

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE**

**DIEGO VINÍCIUS DE CARVALHO**

**FLUMIOXAZINA ISOLADA E EM ASSOCIAÇÕES NO  
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E SUA DINÂMICA EM  
PALHA, TEXTURA DE SOLO E SIMULAÇÃO DE LÂMINAS  
D'ÁGUA.**

**ARARAS – SP**

**2024**

**Diego Vinícius de Carvalho**  
**Engenheiro Agrônomo**

**FLUMIOXAZINA ISOLADA E EM ASSOCIAÇÕES NO  
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E SUA DINÂMICA EM  
PALHA, TEXTURA DE SOLO E SIMULAÇÃO DE LÂMINAS  
D'ÁGUA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA), da Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias (UFSCar/CCA) para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Patrícia Andrea Monquero

**ARARAS – SP**

**2024**

Diego Vinícius de, Carvalho

Flumioxazina isolada e em associações no controle de plantas daninhas e sua dinâmica em palha, textura de solo e simulação de lâminas d'água. / Carvalho Diego Vinícius de -- 2024.  
67f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras  
Orientador (a): Patrícia Andrea Monquero  
Banca Examinadora: Patrícia Andrea Monquero, Roque de Carvalho Dias, Roberta Cornélio Ferreira Nocelli  
Bibliografia

1. Associações de Herbicidas. 2. Manejo Integrado de Plantas Daninhas. 3. Residual de Herbicidas. I. Diego Vinícius de, Carvalho. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8  
7083



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Diego Vinicius de Carvalho, realizada em 27/08/2024.

**Comissão Julgadora:**

Profa. Dra. Patricia Andrea Monquero (UFSCar)

Prof. Dr. Roque de Carvalho Dias (UFTM)

Profa. Dra. Roberta Cornélio Ferreira Nocelli (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe, Arlinda Maria Zanotto de Carvalho, a rainha e mulher da minha vida. Principal responsável por transformar meu sonho em realidade e mesmo não estando mais entre nós para testemunhar sua concretização sua influência e apoio moldaram quem sou, e sua presença continua a me guiar mesmo após sua partida. Para sempre, serei grato por tudo que ela fez por mim em vida e pelo legado que deixou.

À minha irmã Flávia Raiane de Carvalho por seu apoio inabalável nos momentos mais difíceis, guiando-me rumo aos meus objetivos e honrando os princípios que nos foram ensinados, sempre fiel à nossa amizade. Ao meu pai, Ramiro Aparecido de Carvalho, pelo constante incentivo e companheirismo ao longo da jornada.

Expresso minha profunda gratidão à minha orientadora, Professora Dra. Patrícia Andrea Monquero (UFSCar), por aceitar o desafio de me orientar ao longo destes últimos anos. Sua dedicação, suporte e vasto conhecimento foram fundamentais para o meu desenvolvimento.

A minha namorada Daryela Malaquias por todo o companheirismo e paciência ao longo desse tempo.

Aos meus amigos Paulo César, Gabriel Pereira, Pedro Gustavo, Felipe Nunes, Sérgio Tronquini, Guilherme Salvador Bruna Schedenfeldt e Camila Haddad por todo o incentivo e apoio durante esse período, sempre fiéis a nossa amizade e sem medir esforços para ajudar no que fosse preciso.

Aos professores Dr(a)s. Roberta Nocelli (UFSCar), Paulo Vinicius da Silva (UFGD) e Ana Lígia Giraldeleli (UEL) pela participação na banca de qualificação e contribuições ao trabalho.

Quero agradecer à UFSCar, ao CCA e ao PPGAA, e especialmente a todos os professores, pela oportunidade de estudar com vocês. Foi um prazer ser aluno dessa instituição.

Agradeço também a CAPES, presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**RESUMO**  
**FLUMIOXAZINA ISOLADA E EM ASSOCIAÇÕES NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E SUA DINÂMICA EM PALHA, TEXTURA DE SOLO E SIMULAÇÃO DE LÂMINAS D'ÁGUA.**

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar pode influenciar a população de plantas daninhas e modificar as características químicas e biológicas do solo. A palha residual sobre a superfície pode dificultar a penetração de herbicidas aplicados em pré-emergência, afetando a eficácia do controle. Nesse cenário, o uso de herbicidas pré-emergentes, associados a diferentes moléculas, torna-se fundamental para otimizar o manejo de plantas daninhas. A dinâmica de ação dos herbicidas é influenciada pela quantidade de palha, textura do solo e lâminas de água (intervalos antes da primeira chuva), fatores que afetam a transposição e persistência do produto no solo. O trabalho teve como objetivos: i) Identificar as interações e os efeitos de herbicidas aplicados em associação com flumioxazina no controle das principais plantas daninhas presentes na cultura da cana-de-açúcar; ii) Analisar a persistência do herbicida flumioxazina em diferentes texturas de solo; iii) Avaliar a influência da quantidade de palha de cana-de-açúcar e dos intervalos antes da ocorrência da primeira chuva sobre a eficácia e persistência do produto. O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo que em ambas os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação pelo delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Na primeira etapa foram conduzidos seis experimentos (um para cada espécie daninha), sendo as plantas daninhas utilizadas *Rottboellia cochinchinensis* (Loureiro) W.D. Clayton, *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster, *Digitaria horizontalis* (Willdenow), *Merremia aegyptia* (Linnaeus) Urban, *Merremia cissoides* (Lamarck) A.R. Simões & Staples e *Ipomoea triloba* (Linnaeus) var. genuína (Meisner). Os experimentos foram organizados em esquema fatorial de 8 x 5, em que o fator A foram 8 tratamentos herbicidas (flumioxazina isolada e em associações com ametrina, diclosulam, imazapique, isoxaflutole, metribuzim, metsulfurom-metílico e s-metolaclo) e o fator B, foram 5 intervalos entre a aplicação e a semeadura das plantas daninhas (0, 10, 30, 40 e 60 dias). Na segunda etapa do trabalho foram instalados dois experimentos, sendo um em solo de textura média e outro em textura argilosa, e a planta daninha utilizada foi *I. triloba*. Os experimentos foram organizados em esquema fatorial 9 x 2, onde o fator A foram 9 tratamentos simulando os intervalos de aplicação até a semeadura da planta daninha, com e sem simulação de precipitação (0, 15, 30, 40,

60 dias, 15 dias sem chuva, simulação de chuva e mais 15 dias sem chuva, o mesmo se repetindo para 30, 40 e 60 dias). Para o fator B, os dois tratamentos foram a quantidade de palha de cana-de-açúcar sobre o solo (0 e 10 t ha<sup>-1</sup>). Além disso, foram conduzidas as testemunhas sem aplicação do herbicida, na presença e ausência de palha. Em ambas as etapas, as variáveis avaliadas foram o controle (%) e a redução da massa seca de parte aérea das espécies. A mistura de flumioxazina com outros herbicidas apresentou controle eficiente (>90%) das espécies avaliadas até 10 dias após a aplicação (DAA). A combinação flumioxazina + metribuzim manteve controle satisfatório até 60 DAA para *I. triloba*, *M. aegyptia*, *M. cissoides*, *D. horizontalis* e *R. cochinchinensis*, e até 40 DAA para *U. decumbens*. Todos os tratamentos reduziram a massa seca da parte aérea de *R. cochinchinensis* em mais de 90%. Em solos de textura média, a flumioxazina teve residual de até 60 dias para o controle de *I. triloba* sem palha, independentemente da precipitação. Com 10 t ha<sup>-1</sup> de palha, o residual variou entre 55 e 60 dias, com ou sem chuva. Em solos argilosos sem palha, o residual foi inferior a 40 dias sem chuva e a 55 dias com precipitação. Na presença de 10 t ha<sup>-1</sup> de palha, o controle se manteve por até 60 dias sem chuva e 75 dias com precipitação. A mistura de flumioxazina com outros herbicidas aumenta o período residual e melhora a eficiência de controle das plantas daninhas. Em solos de textura argilosa a flumioxazina apresenta maior variação na resposta, de acordo com a presença ou ausência de palha e precipitação.

**Palavras-chave:** manejo de plantas invasoras, dinâmica de herbicidas, eficácia, persistência, residual, manejo integrado.

## ABSTRACT

### **FLUMIOXAZIN ALONE AND IN COMBINATIONS FOR WEED CONTROL AND ITS DYNAMICS IN STRAW, SOIL TEXTURE, AND WATER SHEET SIMULATION.**

Mechanized sugarcane harvesting can influence the weed population and modify the chemical and biological characteristics of the soil. The residual straw on the surface may hinder the penetration of pre-emergent herbicides, affecting control efficacy. In this scenario, the use of pre-emergent herbicides, combined with different molecules, becomes essential to optimize weed management. The dynamics of herbicide action are influenced by the amount of straw, soil texture, and water sheets (intervals before the first rain), factors that affect the transposition and persistence of the product in the soil. The objectives of the study were: i) To identify the interactions and effects of herbicides applied in combination with flumioxazin for controlling the main weeds present in sugarcane crops; ii) To analyze the persistence of flumioxazin in different soil textures; iii) To evaluate the influence of the amount of sugarcane straw and the intervals before the first rain on the efficacy and persistence of the product.

The study was divided into two stages, with both experiments conducted in a greenhouse in a completely randomized design with four replications. In the first stage, six experiments were conducted (one for each weed species), using the following weeds: *Rottboellia cochinchinensis* (Loureiro) W.D. Clayton, *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster, *Digitaria horizontalis* (Willdenow), *Merremia aegyptia* (Linnaeus) Urban, *Merremia cissoides* (Lamarck) A.R. Simões & Staples, and *Ipomoea triloba* (Linnaeus) var. *genuina* (Meisner). The experiments were organized in a factorial scheme of 8 x 5, with factor A consisting of 8 herbicide treatments (flumioxazin alone and in combination with ametryn, diclosulam, imazapic, isoxaflutole, metribuzin, metsulfuron-methyl, and S-metolachlor) and factor B consisting of 5 intervals between herbicide application and weed seeding (0, 10, 30, 40, and 60 days).

In the second stage, two experiments were set up, one in medium-textured soil and another in clayey soil, using *I. triloba* as the weed species. The experiments were organized in a 9 x 2 factorial scheme, with factor A consisting of 9 treatments simulating the intervals between herbicide application and weed seeding, with and without simulated rainfall (0, 15, 30, 40, and 60 days, 15 days without rain, rain simulation followed by 15 more days without rain, repeating the same intervals for 30, 40, and 60 days). Factor B consisted of two treatments, representing the amount of sugarcane straw on the soil surface (0 and 10 t ha<sup>-1</sup>). Additionally, untreated controls were

included, with and without straw. In both stages, the variables evaluated were weed control (%) and reduction of dry shoot biomass of the species.

The combination of flumioxazin with other herbicides provided efficient control (>90%) of the evaluated species up to 10 days after application (DAA). The combination of flumioxazin + metribuzin maintained satisfactory control up to 60 DAA for *I. triloba*, *M. aegyptia*, *M. cissoides*, *D. horizontalis*, and *R. cochinchinensis*, and up to 40 DAA for *U. decumbens*. All treatments reduced the dry shoot biomass of *R. cochinchinensis* by more than 90%. In medium-textured soils, flumioxazin had residual activity of up to 60 days for controlling *I. triloba* without straw, regardless of precipitation. With 10 t ha<sup>-1</sup> of straw, the residual activity varied between 55 and 60 days, with or without rain. In clayey soils without straw, residual activity was less than 40 days without rain and 55 days with precipitation. In the presence of 10 t ha<sup>-1</sup> of straw, control was maintained for up to 60 days without rain and 75 days with precipitation. The combination of flumioxazin with other herbicides increases the residual period and improves weed control efficacy. In clayey soils, flumioxazin shows greater variation in response depending on the presence or absence of straw and precipitation.

**Keywords:** weed management, herbicide dynamics, efficacy, persistence, residual, integrated management.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Parâmetros químicos para fins de fertilidade de amostra (0-20 cm). .....	35
<b>Tabela 2.</b> Descrição dos herbicidas, produto comercial e doses (g i.a. ha <sup>-1</sup> ) utilizadas para cada tratamento. ....	36
<b>Tabela 3.</b> Controle (%) e redução de massa seca (%) de <i>Ipomoea triloba</i> aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados. ....	41
<b>Tabela 4.</b> Controle (%) e redução de massa seca (%) de <i>Merremia aegyptia</i> aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados. ....	43
<b>Tabela 5.</b> Controle (%) e redução de massa seca (%) de <i>Merremia cissoides</i> aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados. ....	45
<b>Tabela 6.</b> Controle (%) e redução de massa seca (%) de <i>Digitaria horizontalis</i> aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados. ....	47
<b>Tabela 7.</b> Controle (%) e redução de massa seca (%) de <i>Rottboellia cochinchinensis</i> aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados. ....	49
<b>Tabela 8.</b> Controle (%) e redução de massa seca (%) de <i>Urochloa decumbens</i> aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados. ....	51
<b>Tabela 9.</b> Parâmetros físico-químicos dos solos amostrados, para fins de fertilidade e granulometria da amostra na profundidade de 0-20 cm. ....	58
<b>Tabela 10.</b> Descrição do cronograma de aplicação dos tratamentos com os períodos antes da simulação de chuva. ....	59
<b>Tabela 11.</b> Controle (%) e redução de biomassa de <i>Ipomoea triloba</i> com a aplicação de flumioxazina, aos 35 dias após a semeadura, de acordo com os regimes de precipitações simulados e a presença ou ausência de palha, em solo com textura média e argilosa. ....	62

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
A seleção de plantas daninhas pela presença da palha de cana-de-açúcar na superfície do solo. ....	17
Controle químico das plantas daninhas e características físico-químicas dos herbicidas que influenciam na sua transposição na palha. ....	22
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25
<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	33
Objetivo Específico .....	33
<b>FLUMIOXAZINA ISOLADO E EM ASSOCIAÇÕES COM OUTROS HERBICIDAS NO CONTROLE DE DIFERENTES FLUXOS E ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS</b> .....	34
Introdução .....	34
Material e Métodos .....	35
Resultados e Discussão .....	38
Conclusões .....	53
Referências .....	54
<b>INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE CULTIVO, TEXTURA DO SOLO E PRECIPITAÇÃO NA EFICÁCIA DO HERBICIDA FLUMIOXAZINA</b> .....	57
Introdução .....	57
Material e Métodos .....	58
Resultados e Discussão .....	61
Conclusões .....	66
Referências .....	67

## Introdução

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) tem grande importância na produção de energia renovável e no setor econômico brasileiro. Atualmente o Brasil possui enorme destaque, tendo a maior área cultivada com cana-de-açúcar no mundo, cerca de 8,333 milhões de hectares colhidos, produzindo 713,214 milhões de toneladas na safra 2023/24. Vale destacar que o estado de São Paulo é responsável por 49,1% da área plantada no país (Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB], 2024).

Com a adesão do Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético para eliminar a queima da cana-de-açúcar para a colheita, houve uma mudança do método de colheita manual para mecanizado, principalmente em resposta a apelos sociais e ambientais (BACCARIN, 2019) A colheita mecanizada faz com que até 10 a 15 t ha<sup>-1</sup> palha da cana-de-açúcar permaneça no campo, de acordo com a variedade utilizada (SIGNOR et al., 2016) Essa cobertura de palha pode atuar tanto de maneira benéfica quanto prejudicial no manejo de plantas daninhas. .

Apesar dos avanços tecnológicos no cultivo da cana-de-açúcar, a presença de plantas daninhas continua a causar perdas significativas na produtividade, algumas espécies, como as pertencentes ao gênero *Ipomoea spp*, está é uma das principais espécies presentes nos canaviais, podem reduzir a produtividade em até 46%, sendo que, a cada dia de competição entre a cultura e as plantas daninhas pode ocorrer uma redução de 0,12 t ha<sup>-1</sup> na produtividade em cana soca (SILVA et al., 2009a) Outras espécies como *Senna obtusifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Spermacoce latifolia* devem ser controladas antes de atingirem seu período crítico 89 dias após a brotação em cana crua (DA SILVA MARTINS et al, 2022).

As plantas daninhas interferem no processo produtivo da cana-de-açúcar ao competir pelos recursos do ambiente, incluindo água, luz e nutrientes (CORREIA; KRONKA, 2010). Além disso, elas liberam substâncias alelopáticas, atuam como hospedeiras de pragas e doenças comuns à cultura da cana-de-açúcar e interferem nas práticas de colheita (NEGRISOLI et al., 2011).

A palha resultante da colheita mecanizada pode ser benéfica para o controle de algumas espécies de plantas daninhas que afetam os canaviais, pois a quantidade presente sobre a superfície do solo pode interferir na germinação e crescimento de algumas espécies (BELAPART, 2020). Espécies com maior capacidade de

germinação sob espessa cobertura de palha foram favorecidas em comparação com outras que possuem a germinação impedida por ação física ou alelopática da palha, essas espécies têm sido selecionadas nas áreas com grande quantidade de palha, principalmente por serem fotoblástica negativas e terem grande quantidade de reserva nas sementes (FERREIRA et al., 2010).

Por outro lado, a palha na superfície do solo pode interferir na transposição e na lixiviação do herbicida até o solo, interferindo na eficácia dos herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas, ou seja, podendo se tornar uma barreira física (SILVA, 2018). A flumioxazina é um herbicida de amplo espectro, com flexibilidade de uso em diferentes condições ambientais, como períodos secos e úmidos, sobre palhada ou em solo exposto. Devido à sua ação residual e eficácia em pré-emergência, tem sido amplamente utilizada em misturas com outros herbicidas, potencializando o controle de diversas espécies de plantas daninhas e prolongando a persistência no solo (SALOMÃO et al 2021, PRESOTO et al., 2022).

A associação de herbicidas no controle de plantas daninhas em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar com e sem palha é uma prática importante para garantir a produtividade e a qualidade da matéria-prima. Os herbicidas pré-emergentes têm a vantagem de reduzir a infestação inicial de plantas daninhas, diminuindo a competição por recursos e facilitando o manejo posterior. Além disso, a associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação pode ampliar o espectro de controle e prevenir ou retardar o surgimento de biótipos resistentes (SILVA et al., 2019a).

No entanto, a eficácia dos herbicidas pré-emergentes depende de vários fatores, como a escolha adequada dos produtos, a dose e o momento da aplicação, as condições climáticas, o tipo de solo e a presença ou não de palha (SANTOS et al., 2018). Por isso, é necessário ajustar as doses e os intervalos de aplicação conforme a quantidade da palha (MARTINS et al., 2017).

Os herbicidas pré-emergentes aplicados sobre a palha ficam interceptados antes de atingir o solo e quando lixiviados podem apresentar diferenças em sua dinâmica no solo. Fato este que pode reduzir o controle de plantas daninhas, devido à quantidade de produto que atinge a camada superficial do solo (0 a 10 cm), local com maior quantidade de sementes de plantas daninhas (ADERETI; TAKIM; ABAYOMI, 2014). Assim, devido a interação do herbicida com a palha pode influenciar

o período residual, e desse modo, considerar a dinâmica dos herbicidas tanto na palha quanto no solo é fundamental (PATEL et al., 2023).

Outro fator importante para o sucesso do controle em pré-emergência é a ocorrência de chuva após a aplicação dos herbicidas. A chuva é necessária para incorporar os herbicidas no solo e ativar seu mecanismo de ação. No entanto, se a chuva for excessiva ou ocorrer em um intervalo muito curto após a aplicação, pode haver perda de herbicida por escoamento superficial ou lixiviação profunda. As características físico-químicas que possuem influência direta na capacidade de um herbicida ser lixiviado são coeficiente de distribuição octanol-água ( $K_{ow}$ ), solubilidade em água e pressão de vapor. Desse modo, um herbicida que apresente baixo valor de  $K_{ow}$  e alta solubilidade em água, será mais propenso a ser lixiviado (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEREJO, 2008). Por isso, é recomendado seguir as recomendações dos fabricantes quanto ao volume e ao intervalo de chuva adequados para cada produto (CARVALHO et al., 2015).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar as interações e os efeitos da aplicação de flumioxazina isolada e em associações, no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.

## **Revisão de Literatura**

### **A cultura da cana-de-açúcar e interferência das plantas daninhas**

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil tem apresentado uma expansão notável, estendendo-se além de suas regiões tradicionais para alcançar novos territórios no Centro-Oeste e em algumas áreas do Sul e Nordeste do país (DIAS 2021). Entre 2009 e 2019, a área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil cresceu 14,3%, com 45 microrregiões brasileiras respondendo por cerca de 75% da área plantada, e destas 43 microrregiões garantindo mais de 75% da produção nacional (MIRANDA; MARTINHO, 2021). Seus vários subprodutos alavancam ainda mais a produção e os lucros, que além do tradicional açúcar e etanol, produzem energia, vinhaça, créditos de carbono e a possibilidade do uso da palha, oriunda da colheita mecanizada, a chamada cana-crua (SILVA et al., 2019b).

Em 2007, o Protocolo Ambiental do Setor Sucroenergético Paulista foi criado, visando eliminar a queima da palha da cana-de-açúcar para a colheita manual. Desse modo, surgiu o sistema de colheita denominado cana-crua que é realizado mecanicamente, no qual ocorre a manutenção e acumulação de palha sobre o solo, podendo atingir até 20 t ha<sup>-1</sup> desse material. Do ponto de vista ecológico e da sustentabilidade, esse sistema tem por objetivo alguns benefícios, dentre eles: o fim da poluição por queima dos canaviais; trabalho menos penoso para os trabalhadores da lavoura; maior produtividade; e a utilização do palhiço como fonte de energia e cobertura vegetal (TORQUATO; JESUS; ZORZO, 2015; SILVA et al., 2019b).

Segundo dados publicados pela Embrapa (MIRANDA; MARTINHO, 2021), independente do sistema de colheita adotado, fatores endógenos e exógenos podem afetar a rentabilidade da cana-de-açúcar para o produtor rural, sendo um deles a interferência ocasionada pelas plantas daninhas. Existem três mecanismos primários de interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas, sendo eles, competição, alelopatia e parasitismo (RAMOS et al., 2019).

As plantas daninhas podem ocasionar danos indiretos a cultura, como dificultar o acesso e o rendimento operacional das colhedoras, aumentando o tempo e o custo da colheita, além disso, podem servir como hospedeiras de pragas e doenças como insetos, ácaros, nematoides, fungos, bactérias e vírus. Esses organismos podem causar danos diretos à cultura, como redução do crescimento, murcha, amarelecimento, manchas foliares, podridão de colmos, entre outros (ROCHA NETO et al., 2015; MARTINELLI et al., 2011; KUVA et al., 2003). Segundo Silva (2010)

interferências negativas que resultam da presença das plantas daninhas em áreas agrícolas produtoras de cana-de-açúcar podem diminuir a qualidade e quantidade do produto colhido, reduzir o número de cortes e aumentar os custos de produção. Nas áreas de cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, algumas espécies se destacam devido aos danos causados a cultura, desde o plantio até a colheita: *Bidens spp*, *Tridax procumbens* L., *Conyza spp.*, *Ipomoea spp.* Linnaeus, *Sennaobtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby, *Sida spp*, *Portulaca oleracea*, *Richardia brasiliensis* Gomes, *Spermacoce latifolia* Aubl, *Commelina benghalensis* L., *Urochloa decumbens* (Mez) Davidse, *Ipomoea spp.* Linnaeus, *Rottboellia cochinchinensis* (Loureiro) W.D. Clayton, *Merremia spp.* Dennstedt ex Endlicher (MARTINS et al., 2022).

As plantas daninhas competem com as culturas por recursos como água, luz e nutrientes, e desse modo são uma das principais restrições à produção da cana-de-açúcar, exigindo medidas de controle mais precisas e eficazes. A perda de produtividade é influenciada pelo período de convivência da planta daninha, a densidade e espécie presente. Estudos avaliando a competição de cana-de-açúcar com *Ipomoea hederifolia* encontraram redução de 17,5 e 46% da produtividade (PIZA; NEPOMUCENO; ALVES, 2016; SILVA et al., 2009a).

O período em que a cana-de-açúcar está exposta à competição com plantas daninhas interfere diretamente em sua produtividade, diferentes sistemas de manejo impactam tanto a presença quanto a densidade dessas plantas, o período anterior à interferência, considerando uma perda aceitável de 5%, é de 75 dias, tanto para a cana crua quanto para a cana queimada (MARTINS et al., 2022).

De modo similar, a competição com *Mucuna aterrima* reduziu em 50% a produtividade de colmos de cana (BRESSANIN et al., 2016). A competição entre as espécies invasoras *U. brizantha* e *U. decumbens* resultou em diminuições nas características morfoanatômicas e na produtividade da cana-de-açúcar, de forma geral, *U. decumbens* teve o impacto mais significativo na redução da espessura das folhas da cana-de-açúcar (FIGUEIREDO et al., 2013). Em casos mais graves, a perda por competição com plantas de *U. decumbens* pode atingir 82% de redução da produtividade (KUVA et al., 2001). Desse modo, o manejo de plantas daninhas é fundamental para manutenção da produtividade dos canaviais.

### **A seleção de plantas daninhas pela presença da palha de cana-de-açúcar na superfície do solo.**

Os resíduos que permanecem na superfície do solo após a colheita da cana-de-açúcar podem influenciar o potencial de infestação de plantas daninhas, devido a sua interferência no crescimento e desenvolvimento. Desse modo, a manutenção da cobertura morta é uma estratégia eficaz para auxiliar no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (ROSSI et al., 2013). A adoção da colheita mecanizada nesse sistema fez com que as plantas daninhas anteriormente problemáticas fossem controladas, tendo em vista a elevada quantidade de palha deixadas sobre o solo, variando entre 10 a 20 t ha<sup>-1</sup>. A exemplo disso, *U. decumbens* e *D. horizontalis*, são espécies consideradas importantes nessa cultura, entretanto, são eficientemente controladas com a presença de 15 t ha<sup>-1</sup> de palha (SILVA et al., 2019a; SOUZA et al., 2005, VELINI; NEGRISOLI, 2000). O controle de plantas daninhas pela presença de palha pode ser classificado em mecânico, físico e biológico. O mecanismo envolvido no controle mecânico está relacionado à formação de uma barreira física que dificulta a emergência das plântulas. Mecanismo físico, altera o microclima do solo e interfere na fotossíntese das plantas daninhas. Por outro lado, o mecanismo biológico está relacionado à liberação de compostos orgânicos, que irão afetar o metabolismo e a fisiologia das plantas daninhas, podendo causar a redução do crescimento e até a morte das plantas (CONSTANTIN, 2011). Existem diversas formas que as plantas liberam compostos fitotóxicos, como volatilização, lixiviação e exsudação radicular, entretanto, na condição de material vegetal deixado na superfície do solo após a colheita, a liberação pode ser pela lixiviação ou pela decomposição do material pelos microrganismos do solo (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Apesar da quantidade elevada de palha depositada no solo, alternativas de uso desse material podem comprometer o seu uso como método de controle de plantas daninhas. A coleta ou o enleiramento da palha para a produção de etanol ou eletricidade, irá reduzir a quantidade e a qualidade da cobertura do solo, favorecendo a emergência e o crescimento de espécies invasoras. Foi observado que a remoção do palhicho proporcionou o surgimento de algumas espécies de plantas daninhas, incluindo *U. decumbens* (SILVA et al., 2019a; CONCENÇO; LEME FILHO; SILVA, 2017; GOMES JR; CHRISTOFFOLETI, 2008).

A espécie *U. decumbens*, conhecida como capim-braquiária, é uma planta perene, originária da África do Sul, propaga-se por sementes e rizomas, sendo

bastante frequente em inúmeras lavouras como planta daninha, porém é bastante utilizada como planta forrageira em todo o Brasil (LORENZI, 2014). A *U. decumbens* se adapta a diversas situações, é uma espécie resistente a seca, se desenvolve bem em regiões tropicais, úmidas e em solos arenosos e argilosos, seu crescimento inicial é vigoroso, sendo assim uma espécie com capacidade competitiva (PEREIRA et al., 2011). Além disso, outro aspecto importante é que as sementes dessa espécie apresentam dormência, e desse modo, permanecem viáveis no solo até que a palha possa ser degradada, e as condições para germinação melhorem (SILVA et al., 2016).

Segundo Melo et al. (2013) em regiões canavieiras a *U. decumbens* se destaca como uma planta daninha de difícil controle, comprometendo a vida útil dos canaviais. A principal dificuldade de manejo dessa planta é no controle das rebrotas, pois, a maioria dos herbicidas que são eficazes, causam danos a cultura, e desse modo, a principal estratégia de controle deve ser realizada em pré-emergência.

Já *D. horizontalis*, popularmente conhecida como capim-colchão, é uma planta anual, originária da América Tropical, propaga-se por sementes e pelo enraizamento dos nós inferiores, é uma planta daninha frequente em quase todas as lavouras, sendo a espécie de *Digitaria* mais disseminada em nosso território (LORENZI, 2014).

O capim-colchão está entre as principais espécies de plantas daninhas que infestam os canaviais. O controle é dificultado devido a fatores como morfologia, adaptabilidade ao ambiente, plantas resistentes a herbicidas e ao sistema de cultivo da cana-de-açúcar, que apesar dos espaçamentos entre linha serem variados, são sempre amplos. Essas características favorecem o desenvolvimento dessa espécie, que tem seu crescimento inicial mais rápido e vigoroso que o da cultura (DIAS, 2004; TROPALDI et al., 2017). Além disso, é uma espécie exigente em luz para germinação (MONDO et al., 2010), dessa forma, a espécie pode ser favorecida a se desenvolver nas áreas em que ocorre a retirada da palha após a colheita.

A espécie *R. conchinchinensis*, conhecida como capim-camalote, tem ciclo anual, originária da Índia, propaga-se exclusivamente por sementes, sendo que apenas uma planta pode emitir até 100 perfilhos e produzir até 15.000, além da possibilidade de ocorrência de dormência das sementes por até 4 anos (LORENZI, 2008; CORREIA, 2016a). Além disso, as sementes praticamente não apresentam dormência e não necessitam de luz para germinar (SILVA et al., 2009). Devido sua adaptabilidade, *R. conchinchinensis* pode ocorrer em distintos ambientes de produção, sendo considerado a principal planta daninha em pelo menos 18 culturas

agrícolas em várias regiões do mundo. Além dos danos causados pela competição direta dos recursos disponíveis com as culturas, a decomposição do capim-camalote libera compostos fitotóxicos (ácidos trans-p-cumárico, linoleico e linolênico) no solo que podem comprometer o crescimento de outras espécies (MEKSAWAT; PORNPROM, 2010; BUNDIT et al., 2022).

Outro aspecto interessante dessa espécie, é a emergência mesmo em solos com pH ácido (5,3), entretanto sua biomassa pode ser reduzida em profundidades superiores a dois centímetros. Já em profundidades maiores que seis centímetros, ocorre uma redução drástica da emergência do capim-camalote, principalmente em solos argilosos (Monquero et al., 2012), informações importantes para a tomada de decisão no manejo a ser realizado em áreas com a presença dessa espécie.

Algumas espécies de plantas daninhas se beneficiam do ambiente criado pela presença da palha na superfície do solo, que proporciona um microclima favorável à germinação e ao desenvolvimento. Entre essas espécies, destacam-se as cordas-de-viola, pertencentes aos gêneros *Ipomoea* e *Merremia*, que são consideradas importantes invasoras de diversas culturas (TOLEDO et al., 2017; MONQUERO; BRAGA; MALARDO, 2014; SILVA, MONQUERO, 2013). Além disso, algumas espécies desses dois gêneros possuem sementes que apresentam melhores índices de germinação em ambientes sem presença de luz (ORZARI et al., 2013), ambiente favorecido pelas alterações no processo de colheita da cana-de-açúcar.

Devido a essa modificação no sistema de colheita, os canaviais passaram a ter espécies de plantas infestantes em sua maioria com ciclo anual, o que se assemelha ao ciclo de maturação da cultura. Em geral, essas plantas possuem porte herbáceo, algumas possuem hábito de crescimento trepador (*Ipomoea* spp., *Merremia* spp.), característica essa que dificulta no momento colheita. Apresentam sementes grandes, que conferem maior reserva e que favorecem a germinação e estabelecimento sobre a palha (como *Ricinus communis* L., *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland), aliado a isso, algumas apresentam a capacidade de permanecerem longos períodos em dormência (*R. cochinchinensis*) (SILVA et al., 2015a; SILVA et al., 2015b).

Uma dessas espécies é a *M. aegyptia*, uma planta da família Convolvulaceae, popularmente conhecida como jetirana ou mesmo por merremia, sendo uma planta anual, trepadeira, nativa da América Tropical, amplamente disseminada no Brasil (LORENZI, 2008). De acordo com Toledo et al. (2017) os herbicidas diurom + hexazinona + sulfometurom-metílico, amicarbazona, amicarbazona + isoxaflutole,

sulfentrazone, imazapique e tebutiurum + isoxaflutole podem ser considerados como alternativas de controle eficazes para as diferentes espécies de corda-de-viola (*Ipomoea hederifolia*, *I. quamoclit* e *M. aegyptia*) quando aplicados em cana-crua, na época seca, em solos areno-argilosos. Correia, Braz e Fuzita (2010) concluíram que dos herbicidas utilizados na época seca, o amicarbazona promoveu o melhor controle de *M. aegyptia*. No entanto, para todos eles, a complementação de manejo com a aplicação de herbicidas na época úmida mostrou-se obrigatória.

Outra *Merremia* bastante problemática e amplamente distribuída na cultura da cana-de-açúcar é a *M. cissooides* (Lamarck) A.R. Simões & Staples, conhecida como jetiriana ou jetirana branca. Apresenta grande similaridade morfológica com *M. aegyptia*, porém sua estrutura é menor, com folhas menos desenvolvidas, possui caules cilíndricos de hábito volúvel, que pode chegar de um a três metros de comprimento e, suas folhas são palmadas, com cinco segmentos de tamanho que pode variar entre quatro a oito centímetros (LORENZI, 2014).

Estudos realizados por Campos et al. (2012) descobriram que a *M. cissooides* se mostrou mais susceptível ao tebutiurum, porém a eficácia dos herbicidas começou a diminuir após 15 dias para saflufenacil, 30 dias para imazapique, mesotriona e tebutiurum, 45 dias para amicarbazona e 60 dias para sulfentrazone.

Outra espécie da família Convolvulaceae é a *Ipomoea triloba* (Linnaeus) var. genuína (Meisner), tradicionalmente conhecida como corda-de-viola. É uma planta anual, trepadeira, nativa da América do Sul, propagando-se exclusivamente por sementes. É uma das plantas daninhas mais prejudiciais das culturas anuais e perenes nas regiões centro-oeste, sudeste e sul no verão, tendo em vista seu hábito trepador, sua presença é indesejada devido às dificuldades durante a colheita (LORENZI, 2008, EPPO Global Database 2024).

Estudos realizados por Monquero et al. (2009) avaliaram a eficácia de herbicidas em pré-emergência para a *I. triloba* em diferentes quantidades de palha. Os herbicidas testados incluíram ametrina + trifloxissulfurom-sódico, imazapique, imazapir, diurom + hexazinona e diurom + hexazinona sob cinco quantidades de palha (0, 5, 10, 15 e 20 t ha<sup>-1</sup>) Os resultados mostraram que com o aumento da quantidade palha sobre o solo a *I. triloba* teve sua população reduzida, sendo a palha uma estratégia eficiente na supressão da espécie, com redução do número de plantas emergidas. Entretanto, o aumento da quantidade de palha diminuiu a eficácia dos herbicidas, sendo que na condição de 20 t ha<sup>-1</sup> nenhum herbicida foi eficaz.

As espécies da família Convolvulaceae, como as dos gêneros *Ipomoea* spp. e *Merremia* spp., são consideradas plantas daninhas de difícil controle na cultura da cana-de-açúcar, pois apresentam alta capacidade de germinação, crescimento rápido e reprodução vegetativa (ORZARI et al., 2013). Essas características conferem às convolvuláceas uma grande competitividade com a cultura, podendo reduzir a produtividade em 25% e a qualidade da matéria-prima (RATIKA; RAMESH; JAGADEESAN, 2023; TOLEDO et al., 2017).

O manejo de plantas daninhas envolve medidas de prevenção, controle e erradicação. A erradicação é a eliminação completa da espécie, de uma determinada área, que por muitas vezes é economicamente inviável, além de inexecutável. Os métodos de prevenção, estão associados a não permitir a entrada de novas espécies nas áreas, e pode ser realizada através da limpeza de equipamentos, compra de material de propagação certificado e medidas legais. Já o controle, é a medida mais utilizada, tendo em vista que a espécie já está estabelecida na área e causando danos econômicos (RADOSEVICH, HOLT; GHERSA, 2007).

Dentro do controle, os métodos disponíveis são o físico, o químico, o mecânico, o cultural e o biológico. Entre estes, o método químico, através do uso de herbicidas, é o mais utilizado pelos produtores de cana-de-açúcar, pois apresenta maior eficiência e menor custo (SILVA et al., 2015b; SILVA; MONQUERO; MUNHOZ, 2015). No entanto, a escolha adequada do herbicida depende de vários fatores, como o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas, as condições climáticas, a presença ou ausência de palha na superfície do solo e a tolerância da cultura (MONQUERO et al., 2015). A dificuldade no controle de plantas da família Convolvulaceae não está somente na mortalidade das plantas, mas também em inibir novos fluxos. As infestações tardias, fora do período de prevenção, irão impactar diretamente na produção e comprometer o rendimento operacional durante a colheita (CORREIA; BRAZ; FUZITA, 2010).

Portanto, a manutenção da palha de cana-de-açúcar na superfície do solo atua não apenas como controle de algumas espécies de plantas daninhas, como seleciona aquelas adaptadas a esse ambiente. Além disso, a quantidade de material sobre a superfície do solo, após a colheita, apresenta influência direta na eficiência e persistência dos herbicidas, e desse modo, é importante considerar as características específicas de cada herbicida utilizado.

### **Controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar e comportamento / dinâmica na palha.**

O controle químico, tanto na condição de pré-emergência quanto na de pós-emergência das plantas daninhas, é o método mais utilizado nos canaviais por apresentar maior eficácia de controle, praticidade e baixo custo (SANTOS; BOREÉM, 2016). Para a cultura da cana-de-açúcar, existem 50 moléculas registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), além do herbicida glifosato, posicionado para a eliminação da soqueira ([AGROFIT], 2024). De acordo com Monquero et al. (2011), o objetivo do controle químico é obter o máximo de eficácia no controle das plantas daninhas, com alta seletividade para a cultura, sendo econômico e sem causar impactos ambientais.

A dinâmica e a eficácia dos herbicidas aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar podem ser influenciados por variações na quantidade e na composição da cobertura morta, que afetam a emergência inicial das plantas daninhas. As chuvas desempenham um papel fundamental no transporte dos herbicidas aplicados sobre a palha para o solo. O processo de lixiviação é essencial para a ação desses herbicidas nas sementes e plantas em emergência. Entretanto, chuvas excessivas podem deslocar os herbicidas para camadas mais profundas do solo, limitando sua ação (PRADO et al., 2013; MONQUERO; BRAGA; MALARDO, 2014). Cavenaghi et al. (2007) ressaltam que a primeira chuva exerce grande influência na eficácia dos herbicidas, sendo necessário pelo menos 20 mm de precipitação para que o herbicida tenha mobilidade no sistema, embora essa quantidade possa variar conforme a solubilidade dos herbicidas.

Rossi et al. (2013) observaram que períodos mais longos entre a aplicação do herbicida na palha e a ocorrência de chuva podem exigir uma quantidade maior de precipitação para que o herbicida seja totalmente liberado. Isso sugere que a eficácia de alguns herbicidas pode ser afetadas por condições climáticas, como a quantidade e o tempo de precipitação após a aplicação (LIMA et al., 2023). Com a barreira física da palha, o herbicida deve ter características físico-químicas específicas, como baixo coeficiente de distribuição octanol-água ( $K_{ow}$ ), alta solubilidade em água e baixa pressão de vapor ( $P$ ) (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

No estudo de Monquero, Munhoz e Hirata (2013), foi analisada a correlação entre certas características e como elas são influenciadas em um sistema específico. Observou-se que o  $K_{ow}$  tem uma correlação inversa com a solubilidade em água e

está diretamente relacionado à persistência do produto no ambiente. Herbicidas com baixo Kow têm maior solubilidade e, conseqüentemente, favorecem a lixiviação, resultando em menor retenção na palha e maior disponibilidade no solo. Em relação à pressão de vapor (P), os valores indicam o grau de volatilização de cada molécula. Portanto, herbicidas com alto potencial de volatilização devem ser evitados, pois se tornam vulneráveis quando aplicados sobre a palha, reduzindo suas chances de lixiviação para o solo.

A flumioxazina, um herbicida do grupo químico das ftalimidas e inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), é absorvida pelas folhas e raízes. As plantas que emergem em solo tratado tornam-se necróticas e morrem após serem expostas à luz solar. Apresenta baixa solubilidade em água (1,79 mg/L a 25°C), Kow igual a log de Kow 2,55 e pressão de vapor de  $3,21 \times 10^{-4}$  Pa, conferindo-lhe baixo potencial de lixiviação e volatilização (SILVA et al., 2020; RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). A seletividade da flumioxazina está relacionada à sua posição no solo em relação à estrutura da planta cultivada, permitindo que o herbicida atue sobre as plantas daninhas sem causar danos à cultura (CARVALHO, 2013). Carbonari, Gomes e Velini (2009) indicam que a flumioxazina proporciona bom controle de plantas daninhas, embora o nível de controle possa diminuir com intervalos superiores a 30 dias entre a aplicação e a ocorrência de chuva.

Os herbicidas ametrina e metribuzim atuam na fotossíntese, sendo inibidores do fotossistema II (grupo C1). A absorção da ametrina ocorre rapidamente pelas folhas e raízes, translocando-se pelo xilema e acumulando nos meristemas apicais. Possui solubilidade em água de 200 mg/L, pressão de vapor de  $1,12 \times 10^{-4}$  Pa e Kow de 427 (25°C e pH 7), tornando-a pouco volátil. Sua degradação no solo é realizada por microrganismos, e sua seletividade é associada ao posicionamento no solo (VICTORIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004). O metribuzim, com solubilidade de 1100 mg/L e Kow de 44,7, é absorvido pelo sistema radicular, resultando em clorose e necrose nas plantas daninhas. Estudos indicam que chuvas de 20 a 30 mm são suficientes para a transposição do herbicida para o solo, mas o período entre a aplicação e a precipitação não pode ser superior a 7 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

Outros herbicidas, como diclosulam, imazapique e metsulfurom-metílico, pertencem a diferentes grupos químicos e têm modos de ação variados. O diclosulam, um inibidor da síntese de aminoácidos, controla monocotiledôneas e eudicotiledôneas

em pré-emergência e é efetivo mesmo na presença de palha, desde que haja carreamento pela chuva (CARBONARI et al., 2008). O imazapique é absorvido rapidamente pelo xilema e floema, com mobilidade intermediária influenciada pela matéria orgânica e argila do solo, enquanto o metsulfurom-metílico apresenta maior mobilidade em solos alcalinos (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

O isoxaflutole, um inibidor da síntese de caroteno, tem efeitos de branqueamento nas folhas emergentes e uma meia-vida que varia de 20 a 38 dias, dependendo das condições do solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). O s-metolacoloro, um inibidor da síntese de ácidos graxos, apresenta uma meia-vida que pode variar de 6 a 100 dias, dependendo das condições ambientais (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008; SANTOS et al., 2012).

A escolha do herbicida a ser utilizado deve ser realizada através de uma análise abrangente das características físico-químicas dos produtos, considerando as condições específicas do sistema de cultivo e as plantas daninhas a serem controladas. A eficácia do controle químico depende da interação entre o herbicida e as condições ambientais, destacando a importância de se considerar a dinâmica da palha e a ocorrência de precipitações para garantir a eficiência no manejo das plantas daninhas.

## Referências

- ADERETI, R. O. *et al.* Effect of period of sugarcane cultivation on the abundance and distribution of weed seeds in the soil profile. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 507-513, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000300006>.
- AGROFIT. **Consulta aberta**. Brasília: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, 2024. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 09 maio 2024.
- AZANIA, A. A. P. M. *et al.* Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. **Planta daninha**, v. 20, n. 2, p. 207-212, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582002000200006>.
- BACCARIN, J. G. Efeitos ambientais, sociais e econômicos de mudanças tecnológicas recentes na cana-de-açúcar no estado de São Paulo, Brasil. **PEGADA - A Revista da Geografia do Trabalho**, v. 20, n. 3, p. 141-173, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33026/peg.v3i20.6559>.
- BARBERIS, L. *et al.* Eficácia do flumioxazin associado à palha de sorgo no controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*. **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. Disponível em: <https://www.sbcpd.org/uploads/trabalhos/xxvii-congresso-brasileiro-da-ciencia-das-plantas-daninhas-579.pdf>. Acesso em: 05 set. 2023.
- BELAPART, D. **Efeitos da palha de cana-de-açúcar na emergência de plantas daninhas**. 2020. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2020.
- BRESSANIN, F. N. *et al.* Interference periods of velvet bean in sugarcane. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8, p. 1329-1336, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150630>.
- BUNDIT, A. *et al.* Allelopathic Plants: 33. *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton. **Allelopathy Journal**, v. 56, n. 2, p. 133-148, 2022. DOI: <http://doi.org/10.26651/allelo.j/2022-56-2-1393>.
- CAMPOS, L. H. F. *et al.* Crescimento inicial de *Merremia cissoides*, *Neonotonia wightii* e *Stizolobium aterrimum*. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 497-504, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000300005>.
- CARBONARI, C. A. *et al.* Efeitos de períodos de permanência do flumioxazin no solo e na palha de milho e aveia na eficácia de controle de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 3, p. 85-95, 2009. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v8i3.71>.

CARVALHO, F. P. *et al.* Efeito da precipitação pluvial na eficiência dos herbicidas pré-emergentes na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 1, p. 1-9, 2015.

CARVALHO, L. B. **Herbicidas**. 1. ed. Lages: Edição do autor, 2013. 62 p. ISBN: 978-85-912712-1-4.

CAVENAGHI, A. L. *et al.* Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000400020>.

CHRISTOFFOLETI, P. J. **Biologia e manejo do capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis*) na cultura da cana-de-açúcar**. Curitiba: SENAR AR-PR, 2020. ISBN: 978-85-75651-72-8.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. (Ed.). **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. 1. ed. Piracicaba, 2008. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3825040/mod\\_resource/content/1/Livro%20Herbicidas%20no%20Solo.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3825040/mod_resource/content/1/Livro%20Herbicidas%20no%20Solo.pdf). Acesso em: 28 ago. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO [CONAB]. **Série histórica das safras**. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 08 maio 2024.

CONCENÇO, G. *et al.* **O aleiramento do palhiço de cana-de-açúcar agrava a infestação de plantas daninhas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. (Comunicado Técnico, 229). 4 p.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. *In*: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 67-77. ISBN: 978-85-64619-02-9.

CORREIA, N. M. Biologia e manejo de *Rottboellia cochinchinensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 89-96, 2016a. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.437>.

CORREIA, N. M. *et al.* Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 631-642, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000300021>.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000100002>.

CORREIA, N. M.; KRONKA JR, B. Controle químico de plantas dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia* em cana-soca. **Planta Daninha**, v. 28, n. spe, p. 1143-1152, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500022>.

DA SILVA MARTINS, E. *et al.* Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar crua e queimada. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 13, n. 5, p. 10-22, 2022.

DIAS, A. C. R. **Lixiviação, mobilidade, degradação, mineralização e atividade microbiana de herbicidas em função de atributos de cinco tipos de solos**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

DIAS, N. M. P. **Tolerância de espécies de capim-colchão (*Digitaria spp.*) a herbicidas na cultura de cana-de-açúcar**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DIAS, F. M. F. Alguns elementos sobre a cadeia produtiva da cana-de-açúcar no Brasil. *Geosul*, v. 36, n. 79, p. 116-142, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73805>

EPPO, **Global DataBase**. Base de dados global da EPPO mantida pelo Secretariado da Organização Europeia e Mediterrânea para a Proteção das Plantas. Disponível em: <https://gd.eppo.int/>. Acesso em: 25 maio 2024.

FERREIRA, E. A. *et al.* Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 915-925, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000400025>.

FIGUEIREDO, P. A. M. D. *et al.* Alterações morfoanatômicas foliares da cana-de-açúcar na fase de estabelecimento em condições de matocompetição. **Planta daninha**, 31, 777-784. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000400003>

GOMES JR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000400010>.

INOUE, M. H. *et al.* Potencial de lixiviação de imazapic e isoxaflutole em colunas de solo. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300014>.

KUVA, M. A. *et al.* Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: II - capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582001000300003>.

KUVA, M. A. *et al.* Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: III capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582003000100005>.

LIMA, A. C. *et al.* Spatial variability mapping of indaziflam and metribuzin sorption-desorption for precision weed control. **Precision Agriculture**, v. 25, p. 30-50, 2023. DOI: 10.1007/s11119-023-10056-2.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil** – terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. 672 p. ISBN: 978-85-86714-27-6.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas** – plantio direto e convencional. 7. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 384 p. 978-85-86714-45-0.

MARTINELLI, C. *et al.* Interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar e algumas práticas de controle. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n. 20, 2011. ISSN: 1677-0293.

MARTINS, D. *et al.* Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar com herbicidas pré-emergentes aplicados sobre a palha. **Planta Daninha**, v. 35, e017162222, 2017.

MEKSAWAT, S.; PORNPROM, T. Allelopathic effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth. **Weed Biology and Management**, v. 10, n. 1, p. 16–24, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2010.00362.x>.

MELO, E. B. *et al.* Alternativas para a catação química de touceiras de capim-colonião e capim-braquiária em cana-soca. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 307-317, 2013. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v12i3.238>.

MIRANDA, E. E.; MARTINHO, P. R. R. **Dimensão territorial e tendências da cana-de-açúcar entre 2009 e 2020**. 2021. Disponível em: <https://sucroenergetico.revistaopinioes.com.br/en/revista/detalhes/3-dimensao-territorial-e-tendencias-da-cana-de-acu/>. Acesso em: 10 out. 2023.

MONDO, V. H. V. *et al.* Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100015>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Lixiviação de clomazone+ametryn, diuron+hexazinone e isoxaflutole em dois tipos de solo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 685-691, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000300025>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Ipomoea grandifolia*. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 367-372, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000200010>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone e imazapic. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 185-195, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000100022>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Monitoramento do banco de sementes de plantas daninhas em áreas com cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 107-119, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000100013>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2799-2812, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6Supl1p2799>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Interferência de plantas daninhas em mudas de quatro espécies arbóreas neotropicais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 37, n. 2, p. 219-232, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i2.19280>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Manejo de *Merremia aegyptia* com misturas de herbicidas utilizando diferentes lâminas de água e na presença ou ausência de palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 88-96, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v13i2.288>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Persistência de imazaquim e diclosulam em função da umidade do solo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 331-337, 2013. ISSN 1982-8470.

NEGRISOLI, E. *et al.* Influência da palha e da simulação de chuva sobre a eficácia da mistura formulada clomazone+hexazinone no controle de plantas daninhas em área de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 169-177, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000100019>.

ORZARI, I. *et al.* Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de semeadura. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000100006>.

PASSOS, A. T. M. *et al.* Lixiviação no solo de herbicidas em razão da percolação de água. **Científica**, v. 39, n. 1/2, p. 85-93, 2011. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2011v39n1/2p85%20-%2093>.

PATEL, F. *et al.* The straw presence preceding soybean crop increases the persistence of residual herbicides. **Advances in Weed Science**, v. 41, e020200051, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2023;41:00004>.

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Densidades de plantas de *Urochloa decumbens* em convivência com *Corymbia citriodora*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4(sup1), p. 1803-1811, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4Sup1p1803>.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 95-123. ISBN: 978-85-64619-02-9.

PIZA, C. S. T. *et al.* Period prior to interference of morning glory in sugarcane. **Científica**, v. 44, n. 4, p. 543-548, 2016. DOI: <http://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n4p543-548>.

PRADO, A. B. C. A. *et al.* Dinâmica de herbicidas aplicados em pré-emergência sobre palha de cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 179-187, 2013. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v12i2.211>.

PRESOTO, J. C. et al. Eficácia e interação da associação de Flumioxazin e Pyroxasulfone para controle de capim-colonião (*Panicum maximum*). *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 21, n. 4, p. 435-440, 2022.

RADOSEVICH, S. R. et al. **Ecology of weeds and invasive plants** - relationship to agriculture and natural resource management. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 2007. 454 p.

RAMOS, R. F. et al. Plantas daninhas como hospedeiras dos nematoides-das-galhas. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 3, rab201906, p. 1-3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.29372/rab201906>.

RATIKA, S. et al. Weed management in sugarcane: A review. **The Pharma Innovation Journal**, v. 12, n. 6, p. 3883-3887, 2023. ISSN: 22777695.

ROCHA NETO, A. R. et al. Tolerância de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pré-plantio. **WORKSHOP AGROENERGIA**, 9., 2015. Ribeirão Preto. Anais [...]. Ribeirão Preto: APTA e IAC, 2015. Disponível em: [http://www.infobibos.com.br/Agroenergia/CD\\_2015/](http://www.infobibos.com.br/Agroenergia/CD_2015/). Acesso em: 15 set. 2023.

ROCHA, R. S. et al. Avaliação dos subprodutos de degradação do herbicida ametrina obtidos via processos oxidativos avançados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 1, p. 52-67, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2018v12n1p52-67>.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina: Produção Independente, 2018. 764 p. ISBN: 978-85-83961-15-4.

ROSSI, C. V. S. et al. Dinâmica do herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 223-230, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000100024>.

SALOMÃO, H. M. et al. Weed management with pre-emergent herbicides in soybean crops. *Communications in Plant Sciences*, v. 11, 2021.

SANTOS, F.; BORÉM, A. **Cana-de-açúcar: do plantio à colheita**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2016. 290 p. ISBN: 978-85-72695-40-4.

SANTOS, G. et al. Carryover proporcionado pelos herbicidas s-metolachlor e trifluralin nas culturas de feijão, milho e soja. **Planta Daninha**, v. 30, n. 4, p. 827-834, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000400017>.

SANTOS, J. B. et al. Interferência da palha de cana-de-açúcar na eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Planta Daninha**, v. 36, e018172789, 2018. DOI:

SILVA, C. E. B. et al. Aspectos germinativos de capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis*). **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 273-281, 2009b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000200009>.

SILVA, F. M. L. **Eficácia do herbicida mesotrione aplicado no sistema de cana crua**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2010.

SILVA, F. S. G. *et al.* Avaliação experimental e panorama da cana energia na cadeia produtiva sucroenergética: caracterização e identificação de potencialidades. **JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA FATEC DE BOTUCATU**, 8., 2019. Botucatu. Anais [...]. Botucatu: Fatec, 2019b. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1122475/1/Avaliacao-experimental-Jornacitec-2019.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.

SILVA, I. A. B. *et al.* Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 265-272, 2009a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000200008>.

SILVA, M. V. P. P. *et al.* Aplicação de herbicidas em pré-emergência sobre palha de cana-de-açúcar para o controle de espécies da família Convolvulaceae. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 184-193, 2015b. ISSN: 19828470.

SILVA, J. R. *et al.* Emergence of weed species (*Brachiaria*) under sugarcane straw. **Planta Daninha**, v. 34, n. 03, p. 423-432, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340300003>.

SILVA, P. D. **Comportamento ambiental e bioatividade sobre plantas daninhas de herbicidas residuais aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar em diferentes condições hídricas do solo**. 2018. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

SILVA, P. V. D. *et al.* Influence of sugarcane straw and sowing depth on the emergence of weed species. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 405-412, 2015a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300003>.

SILVA, P. V. D. *et al.* Controle em pós-emergência de plantas daninhas por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 21-32, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n403rc>.

SILVA, P. V. *et al.* Efeito da palha de cana-de-açúcar e da precipitação na eficácia de indaziflam. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 1040-1051, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.17301>.

SILVA, P. V. *et al.* Eficácia do herbicida flumioxazin no controle de *Euphorbia heterophylla*, na aplicação sobre diferentes tipos de palha e simulações de chuva. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 324-332, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.20815>.

SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 94-103, 2013. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v12i1.235>.

SOUZA, Z. M. D. *et al.* Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000300011>.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p. ISBN: 978-85-82713-66-2.

TOLEDO, R. E. B. *et al.* Management of morning glory (*Ipomea hederifolia*, *Ipomea nil*, and *Merremia aegyptia*) with herbicides in raw sugarcane during dry seasons. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 2, p. 84-90, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i2.453>.

TORQUATO, S. A. *et al.* Inovações no sistema de produção de cana-de-açúcar: Uma contribuição do Protocolo Agroambiental para a região de Piracicaba, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 45, n. 2, p. 28-37, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136221/1/2015AP19.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

TROPALDI, L. *et al.* Herbicidas inibidores do fotossistema II em pré-emergência no controle de espécies de capim-colchão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 30-37, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i1.528>.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 22., 2000. Foz do Iguaçu. Anais [...]. Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 148-164.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, v. 1, n. 1, p. 32-37, 2004. ISSN: 18066402.

### **Objetivo Geral**

Estudar as interações e os efeitos dos herbicidas aplicados em associações no controle das principais plantas daninhas, presentes na cultura da cana-de-açúcar.

Analisar a persistência do herbicida flumioxazina em diferentes períodos, texturas de solo, quantidade de palha de cana-de-açúcar e intervalos antes da ocorrência da primeira chuva.

### **Objetivo Específico**

a) Avaliar as interações e a eficácia do herbicida flumioxazina aplicado sozinho e em associações com os herbicidas ametrina, diclosulam, imazapique, isoxaflutole, metribuzim, metsulfurom-metílico, s-metolacoloro, no controle de *D. horizontalis*, *Urochloa decumbens*, *Rottboellia cochinchinensis*, *I. triloba*, *M. aegyptia* e *M. cissoides* semeadas em diferentes épocas após a aplicação dos tratamentos.

b) Estudar os efeitos de diferentes períodos de permanência do herbicida flumioxazina nos solos de textura média e argilosa, com e sem palha de cana-de-açúcar, antes da ocorrência da primeira chuva em diferentes intervalos antes da simulação chuva.

## **Flumioxazina isolada e em associações com outros herbicidas no controle em diferentes fluxos de plantas daninhas**

### **Introdução**

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, sendo responsável pela produção de açúcar, etanol e energia elétrica. As plantas daninhas representam um dos maiores desafios para a cultura da cana-de-açúcar, causando prejuízos significativos ao competir com a cultura por água, luz, nutrientes e espaço, além de atuar como hospedeiras de pragas e doenças (TIRONI; SOUZA, 2013). O controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar possui algumas vantagens que lhe conferem ser o método mais utilizado nesse cenário, como a sua eficiência, baixo custo, praticidade e espectro (MONQUERO et al., 2011).

Contudo, o uso de herbicidas apresenta alguns desafios, como a escolha dos produtos mais adequados para cada situação, a aplicação nas doses e épocas corretas, a seletividade das variedades de cana-de-açúcar e o manejo da resistência das plantas daninhas. Uma alternativa para superar esses desafios é o uso de associações de herbicidas, que consiste na aplicação simultânea de dois ou mais produtos com diferentes mecanismos de ação. Essa prática visa ampliar o espectro de controle, aumentar a eficiência e a durabilidade dos herbicidas, reduzir os custos, minimizar os efeitos fitotóxicos e retardar o surgimento de resistência (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008; CARBONARI et al., 2010).

No entanto, o uso de associações de herbicidas requer alguns cuidados, como a verificação da compatibilidade física e química dos produtos, o respeito às recomendações técnicas e legais e os efeitos nas plantas daninhas alvo. Além disso, é importante conhecer as principais espécies de plantas daninhas que ocorrem nas áreas canavieiras, bem como suas biológicas, ecologias e comportamentos frente aos herbicidas (MONQUERO et al., 2009; AMIM et al., 2016). Dessa forma, este trabalho tem como objetivo estudar os efeitos do uso de flumioxazina isolada e em mistura no controle das principais plantas daninhas, presentes na cultura da cana-de-açúcar.

## Material e Métodos

Os experimentos foram desenvolvidos em casa de vegetação pertencente a Corteva Agriscience na estação de pesquisa localizada em Mogi Mirim – SP (MMRC). Foram instalados seis experimentos, analisando separadamente o controle das seguintes espécies *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea triloba*, *Merremia aegyptia*, *Merremia cissoides*, *Rottboellia conchinchinensis* e *Urochloa decumbens*. As sementes foram adquiridas junto a empresa Agrocósmos e a semeadura foi feita respeitando a recomendação da empresa para se obter 10 plantas por vaso, sendo que as espécies foram semeadas em vasos separados.

Os seis experimentos, tiveram delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 9x5, com quatro repetições. O fator A, foram os 9 tratamentos utilizando os herbicidas flumioxazina, flumioxazina + ametrina, flumioxazina + diclosulam, flumioxazina + imazapique, flumioxazina + isoxaflutole, flumioxazina + metribuzim, flumioxazina + metsulfurom-metílico e flumioxazina + s-metolaclo-ro) e uma testemunha sem aplicação. Já o fator B foram 5 intervalos para a semeadura das plantas daninhas (0, 10, 30, 40 e 60 dias) após a aplicação, sendo esses períodos selecionados para entender a dinâmica dos herbicidas. Os vasos permaneceram na casa de vegetação recebendo irrigação controlada até atingirem o prazo estabelecido para a semeadura, a semeadura foi realizada na camada superficial do vaso para evitar o revolvimento do solo (1 a 3 cm)

As unidades experimentais foram constituídas de vasos com capacidade para 1,5 litros, que foram preenchidos com Latossolo vermelho distrófico (SiBCS EMBRAPA 2018) oriundo da camada arável previamente peneirado, sem histórico de aplicação de herbicidas e mantidos em casa de vegetação. A análise química e física do solo foi realizada pelo Laboratório de química e fertilidade Ribersolo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Parâmetros químicos para fins de fertilidade de amostra (0-20 cm).

Análise de Solo												
P R	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	AT	Silte	Argila
mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	Ca/Cl <sub>2</sub>				mmolc/dm <sup>3</sup>					%	
6,5	23	5,1	7,6	32	9	38	48,6	87	56	33	9	33

Extratores: P, K = Melich 1; Ca, Mg Al = KCl 1N; M.O = Método colorimétrico.

Os herbicidas flumioxazina (Flumyzin®), ametrina (Metrimex®), diclosulam (Coact®), imazapique (Plateau®), isoxaflutole (Provence®), metribuzim (Sencor®), metsulfurom-metílico (Ally®) e s-metolaclo-ro) (Dual Gold®) e as doses foram

escolhidas conforme recomendação em bula de cada produto, conforme pode ser visualizado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Descrição dos herbicidas, produto comercial e doses (g i.a. ha<sup>-1</sup>) utilizadas para cada tratamento.

Tratamentos	Produto Comercial	Dose (g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-	-
Flumioxazina	Flumyzin	125
Flumioxazina + ametrina	Flumyzin + Metrimex	125 + 3000
Flumioxazina + diclosulam	Flumyzin + Coact	125 + 194
Flumioxazina + imazapique	Flumyzin + Plateau	125 + 122,5
Flumioxazina + isoxaflutole	Flumyzin + Provence	125 + 112,5
Flumioxazina + metribuzim	Flumyzin + Sencor	125 + 1920
Flumioxazina + metsulfurom-metílico	Flumyzin + Ally	125 + 18
Flumioxazina + s-metolacloro	Flumyzin + Dual Gold	125 + 1920

No dia 14/02/2023 os tratamentos foram aplicados diretamente sobre solo com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, provido de barra de pulverização contendo quatro bicos tipo leque Teejet AIXR110.015 e com volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>. As condições eram semi-controladas dentro da casa de vegetação (estufa coberta com circulação ar pelas laterais e protegida por tela), durante a aplicação a temperatura média era de 27 °C e velocidade do vento de aproximadamente 3 km/hora.

As avaliações de emergência das plantas daninhas foram realizadas semanalmente, até os 35 dias após a semeadura (DAS), sendo realizada a contagem das plantas emergidas. Os dados totais de emergência das plântulas na última avaliação foram transformados em porcentagem, levando em consideração o número total plantas com base na testemunha.

Aos 5, 10, 15, 25 e 35 DAS foi avaliada a porcentagem de controle das plantas daninhas seguindo critérios qualitativos pautados na escala da Alam (1974), com percentual de notas, onde 0 (zero) corresponde a nenhuma injúria na planta e 100 (cem) a morte das plantas. Aos 35 DAS, para obtenção da matéria seca da parte aérea, as plantas foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e posteriormente levadas para estufa de circulação forçada de ar na temperatura de 60° C, até obtenção de peso constante.

Os dados obtidos para cada uma das variáveis foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas por meio do teste Scott-Knott a 5% de significância. A realização da ANOVA e seus desdobramentos foram realizadas

através do software estatístico AgroEstat – sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

Os valores obtidos na massa seca por cada um dos tratamentos foram divididos por aqueles encontrados para o tratamento testemunha, o quociente foi subtraído de 1 (trata-se de uma redução, e não equivalência) e então multiplicado por 100 para obtenção em percentual. Assim a porcentagem de redução da massa seca da parte aérea (MSPA), foi obtida através da seguinte fórmula:

$$\text{Redução da MSPA (\%)} = \left[ 1 - \left( \frac{\text{massa tratamento}}{\text{massa testemunha}} \right) \right] \times 100$$

Onde,

Massa tratamento = massa seca da parte aérea de cada unidade amostral do tratamento, em gramas;

Massa da testemunha = massa seca da parte aérea da média das unidades amostrais da testemunha, em gramas.

## Resultados e Discussão

A análise dos dados revela interações significativas entre os fatores de controle e redução de massa seca para as espécies *I. triloba* (Tabela 3), *M. aegyptia* (Tabela 4), *M. cissoides* (Tabela 5) e *U. decumbens* (Tabela 8). Em todas essas espécies, tanto o controle quanto a redução de massa seca foram influenciados pelos fatores avaliados (períodos de semeadura e herbicidas), mostrando uma forte interação entre eles.

No caso de *D. horizontalis* (Tabela 6) e *R. cochinchinensis* (Tabela 7), a interação significativa foi observada apenas para o controle das espécies, sem significância estatística para a redução da massa seca. Isso sugere que, para essas duas espécies, os fatores avaliados impactaram diretamente o controle, mas não foram tão influentes na redução da biomassa.

Os resultados referentes ao controle e redução da massa seca de *I. triloba* encontram-se na Tabela 3. Dessa forma, de acordo com os dados de controle, o uso do flumioxazina isolado apresentou uma variação nos resultados ao longo do tempo. O controle inicial, ou seja, 0 e 10 DAA, foi mais efetivo com porcentagem de controle acima de 80%. No entanto, essa eficácia diminuiu consideravelmente na semeadura aos 20 DAA (65%) e continua a diminuir nos períodos seguintes, estabilizando-se em torno de 55 a 61,25% até na semeadura de 60 DAA, sendo que estes últimos períodos diferiram estatisticamente de 0 e 10 DAA.

O controle de *I. triloba* por flumioxazina já foi documentado na literatura. Carbonari et al. (2009) observaram a eficácia de controle superior a 90% em até 42 dias após a ocorrência das chuvas, considerando períodos de 1, 10, 30 e 60 dias sem chuva, em condições sem palha de milho e aveia. Considerando as informações da literatura, observa-se que a baixa atividade residual do flumioxazin resulta de sua rápida degradação microbiana e adsorção no solo, com 80% das moléculas sorvidas em 72 horas. Como inibidor de PPO e pertencente ao grupo das N-fenilftalimidas, possui meia-vida no solo entre 10 e 32 dias, resultando em atividade residual moderada (DAN et al., 2012; SCHERER et al., 2017). Esta característica implica em uma eficácia mais pronunciada nos estágios imediatamente posteriores à aplicação, enquanto sua efetividade tende a diminuir progressivamente com o passar dos dias.

No caso de flumioxazina + ametrina e flumioxazina + isoxaflutole verificou-se eficácia inicial semelhante ao flumioxazina isolado, atingindo eficácia máxima de

superior a 96% nos tratamentos no período de 10 DAA. No entanto, a partir de 20 DAA, difere estatisticamente e reduz o controle, permanecendo baixa até 60 DAA.

Já flumioxazina + diclosulam, flumioxazina + imazapique, flumioxazina + metribuzim, flumioxazina + metsulfurom-metílico, flumioxazina + s-metolacloro apresentaram alta eficácia de controle, mantendo-se acima de 90% em todos os períodos de semeadura, atingindo 100% de controle no tratamento de 0 DAA e permanecendo elevadas ao longo do tempo (Tabela 3). Nessas combinações, alguns herbicidas apresentam meias-vidas semelhantes à do flumioxazina, como é o caso do diclosulam, metribuzim e metsulfurom-metílico, sugerindo a possibilidade de sinergismo entre eles. Por outro lado, outros herbicidas, como imazapique e s-metolacloro, possuem meias-vidas superiores à do flumioxazina, podendo complementar adequadamente sua ação (BEDMAR et al., 2017; MONQUERO et al., 2010). Em um estudo realizado por Mello (2020), foram avaliadas duas doses de flumioxazina combinadas com duas doses de diclosulam, metribuzim e s-metolacloro e concluíram que essas combinações proporcionaram controle satisfatório de *I. triloba* acima de 80%.

Em um estudo conduzido por Tiburcio et al. (2012) em uma área de eucalipto infestada por diversas espécies de plantas daninhas, incluindo *I. triloba*, foram analisados tratamentos com flumioxazina combinado a outros herbicidas. Concluiu-se que as misturas flumioxazina + isoxaflutole e flumioxazina + sulfentrazone se mostraram mais eficazes do que os tratamentos com herbicidas isolados aos 30 DAA. No entanto, na avaliação realizada aos 60 DAA, as áreas tratadas com oxifluorfem e sulfentrazone apresentaram uma menor massa seca total em comparação com aquelas tratadas com a combinação de flumioxazina (75 g i.a. ha<sup>-1</sup>) + isoxaflutole (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Dessa forma, conforme também observado no presente trabalho, a mistura de flumioxazina + isoxaflutole não manteve seu controle por um período superior a 30 DAA (Tabela 3).

Santos et al. (2022) observaram a baixa eficácia de controle (<80%) de indaziflam + isoxaflutole diretamente no solo ou com até 6 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar para *I. triloba*, pertencente a mesma família de *I. triloba*. Levando-se em consideração o isoxaflutole, este fato está associado ao seu registro para espécies da família Poaceae (MALARDO, 2019; AGROFIT, 2023).

Quanto a redução da massa seca da parte aérea (%), o tratamento com flumioxazina + isoxaflutole, apesar de inicialmente apresentar resultados satisfatórios

na redução da massa seca de *I. triloba* nos períodos iniciais (0 e 10 DAA), mostrou uma redução inexpressiva no controle a partir de 20 DAA, alcançando apenas 38,09% em 40 DAA e 55% em 60 DAA. Esta redução progressiva na redução da massa seca evidencia o que já foi observado anteriormente para o controle da espécie.

Melo et al. (2010) observaram que o herbicida isoxaflutole perde eficácia ao longo do tempo, aos 60 dias após a aplicação (DAA), a massa seca das plantas bioindicadoras em relação à testemunha foi superior a 80%, enquanto o efeito de intoxicação nessas plantas foi inferior a 10%. Contrastando com isso, tratamentos como flumioxazina + metribuzim, flumioxazina + metsulfurom-metílico e flumioxazina + s-metolacloro mantiveram uma redução elevada da massa seca em todos os períodos avaliados, atingindo 100% de controle em 60 DAA. Esses tratamentos demonstraram uma ótima capacidade de manter os níveis de controle excelentes mesmo com a semeadura ocorrendo 60 DAA.

A associação de flumioxazina com outros herbicidas melhora de forma consistente a eficácia de controle de *I. triloba*. O flumioxazina isolado demonstrou controle eficaz nos primeiros 10 DAA, com uma queda progressiva nos períodos seguintes. No entanto, as combinações com herbicidas como diclosulam, metribuzim e metsulfurom-metílico mantiveram um controle acima de 90% ao longo de todo o período, atingindo 100% de controle até 60 DAA. Esses resultados indicam uma sinergia entre os herbicidas, prolongando a residualidade e garantindo maior eficácia no longo prazo.

**Tabela 3.** Controle (%) e redução de massa seca (%) de *Ipomoea triloba* aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA de acordo com os herbicidas aplicados.

<b>Controle (%) <i>I. triloba</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	81,25 bA	93,75 aA	65,00 bB	55,00 bB	61,25 bB
Flumioxazina + Ametrina	82,50 bA	96,25 aA	50,00 cB	91,25 aA	51,25 cB
Flumioxazina + Diclosulam	99,00 aA	100,00 aA	99,25 aA	94,50 aA	95,00 aA
Flumioxazina + Imazapique	99,25 aA	100,00 aA	100,00 aA	84,50 aA	90,00 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	78,50 bB	48,75 bC	31,25 dC
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Flumioxazina + Metsulfurometílico	99,75 aA	100,00 aA	99,00 aA	96,25 aA	78,75 bB
Flumioxazina + S-metolacloro	100,00 aA	100,00 aA	97,00 aA	87,50 aA	88,75 aA
Testemunha	0,00 cA	0,00 bA	0,00 dA	0,00 cA	0,00 eA
F	A= 16,99**; B= 122,68**; AxB= 3,70**				
CV	16,32%				
<b>Redução massa seca (%) <i>I. triloba</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	45,03 bB	91,96 aA	40,95 bB	22,96 bB	39,01 bB
Flumioxazina + Ametrina	75,09 bA	81,61 aA	25,00 bB	82,12 aB	65,92 bB
Flumioxazina + Diclosulam	99,20 aA	99,86 aA	98,76 aA	96,45 aA	96,41 aA
Flumioxazina + Imazapique	99,23 aA	100,00 aA	100,00 aA	83,81 aA	89,79 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	72,10 aB	38,09 bB	55,00 bB
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Flumioxazina + Metsulfurometílico	99,75 aA	100,00 aA	98,54 aA	98,51 aA	76,72 aA
Flumioxazina + S-metolacloro	100,00 aA	100,00 aA	98,68 aA	88,75 aA	91,80 aA
F	A= 5,47**; B= 15,35**; AxB= 1,83*				
CV	26,08%				

Fator A: períodos de semeadura; Fator B: herbicidas; \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% e NS não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV, coeficiente de variação, expressa a variabilidade de um conjunto de dados em relação a sua média.

Quanto ao controle de *M. aegyptia*, como mencionado houve interação entre os fatores, o tratamento com flumioxazina demonstrou eficácia que varia consideravelmente em função dos períodos de semeadura da espécie. Inicialmente aos 0 DAA, apresenta 21,25% de controle e atinge um pico de 87,00% em 10 DAA e, em seguida, diminui novamente, mantendo-se em níveis baixos entre 11,25% e 27,50% até 60 DAA, diferindo estatisticamente em relação aos primeiros períodos.

O tratamento flumioxazina + ametrina, similarmente ao flumioxazina isolado, apresentou controle inicial baixo 30% no primeiro período e atingiu o seu ápice em 10 DAA 91,25%, porém com o decorrer dos períodos sua eficácia foi reduzida com valor

de atingindo valores entre 38,75% e 42,50% nos intervalos de 20 DAA, 40 DAA e 60 DAA.

Para a associação entre flumioxazina + metsulfurom-metilico e flumioxazina + s-metolacoloro, os resultados iniciais demonstraram eficácia de controle superior a 90% até o período de 10 DAA, já para os períodos seguintes a eficácia foi reduzida e os valores de controle ficaram abaixo dos 50%.

Os tratamentos flumioxazina em mistura com diclosulam, imazapique e isoxaflutole apresentaram valores altos de eficácia de controle até o período de 20 DAA, nos demais períodos 40 e 60 DAA, a eficácia desses apresentaram uma redução significativa, sendo a associação com isoxaflutole a que sofreu maior redução no controle.

O tratamento flumioxazina + metribuzim apresentou valores altos de eficácia de controle, sendo que independente do período de semeadura, se manteve consistentemente acima de 90%.

No que diz respeito à redução da massa seca da parte aérea (%) de *M. aegyptia*, o tratamento com flumioxazina provocou redução que variou entre 0 e 31,60% de massa seca ao longo dos períodos, sendo que seu ápice foi observado no período de 10 DAA e menor valor de redução atingiu 0% em 60 DAA, o mesmo. Por outro lado, flumioxazina + metribuzim se destacou, mantendo consistentemente altos níveis de controle acima de 95% em 60 DAA.

Flumioxazina + ametrina apresentou uma grande variação entre os períodos de semeadura, diferindo estatisticamente entre si. Apesar de ter alcançado 69,55% de redução aos 10 DAA, a redução de biomassa variou de 15,06% em 0 DAA para 39,51% em 60 DAA. Além disso, tratamentos como flumioxazina + metsulfurom-metilico e flumioxazina + s-metolacoloro demonstraram bons resultados de redução até o período de 10 DAA acima dos 80%, os demais períodos apresentaram oscilações e reduções acentuadas a partir de 20 DAA.

Já flumioxazina + diclosulam flumioxazina + imazapique e flumioxazina + isoxaflutole iniciaram com baixas médias de biomassa, isto é, alta redução em relação a testemunha. No entanto, com 40 e 60 DAA, atingiram valores entre 33,20% e 76,36%, respectivamente. Isso sugere uma perda de eficácia em função do residual dos herbicidas no solo.

A complexidade no controle da *M. aegyptia* mediante o uso exclusivo de flumioxazina já foi documentada na literatura. Estudos anteriores, como o de Nicolai

et al. (2013), classificaram essa espécie como a menos suscetível a este herbicida específico, sendo que entre as convolvuláceas, foi a que necessitou de maior dose de flumioxazina. Moraes Ribeiro et al. (2018) observaram que alguns herbicidas além da flumioxazina também apresentavam maior ou menor eficácia no controle dessa espécie, exemplos de mesotriona e sulfentrazone em alguns intervalos testados. Além disso, o trabalho desenvolvido por Correia, Braz e Fuzita (2010) constataram a necessidade frequente da combinação de dois herbicidas, seja em aplicação simultânea ou em aplicações sequenciais, para atingir um controle satisfatório sobre essa planta daninha.

**Tabela 4.** Controle (%) e redução de massa seca (%) de *Merremia aegyptia* aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA de acordo com os herbicidas aplicados.

<b>Controle (%) <i>M. aegyptia</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	21,25 bB	87,00 aA	27,50 bB	21,25 cB	11,25 dB
Flumioxazina + Ametrina	30,00 bB	91,25 aA	38,75 bB	42,50 cB	38,75 cB
Flumioxazina + Diclosulam	93,00 A	99,00 aA	95,00 aA	73,75 bB	75,00 aB
Flumioxazina + Imazapique	92,25 aA	99,25 aA	93,00 aA	73,75 bB	57,50 bB
Flumioxazina + Isoxaflutole	99,25 aA	99,50 aA	88,25 aA	37,50 cB	8,75 dC
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	99,75 aA	99,50 aA	100,00 aA	91,75 aA
Flumioxazina + Metsulfurometílico	95,00 A	90,25 aA	17,50 cC	51,25 cB	37,50 cB
Flumioxazina + S-metolacloro	96,75 A	94,75 aA	40,48 bB	20,00 dB	27,50 cB
Testemunha	0,00 cA	0,00 bA	0,00 cA	0,00 dA	0,00 dA
F	A= 54,54**; B= 81,40**; AxB= 7,12**				
CV	25,22%				
<b>Redução massa seca (%) <i>M. aegyptia</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	19,27 bA	31,60 bA	10,28 bA	29,94 cA	0,00 cA
Flumioxazina + Ametrina	15,06 bB	69,55 aA	25,00 bB	35,60 cB	39,51 bB
Flumioxazina + Diclosulam	89,52 aA	97,88 aA	88,17 aA	72,89 bA	76,36 aA
Flumioxazina + Imazapique	88,45 aA	98,29 aA	86,88 aA	52,13 bB	58,48 bA
Flumioxazina + Isoxaflutole	98,84 aA	99,30 aA	90,51 aA	57,87 bA	33,20 bB
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	99,88 aA	98,63 aA	100,00 aA	95,05 aA
Flumioxazina + Metsulfurometílico	91,67 aA	80,86 aA	10,20 bC	39,45 bB	0,00 cC
Flumioxazina + S-metolacloro	97,13 aA	84,99 aA	16,10 bB	4,99 dB	20,11 bB
F	A= 27,19**; B= 40,58**; AxB= 4,37**				
CV	32,48%				

Fator A: períodos de semeadura; Fator B: herbicidas; \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% e NS não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV, coeficiente de variação, expressa a variabilidade de um conjunto de dados em relação a sua média.

Na Tabela 5 encontram-se as médias de controle e redução da massa seca de *M. cissoïdes*. O tratamento com flumioxazina isolado apresentou uma eficácia variável em função dos períodos de semeadura. Aos 0 DAA, apresentou 61,25% de controle e atinge 92,50% em 10 DAA, porém, a partir deste período, o controle diminui consideravelmente, mantendo-se em níveis mais baixos entre 36,25% e 41,25% até 60 DAA, diferindo estatisticamente aos primeiros períodos.

O tratamento flumioxazina + ametrina e flumioxazina + isoxaflutole, similarmente ao flumioxazina isolado, revela uma eficácia inicial crescente, atingindo controle de 95,00% e 100% em 10 DAA respectivamente, mas sofre uma redução significativa a partir de 20 DAA, mantendo-se entre 41,25% e 76,25% até 60 DAA diferindo dos demais períodos de semeadura.

Os tratamentos flumioxazina em mistura com diclosulam, imazapique, e metribuzim demonstram, em sua maioria, eficácias de controle próximas a 90% durante todos os períodos de semeadura. Já o tratamento flumioxazina + metsulfurom metílico e flumioxazina + s-metolaclopro provocaram eficácia inicial acima de 90% até o período 20 DAA para ambos, porém no período de 40 DAA a eficácia de metsulfurom metílico ainda se manteve acima de 90% enquanto o s-metolaclopro reduziu para próximo de 73% e no período de 60 DAA para ambos os produtos associados a flumioxazina sua eficácia foi próxima a 65%, diferindo dos períodos de semeadura iniciais.

Os dados de redução da massa seca da parte aérea (%) revelaram que o tratamento com flumioxazina apresentou uma redução inicial aos 10 DAA de 77%, contudo, com o passar do tempo essa redução foi menor chegando aos 50% aos 60 DAA.

Os tratamentos flumioxazina + metribuzim e flumioxazina + diclosulam destacaram-se, mantendo consistentemente altos níveis de controle, atingindo valores superiores a 85% de redução de massa seca em 60 DAA. A associação de flumioxazina + imazapique mostrou eficácia na redução de massa seca superior a 80% em todos os períodos até 60 DAA.

No geral, flumioxazina + isoxaflutole, flumioxazina + metsulfurom-metílico e flumioxazina + s-metolaclopro demonstraram oscilações nos seus resultados com reduções de massa seca em 60 DAA, sugerindo uma diminuição na eficácia de controle em períodos muito longos após aplicação para semeadura da espécie.

No estudo realizado por Nicolai et al., (2013) foi observado que dentre as espécies analisadas, *M. cissoides* apresentou o melhor controle utilizando flumioxazina de maneira isolada e até mesmo em concentrações menores, no estudo foi quantificado que a dose necessária era de 88,19 g ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo para controle de 99% da população, sugerindo que as plantas podem passar por evolução e necessitar de maiores concentrações de produto para seu controle, nesse sentido a associação com outros herbicidas além de promover maior período residual e que a identificação correta da espécie, pode diminuir a quantidade de produto necessária para o controle assim como sugerido.

**Tabela 5.** Controle (%) e redução de massa seca (%) de *Merremia cissoides* aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados.

<b>Controle (%) <i>M. cissoides</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	61,25 bB	92,50 aA	82,00 aA	41,25 cC	36,25 cC
Flumioxazina + Ametrina	79,25 bB	95,00 aA	70,75 bB	71,25 bB	41,25 cC
Flumioxazina + Diclosulam	99,75 aA	100,00 aA	98,75 aA	94,00 aA	89,25 aA
Flumioxazina + Imazapique	97,50 aA	100,00 aA	96,00 aA	87,00 aA	91,25 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	76,25 bB	22,50 cD	50,00 cC
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	99,75 aA	97,25 aA	91,00 aA
Flumioxazina + Metsulfurometílico	97,75 aA	100,00 aA	91,25 aA	91,25 aA	65,75 bB
Flumioxazina + S-metolacloro	97,50 aA	100,00 aA	97,50 aA	73,75 bB	68,75 bB
Testemunha	0,00 cA	0,00 bA	0,00 cA	0,00 dA	0,00 dA
F	A= 26,50**; B= 96,11**; AxB= 3,30**				
CV	18,08%				
<b>Redução massa seca (%) <i>M. cissoides</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	42,54 bA	77,75 aA	55,07 bA	32,60 bA	50,51 bA
Flumioxazina + Ametrina	60,93 bB	83,66 aA	49,39 bB	86,32 aA	63,36 bB
Flumioxazina + Diclosulam	98,84 aA	99,45 aA	92,76 aA	90,61 aA	88,38 aA
Flumioxazina + Imazapique	93,30 aA	99,91 aA	87,17 aA	80,01 aA	83,23 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	90,98 aA	39,94 bB	49,09 bA
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	86,19 aA	98,44 aA	93,49 aA
Flumioxazina + Metsulfurometílico	92,99 aA	100,00 aA	77,26 aA	88,38 aA	65,63 bA
Flumioxazina + S-metolacloro	96,79 aA	100,00 aA	95,74 aA	63,33 bB	72,55 aB
F	A= 7,09**; B=9,57**; AxB= 1,48 <sup>ns</sup>				
CV	26,34%				

Fator A: períodos de semeadura; Fator B: herbicidas; \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% e NS não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV, coeficiente de variação, expressa a variabilidade de um conjunto de dados em relação a sua média.

Em relação aos resultados referentes a *D. horizontalis*, o tratamento com flumioxazina isolado apresentou eficácia de controle inicial (0 DAA) igual 86,25%, alcançando 100% em 10 DAA e 94% aos 20 DAA. No entanto, os níveis de controle reduziram consideravelmente em 40 DAA, continuando a declinar gradualmente, estabilizando-se entre 68,75% aos 40 DAA e 64,25% aos 60 DAA.

O tratamento flumioxazina + ametrina, de maneira similar ao flumioxazina isolado, inicia com uma eficácia de 86,25% em 0 DAA, alcançando 100% em 10 DAA. Porém, a partir de 20 DAA, a eficácia inicia uma redução gradativa 88,75 aos 20 DAA, 83,75 aos 40 DAA e por fim 56,25% aos 60 DAA, com diferença estatística significativa. Na associação de flumioxazina + isoxaflutole, foi observado eficácia até o período de 20 DAA acima dos 90%, para o período de 40 e 60 DAA seu controle foi similar a flumioxazina isolado.

Os tratamentos flumioxazina em mistura com diclosulam, imazapique, metribuzim, metsulfurom-metílico e s-metolacloro apresentaram controle superior a 90% durante todos os períodos de semeadura. Fato já esperado, visto que se trata de herbicidas que apresentam espectro de controle para plantas daninhas da família Poaceae, como por exemplo *Eleusine indica*, *Urochloa decumbens*, *Panicum maximum*, *D. horizontalis* (AGROFIT, 2023).

No caso do flumioxazina + isoxaflutole, inicialmente obteve 100% de controle com 0 DAA e 10 DAA, mas reduziu sua eficácia de controle a partir de 20 DAA, mantendo-se entre 48,75% e 70% até 60 DAA, destacando diferenças estatísticas em relação aos primeiros períodos de semeadura (0 e 10 DAA). Em consonância com Santos et al. (2022), que identificaram uma alta eficácia de controle (92,50%) para *D. horizontalis* com a aplicação de isoxaflutole, esses dados ratificam a eficácia inicial do composto.

Contudo, ao considerar o efeito residual do isoxaflutole, Monquero et al. (2008) observaram que a pulverização do isoxaflutole sobre 10 e 15 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar resultou em uma redução na eficácia de controle de *Sorghum bicolor* em 15,5% e 17,5%, respectivamente, em Latossolos de textura argilosa quando a espécie foi semeada aos 40 DAA. Por outro lado, ao analisar os dados de redução da massa seca, os tratamentos com flumioxazina e suas combinações, embora tenham mostrado um controle efetivo, apresentaram algumas variações nos resultados, especialmente em períodos mais avançados de semeadura (40 e 60 DAA).

Dessa forma, os tratamentos com flumioxazina em mistura com diclosulam, imazapique, isoxaflutole e metribuzim mantiveram consistentemente altos os níveis de redução de massa seca ao longo do experimento, com resultados próximos ou atingindo 100% de redução, não diferindo estatisticamente entre si e ao longo dos períodos.

No entanto, observou-se variação nos tratamentos flumioxazina em mistura com ametrina, s-metolacloro e metsulfurom-metílico, que, embora tenham mantido altos índices de controle, apresentaram oscilações na redução da massa seca em 40 e 60 DAA. Já flumioxazina isolada teve um bom desempenho na redução da massa seca em até 10 DAA, porém apresentou uma redução inferior a 70% em 40 e 60 DAA, diferindo estatisticamente dos períodos iniciais.

**Tabela 6.** Controle (%) e redução de massa seca (%) de *Digitaria horizontalis* aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados.

<b>Controle (%) <i>D. horizontalis</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	86,25 bB	100,00 aA	94,00 aA	68,75 cB	64,25 bB
Flumioxazina + Ametrina	86,25 bA	100,00 aA	88,75 aA	83,75 bA	56,25 bB
Flumioxazina + Diclosulam	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	97,25 aA	91,75 aA
Flumioxazina + Imazapique	100,00 aA	99,25 aA	100,00 aA	98,75 aA	89,25 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	98,75 aA	70,00 cB	48,75 bC
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	93,75 aA
Flumioxazina + Metsulfurom-metílico	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	88,5 aA
Flumioxazina + S-metolacloro	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	97,00 aA	91,25 aA
Testemunha	0,00 cA	0,00 bA	0,00 bA	0,00 dA	0,00 cA
F	A= 23,14**; B= 203,97**; AxB= 2,88**				
CV	12,05%				
<b>Redução massa seca (%) <i>D. horizontalis</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	79,33 bB	100,00 aA	99,27 aA	69,63 bB	73,08 bB
Flumioxazina + Ametrina	82,90 bA	100,00 aA	75,00 bB	75,01 bB	76,85 bB
Flumioxazina + Diclosulam	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	99,59 aA	97,21 aA
Flumioxazina + Imazapique	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	98,23 aA	96,65 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	82,27 aA	58,02 bB
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	97,83 aA
Flumioxazina + Metsulfurom-metílico	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	93,54 aA
Flumioxazina + S-metolacloro	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	98,32 aA	94,93 aA
F	A= 4,97**; B= 5,87**; AxB= 1,27 <sup>ns</sup>				
CV	14,94%				

Fator A: períodos de semeadura; Fator B: herbicidas; \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% e NS não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV, coeficiente de variação, expressa a variabilidade de um conjunto de dados em relação a sua média.

Na Tabela 7 encontra-se a análise dos resultados para o controle e redução da massa seca de *R. cochinchinensis*. Dessa forma, o tratamento com flumioxazina isolado apresentou uma eficácia de 74,75% em 0 DAA, atingindo 99,25% em 10 DAA, mantendo controle elevado até atingir 100% em 60 DAA. Contudo, o controle da espécie apresentou uma queda em 20 DAA (85%), para depois se recuperar e atingir eficácia máxima nos períodos subsequentes.

O tratamento flumioxazina + ametrina apresentou inicialmente controle de 81,25% e 100% em 10 DAA. Há variação nos resultados ao longo dos períodos de semeadura, na faixa entre 88,75% e 100%. Flumioxazina + isoxaflutole apresentou controle de 100% com 0 e 10 DAA, mas demonstra uma queda gradual, atingindo 83,00% em 60 DAA.

Para controle *R. cochinchinensis*, destaca-se os tratamentos flumioxazina + diclosulam, flumioxazina + imazapique, flumioxazina + metribuzim, flumioxazina + metsulfurom-metílico e que apresentaram controle eficaz, isto é, acima de 90% independente do período de semeadura da espécie. Na associação de flumioxazina + isoxaflutole os níveis de controle se mantiveram acima dos 90% até o período de 20 DAA, nos períodos de 40 e 60 DAA seu controle foi reduzido, porém mostrou eficácia superior a 80%, o mesmo foi observado para a associação entre flumioxazina + s-metolacloro que apresentou eficácia superior a 90% até o período de 40 DAA, aos 60 DAA sua eficácia era de 85%.

Quanto a análise dos dados sobre a redução da massa seca da planta *R. cochinchinensis*, o tratamento com flumioxazina apresentou resultados significativos ao longo dos diferentes períodos de semeadura da espécie. Iniciou com 71,39% em 0 DAA, atingindo 100% em 10 DAA, e permanecendo igual ao longo dos períodos subsequentes, alcançando 90,02% em 40 DAA e 100% novamente em 60 DAA.

Outros tratamentos, como flumioxazina + metribuzim e flumioxazina + diclosulam, também mantiveram níveis elevados, alcançando 100% de redução de massa seca ao longo da maioria dos períodos. Flumioxazina + imazapique e flumioxazina + isoxaflutole também atingiram consistentemente 100% de redução, com pequenas variações em função dos períodos. Já flumioxazina + s-metolacloro apresentou eficácia variável, mantendo-se sempre superior a 85% em todos os períodos, flumioxazina + metsulfurom-metílico se manteve constante com controles superiores a 90% em todos os períodos e flumioxazina + ametrina apresentou variações ao longo dos períodos, inicialmente apresentou 73% de redução na massa

seca no período de 0 DAA, nos períodos de 10 e 20 DAA sua redução foi superior a 85%, no período de 40 DAA sua redução sofreu uma queda e atingiu 63% aproximadamente, sendo nesse período o tratamento que apresentou menor redução de massa seca em relação aos demais tratamentos e por fim no período de 60 DAA sua eficácia na redução da massa seca foi superior a 98%.

Estudos realizados por Ramos et al., (2023) evidenciam que o uso de herbicidas pré-emergentes para o controle dessa espécie é importante para evitar a germinação, onde durante as avaliações realizadas no trabalho, praticamente não houve emergência de plantas tratadas com esses herbicidas.

**Tabela 7.** Controle (%) e redução de massa seca (%) de *Rottboellia cochinchinensis* aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados.

<b>Controle (%) <i>R. cochinchinensis</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	74,75 bB	99,25 aA	85,00 aB	91,25 aA	100,00 aA
Flumioxazina + Ametrina	81,25 bA	100,00 aA	88,75 aA	93,75 aA	90,00 aA
Flumioxazina + Diclosulam	99,25 aA	100,00 aA	100,00 aA	93,75 aA	95,00 aA
Flumioxazina + Imazapique	100,00 aA	100,00 aA	99,50 aA	86,25 aA	94,75 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	99,75 aA	87,50 aA	83,00 aB
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	95,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Flumioxazina + Metsulfurometílico	100,00 aA	99,50 aA	91,75 aA	100,00 aA	93,75 aA
Flumioxazina + S-metolacloro	100,00 aA	99,75 aA	95,00 aA	96,25 aA	85,00 aA
Testemunha	0,00 cA	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
F	A= 2,52*; B= 228,78**; AxB= 1,54*				
CV	11,13%				
<b>Redução massa seca (%) <i>R. cochinchinensis</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	71,39 bB	100,00 aA	82,61 aB	90,02 aA	100,00 aA
Flumioxazina + Ametrina	73,97 bB	100,00 aA	87,84 aA	63,20 bB	98,45 aA
Flumioxazina + Diclosulam	98,53 aA	100,00 aA	100,00 aA	86,49 aA	99,47 aA
Flumioxazina + Imazapique	100,00 aA	100,00 aA	98,85 aA	82,19 aA	99,06 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	99,43 aA	92,50 aA	95,82 aA
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	98,84 aA	100,00 aA	100,00 aA
Flumioxazina + Metsulfurometílico	100,00 aA	100,00 aA	91,51 aA	100,00 aA	98,47 aA
Flumioxazina + S-metolacloro	100,00 aA	99,74 aA	97,69 aA	89,77 aA	90,59 aA
F	A= 2,87*; B= 2,27*; AxB= 0,91 <sup>ns</sup>				
CV	16,20%				

Fator A: períodos de semeadura; Fator B: herbicidas; \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% e NS não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV, coeficiente de variação, expressa a variabilidade de um conjunto de dados em relação a sua média.

O controle e redução da massa seca (%) de *U. decumbens* está sendo apresentado na Tabela 8, em relação ao controle, com 0 DAA, o flumioxazina isolado apresentou 75%, atingindo seu pico de 86% em 20 DAA e declinando para 47,50% em 60 DAA, diferindo estatisticamente entre os períodos.

Diferente do que foi constatado no presente trabalho, Carbonari, Gomes e Velini (2009) observaram controle acima de 90% no controle de *U. decumbens* para a aplicação de flumioxazina isolado em condições sem palha de milho. Enquanto com a presença de palha o controle foi superior a 80% até 60 dias sem chuva.

O tratamento flumioxazina + ametrina apresentou controle de 77,50% em 0 DAA, atingindo 92,50% em 10 DAA. No entanto, observou-se uma redução para 43,75% em 60 DAA. Entretanto, os tratamentos flumioxazina em mistura com diclosulam, imazapique, metribuzim, metsulfurom-metílico e s-metolacoloro, mantiveram níveis de controle excelentes até 20 DAA, com 40 DAA os níveis ainda eram superiores a 80% e com 60 DAA nota-se médias de controle inferior a 80%.

Os resultados sobre a redução da massa seca da planta *U. decumbens*, mostram que o flumioxazina provocou uma redução significativa da massa seca em 0 DAA (59,01%) e 20 DAA (82,11%). Por outro lado, tratamentos como flumioxazina + metribuzim e flumioxazina + s-metolacoloro mantiveram consistentemente altos níveis de controle, alcançando valores próximos a 100% de redução até 40 DAA.

Adicionalmente, flumioxazina + imazapique e flumioxazina + s-metolacoloro também mantiveram níveis elevados de controle, atingindo eficácia de redução de massa seca acima de 90% ao longo dos diferentes períodos. No entanto, os tratamentos flumioxazina + ametrina, flumioxazina + metsulfurom-metílico e flumioxazina + isoxaflutole demonstraram variações na eficácia de redução da massa seca, sendo que apresentou baixos níveis de porcentagem principalmente em 40 DAA e 60 DAA.

Esses resultados corroboram com a literatura, segundo Silva et al., (2011) o uso de herbicidas de maneira isolada no controle de *U. decumbens* promoveu níveis de controle inferiores em relação a associação de herbicidas, o mesmo foi observado em relação a redução de massa seca, embora não diferiram entre os tratamentos a quantidade de massa seca produzida foi menor que os demais tratamentos compostos por herbicidas isolados.

**Tabela 8.** Controle (%) e redução de massa seca (%) de *Urochloa decumbens* aos 0, 10, 20, 40 e 60 DAA, de acordo com os herbicidas aplicados.

<b>Controle (%) <i>U. decumbens</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	75,00 bA	62,50 bB	86,00 aA	55,00 bB	47,50 bB
Flumioxazina + Ametrina	77,50 bA	92,50 aA	86,25 aA	86,25 aA	43,75 bB
Flumioxazina + Diclosulam	100,00 aA	99,25 aA	98,25 aA	85,50 aB	73,75 aB
Flumioxazina + Imazapique	98,75 aA	95,50 aA	99,50 aA	73,75 bB	76,25 aB
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	95,75 aA	60,00 bB	12,50 dC
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	97,50 aA	70,00 aB
Flumioxazina + Metsulfurometílico	92,25 aA	100,00 aA	83,25 aA	85,50 aA	36,25 cB
Flumioxazina + S-metolacloro	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	65,00 aB
Testemunha	0,00 cA	0,00 cA	0,00 bA	0,00 cA	0,00 dA
F	A= 41,38**; B= 81,35**; AxB= 2,91**				
CV	19,72%				
<b>Redução massa seca (%) <i>U. decumbens</i></b>					
Tratamentos	0 DAA	10 DAA	20 DAA	40 DAA	60 DAA
Flumioxazina	59,01 aA	48,39 bA	82,11 aA	3,96 cB	29,97 bB
Flumioxazina + Ametrina	75,00 aA	96,78 aA	65,53 aA	50,00 bB	26,51 bB
Flumioxazina + Diclosulam	100,00 aA	99,95 aA	98,92 aA	79,46 aA	68,97 aA
Flumioxazina + Imazapique	99,44 aA	97,87 aA	99,46 aA	56,68 bA	76,52 aA
Flumioxazina + Isoxaflutole	100,00 aA	100,00 aA	98,66 aA	25,00 cB	18,75 bB
Flumioxazina + Metribuzim	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	98,71 aA	58,62 aB
Flumioxazina + Metsulfurometílico	77,61 aA	100,00 aA	69,40 aA	75,99 aA	19,21 bB
Flumioxazina + S-metolacloro	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	84,39 aA
F	A= 18,92**; B= 9,19**; AxB= 1,62*				
CV	34,59%				

Fator A: períodos de semeadura; Fator B: herbicidas; \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% e NS não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV, coeficiente de variação, expressa a variabilidade de um conjunto de dados em relação a sua média.

De modo geral, os resultados obtidos indicam que todos os tratamentos apresentaram eficiência de controle (<90%) em intervalo de até 10 DAA, para todas as espécies, com exceção de *M. aegyptia* e *U. decumbens* para flumioxazina isolado, esses dados corroboram com a literatura existente, onde estudos como o de Ramos et al. (2023) destacam a importância dos herbicidas pré-emergentes para evitar a germinação de plantas indesejadas e como documentado por Carbonari et al. (2009) para o controle de *I. triloba* e *U. decumbens*.

Com relação aos tratamentos com misturas, o desempenho foi satisfatório para todas as espécies até 20 DAA, com exceção de flumioxazina + isoxaflutole. Com destaque para a mistura com metribuzim que apresentou eficiência de controle de

todas as espécies, para o intervalo de até 60 DAA, com exceção da espécie *U. decumbens*, na qual esse desempenho se manteve até os 40 DAA. Por outro lado, a combinação de flumioxazina com ametrina apresentou variações significativas nos resultados, entretanto sendo eficiente no intervalo de até 10 DAA. O incremento na eficácia das misturas de herbicidas com flumioxazina se dá por alguns fatores como o aumento do período de ação no ambiente, portanto, a associação com diferentes modos de ação se mostrou mais eficaz quando combinados, pois podem controlar a planta daninha de múltiplas maneiras.

A principal planta daninha com menores índices e controle foi *M. aegyptia*, na qual apenas as misturas de flumioxazina com diclosulam, imazapique e meribuzim tiveram desempenho satisfatório em intervalo de 20 DAA. Já *R. cochinchinensis* foi controlada praticamente por todos os tratamentos aos 60 DAA, exceto para as misturas de flumioxazina com isoxaflutole e s-metolachlor.

A redução da massa seca das plantas daninhas também seguiu padrões semelhantes, com destaque para a mistura com metribuzin que reduziu a massa seca das espécies em mais de 90% aos 60 DAA, novamente com exceção a *U. decumbens*, que teve esse efeito até o intervalo de 40 DAA. Do mesmo modo, as menores reduções de massa seca foram obtidas com flumioxazina isolada e na mistura com ametrina.

Diante disso, os resultados do presente trabalho fornecem uma avaliação abrangente de diferentes combinações de herbicidas ao longo de vários períodos, apresentando uma análise detalhada da redução de massa seca e controle de várias espécies, com uma comparação direta aos estudos existentes. Portanto, levando-se em consideração os resultados obtidos, pode-se afirmar que a escolha dos herbicidas pré-emergentes a serem aplicados deve ser baseada não apenas na eficácia individual, mas também no potencial sinergia entre os componentes e nas condições específicas de aplicação. A continuidade de pesquisas é essencial para validar a segurança e eficácia desses herbicidas em diferentes condições, promovendo assim um manejo mais sustentável e eficiente das culturas.

### **Conclusões**

O uso da flumioxazina, tanto isolada quanto em misturas com outros herbicidas, apresenta eficácia variável no controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. O flumioxazina isolado mostrou um bom desempenho inicial, mas com redução de eficácia ao longo do tempo, especialmente para algumas espécies, o que é compatível com sua curta residualidade no solo. As misturas com herbicidas, como metribuzim e diclosulam, foram mais eficazes, promovendo controle consistente e maior redução de biomassa em períodos prolongados, sugerindo uma complementação de modos de ação.

Assim, o estudo confirma que as associações de herbicidas com a flumioxazina melhoram a eficiência de controle em comparação com o uso isolado, prolongando a ação residual.

## Referências

- AGROFIT [Sistema de agrotóxicos fitossanitários]. **Consulta de produtos formulados**. 2023. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 20 mai. 2024.
- AMIM, R. T. *et al.* Banco de sementes do solo após aplicação de herbicidas pré-emergentes durante quatro safras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1710-1719, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001000002>.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO, J. W. **Experimentação Agronômica & AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal, SP: FCAV/UNESP, 2015. 396 p. ISBN: 978-85-68020-01-2.
- BEDMAR, F. *et al.* Persistence of acetochlor, atrazine, and S-metolachlor in surface and subsurface horizons of 2 typic argiudolls under no-tillage. **Environmental toxicology and chemistry**, v. 36, n. 11, p. 3065-3073, 2017.
- CARBONARI, C. A. *et al.* Efeitos de períodos de permanência do fumioxazin no solo e na palha de milho e aveia na eficácia de controle de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 3, p. 85-95, 2009. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v8i3.71>.
- CARBONARI, C. *et al.* Eficácia do amicarbazone aplicado em associação com outros herbicidas no controle de plantas daninhas em cana crua. **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 27., 2010, Ribeirão Preto. Anais [...]. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 1931-1936. Disponível em: <https://www.sbcpd.org/publicacao/xxvii-cbhpd-ribeirao-preto-sp-resumos-2010/pt/>. Acesso em: 05 set. 2023.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPES-OVEJERO, R. F. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Piracicaba, SP: HRAC-BR, 2008. p. 3-16.
- CORREIA, N. M.; BRAZ, B. A.; FUZITA, W. E. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 631-642, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000300021>.
- DA CUNHA RAMOS, G. *et al.* Herbicide association for simultaneous control of seeds and emerged plants of *Rottboellia exaltata* L. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 7, p. e11712742623-e11712742623, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i7.42623>
- DAN, H. A. *et al.* Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1929-1935, 2012.

MALARDO, M. R. **Influência da lâmina de chuva e do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) por herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

MELO, C. A. D. *et al.* Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta daninha**, v. 28, p. 835-842, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000400017>

MELLO, H. M. G. A. **Exploração do residual de Flumioxazina por meio de doses e associações a outros herbicidas em Pré-emergência na soja** 2020. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, (2020). <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1488>

MONQUERO, P. A. Mobilidade e persistência de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. **Planta Daninha**, v. 26, 2, p. 411-417, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000200018>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas e espécies daninhas em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 309-317, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000200014>.

MONQUERO, P. A. *et al.* Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone e imazapic. **Planta daninha**, v. 28, p. 185-195, 2010.

MONQUERO, P. A. *et al.* Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 286-293, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000200006>.

NICOLAI, M. *et al.* Suscetibilidade diferencial de espécies convolvuláceas ao flumioxazin determinada através de curvas de dose-resposta. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 157-163, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000100017>.

MORAES RIBEIRO, N. *et al.* Differential susceptibility of morning glory (*Ipomoea* and *Merremia*) species to residual herbicides and the effect of drought periods on efficacy. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 7, p. 1090-1098, 2018. DOI: <https://10.21475/ajcs.18.12.07.PNE1013>

SANTOS, P. H. V. *et al.* Control of Poaceae and Convolvulaceae Weed Species by Herbicides Applied to the Soil and Sugarcane Straw. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 27, p. 431-440, 2022. DOI: <http://doi.org/10.17957/IJAB/15.1944>.

SCHERER, M. B. *et al.* Herbicidas pré-emergentes para manejo de milho voluntário RR® na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2017.

SILVA, F. M. L. *et al.* Controle de *Urochloa decumbens* e *Ipomoea triloba* pela associação de herbicidas com palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3 p.200-209, 2011. DOI: 10.7824/rbh.v10i3.141

TIBURCIO, R. A. S. *et al.* Controle de plantas daninhas e seletividade do flumioxazin para eucalipto. **Cerne**, v. 18, n. 4, p. 523-531, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000400001>.

TIRONI, S. P.; SOUZA, R. D. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar no Nordeste. *In*: COSTA, A. G. F. et al. (Ed.). **Desafios, Avanços e Soluções no Manejo de Plantas Daninhas**. Brasília, DF: Embrapa e SBCPD, 2013. p. 21-35. ISBN: 978-85-7035-235-4.

## **Influência de sistemas de cultivo, textura do solo e precipitação na eficácia do herbicida flumioxazina.**

### **Introdução**

O flumioxazina é um herbicida seletivo, não sistêmico, que pertence ao grupo químico das ciclohexenodicarboximidazidas e atua na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), responsável pela biossíntese dos pigmentos fotossintéticos nas plantas. O flumioxazina apresenta baixa solubilidade em água e alta adsorção ao solo, o que reduz o seu potencial de lixiviação e contaminação de águas subterrâneas. Por outro lado, essas características podem afetar a sua eficiência no controle de plantas daninhas, dependendo das condições ambientais e de manejo do solo (JAREMTCHUK et al., 2009).

Possui registro para uso em pré e pós-emergência de diversas culturas, como batata, café, cana-de-açúcar, cebola, espécies florestais, feijão e soja. No entanto, a sua aplicação em pré-emergência requer a ocorrência de chuvas após a aplicação para que o herbicida seja incorporado ao solo e atinja as sementes ou plântulas das plantas daninhas. A ausência ou a escassez de chuvas pode comprometer a eficiência do flumioxazina, especialmente em solos com maior teor de argila e matéria orgânica, que retêm mais o herbicida na superfície (CARBONARI; GOMES; VELINI, 2009).

Além disso, o uso de sistemas de cultivo que envolvem a manutenção de palha sobre o solo, como o plantio direto, pode interferir na distribuição e na disponibilidade do flumioxazina no solo. A palha pode reter parte do herbicida aplicado sobre ela, impedindo que ele alcance o solo e as plantas daninhas. Por outro lado, a palha também pode proteger o herbicida da degradação causada pela luz solar e pela temperatura, prolongando a sua atividade residual no solo (SILVA et al., 2020; CARBONARI; GOMES; VELINI, 2010).

Nesse contexto, é importante avaliar a influência de fatores como sistemas de cultivo, textura do solo e precipitação na eficácia do flumioxazina, visando otimizar o seu uso e evitar problemas de controle insatisfatório ou fitotoxicidade nas culturas. Portanto, o objetivo do trabalho foi analisar a persistência do herbicida flumioxazina em diferentes períodos, texturas de solo, quantidade de palha de cana-de-açúcar e intervalos antes da ocorrência da primeira chuva.

## Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação pertencente a Corteva Agriscience na estação de pesquisa localizada em Mogi Mirim – SP (MMRC). Foram instalados dois experimentos, sendo um em solo de textura média (latossolo vermelho distrófico) e outro de textura argilosa (argissolo vermelho eutrófico) classificados de acordo com o SiBCS EMBRAPA 2018, seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada parcela foi composta por um vaso com capacidade volumétrica de 3 litros. Para os dois solos foi realizada a caracterização físico-química pelo laboratório Ribersolo (Tabela 9), sendo que ambos os solos foram coletados do campo na camada arável de 0 a 20 cm, e ambos sem histórico de aplicação de herbicidas.

**Tabela 9.** Parâmetros físico-químicos dos solos amostrados, para fins de fertilidade e granulometria da amostra na profundidade de 0-20 cm.

Análise de Solo													
Solo	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	AT	Silte	Argila
Textura	mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	Ca/Cl <sub>2</sub>				mmolc/dm <sup>3</sup>					%	
Média	6,5	23	5,1	7,6	32	9	38	48,6	87	56	33	9	33
Argilosa	4,7	21	5,5	4,9	30	11	26	44,9	71	63	47	15	43

Extratores: P, K = Melich 1; Ca, Mg Al = KCl 1N; M.O = Método colorimétrico.

Os dois experimentos foram organizados em esquema fatorial, onde o Fator A, foi composto por 9 intervalos de aplicação e o fator B, a presença (10 t ha<sup>-1</sup>) ou ausência de palha sobre o solo (0 t ha<sup>-1</sup>). A palha da cana-de-açúcar foi coletada da cultivar CTC4 na estação experimental, sendo que após a coleta, as amostras foram levadas para a estufa de secagem para a padronização de todo o material, cortada em tamanhos menores, pesadas para simular 10 t ha<sup>-1</sup> de acordo com a área do vaso e depositadas sobre ele. A organização do fator A se deu com intervalos de aplicação sem ocorrência de chuva e com intervalos de seca, interrompidos pela simulação de 25 mm de chuva (Tabela 10).

A quantidade de simulação de chuva utilizada foi de 25 mm com base nos estudos realizados por Carbonari, Gomes e Velini (2009), onde a quantidade mínima de chuva para que ocorra a transposição do herbicida é de 20 mm, e estudos por Silva et al. (2020) que a liberação do herbicida flumioxazina não se diferiu entre 25 a 40 mm de chuva. A simulação foi realizada pelo simulador de chuva da Agricef, quem tem vazão aproximada de 0,5 mm por minuto, portanto, cada simulação teve duração de 50 minutos aproximadamente.

**Tabela 10.** Descrição do cronograma de aplicação dos tratamentos com os períodos antes da simulação de chuva.

<b>Tratamento</b>	<b>Períodos sem chuva para realizar o plantio após aplicação</b>
0 dias	0 dias sem precipitação, semeadura
15 dias	15 dias sem precipitação, semeadura
30 dias	30 dias sem precipitação, semeadura
40 dias	40 dias sem precipitação, semeadura
60 dias	60 dias sem precipitação, semeadura
15/precipitação/15	15 dias sem precipitação, simulação de 25 mm de chuva, 15 dias sem precipitação, semeadura
30/precipitação/15	30 dias sem precipitação, simulação de 25 mm de chuva, 15 dias sem precipitação, semeadura
40/precipitação/15	40 dias sem precipitação, simulação de 25 mm de chuva, 15 dias sem precipitação, semeadura
60/precipitação/15	60 dias sem precipitação, simulação de 25 mm de chuva, 15 dias sem precipitação, semeadura

A dose de flumioxazina utilizada foi de 125 g i.a. ha<sup>-1</sup> para todos os tratamentos. Todos os tratamentos possuíam testemunha (sem aplicação de flumioxazina), para fins de comparação na avaliação de controle, além disso, para uso no cálculo de redução de massa seca. A espécie utilizada foi *I. triloba*, definida devido sua maior susceptibilidade e melhor germinação, com base nos resultados do primeiro experimento. A aplicação nos vasos ocorreu no dia 05/07/2023 diretamente sobre o solo e a palha com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, provido de barra de pulverização contendo quatro bicos tipo leque Teejet AIXR110.015 e com volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Após a aplicação, a semeadura da planta daninha foi realizada após a conclusão dos intervalos citados (Tabela 10), com irrigação realizada diariamente até o final dos experimentos mantendo a umidade do solo adequada para o desenvolvimento das plantas em média 5 mm diários. As condições semi-controladas dentro da casa de vegetação foram com a estufa coberta e circulação ar pelas laterais, protegida por tela, sendo que no momento da aplicação a temperatura média era de 32°C e velocidade do vento em torno de 3 km/hora.

A emergência das plantas foi avaliada semanalmente até os 35 dias após a semeadura (DAS), sendo realizada a contagem das plantas emergidas. Os dados totais de emergência das plântulas na última avaliação foram transformados em porcentagem levando em consideração o número total plantas com base na testemunha. Aos 35 DAS foi avaliada a porcentagem de controle das plantas daninhas seguindo critérios qualitativos pautados na escala da Alam (1974), com percentual de

notas, onde 0 (zero) corresponde a nenhuma injúria na planta e 100 (cem) a morte das plantas. Aos 35 DAS, para obtenção da matéria seca da parte aérea, as plantas foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e posteriormente levadas para estufa de circulação forçada de ar na temperatura de 60° C, até obtenção de peso constante. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do Teste de Scoot-Knott a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Com base na análise da variância (ANOVA) houve interação entre os fatores para controle (%) de *I. triloba*, no experimento com solo de textura média (Tabela 11). Para a variável porcentagem de redução de massa seca não houve interação, nem significância dos fatores (Tabela 11). Para o solo de textura média, na condição sem palha, todos os tratamentos apresentaram controle de *I. triloba* acima de 85% aos 35 dias após a semeadura, exceto pelo tratamento com 40 dias sem precipitação antes da semeadura. Já na condição com palha, os menores desempenhos, foram obtidos nos tratamentos com 15 dias sem precipitação e 15 dias/precipitação/15 dias, além do intervalo de 60 dias/precipitação/15 dias (Tabela 11). Os demais tratamentos fizeram parte do agrupamento superior pelo teste de médias, com controle acima de 86%, não diferindo entre si (Tabela 11).

A variável redução de biomassa (%) não apresentou diferença significativa, e as médias gerais foram 87,70 e 91,76% para o tratamento sem e com a presença de palha, respectivamente (dados não apresentados).

Divergindo dos resultados apresentados, o comportamento de flumioxazina aplicado em solos com e sem palha de cana-de-açúcar foi avaliado para o controle de *Rottboellia exaltata* (L.), não apresentando eficiência na condição com palha na superfície do solo (CORREIA; GOMES; PERUSSI, 2013). Além disso, para o controle de *Mucuna aterrima* L., houve redução do controle de flumioxazina + imazetapir (60 + 120 g i.a. ha<sup>-1</sup>) quando havia 10 ton ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar na superfície do solo (solo com 18% de argila) (SARTORI et al., 2023).

**Tabela 11.** Controle (%) e redução de biomassa de *Ipomoea triloba* com a aplicação de flumioxazina, aos 35 dias após a semeadura, de acordo com os regimes de precipitações simulados e a presença ou ausência de palha, em solo com textura média e argilosa.

<b>Solo textura média</b>				
<b>Tratamentos</b>	<b>Controle (%)</b>		<b>Redução de biomassa (%)</b>	
Dias sem e com a simulação de precipitação	Sem palha	Com palha	Sem/Com palha	
0	93,25 Aa <sup>1</sup>	88,00 Aa	85,41 A	
15	95,50 Aa	83,33 Aa	86,40 A	
30	87,50 Aa	91,00 Aa	89,60 A	
40	86,70 Aa	91,75 Aa	75,97 A	
60	92,00 Aa	95,00 Aa	92,67 A	
15/precipitação/15	98,75 Aa	82,33 Aa	90,22 A	
30/precipitação/15	99,50 Aa	95,50 Aa	93,98 A	
40/precipitação/15	96,25 Aa	86,25 Aa	90,61 A	
60/precipitação/15	100,00 Aa	70,00 Bb	89,21 A	
F	A = 4,90*; B = 1,89ns; AxB = 4,32*		A = 3,24ns; B = 0,82ns; AxB = 1,40ns	
CV (%)	14,76		18,84	
<b>Solo textura argilosa</b>				
<b>Tratamentos</b>	<b>Controle (%)</b>		<b>Redução de massa seca (%)</b>	
Dias sem e com a simulação de precipitação	Sem palha	Com palha	Sem palha	Com palha
0	82,00 Aa <sup>1</sup>	97,75 Aa	73,42 Bb	96,54 Aa
15	88,75 Aa	92,00 Aa	91,09 Aa	82,87 Ba
30	77,50 Aa	92,50 Aa	69,70 Bb	89,19 Aa
40	55,75 Bb	97,50 Aa	81,02 Ab	98,76 Aa
60	58,75 Bb	97,25 Aa	67,39 Bb	97,88 Aa
15/precipitação/15	83,25 Aa	81,75 Aa	74,98 Ba	75,65 Ba
30/precipitação/15	94,50 Aa	94,75 Aa	94,82 Aa	94,32 Aa
40/precipitação/15	71,25 Ab	94,00 Aa	81,10 Aa	94,15 Aa
60/precipitação/15	43,75 Bb	86,00 Aa	67,47 Bb	93,91 Aa
F	A = 56,20*; B = 5,07*; AxB = 4,87*		A = 3,79*; B = 2,54*; AxB = 3,32*	
CV (%)	13,53		12,27	

<sup>1</sup> Letras maiúsculas comparam os tratamentos dentro do fator palha (colunas) e letras minúsculas comparam os tratamentos na condição com a presença ou ausência de palha (linhas). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade. \* significativo a 5%; ns não significativo a 5%.

O intervalo de 60 dias/precipitação/15 dias diferiu significativamente entre as condições com e sem palha, sendo que na presença de palha o controle foi menor para esses tratamentos (Tabela 11).

De modo geral, os resultados apresentados indicam que, em solos de textura média, a aplicação de flumioxazina apresenta eficiência de controle acima de 82%, em áreas com a presença de palha, exceto pelo intervalo de 60 dias/precipitação/15 dias. Já na condição sem a presença de palha, a eficiência acima de 85% foi obtida para todos os intervalos, com e sem simulação de chuva. Desse modo, a ocorrência de períodos de chuva entre a aplicação e a semeadura, aumenta o período residual da flumioxazina, em condições sem a presença de palha na superfície.

É possível que esse comportamento ocorra, tendo em vista que em solos mais arenosos, o herbicida fica menos adsorvido aos coloides, e desse modo, na presença de umidade fica disponível na solução do solo (CHEN et al., 2021). Além disso, a ausência de palha pode influenciar no teor de matéria orgânica e temperatura do solo, e isso possui influência direta na atividade dos microrganismos (CHEN et al., 2021), que são responsáveis pela degradação do herbicida no solo (FERRELL; VENCILL, 2003). Os processos de sorção e dessorção podem influenciar a movimentação dos herbicidas no solo, embora as interações dessas moléculas e seu comportamento nessas etapas não sejam completamente compreendidas nas condições de clima e solo brasileiros Yamashita et al., 2020 evidenciou que, nas simulações com 40 e 80 mm de chuva, a matéria seca das plantas foi significativamente reduzida pela presença de flumioxazina.

A análise dos dados do experimento, em solo com textura argilosa, apresentou interação dos fatores tanto para controle como redução de massa seca (Tabela 11). Nesse tipo de solo, o desempenho de flumioxazina no controle de *I. triloba*, na condição sem palha, foi reduzido em intervalos maiores entre a aplicação e semeadura da planta daninha. Os intervalos de 40 e 60 dias sem precipitação, e 60 dias/precipitação/15 dias tiveram seu desempenho reduzido em aproximadamente 50% de controle (Tabela 11). Nessa condição, além do maior intervalo de tempo de aplicação, a diferença entre o intervalo de 40 dias e 40 dias/precipitação/15 dias pode ser explicada, pela maior disponibilidade do herbicida na solução do solo. Isso ocorre, pois em solos com maiores teores de argila, o herbicida tende a ficar adsorvido aos coloides do solo, e com o aumento da umidade as moléculas vão sendo disponibilizadas na solução do solo (CHEN et al., 2021). Entretanto, mesmo com maior umidade do solo, o residual do herbicida é reduzido drasticamente em intervalos maiores, como no caso de 60 dias.

A aplicação de flumioxazina em solo com a presença de palha na superfície do solo, foi estatisticamente igual para todos os intervalos de dias, com e sem simulação de chuva (Tabela 11). Analisando os valores de controle, pode-se observar que, em intervalos superiores a 40 dias, estes foram superiores estatisticamente quando comparado ao solo sem a presença de palha (Tabela 11). Nessa condição, é provável que a palha suprimiu a emergência da planta daninha (LUCIO et al., 2011), incrementando o controle ocasionado pela aplicação do herbicida. Além disso, estudo similares com aplicações de flumioxazina (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>), a presença de palha de aveia (*Avena strigosa*) na superfície do solo aumentou a persistência do herbicida no solo, atingindo meia vida (50% da concentração inicial do herbicida) de 48 dias, em detrimento de meia vida de 8 dias na ausência de palha (PATEL et al., 2023).

Com relação a redução da massa seca (%), na presença de palha a variação na resposta foi menor, havendo a formação de dois grupos. De acordo com o teste de médias, o agrupamento inferior composto pelos intervalos de 15 dias sem precipitação e 15 dias/precipitação/15 dias, entretanto todos os tratamentos apresentaram redução acima de 75% (Tabela 11). Esses resultados corroboram com os dados de controle, no qual a eficiência de controle foi maior na presença de palha. Resultados opostos aos apresentados foram observados para o controle de *Mucuna aterrima* (L.), com redução do controle de flumioxazina + imazetapir (60 + 120 g i.a. ha<sup>-1</sup>) quando havia 10 ton ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar na superfície do solo (solo com 18% de argila) (SARTORI et al., 2023). Na ausência de palha na superfície do solo, houve maior variação na resposta as porcentagens de redução da massa seca. Os melhores desempenhos foram obtidos com os intervalos de 15 e 40 dias sem precipitação, e 30 dias/precipitação/15 dias e 40 dias/precipitação/15 dias, com redução de massa seca acima de 80% (Tabela 11). De modo similar aos dados de controle, na condição sem a presença de palha, o efeito da aplicação de flumioxazina foi prejudicada em intervalos longos como 60 dias, em ambas as condições de precipitação (com e sem simulação) (Tabela 11). Seguindo a tendência destes resultados, experimentos avaliando a eficiência de controle de flumioxazina (71 g i.a. ha<sup>-1</sup>), aplicado em solos com teores de argila variando de 0 a 70%, identificaram residual de suas a seis semanas (14 a 42 dias) (GLASPIE et al., 2021).

De acordo com os resultados apresentados, em solos com textura argilosa, sem a presença de palha na superfície do solo, a redução em torno de 50% de controle ocorre com aplicação em intervalos maiores, como 40 e 60 dias sem precipitação.

Além disso, em intervalo de 75 dias (60 dias/precipitação/15 dias), mesmo com a presença de precipitação, sua eficiência é prejudicada, diferindo dos demais tratamentos. Quando o solo está coberto com 10 ton ha<sup>-1</sup> de palha, não existe diferença de eficiência de controle, para nenhum dos intervalos, com ou sem a presença de precipitação, sendo esse acima de 80%, indicando efeito residual de até 75 dias após a aplicação.

## **Conclusões**

A persistência do herbicida flumioxazina é influenciada por vários fatores, incluindo o tipo de solo, a presença de palha de cana-de-açúcar e os intervalos antes da ocorrência da primeira chuva. Em solos de textura média, a eficiência do controle de plantas daninhas pelo flumioxazina foi geralmente alta, acima de 82%, especialmente na ausência de palha. A presença de palha, no entanto, reduziu a eficiência em alguns tratamentos, particularmente quando houve longos intervalos sem precipitação.

Para solos de textura argilosa, a persistência do herbicida foi mais variável. Sem palha, a eficiência do controle foi significativamente reduzida em intervalos maiores, como 40 e 60 dias sem precipitação. A presença de palha, por outro lado, manteve a eficiência do controle acima de 80% para todos os intervalos, sugerindo que a palha pode ajudar a suprimir a emergência de plantas daninhas e aumentar a persistência do herbicida.

A ocorrência de períodos de chuva entre a aplicação do herbicida e a semeadura tende a aumentar a persistência do flumioxazina, especialmente em solos sem palha.

## Referências

- CARBONARI, C. A. *et al.* Efeitos de períodos de permanência do flumioxazin no solo e na palha de milho e aveia na eficácia de controle de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 3, p. 85-95, 2009. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v8i3.71>.
- CARBONARI, C. A. *et al.* Efeitos de períodos sem a ocorrência de chuva na eficácia do flumioxazin aplicado no solo e na palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 3, p. 81-88, 2010. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v9i3.78>.
- CHEN, Y. *et al.* Persistence, mobility, and leaching risk of flumioxazin in four Chinese soils. **Journal of Soils and Sediments**, v. 21, p. 1743-1754, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-021-02904-3>.
- CORREIA, N. M. *et al.* Emergence of *Rottboellia exaltata* influenced by sowing depth, amount of sugarcane straw on the soil surface, and residual herbicide use. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 2, p. 145-152, 2013. DOI: <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i2.16086>.
- FERRELL, J. A.; VENCILL, W. K. Flumioxazin soil persistence and mineralization in laboratory experiments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 16, p. 4719-4721, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0342829>.
- GLASPIE, C. F. *et al.* Effect of clay, soil organic matter, and soil pH on initial and residual weed control with flumioxazin. **Agronomy**, v. 11, n. 1326, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11071326>.
- JAREMTCHUK, C. C. *et al.* Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000100024>.
- LUCIO, F. R. *et al.* Controle de convolvuláceas infestantes na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 109, p. 305-311, 2011.
- PATEL, F. *et al.* The straw presence preceding soybean crop increases the persistence of residual herbicides. **Advances in Weed Science**, v. 41, e020200051, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2023;41:00004>.
- SARTORI, H. L. *et al.* Application of herbicides and sugar cane straw on controlling of *Mucuna aterrima* L. in peanut crop. **Australian Journal of Crop Science**, v. 17, n. 11, p. 835-840, 2023. DOI: <http://doi.org/10.21475/ajcs.23.17.11.p3953>.
- SILVA, P. V. *et al.* Eficácia de flumioxazin em *Euphorbia heterophylla* L. aplicado sobre diferentes tipos e quantidades de resíduos culturais e simulações de chuva. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 324-332, 2020. DOI: <http://doi.org/10.19084/rca.20815>.
- YAMASHITA, O. M. *et al.* Mobility of flumioxazin herbicide in a Dystrophic Red Yellow Latosol at Brazilian Southern amazon. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 5, p. 775-781, 2020. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.05.p2164>