CTC 9001 BT

	L ha ⁻¹			
1. imazethapyr	0,5	42,4	18,4	-10,9
2. imazethapyr	1,5	80,2	63,7	54,6
3. atrazine + mesotrione	0,5	5,4	-3,5	-22,7
4. atrazine + mesotrione	2,4	-0,2	15,5	-36,7
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	52,5	51,8	21,0
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	70,6	50,3	31,4
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	80	55,7	61,6
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	75,1	64,7	50,2
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	70	60,4	40,0
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	80,8	65,2	71,8
11. Testemunha		0	0,0	0,0

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®).

Aos 30 DAA o tratamento com imazethapyr 1,5 L ha⁻¹ e a mistura de atrazine + mesotrione + imazethapyr 2,4 L ha⁻¹ + 1,5 L ha⁻¹ (Tabela 9) não apresentou diferença estatística quanto ao seu efeito na altura, mantendo assim a inibição do crescimento e desenvolvimento observado em avaliação visual. Aos 45 DAA não se diferenciaram estatisticamente o tratamento imazethapyr 1,5 L ha⁻¹ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr 0,8 + 0,5 L ha⁻¹, 1,2 + 0,5 L ha⁻¹, 0,8 + 1 L ha⁻¹, 1,2 + 1,0 L ha⁻¹, 2,4 + 1,0 L ha⁻¹ e 2,4 + 1,5 L ha⁻¹ mantendo-se assim até a última avaliação aos 60 DAA (Tabela 7).

Tabela 9. Altura (cm) das plantas de cana-de-açúcar (RB 97 5201).

RB 975201		ALTURA DE PLANTA (cm)				
		DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA)				
Ingrediente ativo (i.a.)	Dose L ha ⁻¹	15	21	30	45	60
T1. imazethapyr	0,5	18,20 bc	18,90 b	21,30 b	30,00 c	39,60 b
T2. imazethapyr	1,5	15,50 c	16,00 b	16,00 c	16,20 d	17,60 c
T3. atrazine+mesotrione	0,5	26,26 a	29,22 a	32,10 a	40,70 a	50,20 a
T4. atrazine+mesotrione	2,4	21,00 ab	25,30 a	29,00 a	33,60 bc	41,00 ab
T5. atrazine + mesotrione+imazethapyr	0,8 + 0,5	14,70 c	14,90 b	16,50 bc	20,30 d	23,38 c
T6. atrazine + mesotrione+imazethapyr	1,2 + 0,5	16,04 bc	16,84 b	17,00 bc	20,20 d	24,10 c
T7. atrazine + mesotrione+imazethapyr	0,8 + 1,0	16,00 bc	16,10 b	16,20 bc	18,90 d	21,50 c
T8. atrazine + mesotrione+imazethapyr	1,2 + 1,0	16,30 bc	16,50 b	16,90 bc	17,10 d	17,10 c
T9. atrazine + mesotrione+imazethapyr	2,4 + 1,0	16,40 bc	16,80 b	17,10 bc	17,30 d	19,20 c

T10. atrazine + mesotrione+imazethapyr	2,4 + 1,5	15,06 c	15,44 b	15,50 c	15,70 d	16,90 c
T 11. Testemunha		25,20 a	27,38 a	31,70 a	40,10 ab	48,50 ab
	DMS(5%)	5,45	5,25	5,23	7,02	9,31
	CV	13,93	12,60	11,68	13,32	14,95
	F	12,96**	23,03**	37,77**	43,86**	45,52**

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®); Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo.

Aos 60 DAA, o tratamento imazethapyr isolado $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr em todas as doses testadas para a cultivar RB 97 5201, proporcionaram redução na altura e se diferenciaram estatisticamente em relação ao controle (Tabela 7), chegando a apresentar 65,2 % de redução do crescimento na mistura atrazine + mesotrione + imazethapyr ($2,4 \text{ L ha}^{-1} + 1,5 \text{ L ha}^{-1}$). Já os tratamentos atrazine + mesotrione ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 \text{ L ha}^{-1}$) não se diferenciaram estatisticamente em relação a testemunha, mas apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 7).

Pode se observar que o tratamento atrazine + mesotrione $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ apresentou aos 60 DAA maior altura comparada a testemunha. Ao final do período de avaliação (60 DAA), mesmo diferenciando estatisticamente entre si para a altura, pode se observar a recuperação do desenvolvimento em todos os tratamentos, observadas a partir dos 45 DAA (Tabelas 7, 8 e 9).

Em estudo feito por Garcia et al. (2019) para verificar a seletividade de tratamentos aplicados em pré-plantio de MPB (cultivar CTC14) utilizando os herbicidas oxyfluorfen + sulfentrazone ($600 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 750 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), oxyfluorfen + atrazine ($720 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 2500 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), tebuthiuron + sulfentrazone ($1100 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 750 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), s-metolachlor + sulfentrazone ($2112 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 750 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), clomazone + atrazine ($1008 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 2500 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) e clomazone + sulfentrazone ($1080 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 750 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) em que realizou a pulverização e após 24 horas do plantio das mudas, relataram que no início do desenvolvimento das mudas, todos os tratamentos com herbicida causaram fitotoxicidade, mas com o crescimento e desenvolvimento, os sintomas foram diminuindo, não havendo diferença entre os tratamentos quanto à altura e a matéria seca das plantas.

Para a cultivar CTC 9001 aos 15 DAA os tratamentos atrazine + mesotrione (0,5 L ha⁻¹ e 2,4 L ha⁻¹) e testemunha não se diferenciaram estatisticamente quanto à altura (Tabela 10).

Ainda aos 15 DAA, os tratamentos imazethapyr 1,5 L ha⁻¹ e atrazine + mesotrione + imazethapyr 0,8 L ha⁻¹ + 1 L ha⁻¹ teve diferença estatística entre si mas não se diferenciaram estatisticamente dos tratamentos imazethapyr 0,5 L ha⁻¹, atrazine + mesotrione + imazethapyr 0,8 + 0,5 L ha⁻¹; 1,2 + 0,5 L ha⁻¹; 1,2 + 1,0 L ha⁻¹; 2,4 + 1,0 L ha⁻¹ e 2,4 + 1,5 L ha⁻¹ (Tabela 9).

Aos 21 DAA e 30 DAA os tratamentos atrazine + mesotrione (0,5 L ha⁻¹ e 2,4 L ha⁻¹) e testemunha não se diferenciaram estatisticamente quanto à altura, entretanto, aos 45 DAA, estes tratamentos ainda não se diferenciaram entre si estatisticamente, mas ocorreu diferença entre atrazine + mesotrione 0,5 L ha⁻¹ e testemunha com o tratamento atrazine + mesotrione 2,4 L ha⁻¹ (Tabela 10).

A partir dos 45 DAA foi observada a recuperação do desenvolvimento das plantas quanto à altura em todos os tratamentos, em que os tratamentos imazethapyr 0,5 L ha⁻¹ e atrazine + mesotrione (0,5 L ha⁻¹ e 2,4 L ha⁻¹) proporcionaram altura superior a testemunha aos 60 DAA e a mistura de atrazine + mesotrione + imazethapyr 2,4 L ha⁻¹ + 1,5 L ha⁻¹ causou redução da altura comparada a testemunha de 71,8% na última avaliação aos 60 DAA (Tabela 7 e 10).

Tabela 10. Altura (cm) das plantas de cana-de-açúcar (CTC 9001 BT).

		ALTURA DE PLANTA (cm)				
CTC 9001 BT		DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA)				
Ingrediente ativo (i.a.)	Dose L ha ⁻¹	15	21	30	45	60
1. imazethapyr	0,5	13,56 bc	17,14 b	24,50 b	36,80 bc	50,80 ab
2. imazethapyr	1,5	15,48 b	15,52 bc	16,00 cd	17,80 def	20,80 de
3. atrazine+mesotrione	0,5	22,60 a	27,62 a	35,60 a	44,50 ab	56,20 a
4. atrazine+mesotrione	2,4	23,28 a	27,96 a	34,20 a	47,90 a	62,60 a
5. atrazine+mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	12,80 bc	13,60 bc	18,80 bc	26,90 cd	36,20 bcd
6. atrazine+mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	10,70 bc	10,80 c	18,30 bc	26,80 cd	31,40 bcde
7. atrazine+mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	10,40 c	10,84 c	12,60 cd	15,40 ef	17,60 de
8. atrazine+mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	12,16 bc	12,24 bc	13,60 cd	18,30 def	22,80 de

9. atrazine+mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	14,38 bc	14,72 bc	15,60 cd	22,80 de	27,50 cde
10. atrazine+mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	9,940 c	10,30 c	10,90 d	11,20 f	12,90 e
11. Testemunha		21,36 a	25,98 a	31,80 a	39,80 ab	45,80 abc
DMS(5%)		4,80	5,42	6,97	10,87	19,9
CV		14,76	14,88	15,40	18,09	26,66
F		24,73**	37,32**	38,42**	30,24**	16,06**

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine - 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®); Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo.

Beluci et al. (2015) verificaram a tolerância da MPB da cultivar IAC SP 95-5000 para a aplicação dos herbicidas imazapic (245 g ha^{-1} i.a.), diclosulam ($88,2 \text{ g ha}^{-1}$ i.a.) + s-metolachlor (1920 g ha^{-1} i.a.), imazapyr (500 g ha^{-1} i.a.), diclosulam ($88,2 \text{ g ha}^{-1}$ i.a.) + oxyfluorfen (1200 g ha^{-1} i.a.), amicarbazone (2100 g ha^{-1} i.a.), trifluralin (4240 g ha^{-1} i.a.) + pendimethalin (1750 g ha^{-1} i.a.) e sulfentrazone (800 g ha^{-1} i.a.) aos 20, 40 ou 60 DAP (Dias após o plantio). O herbicida imazapyr foi o que causou maior fitointoxicação visual até os 40 DAP, sendo que aos 60 dias as plantas de cana-de-açúcar originadas de MPB se recuperaram.

No experimento com a cultivar RB 96 6928 a menor biomassa seca foi observada após a aplicação da maior dose da mistura atrazine + mesotrione + imazethapyr ($2,4 \text{ L ha}^{-1} + 1,5 \text{ L ha}^{-1}$) com redução de 93,5%, seguido da aplicação da maior dose de imazethapyr isolado ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$) apresentando redução de 90,7% comparado a testemunha. Nos tratamentos atrazine + mesotrione ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 \text{ L ha}^{-1}$) foi observado o aumento da biomassa seca em comparação a testemunha (Tabela 11).

Tabela 11. Média da massa seca (g) da parte aérea das plantas de cana-de-açúcar (RB 96 6928).

Ingrediente ativo (i.a.)	Dose (L ha^{-1})	Parte Aérea	% Redução
1. imazethapyr	0,5	$30,85 \pm 10,04 \text{ b}$	56,6
2. imazethapyr	1,5	$6,58 \pm 1,40 \text{ c}$	90,7
3. atrazine + mesotrione	0,5	$72,94 \pm 17,25 \text{ a}$	-2,7
4. atrazine + mesotrione	2,4	$77,41 \pm 18,79 \text{ a}$	-8,9
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$0,8 + 0,5$	$24,49 \pm 4,17 \text{ bc}$	65,5
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$1,2 + 0,5$	$18,18 \pm 8,48 \text{ bc}$	74,4
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$0,8 + 1,0$	$7,42 \pm 2,05 \text{ c}$	89,6
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$1,2 + 1,0$	$8,82 \pm 1,04 \text{ c}$	87,6
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$2,4 + 1,0$	$10,96 \pm 7,40 \text{ bc}$	84,6

10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	4,58 ± 0,96 c	93,5
11. Testemunha		71,05 ± 15,22 a	0
	DMS(5%)	21,81	
	CV	33,54	
	F	40,96**	

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine – 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®); Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo.

Pimentel et al. (2021) ao analisarem a massa seca da parte aérea das cultivares IAC 95-5000, RB 96 6928, RB 85 5156 e RB 93 509, observaram que houve diferenças estatísticas entre os tratamentos com e sem aplicação de tembotrione, assim como, entre as cultivares. A cultivar IAC 95-5000 obteve redução nas médias quando realizada a aplicação do herbicida tembotrione, ao passo que, não houve diferenças para as cultivares RB 96 6928, RB 85 5156 e RB 93509 em relação aos tratamentos com e sem aplicação.

Para a cultivar RB 97 5201 a menor biomassa seca observada foi no tratamento de maior dose do imazethapyr ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$) apresentando redução de 84,5% comparado a testemunha, enquanto a menor redução de biomassa comparada a testemunha foi do tratamento atrazine + mesotrione $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ (Tabela 12). Em estudo com o herbicida imazapyr, Giraldeli (2018) constatou as menores massas secas da parte aérea nas doses 250, 500 e $1.000 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ para a cultivar RB 98 5476.

Tabela 12. Média da massa seca (g) da parte aérea das plantas de cana-de-açúcar (RB 97 5201).

Ingrediente ativo (i.a.)	Dose (L ha^{-1})	Parte Aérea	% Redução
1. imazethapyr	0,5	18,28 ± 4,37 bc	58,9
2. imazethapyr	1,5	6,91 ± 1,60 c	84,5
3. atrazine + mesotrione	0,5	39,85 ± 4,86 a	10,4
4. atrazine + mesotrione	2,4	25,91 ± 6,33 b	41,8
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	10,34 ± 2,95 c	76,7
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	9,02 ± 1,66 c	79,7
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	8,29 ± 1,72 c	81,3
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	8,79 ± 3,06 c	80,2
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	10,98 ± 2,98 c	75,3
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	7,23 ± 2,18 c	83,7
11. Testemunha		44,49 ± 16,90 a	0,0
	DMS(5%)	13,08	
	CV	35,26	
	F	24,80**	

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine – 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®); Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo.

A menor biomassa seca para a cultivar CTC 9001 BT foi observada na maior dose da mistura atrazine + mesotrione + imazethapyr ($2,4 \text{ L ha}^{-1} + 1,5 \text{ L ha}^{-1}$) com redução de 87,5%, seguida da aplicação da maior dose de imazethapyr isolado ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$) apresentando redução de 75,1% quando comparada com a testemunha. Nos tratamentos atrazine + mesotrione ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e $2,4 \text{ L ha}^{-1}$) foi observado o aumento da biomassa seca em comparação a testemunha, tendo aumento de até 67,0% na maior dose (Tabela 13). Dias et al. (2017) estudaram a seletividade de herbicidas em pré-plantio de MPB's das cultivares CTC14, CTC7 e RB 96 6928 e analisando o herbicida sulfentrazone ($800 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), os maiores sintomas de injúrias foram observados aos 28 DAA com 30,0% (CTC14), 26,5% (CTC7) e 20,0% (RB 96 6928). Entretanto, a altura e massa seca da parte aérea foram iguais à testemunha, quanto utilizado o sulfentrazone.

Tabela 13. Média da massa seca (g) da parte aérea das plantas de cana-de-açúcar (CTC 9001 BT).

Ingrediente ativo (i.a.)	Dose (L ha^{-1})	Parte Aérea	% Redução
1. imazethapyr	0,5	$23,87 \pm 6,25 \text{ cd}$	23,4
2. imazethapyr	1,5	$7,75 \pm 3,58 \text{ de}$	75,1
3. atrazine + mesotrione	0,5	$46,11 \pm 20,25 \text{ ab}$	-47,9
4. atrazine + mesotrione	2,4	$52,08 \pm 14,03 \text{ a}$	-67,0
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$0,8 + 0,5$	$14,03 \pm 7,14 \text{ cde}$	55,0
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$1,2 + 0,5$	$10,31 \pm 4,82 \text{ de}$	66,9
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$0,8 + 1,0$	$8,70 \pm 3,30 \text{ de}$	72,1
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$1,2 + 1,0$	$10,23 \pm 5,35 \text{ de}$	67,2
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$2,4 + 1,0$	$13,59 \pm 6,40 \text{ cde}$	56,4
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	$2,4 + 1,5$	$3,89 \pm 1,42 \text{ e}$	87,5
11. Testemunha		$31,18 \pm 5,82 \text{ bc}$	0,0
DMS(5%)		18,96	
CV		43,81	
F		17,01**	

i.a. = ingrediente ativo; Zaphir® (imazethapyr - 106,00 g/L, UPL®); Calipen® (atrazine – 500 g/L + mesotrione - 50 g/L, Syngenta®); Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo.

Os resultados mostram que as cultivares têm comportamento diferenciado em relação à tolerância aos herbicidas estudados, fato que pode estar ligado as características genéticas de cada cultivar. Alguns fatores como a dose do herbicida aplicado, o estágio de desenvolvimento da cultura, a suscetibilidade dos genótipos, as características físico-químicas dos herbicidas, modo de aplicação e as condições edafoclimáticas no momento da aplicação afetam a seletividade da cultura em relação aos herbicidas (Sabbag, 2017). No entanto, mais estudos são necessários para esclarecer se os resultados de seletividades serão verificados como fator prejudicial de produtividade na colheita de cana-de-açúcar

4.2 Eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas

O herbicida imazethapyr aplicado de forma isolada resultou nos menores controles de *I. purpurea*, desde a avaliação de 7 DAA, com 14% na menor dose e 25% na maior dose até a avaliação de 60 DAA com 53% e 81% de controle, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14. Eficácia de controle (%) de *Ipomoea purpurea*.

PORCENTAGEM DE EFICÁCIA – <i>Ipomoea purpurea</i>							
Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose	7 DAA	15DAA	21 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
1. imazethapyr	0,5	14 c	24 d	24 d	44 c	45 c	53 c
2. imazethapyr	1,5	25,5 c	44 c	49 c	54,5 b	54,5 b	81 b
3. atrazine + mesotrione	0,5	76 b	90,5 b	90,5 b	91 a	91 a	92 ab
4. atrazine + mesotrione	2,4	86,5 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	86 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	90 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	84,5 ab	99 a	100 a	100 a	100 a	100 a
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	81 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	92 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	89 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
11. Testemunha		0 d	0 e	0 e	0 d	0 d	0 d
	DMS(5%)	13,74	7,69	10,19	9,13	9,13	11,22
	CV	14,16	6,69	8,82	7,66	7,66	9,06

F	137,66**	502,16**	279,02**	293,13**	293,13**	170,18**
---	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em $L\ ha^{-1}$.

A maior dose de atrazine + mesotrione suprimiu o crescimento da *I. purpurea* em 7 DAA, com altas porcentagens de controle a partir de 15 DAA, atingindo 100% de eficácia na dose de $2,4\ L\ ha^{-1}$. No entanto, a dose de $0,5\ L\ ha^{-1}$ não atingiu as mesmas notas de controle, com o pico de 53% em 60 DAA (Tabela 14).

Com a adição de atrazine + mesotrione ao herbicida imazethapyr, o controle da *I. purpurea* foi elevado, atingindo 100% de controle mesmo em menores doses, permitindo um controle eficaz, com economia e menor risco ambiental (Tabela 14).

Pereira (2020) observou que em doses de 66,5 a 665,7 g i.a ha^{-1} em 60 DAA o imazapyr proporcionou de 20 a 50% de eficácia para *I. purpurea*.

Um estudo realizado por Silva et al. (2009) apontou que a cultura da cana-de-açúcar (cana-soca), variedade RB855536, com a última colheita na época úmida pode conviver por até 33 dias após o início da rotação com uma comunidade infestante predominantemente de *Ipomoea hederifolia*. A supressão ou controle inicial das plantas daninhas é de grande importância para as culturas, pois quanto maior for o período de convivência entre a cultura e a planta daninha, maior será a interferência (Pitelli, 1985).

Como um reflexo da eficácia de controle, a maior dose de atrazine + mesotrione e as misturas dos três herbicidas ocasionaram redução de 100% na massa seca de *I. purpurea*. A menor dose do imazethapyr, apesar de apresentar a menor eficácia de controle (53 %) dentre os tratamentos, reduziu a biomassa de *I. purpurea* em 91,5%, indicando uma significativa supressão no desenvolvimento da planta (Tabela 15).

O herbicida imazapyr aplicado na dose de 532,5 g i.a ha^{-1} em 60 DAA ocasionou redução de 78,52% da massa seca de *I. purpurea* (Pereira, 2020).

Quando comparado com o controle de *I. purpurea*, o imazethapyr isolado resultou em maior controle de *I. nil* somente a partir da avaliação de 45 DAA.

No final da avaliação, os dois tratamentos com imazethapyr proporcionaram 57,5 e 94,5% de eficácia de controle (Tabela 16).

As misturas de atrazine + mesotrione proporcionaram controles de *I. nil* acima de 57,5% desde a primeira avaliação (7 DAA), sendo que a maior dose (2,4 L ha⁻¹) se diferenciou estatisticamente da menor dose (0,5 L ha⁻¹) a partir de 15 DAA (Tabela 16).

A adição de atrazine + mesotrione ao imazethapyr também apresentou sinergismo, com controles iguais ou superiores a 94,5%, com diferença estatística em relação aos demais. No entanto, somente a dose de 2,4 + 1,0 L ha⁻¹ atingiu 100% de controle de *I. nil* a partir de 30 DAA (Tabela 16).

Em pesquisa realizada por Florencia et al. (2017), o glyphosate em 525 g i.a ha⁻¹ para as plantas *Ipomoea nil* e *I. purpurea* apresentou 68,3 e 71,1% de eficácia em 21 DAA. O controle total das duas plantas somente foi atingido na aplicação de 8400 g i.a ha⁻¹.

Tabela 15. Biomassa seca da parte aérea (g) de *Ipomoea purpurea* aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

INGREDIENTE ATIVO (i.a.)	Dose L ha ⁻¹	Massa seca (g)	Redução de massa seca %
1. imazethapyr	0,5	0,436 b	91,5
2. imazethapyr	1,5	0,447 b	91,2
3. atrazine + mesotrione	0,5	0,066 b	98,7
4. atrazine + mesotrione	2,4	0 b	100,0
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	0 b	100,0
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	0 b	100,0
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	0 b	100,0
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	0 b	100,0
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	0 b	100,0
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	0 b	100,0
11. Testemunha		5,108 a	0,0
	DMS(5%)	0,97	
	CV	119,07	
	F	53,85**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em L ha⁻¹.

Tabela 16. Eficácia de controle (%) de *Ipomoea nil*.

PORCENTAGEM DE EFICÁCIA - <i>Ipomoea nil</i>
--

Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose	7 DAA	15DAA	21 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
1. imazethapyr	0,5	10 d	10 de	20 d	25 d	47,5 c	57,5 c
2. imazethapyr	1,5	11 d	23 d	27,5 d	44 c	80,5 b	94,5 a
3. atrazine + mesotrione	0,5	57,5 abc	76 b	77 c	78,5 b	80 b	80,5 b
4. atrazine + mesotrione	2,4	70,5 a	97 a	99,5 a	100 a	100 a	100 a
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	53,5 bc	81 bc	85,5 bc	90 a	92,5 a	94,5 a
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	66,5 ab	94 ab	97 ab	99 a	99,5 a	99,5 a
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	49 c	86,5 abc	93 ab	97 a	98,5 a	98,5 a
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	48,5 c	94,5 ab	96,5 ab	98,5 a	98,5 a	98,5 a
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	60 abc	99,5 a	99,5 a	100 a	100 a	100 a
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	62,5 abc	96,5 a	96,5 ab	99 a	99 a	99 a
11. Testemunha		0 d	0 e	0 e	0 e	0 d	0 d
	DMS(5%)	15,49	13,73	11,86	10,67	11,29	12,26
	CV	23,64	13,52	11,18	9,58	9,41	9,92
	F	57,07**	168,3**	213,81**	243,6**	167,1**	135,74**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em $L\ ha^{-1}$.

Quando avaliada a biomassa seca das plantas de *I. nil*, as maiores reduções de massa (100%) foram observadas nas doses de $2,4\ L\ ha^{-1}$ de atrazine + mesotrione e $2,4 + 1,0\ L\ ha^{-1}$ de atrazine + mesotrione + imazethapyr, indicando que o acréscimo de $1,0\ L\ ha^{-1}$ imazethapyr não alterou o desempenho do herbicida Calipen® na dose de $2,4\ L\ ha^{-1}$ (Tabela 17).

O herbicida glyphosate aplicado em doses entre 525 e 4200 g i.a ha^{-1} redziu de 65 a 97% da biomassa seca da *I. nil* (Florença et al., 2017).

Tabela 17. Biomassa seca da parte aérea (g) de *Ipomoea nil* aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose $L\ ha^{-1}$	Massa seca (g)	Redução de massa seca %
1. imazethapyr	0,5	2,732 b	71,6
2. imazethapyr	1,5	0,683 bc	92,9
3. atrazine + mesotrione	0,5	1,737 bc	82,0
4. atrazine + mesotrione	2,4	0 c	100,0
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	0,794 bc	91,8
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	0,101 c	99,0
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	0,118 c	98,8

8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	0,041 c	99,6
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	0 c	100,0
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	0,044 c	99,5
11. Testemunha		9,636 a	0,0
DMS(5%)		2,24	
CV		105,30	
F		35,25**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em $L\ ha^{-1}$.

Para *D. insularis*, o imazethapyr proporcionou controles elevados nas aplicações de imazethapyr 0,5 e 1,5 $L\ ha^{-1}$ a partir da avaliação de 15 DAA, com controle total a partir da avaliação de 15 DAA na dose de 1,5 $L\ ha^{-1}$ e na dose de 0,5 $L\ ha^{-1}$ a partir de 30 DAA (Tabela 18).

Uma significativa diferença foi observada nos tratamentos com atrazine + mesotrione, na qual a dose de 0,5 $L\ ha^{-1}$ diferiu estatisticamente de todos os demais tratamentos a partir de 15 DAA e não ultrapassou 40% de controle durante todo o período de avaliação. Enquanto isso, a dose de 2,4 $L\ ha^{-1}$ de atrazine + mesotrione ocasionou 92,5 % de controle de capim-amargoso em 7 DAA (Tabela 18).

Aos 7 DAA a mistura atrazine + mesotrione + imazethapyr na dose de 2,4 + 1,0 $L\ ha^{-1}$ obteve a maior nota de controle (90,9%) dos tratamentos que continham as três moléculas, sendo este controle maior que na dose 2,4 + 1,5 $L\ ha^{-1}$. Este dado aponta que 50% a mais de imazethapyr na mistura com atrazine e mesotrione na dose de 2,4 $L\ ha^{-1}$ reduz a eficácia inicial da mistura para *D. isularis* (Tabela 18).

Tabela 18. Eficácia de controle (%) de *Digitaria insularis*.

PORCENTAGEM DE EFICÁCIA - <i>Digitaria insularis</i>							
Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose	7 DAA	15DAA	21 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
1. imazethapyr	0,5	10 ef	70 c	75 b	100 a	100 a	100 a
2. imazethapyr	1,5	15 def	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
3. atrazine+mesotrione	0,5	25 de	25 d	25 c	25 c	35 b	40 c
4. atrazine+mesotrione	2,4	92,5 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
5. atrazine+mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	19,5 def	77,5 bc	77,5 b	89,5 a	91,5 a	94,5 b

6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	29 cde	92,5 ab	93 a	96 a	96,5 a	98,5 ab
7. atrazine+mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	33,3 bcd	87,5 ab	89 ab	97 a	98 a	100 a
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	47,3 bc	92,5 ab	93 a	96,5 a	100 a	100 a
9. atrazine+mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	90,9 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	53,5 b	96,6 a	96,6 a	100 a	100 a	100 a
11. Testemunha		0 f	0 e	0 d	0 c	0 c	0 d
DMS(5%)		23,83	15,22	14,29	11,4	8,65	4,97
CV		39,18	13,49	12,58	9,41	7,01	3,97
F		43,12**	105,28**	119,53**	205,19**	330,5**	976,55**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em L ha⁻¹.

Aos 7 DAA, a aplicação de 1000 g i.a ha⁻¹ de atrazine controlou menos de 20% das plantas de capim amargoso. Uma melhora na eficácia foi observada com a adição de nanocápsulas PCL carregadas de atrazina, atingindo controle total das plantas (Sousa et al., 2020). A incorporação de atrazina em nanocápsulas de poli(epsiloncaprolactona) (PCL) além da melhora no controle demonstrou melhora na estabilidade, liberação lenta do herbicida e melhora na absorção do ingrediente ativo (Anton et al. 2008; Oliveira et al. 2015; Sousa et al. 2018).

Tabela 19. Biomassa seca da parte aérea (g) de *Digitaria insularis* aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose L ha ⁻¹	Massa seca (g)	Redução de massa seca %
1. imazethapyr	0,5	0 b	100,0
2. imazethapyr	1,5	0 b	100,0
3. atrazine + mesotrione	0,5	0,775 a	30,5
4. atrazine + mesotrione	2,4	0 b	100,0
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	0,132 b	88,2
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	0 b	100,0
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	0 b	100,0
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	0 b	100,0
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	0 b	100,0
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	0 b	100,0
11. Testemunha		1,115 a	0,0
DMS(5%)		0,38	

CV 140,29
F 22,40**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em L ha⁻¹.

Todos os tratamentos que proporcionaram 100% de controle reduziram totalmente a massa seca de capim-amargoso. A dose de 0,5 L ha⁻¹ de atrazine + mesotrione, que apresentou menor desempenho, ocasionou a menor redução da biomassa seca, igualando-se estatisticamente a testemunha (Tabela 19).

A maior eficácia de controle inicial foi obtida com a aplicação de atrazine + mesotrione + imazethapyr na dose de 2,4 + 1,0 L ha⁻¹, mantendo-se acima das demais notas em todas as avaliações (Tabela 20).

A menor dose do imazethapyr e a menor dose da mistura atrazine + mesotrione apresentaram menores desempenhos no controle do leiteiro em comparação aos outros tratamentos, não ultrapassando 57,5% em todo período de avaliação (Tabela 20).

Tabela 20. Eficácia de controle (%) de *Euphorbia heterophylla*.

PORCENTAGEM DE EFICÁCIA - <i>Euphorbia heterophylla</i>							
Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose	7 DAA	15DAA	21 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
1. imazethapyr	0,5	5 d	10,5 d	11 d	35,5 b	49 c	57,5 b
2. imazethapyr	1,5	5,5 d	37 c	37 c	53,5 b	81 b	95 a
3. atrazine + mesotrione	0,5	34 c	36 c	42 c	42 b	48,5 c	51 b
4. atrazine + mesotrione	2,4	57 abc	85,5 ab	95,5 ab	96,5 a	96,5 ab	96,5 a
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	43 bc	74,5 b	76 b	93 a	95 ab	96 a
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	61,5 ab	86,5 ab	89,5 ab	97,5 a	98 ab	98 a
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	49,5 bc	70 b	78 ab	78,5 a	89 ab	97,5 a
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	48 bc	83 ab	86,5 ab	93 a	96,5 ab	99 a
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	76,3 a	99,5 a	99,5 a	100 a	100 a	100 a
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	55 abc	82 ab	82 ab	94 a	97 ab	98 a
11. Testemunha		0 d	0 d	0 d	0 c	0 d	0 c
	DMS(5%)	24,21	22,27	23,37	24,37	17,14	15,99
	CV	41,57	25,02	25,02	23,21	15,05	13,44
	F	24,1**	49,86**	48,47**	40,95**	74,92**	86,63**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em $L\ ha^{-1}$.

De modo geral, todas as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr foram eficazes no controle de leiteiro, com notas de controle que diferiram estatisticamente a partir de 30 DAA (Tabela 20).

Como na avaliação de *D. insularis*, a dose de $2,4 + 1,0\ L\ ha^{-1}$ de atrazine + mesotrione + imazethapyr alcançou maior porcentagem de controle que a maior dose $2,4 + 1,5\ L\ ha^{-1}$. Portanto, o aumento da dose de $0,8\ L\ ha^{-1}$ de atrazine + mesotrione para $2,4\ L\ ha^{-1}$ eleva o controle de *E. heterophylla*. No entanto, 50% a mais de imazethapyr na mistura com atrazine e mesotrione na dose de $2,4\ L\ ha^{-1}$ reduz a eficácia de controle (Tabela 20).

Matte et al. (2018) identificaram que o controle proporcionado pela aplicação de atrazine+mesotrione a $1,0\ L\ ha^{-1}$ (88,8) foi menor em comparação às associações com glyphosate e tembotrione, que elevaram o controle de *E. heterophylla* acima de 95% aos 28 DAA.

Como consequência da eficácia, a menor dose do imazethapyr e a menor dose da mistura atrazine + mesotrione foram os tratamentos que menos reduziram a massa seca das plantas de *E. heterophylla*, igualando-se estatisticamente à testemunha, com reduções de 52,6% e 8,5% respectivamente. Os demais tratamentos que se igualaram estatisticamente reduziram a massa seca de 94,1 a 100% (Tabela 21).

A mistura dos herbicidas atrazine e imazethapyr ao mesotrione proporciona melhora no controle de do leiteiro, pois aplicado de forma isolada, o mesotrione ($120\ g\ ha^{-1}$) promove apenas 21,3% de controle (Carvalho et al., 2010)

Tabela 21. Biomassa seca da parte aérea (g) de *Euphorbia heterophylla* aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

INGREDIENTE ATIVO (i.a.)	Dose $L\ ha^{-1}$	Massa seca (g)	Redução de massa seca %
1. imazethapyr	0,5	0,518 ab	52,6
2. imazethapyr	1,5	0,05 b	95,4
3. atrazine + mesotrione	0,5	1 a	8,5

4. atrazine + mesotrione	2,4	0,048 b	95,6
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	0,052 b	95,2
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	0,064 b	94,1
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	0,091 b	91,7
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	0,038 b	96,5
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	0 b	100,0
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	0,065 b	94,1
11. Testemunha		1,093 a	0,0
	DMS(5%)	0,87	
	CV	214,72	
	F	4,78**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em L ha⁻¹.

Para *S. latifolia*, os tratamentos contendo atrazine + mesotrione e as misturas de atrazine + mesotrione + imazethapyr promoveram excelentes controles, variando de 84 a 95,5% na avaliação de 7 DAA, atingindo 100% a partir de 15 DAA (Tabela 22).

Tabela 22. Eficácia de controle (%) de *Spermacoce latifolia*.

PORCENTAGEM DE EFICÁCIA – <i>Spermacoce latifolia</i>							
Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose	7 DAA	15DAA	21 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
1. imazethapyr	0,5	13 c	15,5 b	20,5 b	20,5 c	20,5 c	20,5 c
2. imazethapyr	1,5	15 c	16,5 b	21,5 b	25 b	25 b	25 b
3. atrazine + mesotrione	0,5	84 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
4. atrazine + mesotrione	2,4	94 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	91 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	91,5 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	90 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	95,5 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	94 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	93,5 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
11. Testemunha		0 d	0 d	0 c	0 d	0 d	0 d
	DMS(5%)	8,18	2,22	2,22	0,70	0,70	0,70
	CV	8,01	1,99	1,97	0,62	0,62	0,62
	F	487,97**	7736,54**	7229,74**	70651,00**	70651,00**	70651,00**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS= diferença mínima significativa; CV= coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em $L\ ha^{-1}$.

Tabela 23. Biomassa seca da parte aérea (g) de *Spermacoce latifolia* aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose $L\ ha^{-1}$	Massa seca (g)	Redução de massa seca %
1. imazethapyr	0,5	2,175 b	27,3
2. imazethapyr	1,5	1,915 b	36,0
3. atrazine + mesotrione	0,5	0 c	100,0
4. atrazine + mesotrione	2,4	0 c	100,0
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	0 c	100,0
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	0 c	100,0
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	0 c	100,0
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	0 c	100,0
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	0 c	100,0
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	0 c	100,0
11. Testemunha		2,99 a	0,0
	DMS(5%)	0,68	
	CV	71,43	
	F	60,46**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em $L\ ha^{-1}$.

A mistura de atrazine+mesotrione ($1000 + 144\ g\ i.a.\ ha^{-1}$) controlou 91,6 % das plantas de *S. latifolia* aos 7 DAA, atingindo 100% somente em 28 DAA. O desempenho da mistura foi semelhante ao da mistura de atrazine+tembotrione ($1000 + 100,8\ g\ i.a.\ ha^{-1}$), com 86,2 e 100% de controle aos 7 e 28 DAA, respectivamente.

O desempenho do imazethapyr isolado foi bem menor que o dos demais, atingindo e mantendo notas de controles de 20,5 e 25% nas doses de 0,5 e 1,5 $L\ ha^{-1}$, respectivamente, aos 30 DAA (Tabela 22).

Na análise de biomassa seca, as aplicações de atrazine + mesotrione e as doses de atrazine + mesotrione + imazethapyr reduziram ao máximo a massa seca das plantas de erva-quente, enquanto nos tratamentos com imazethapyr as reduções de massa seca foram de 27,3 a 36% (Tabela 23).

Na avaliação de eficácia de controle de *B. pilosa*, o imazethapyr isolado, na dose de $0,5\ L\ ha^{-1}$ não apresentou um bom controle, diferentemente da dose

de 1,5 L ha⁻¹ que controlou 84,5% ao final do período de avaliação (Tabela 24). Constantin et al. (2000) observaram que imazethapyr (Pivot®) na dose de 1 L ha⁻¹, aplicado quando as plantas possuíam de 2 a 4 folhas definitivas, controlou totalmente as plantas de *B. pilosa* em condições de campo.

A aplicação de atrazine + mesotrione 0,5 L ha⁻¹ atingiu a eficácia de 92% ao 30 DAA e se manteve até a avaliação de 60 DAA. Já a aplicação de atrazine + mesotrione 1,5 L ha⁻¹ controlou 100% das plantas de picão-preto a partir de 7 DAA com redução total da massa seca das plantas (Tabela 24,25).

A menor dose de atrazine + mesotrione + imazethapyr (0,8 + 0,5 L ha⁻¹) aos 7 DAA ocasionou controle de 75% que evoluiu para 95% aos 15 DAA e se manteve até 60 DAA. Nas demais doses de atrazine + mesotrione + imazethapyr, as porcentagens de controle variaram de 90,5 a 98,5% aos 7 DAA, atingindo controle total em 21 DAA em todos os tratamentos.

Tabela 24. Eficácia de controle (%) de *Bidens pilosa*.

PORCENTAGEM DE EFICÁCIA - <i>Bidens pilosa</i>							
Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose	7 DAA	15DAA	21 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
1. imazethapyr	0,5	10 c	11 d	22 c	22,5 c	22,5 c	22,5 c
2. imazethapyr	1,5	12,5 c	33 c	46 b	74,5 b	80 b	84,5 b
3. atrazine + mesotrione	0,5	61,5 b	79 b	85,5 a	92 a	92 a	92 ab
4. atrazine + mesotrione	2,4	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	75 ab	95 ab	95 a	95 a	95 a	95 ab
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	90,5 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	92 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	97 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	97,5 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	98,5 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
11. Testemunha		0 c	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
	DMS(5%)	25,36	19,50	17,88	12,30	11,35	10,88
	CV	25,77	17,80	15,73	10,38	9,52	9,08
	F	53,65**	89,33**	91,61**	179,54**	210,17**	228,97**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS= diferença mínima significativa; CV= coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em $L\ ha^{-1}$.

Tabela 25. Biomassa seca da parte aérea (g) de *Bidens pilosa* aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose $L\ ha^{-1}$	Massa seca (g)	Redução de massa seca %
1. imazethapyr	0,5	0,592 b	67,4
2. imazethapyr	1,5	0,68 b	62,5
3. atrazine + mesotrione	0,5	0,088 b	95,2
4. atrazine + mesotrione	2,4	0 b	100,0
5. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 0,5	0,243 b	86,6
6. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 0,5	0 b	100,0
7. atrazine + mesotrione + imazethapyr	0,8 + 1,0	0 b	100,0
8. atrazine + mesotrione + imazethapyr	1,2 + 1,0	0 b	100,0
9. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,0	0 b	100,0
10. atrazine + mesotrione + imazethapyr	2,4 + 1,5	0 b	100,0
11. Testemunha		1,815 a	0,0
	DMS(5%)	0,75	
	CV	164,50	
	F	11,91**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1%, NS=Não significativo. Dose expressa em $L\ ha^{-1}$.

Matte et al. (2018) ao testarem aplicações de subdoses de atrazine, mesotrione e nicosulfuron, verificaram que aplicações de [atrazine+mesotrione] + glyphosate, [atrazine+mesotrione] + nicosulfuron e atrazine + glyphosate proporcionaram 100% de controle já aos 7 DAA, mostrando que a mistura de atrazine com mesotrione possui efeito sinérgico.

A aplicação de herbicidas em mistura é de suma importância, pois é uma importante estratégia de controle, essencialmente para casos de espécies de plantas daninhas que apresentam resistência a herbicidas (Takano et al., 2016).

Embora o imazethapyr a $0,5\ L\ ha^{-1}$ tenha apresentado menor eficácia de controle, proporcionou redução de 67,4% da massa seca de picão-preto, diferentemente da aplicação de imazethapyr a $1,5\ L\ ha^{-1}$ que ocasionou eficácia de 84,5% e redução de 62,5% da massa seca (Tabela 25).

Esta mesma diferença pode ser observada na aplicação de atrazine + mesotrione a $0,5 \text{ L ha}^{-1}$, com eficácia de 92% e redução da massa seca de 95,2% em comparação com a aplicação de atrazine + mesotrione com a adição de imazethapyr ($0,8 + 0,5 \text{ L ha}^{-1}$) que controlou 95% das plantas e reduziu apenas 86,6% da massa seca (Tabela 25).

Este fato não ocorreu em estudo realizado por Carvalho et al. (2010), no qual o acréscimo de ametryn (2 kg ha^{-1}) e metribuzin ($1,92 \text{ kg ha}^{-1}$) ao herbicida mesotrione (120 g ha^{-1}) elevou a eficácia de controle do picão preto de 5% para 100%.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados da presente pesquisa, conclui-se que os herbicidas foram seletivos para as três cultivares de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar utilizadas, que varia conforme a cultivar. A mistura comercial de atrazine + mesotrione (Calipen®) não alterou o crescimento inicial das cultivares RB966928, RB975201 e CTC 9001 BT. O herbicida imazethapyr na formulação comercial Zaphir®, e a mistura de atrazine + mesotrione + imazethapyr proporcionaram sintomas de injúria e alteraram o crescimento inicial da cultivares.

A combinação dos herbicidas atrazine + mesotrione foi eficaz no controle de todas as plantas daninhas estudadas. No entanto, apesar da baixa eficácia de controle de *Ipomoea purpurea* e *Spermacoce latifolia*, quando aplicado de forma isolada, o imazethapyr acrescido à mistura de atrazine + mesotrione ocasionou as maiores notas de controle em todas as plantas daninhas e reduções totais de massa seca.

Além disso, vale ressaltar que as pesquisas aqui apresentadas foram conduzidas em condição de casa de vegetação. Estudos em condições de campo podem permitir melhores observações a respeito do comportamento dos herbicidas na plantas estudadas.

6 REFERÊNCIAS

Alister C, Kogan M (2005). Efficacy of imidazolinone herbicides applied to imidazolinone-resistant maize and their carryover effect on rotational crops. **Crop protection** 24: 375-379.

Anton N, Benoit JP, Saulnier P (2008). Design and production of nanoparticles formulated from nano-emulsion templates: a review. **Journal of Controlled Release** 128:185–199.

Akbulut GB, Yigit E (2010). The changes in some biochemical parameters in *Zea mays* cv.“Martha F1” treated with atrazine. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 73: 1429-1432.

Asociación latinoamericana de malezas – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas (1974). **ALAM**, v: 35-38.

Azania AAPM, Azania CAM, Gravena R, Pavani MCMD, Pitelli RA (2002). Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. **Planta daninha** 20: 207-212.

Barbosa JC; Maldonado JW (2015). **AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396 p.

Barroso AAM, Ferreira PSH, Martins D (2019). Growth and development of Ipomoea weeds. **Planta Daninha**, 37.

Belapart D (2016) **Efeito da palha de cana-de-açúcar no regime térmico do solo e no controle de plantas daninhas**. 126f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Unesp, Botucatu.

Beluci LR, Vitorino R, Azania CAM, Azania ADPAM, Tortorelli HF (2015). Utilização do perfil isoenzimático como ferramenta na avaliação da seletividade de herbicidas em cana-de-açúcar. **Nucleus** 12: 157-166.

Bertolino CB; Alves PLDCA (2014). Seletividade de herbicidas para cana-de-açúcar no sistema Plene® em pré e pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas** 13: 197.

Bhullar MS, Walia US, Singh S, Singh M, Jhala AJ (2012) Control of morningglories (*Ipomoea spp.*) in sugarcane (*Saccharum spp.*). **Weed Technology** 26:77–82

Carles L, Joly M, Joly P (2017). Mesotrione herbicide: Efficiency, effects, and fate in the environment after 15 years of agricultural use. **CLEAN–Soil, Air, Water** 45: 1700011.

Carvalho FTD, Castro RM, Otsubo RI, Pereira FAR (2010). Controle de dez espécies daninhas em cana-de-açúcar com o herbicida mesotrione em mistura com ametryn e metribuzin. **Planta Daninha**, 28, 585-590.

Carvalho LB, Cruz-Hipolito H, González-Torralva F, Alves PLDCA, Christoffoleti PJ, De Prado R (2011). Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science** 59: 171-176.

Chauhan BS, Abugho SB (2012) Threelobe morningglory (*Ipomoea triloba*) germination and response to herbicides. **Weed Science** 60:199–204

Chauhan BS, Ali HH, Florentine S (2019). Seed germination ecology of *Bidens pilosa* and its implications for weed management. **Scientific Reports** 9: 1-9.

Compendium CIS (2020). Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide. **Drosophila suzukii (Spotted Wing Drosophila)**. CAB International: Wallingford, UK.

Constantin J, de Oliveira Jr RS, Maciel CDG (2000). Avaliação de misturas em tanque de imazethapyr com outros herbicidas para o controle de *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla* em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas** 1: 73-78.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento 2021. **Boletim da Safra de Cana-de-Açúcar**. Brasília-DF, 2019. 4 - Safra 2018/19 – 75.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento 2020. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**, Safra 2019/2020. 6:58p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento 2021. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: primeiro levantamento**. Brasília-DF, Conab, 7: 1-57.

CTC – Centro de Tecnologia Canavieiro 2021. Bula Técnica CTC 9001 BT. Piracicaba-SP. CTC, 1-3.

Correia NM, Durigan JC (2004). Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 22: 11-17.

Correia NMI, Camilo EH, Santos EA (2013) Sulfentrazone efficiency on *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* as influenced by rain and sugarcane straw. **Planta Daninha** 31:165–174

CHRISTOFFOLETI PJ, LOPEZ OVEJERO, RF, NICOLAI M. (2004). Manejo de plantas daninhas. **Atualidades Agrícolas** 10-14.

Dessein S, Robbrecht E, Smets E (2006). A new heterophyllous Spermacoce species (Rubiaceae) from the Marungu Highlands, Democratic Republic of the Congo. Novon: **A Journal for Botanical Nomenclature** 16: 231-234.

Dias JLCDS, Silva ACD, Queiroz JRG, Martins D (2017). Herbicides selectivity in pre-budded seedlings of sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico**, 84.

dos Reis AR, Vivian R (2011). Weed competition in the soybean crop management in Brazil. Soybean - **Applications and Technology; IntechOpen: London, UK**, 185-210.

Fagliari JR, de Oliveira Júnior RS, Constantin J (2001). Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (Saccharum spp.). **Acta Scientiarum. Agronomy** 23: 1229-1234.

Garcia MP, Hijano N, Chaves ARCDs, Nepomuceno MP, Alves PLDCA (2019). Herbicide selectivity in pre-sprouted seedlings of 'CTC14' sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico**, 86.

Giraldeli AL, Silva AFM, de Brito FC, da Silva Araújo L, Pagenotto ACV, de Moraes JP, Victoria Filho R (2018). Crescimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em duas modalidades de aplicação de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas** 17: 588-1.

Giroto M, Araldi R, Velini ED, Gomes GLGC, Carbonari CA, Jasper SP, Trindade MLB (2011). Eficiência fotossintética da cana-de-açúcar submetida à aplicação de atrazine e tebuthiuron em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas** 134-142.

Gravena R, Rodrigues JPRG, Spindola W, Pitelli RA, Alves PLCA (2004). Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium+ ametrina. **Planta Daninha** 22: 419-427.

Holm LG, Plucknett DL, Pancho JV, Herberger JP (1977). **The world's worst weeds. Distribution and biology**. University Press of Hawaii.

Hutchinson J, Dalziel JM (1958) **Flora of west tropical Africa, vol I (ii)**, 2ª edição revisado por R.W.J. Keay (1973). Crown Agents for overseas governments and administrations, London, 297-828.

Júnior AFP, Durigan JC (2001). Controle de capim-colonião na cultura da cana-de-açúcar com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas** 2: 125-132.

Júnior JJA, de Almeida ÉV, Carneiro AOT, Ferreira MC, Santos LJS, Almeida MM (2022). Use of herbicide in pre and post emergency in sugarcane culture in

the central-west region of Brazil. **Brazilian Journal of Development** 8: 30303-30322.

Kissmann KG (1997) Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: BASF Brazilian, 684p.

Kissmann KG, Groth D (2000) Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: BASF, Tomo III, . 3: 689 p.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2001). Interference periods of weeds in the sugarcane crop. II – *Brachiaria decumbens*. **Planta Daninha** 19: 323-330.

Kuva MA, Pitelli RA, Salgado TP, Alves PLCA (2007). Phytosociology of weed community in no-burn sugar cane agroecosystems. **Planta Daninha** 25: 501-511.

Landell MGA, Berro CD, Silva CD, Xavier MA (2015). Manejo varietal em cana-de-açúcar: aspectos teóricos e aplicações de conceitos. In: Belardo GC, Cassia MT, Silva RP. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Editora SBEA.

Landell MDA, et al. (2012). Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, Documento 109.

Lima JMD, Aquino RF, Magalhães CADS, Gonçalves RH, Nóbrega JCA, Mello CR (2020). Efeito de calcário e fosfato na sorção, lixiviação e transporte de atrazina por erosão em solo. **Ciência e Agrotecnologia** 44.

Lorenzi H (2006). Manual de identificação e controle de plantas daninhas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 6: 608 p.

Lorenzi H. (2008). Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Plantarum 4.

Machado AFL, Meira RMS, Ferreira LR, Ferreira FA, Tuffi Santos LD, Fialho CMT, Machado MS (2008). Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha** 26: 1-8.

Macanawai AR (2014, August). *Spermacoce latifolia* - a predominant alien invasive plant in root crops and its management in Lomaivuna, Viti Levu, Fiji. In **XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1123** 215-220.

Martins EC, Bohone JB, Abate G (2018). Sorption and desorption of atrazine on soils: The effect of different soil fractions. **Geoderma** 322: 131-139.

Matte WD, de Oliveira Jr RS, Machado FG, Constantin J, Biffe DF, Gutierrez FDSD, da Silva JRV (2018). Eficácia de [atrazine+ mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas** 17: 587-1.

MATTOS, A. R. **Açúcar e Alcool no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1942.

Merini LJ, Bobillo C, Cuadrado V, Corach D, Giulietti AM (2009). Phytoremediation potential of the novel atrazine tolerant *Lolium multiflorum* and studies on the mechanisms involved. **Environmental Pollution** 157: 3059-3063.

Mitchell G, Bartlett DW, Fraser TEM, Hawkes TR, Holt DC, Townson JK, Wichert RA (2001). Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science** 57: 120-128.

Moreira HJC, Bragança HBN (2011). **Manual de identificação de plantas infestantes: Arroz**. Campinas: FMC, 1: 854.

Nakka S, Godar AS, Wani PS, Thompson CR, Peterson DE, Roelofs J, Jugulam M (2017). Physiological and molecular characterization of hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD)-inhibitor resistance in Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Wats.). **Frontiers in Plant Science** 8: 555.

Oliveira HC, Stolf-Moreira R, Martinez CBR, Grillo R, Jesus MB, Fraceto LF (2015). Nanoencapsulation enhances the post-emergence herbicidal activity of atrazine Against mustard plants. **PLoS One** 10: 1–12.

Oliveira RS, Koskinen WC, Ferreira FA, Khakural BR, Mulla DJ, Robert PJ (1999). Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. **Weed Science** 47: 243-248.

Pagnoncelli FDB, Trezzi MM, Brum B, Vidal RA, Portes ÁF, Scalcon EL, Machado A (2017). Morning glory species interference on the development and yield of soybeans. **Bragantia** 76: 470-479.

Pimentel GV, Costa WMN, de Souza WJG, Martins IA, Moreira SG (2021). Selectivity of the herbicide tembotrione in sugarcane genotypes in the pre-sprouted sugarcane seedlings. **Agrarian** 14: 166-175.

Pitelli RA (1985) Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. Inf. Agropec. 11: 16-27.

Perucci P, Scarponi L (1994). Effects of the herbicide imazethapyr on soil microbial biomass and various soil enzyme activities. **Biology and fertility of soils** 17: 237-240.

Pizzo IV, Azania CAM, Azania AAPM, Schiavetto AR (2010) Seletividade e eficácia de controle de plantas daninhas pela associação entre óleo fúsel e herbicidas em cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 28:347–357

Reis FC, Victoria Filho R, Andrade MT, Barroso AAM (2019). Use of Herbicides in Sugarcane in the São Paulo State. **Planta Daninha**, 37.

RIDESA - Rede Interuniversitária Para O Desenvolvimento Do Setor Sucroenergético (2020). **Censo Varietal 2020**. São Carlos-SP.

Rutherford RS, Maphalala KZ, Koch AC, Snyman SJ, Watt MP (2017). Avaliação de campo e laboratório de mutantes de cana-de-açúcar selecionados in vitro para resistência ao herbicida imazapyr. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 17: 107-114.

Sabbag RS, Monquero PA, Hirata ACS, dos Santos PHV (2017). Crescimento inicial de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas** 16: 38-49.

Schutte BJ (2017). Measuring interference from midseason tall morningglory (*Ipomoea purpurea*) to develop a model for teaching weed seedbank effects on Chile pepper. **Weed Technology** 31: 155-164.

Silva IAB, Kuva MA, Alves PLCA, Salgado TP (2009). Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta daninha** 27: 265-272.

Silva DM, Azania CAM, Azania AADPM, Beluci LR, Vitorino R, Garcia JC (2013). Seletividade de herbicidas influenciada pelo estado nutricional da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas** 12: 56-67.

Silva GS, Silva AFM, Giraldeli AL, Ghirardello GA, Victoria Filho R, de Toledo REB (2018). Manejo de plantas daninhas no sistema de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas** 17: 86-94.

Silva JPN, SILVA MRN (2012). **Noções da cultura da cana-de-açúcar**. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06_nocoos_cultura_cana_acucar.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2021.

Silva VJA (2022). Use of herbicide in pre and post emergency in sugarcane culture in the central-west region of Brazil. **Brazilian Journal Of Development** 8: 30303-30322.

Syngenta, 2020. Disponível em <https://portalsyngenta.com.br/produtos/calaris>. Acesso em: 27 Out 2022.

Sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas (1995) – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 42.

Sousa BT, Pereira S, do Espírito A, Fraceto LF, de Oliveira HC, Dalazen G (2020). Effectiveness of nanoatrazine in post-emergent control of the tolerant weed *Digitaria insularis*. **Journal of Plant Protection Research** 185-192.

Sousa GF, Gomes DG, Campos EV, Oliveira JL, Fraceto LF, Stolf-Moreira R, Oliveira HC (2018). Post-emergence herbicidal activity of nanoatrazine against susceptible weeds. **Frontiers in Environmental Science** 6: 1–6.

Shen HY, Zhang M, Ouyang JK, Jia YX, Luo Y (2022). Two new coumarin derivatives from the whole plant of *Spermacoce latifolia*. **Phytochemistry Letters** 51: 82-85.

Sun Y, Xu Y, Sun Y, Qin,X, Wang Q (2013). Dissipation and dynamics of mesotrione in maize and soil under field ecosystem. **Bulletin of environmental contamination and toxicology** 90: 242-247.

Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora 705p.

Takano HK, Oliveira Jr, RSD , Constantin, J, Braz, GBP, Franchini, LHM, Burgos, NR (2016). Multiple resistance to atrazine and imazethapyr in hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). *Ciência e Agrotecnologia*, 40, 547-554.

Takeshita, V.; Mendes K. F.; Inoue, M. H.; Guimarães, A. C. D (2018). Eficácia de atrazine sobre populações de *Paspalum virgatum* L. e seletividade em duas variedades de pastagem. **Revista Brasileira de Herbicidas** 17: 594-1.

Tan S, Evans RR, Dahmer ML, Singh BK, Shane DL (2005). Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science** 61: 246-257.

Tan S, Evans R, Singh B. (2006). Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino acids** 30: 195-204.

Taverna, M.E.; Busatto, C.A.; Lescano, M.R.; Nicolau, V.V.; Zalazar, C.S.; Meira, G.R.; Estenoz, D.A. (2018). Microparticles based on ionic and organosolv lignins for the controlled release of atrazine. **Journal of hazardous materials** 359, 139–147.

Tonieto TAP, Regitano JB (2014) Effects of straw decomposition degree on leaching and weed control efficacy of the buthiuron and hexazinone in green sugarcane harvesting. **Planta Daninha** 32:809–815

Townsend CR (2000). **Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia**. Embrapa. Rondônia 21.

Victoria Filho R, Christoffoleti PJ (2004). Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola** 1: 32-37.

Voll E, Gazziero DLP, Brighenti AAM, Adegas FS (2002). Competição relativa de espécies de plantas daninhas com dois cultivares de soja. **Planta Daninha** 20: 17-24.

Zabalza A, Gaston S, Sandalio LM, Del Río LA, Royuela M (2007). Oxidative stress is not related to the mode of action of herbicides that inhibit acetolactate synthase. **Environ Exp Bot** 59:150-159.

Zhang C, Qin L, Dou DC, Li XN, Ge J, Li JL (2018). Atrazine induced oxidative stress and mitochondrial dysfunction in quail (*Coturnix C. coturnix*) kidney via modulating Nrf2 signaling pathway. **Chemosphere** 212: 974-982.