

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL

HILDA RAFAELLA DA SILVA SANTOS

**CURVAS DE DOSE-RESPOSTA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-
EMERGÊNCIA DE *Euphorbia hyssopifolia* L.**

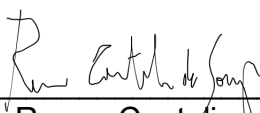
Rio Largo - AL
2024

HILDA RAFAELLA DA SILVA SANTOS

**CURVAS DE DOSE-RESPOSTA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-
EMERGÊNCIA DE *Euphorbia hyssopifolia* L.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Vegetal, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza



Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza
Orientador

Rio Largo – AL
2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237c Santos, Hilda Rafaella da Silva.

Curvas de dose-resposta de herbicidas aplicados em pré-emergência de de *Euphorbia hyssopifolia* L. / Hilda Rafaella da Silva Santos. – 2024.

63f.: il.

Orientador(a): Renan Cantalice de Souza.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2024.

Inclui bibliografia.

1. Controle químico. 2. Burra-leiteira. 3. Suscetibilidade. 4. Mecanismo de ação. I. Título.

CDU: 632

FOLHA DE APROVAÇÃO

HILDA RAFAELLA DA SILVA SANTOS

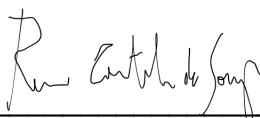
MATRÍCULA: 2022103966

CURVAS DE DOSE-RESPOSTA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ- EMERGÊNCIA DE *Euphorbia hyssopifolia* L.

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em 08 de fevereiro de 2024, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Produção Vegetal” do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

Aprovado em: 08 de fevereiro de 2024

Banca Examinadora:



Orientador: Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza
(CECA/UFAL)



Documento assinado digitalmente
GUILHERME BASTOS LYRA
Data: 19/02/2024 11:35:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador Interno: Prof. Dr. Guilherme Bastos Lyra
(CECA/UFAL)

Examinador Externo: Dr. Hermes dos Santos Vitorino
(Campus Picos/UESPI)

Aos meus amados pais:
Cícera e Marcos, por todo amor, carinho, dedicação, cuidado e compreensão. A vocês minha
eterna gratidão.
DEDICO

Ao meu avô Ramiro Rodrigues da Silva (em memória), por suas inúmeras histórias do seu tempo de roça.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por ter me guiado nesta jornada da pós-graduação e sempre ter me confortado nos momentos difíceis.

Ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) por ser minha segunda casa duas vezes.

Ao meu orientador professor Dr. Renan Cantalice, por ter me acolhido no laboratório, por sua amizade, confiança, pelo conhecimento transmitido durante o desenvolvimento de todo o trabalho, por estar sempre presente e por mostrar outros horizontes fora dos muros acadêmicos. À você, minha admiração e respeito. E muito obrigada professor.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Dr. Marcos Alex pela ajuda nas equações do trabalho, por sua paciência e disponibilidade.

Ao meu amado noivo Lucas Argôlo, por sempre estar junto comigo me incentivando, cuidando, amando e compreendendo minha pessoa. Obrigada cara, por tudo.

Ao meu irmão Everton Adamys, por todas as caronas nos finais de semanas e feriados que precisei ir ao laboratório irrigar meus experimentos, meu muito obrigada.

À minha irmã Elbanyse Lisley e minha amada tia Iracilda Almeida obrigada por todo apoio.

À minha pequena, querida e amada amiga, Ana Rosa Farias, por estarmos juntas mais uma vez no meio acadêmico sendo agora no mestrado. Obrigada por cada incentivo, palavra de conforto, choros, alegrias, noites mal dormidas e cada reunião no *meet* para nos ajudar com as matérias ou trabalhos.

Aos meus amigos Anderson Tavares, Sharllene Tavares, René Porciúncula, José Antônio Costa, Débora Pimentel, Letícia Nascimento e Flávia Argôlo pelo incentivo e amizade.

Aos meus sobrinhos, Jhonny Hartur, Júlia Heloise, Hebert Matheus, Kauan Lucas, Davi Miguel, Maria Luísa, Gabriel Luiz e João Felipe por todo amor, alegria e chatice.

Ao Gustavo Nepumoceno, secretário da pós-graduação, por sua paciência, alegria e seu dedicado trabalho.

Aos amigos que fiz durante essa trajetória da pós-graduação, Mariângela Pereira, Danielle Rufino, Dalmo Freitas, Túlio Tenório, Micaely Calixto, Aristeia Farias, Bartolomeu Jr., Grazielly Rocha, Júlia Reis, Mikaelle Alexandre, Maria Gabriela Ferreira, Luiz Carlos, Bárbara Leandro, Hyany Granja, Ângelo Sousa e Ronald Santana, obrigada por cada momento compartilhado vocês fizeram esse caminho ser mais leve.

Aos amigos do Laboratório de Tecnologia da Produção (LATEP), Leandro Casado, Ramon Souza, Antônio Barbosa, Lucas Alceu, Gabrielle Pereira, Gabiela Castelo, Franzone Farias, Natália Malta e Rafaela Ferreira.

A todos os familiares que torceram por mim durante esta caminhada.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com a realização desse trabalho.

RESUMO

A espécie *Euphorbia hyssopifolia* L. é pertencente ao gênero *Euphorbia* e à família Euphorbiaceae, e tem ocorrência em áreas de pastagens, estradas e canaviais. Dessa forma, pode interferir na produção agrícola e assim precisam ser manejadas. O mecanismo de ação dos herbicidas fundamenta-se em uma série de acontecimentos baseados na ação inicial do herbicida, o qual elimina a planta daninha. O controle químico com herbicidas é a ferramenta mais usada em diversas culturas, porém não existem informações sobre a suscetibilidade de todas as espécies frequentes em uma determinada área. A chave para solucionar esse problema é a construção de curvas dose-resposta com herbicidas comumente registrados para as culturas. Assim, o presente trabalho tem por objetivo, utilizar curvas de dose-resposta com herbicidas amplamente utilizados na cultura da cana-de-açúcar pertencentes aos mecanismos de ação dos inibidores da ALS (enzima acetolactato sintase), inibidores da biossíntese de carotenoides, inibidores do fotossistema II (FS II), inibidores da biossíntese da celulose e inibidores da protox (enzima protoporfirinogênio Oxidase), para o controle da *E. hyssopifolia*. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, com aplicação em pré-emergência de plantas daninhas, dos herbicidas diclosulam, imazapique, metsulfurom-metílico, clomazona, isoxaflutole, indaziflam, hexazinona, tebutiurum, amicarbazona, flumioxazina, oxifluorfem e sulfentrazone em doses crescentes de: 0; 12,5; 25; 50; 100; 200 e 400% na dose recomendada para a cultura da cana-de-açúcar. Foi realizado o semeio das sementes em copos com capacidade de 500 mL e em seguida foram aplicados os tratamentos herbicidas. A aplicação dos tratamentos foi realizada em pré-emergência da *E. hyssopifolia*, utilizando-se um pulverizador costal a CO₂ e equipado com barras contendo duas pontas de pulverização de jato plano Adia 110, com pressão constante de 200 KPa, para proporcionar um volume de calda correspondente a 120 L.ha⁻¹. Foi realizada avaliação visual de controle, onde 0% representava ausência total de sintomas e 100% morte da planta e, ao término dos experimentos foram realizadas as coletas das plantas para a massa seca de parte aérea. Em decorrência ao estudo, a *E. hyssopifolia* apresentou maior sensibilidade aos herbicidas diclosulam, imazapique, metsulfurom-metílico, clomazona, hexazinona, indaziflam, flumioxazina e oxifluorfem, pois a letalidade de suas doses ocorreram abaixo de 20% da dose comercial indicada para cultivos de cana-de-açúcar. Já para os herbicidas isoxaflutole, tebutiurum, amicarbazona e sulfentrazone, a espécie exibiu menor sensibilidade, com uma dose letal registrada acima de 50% da respectiva dose comercial recomendada.

Palavras-chave: controle químico, burra-leiteira, suscetibilidade, mecanismo de ação.

ABSTRACT

The species *Euphorbia hyssopifolia* L. belongs to the genus *Euphorbia* and the family Euphorbiaceae, occurring in pasture areas, roadsides, and sugarcane fields. Consequently, it can interfere with agricultural production and thus needs to be managed. Herbicides' mechanism of action is based on a series of events triggered by the initial action of the herbicide, which eliminates the weed. Chemical control with herbicides is the most commonly used tool in various crops, but information on the susceptibility of all species in a particular area is lacking. The key to solving this problem lies in constructing dose-response curves with herbicides commonly registered for crops. Therefore, this study aims to use dose-response curves with herbicides widely used in sugarcane culture belonging to the mechanisms of action of ALS inhibitors (acetolactate synthase enzyme), carotenoid biosynthesis inhibitors, photosystem II inhibitors (PS II), cellulose biosynthesis inhibitors, and protox inhibitors (protoporphyrinogen Oxidase enzyme) for *E. hyssopifolia* control. The experiments were conducted in the greenhouse of the Engineering and Agricultural Sciences Campus of the Federal University of Alagoas, with pre-emergence application of diclosulam, imazapic, metsulfuron-methyl, clomazone, isoxaflutole, indaziflam, hexazinone, tebuthiuron, amicarbazone, flumioxazin, oxyfluorfen, and sulfentrazone herbicides at increasing doses of: 0; 12.5; 25; 50; 100; 200; and 400% of the recommended dose for sugarcane cultivation. Seeds were sown in 500 mL capacity cups, and then herbicide treatments were applied. The application of the pre-emergence treatments of *E. hyssopifolia* were using a CO₂ backpack sprayer equipped with bars containing two Adia 110 flat jet spray nozzles, with a constant pressure of 200 KPa, to provide a spray volume corresponding to 120 L.ha⁻¹. Visual control assessment was performed, where 0% represented total absence of symptoms and 100% represented the plant death, and at the end of the experiments, plant samples were collected for aerial dry mass. As a result of the study, *E. hyssopifolia* showed greater sensitivity to diclosulam, imazapic, metsulfuron-methyl, clomazone, hexazinone, indaziflam, flumioxazin, and oxyfluorfen herbicides, as lethality occurred at doses below 20% of the commercial indicated dose for sugarcane cultivation. For isoxaflutole, tebuthiuron, amicarbazone, and sulfentrazone herbicides, the species exhibited lower sensitivity, with a lethal dose recorded above 50% of the respective recommended commercial dose.

Keywords: chemical control, hyssopleaf sandmat, susceptibility, mechanism of action.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de controle da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação de diclosulam, imazapique e metsulfurom-metílico em doses crescentes.	27
Figura 2 - Massa seca percentual da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação de diclosulam, imazapique e metsulfurom-metílico em doses crescentes.	28
Figura 3 - Percentual de controle da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação de clomazona e isoxaflutole em doses crescentes.	30
Figura 4 - Massa seca percentual da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação de clomazona e isoxaflutole em doses crescentes.	31
Figura 5 - Percentual de controle da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação de amicarbazona, hexazinona e tebutiurum em doses crescentes.	33
Figura 6 - Massa seca percentual da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação de amicarbazona, hexazinona e tebutiurum em doses crescentes.	34
Figura 7 – Percentual de controle da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação do indaziflam em doses crescentes.	36
Figura 8 - Massa seca percentual da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação do indaziflam em doses crescentes.	37
Figura 9 - Percentual de controle da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação de flumioxazina, oxifluorfem e sulfentrazone em doses crescentes.	39
Figura 10 - Massa seca percentual da <i>E. hyssopifolia</i> 45 dias após aplicação de flumioxazina, oxifluorfem e sulfentrazone em doses crescentes.	40
Figura 11 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase, ingrediente ativo diclosulam, visão frente (A) e visão de cima (B).	52
Figura 12 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase, ingrediente ativo imazapique, visão frente (A) e visão de cima (B).	53
Figura 13 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase, ingrediente ativo metsulfurom-metílico, visão frente (A) e visão de cima (B).	54
Figura 14 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores biossíntese de carotenoides, ingrediente ativo clomazona, visão frente (A) e visão de cima (B).	55

Figura 15 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores biossintese de carotenoides, ingrediente ativo isoxaflutole, visão frente (A) e visão de cima (B).	56
Figura 16 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II, ingrediente ativo amicarbazona, visão frente (A) e visão de cima (B).	57
Figura 17 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II, ingrediente ativo hexazinona, visão frente (A) e visão de cima (B). .	58
Figura 18 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II, ingrediente ativo tebutiuram, visão frente (A) e visão de cima (B). ..	59
Figura 19 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da biossintese da celulose, ingrediente ativo indaziflam, visão frente (A) e visão de cima (B).	60
Figura 20 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase, ingrediente ativo flumioxazina, visão frente (A) e visão de cima (B).	61
Figura 21 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase, ingrediente ativo oxifluorfen, visão frente (A) e visão de cima (B).	62
Figura 22 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase, ingrediente ativo sulfentrazone, visão frente (A) e visão de cima (B).	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mecanismo de ação, nomes técnicos, produtos comerciais e doses utilizadas.	23
Tabela 2 - Disposição dos experimentos conforme o mecanismo de ação e o tipo de experimento.....	24
Tabela 3 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha^{-1}) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para <i>E. hyssopifolia</i> aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas da ALS, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.	28
Tabela 4 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha^{-1}) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para <i>E. hyssopifolia</i> aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas do caroteno, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.	32
Tabela 5 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha^{-1}) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para <i>E. hyssopifolia</i> aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas do fotossistema II, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.	35
Tabela 6 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha^{-1}) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para <i>E. hyssopifolia</i> aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas da síntese de celulose, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.	38
Tabela 7 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha^{-1}) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para <i>E. hyssopifolia</i> aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas da protox, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.	41
Tabela 8 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie <i>E. hyssopifolia</i> submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase.	49
Tabela 9 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie <i>E. hyssopifolia</i> submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese de carotenoides.	49

Tabela 10 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie *E. hyssopifolia* submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II.....49

Tabela 11 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie *E. hyssopifolia* submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese de celulose.....50

Tabela 12 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie *E. hyssopifolia* submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase.50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Manejo de daninhas em cana-de-açúcar.....	18
2.2 <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.....	20
2.3 Curva de dose-resposta para determinação de suscetibilidade a herbicidas	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase.....	26
4.2 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese de carotenoides	29
4.3 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II.....	32
4.4 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese da celulose	35
4.5 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase.....	38
5 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICES	47

1 INTRODUÇÃO

O controle de plantas daninhas em canaviais é uma atividade primordial na proteção de culturas, cuja intenção é que a produção seja viável economicamente. Essas espécies competidoras se não controladas adequadamente, interferem diretamente nas metas dos produtores de cana-de-açúcar e caso nenhuma providência seja tomada com relação ao controle, pode haver reduções de 40% até 90% de produtividade. As plantas daninhas interferem diretamente no processo de colheita, em campos onde ocorre infestação de plantas trepadeiras por exemplo, pode decorrer a redução de até 25% no processo operacional. Além de complicações no processamento industrial em virtude da presença de plantas daninhas, impossibilitam a extração do caldo, aumenta os custos de defensivos e mão-de-obra (CHRISTOFFOLETI et al., 2023).

A *Euphorbia hyssopifolia* L. apresenta porte herbáceo, procumbente, caule sólido de coloração avermelhada e é uma planta anual (BOLAJI et al., 2014). Em território nacional é conhecida como burra-leiteira, leiteira, erva-andorinha, erva-de-Santa-Luzia, erva-de-leite, entre outros. Todas as espécies de *Euphorbia* apresentam látex, que é um líquido relativamente venenoso, de aspecto leitoso que surge quando a planta é cortada (KUMAR et al., 2010). É uma daninha que tem capacidade de provocar mais de 80% de redução na produtividade das lavouras de cana-de-açúcar, devido aos seus efeitos negativos na produção, conforme às suas atribuições competitivas e alelopáticas (FERREIRA et al., 2017).

Devido às extensas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, o controle químico de plantas daninhas é o método mais utilizado em razão de sua eficiência, com economia de mão de obra e rápida aplicação dos herbicidas, facilitando por sua vez o manejo. É realizado com herbicidas aplicados em pré-emergência ou pós-emergência da cultura e plantas daninhas, sendo o solo o principal destino desses produtos (CHRISTOFFOLET et al., 2005; CHRISTOFFOLET et al., 2008; GUIMARÃES et al., 2019). O controle de plantas daninhas reduz o custo de cultivo e melhora o rendimento da cana-de-açúcar, aumentando consequentemente a produtividade e lucratividade (VENNILA et al., 2021).

Entender como os herbicidas atuam auxilia na indicação de uso destes produtos, identificando falhas na atuação e sua ligação com manifestações de injúrias (MARCHI et al., 2008). Estes defensivos operam em rotas metabólicas existentes nas

plantas e seu mecanismo de ação está relacionado à área primária de atuação do herbicida, que alguns autores também chamam de sítio de ação. O modo de ação fundamenta-se em uma série de acontecimentos baseados na ação inicial do herbicida, o qual elimina a planta daninha (VIDAL et al., 2014).

Dessa forma, por meio da curva de dose-resposta é definido o índice C_{50} , que em outras palavras, é a dose necessária de herbicida para controlar 50% da população de plantas daninhas. Este indicador é utilizado na confrontação do nível de suscetibilidade e resistência dos biótipos testados (CHRISTOFFOLETI, 2002).

O presente trabalho teve por objetivo utilizar curvas de dose-resposta com herbicidas amplamente utilizados na cultura da cana-de-açúcar pertencentes aos mecanismos de ação dos inibidores da ALS (enzima acetolactato sintase), inibidores da biossíntese de carotenoides, inibidores do fotossistema 2, inibidores da biossíntese da celulose e inibidores da protox (enzima protoporfirinogênio Oxidase), para o controle da *Euphorbia hyssopifolia* L.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar

As espécies de plantas que hoje é considerada daninha existem desde os primórdios, quando os vegetais viviam em seu estado natural ou silvestre. Com o advento da domesticação das espécies proveitosas e com sua utilização inicialmente extrativista, notou-se que estas plantas apresentaram agressividade expressiva, como um meio que lhes atribuíam condições de sobrevivência sem grandes prejuízos, mesmo coexistindo com espécies daninhas. Então, com o passar dos anos o homem vem aperfeiçoando as plantas de propriedades vantajosas, subtraindo aos poucos essa agressividade crucial para viverem sozinhas em seus ecossistemas de origem. A natureza por sua vez agiu adaptando as plantas daninhas, conferindo-lhes características que as tornam cada vez mais virtuosas com relação à sua sobrevivência (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

As plantas daninhas concorrem diretamente por água, espaço, nutrientes e luz, podendo também exsudar substâncias alelopáticas que interferem no crescimento e desenvolvimento da cultura e ainda hospedar pragas e doenças (PITELLI, 1985). A interferência destes espécimes vegetais em canaviais é um dos fatores limitantes da produtividade de cana-de-açúcar, pois causam uma significativa redução na produção de colmos e acentuadas perdas na qualidade industrial da matéria prima, reduzindo ainda a longevidade dos canaviais. Podem também dificultar as operações de colheita da cultura (KUYA et al., 2003, PROCÓPIO et al., 2003, DURIGAN et al., 2005).

As principais plantas daninhas que estão presentes em plantios de cana-de-açúcar são: *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch, *Digitaria horizontalis* Willd., *Cenchrus echinatus* L., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Panicum maximum* Jacq., *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf, *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Paspalum maritimum* Trin., *Ipomoea* spp., *Amaranthus* spp., *Portulaca oleraceae* L., *Bidens pilosa* L., *Acanthospermum hispidum* DC., *Euphorbia heterophylla* L., *Emilia sonchifolia* (L.) DC., *Commelina* spp., *Sonchus oleraceus* L., *Ageratum conyzoides* L., *Richardia brasiliensis* (Gomes), *Cróton lobatos* L., *Chamaesyce hirta* (L.) Millsp., *Sida* spp. e *Cyperus rotundus* L. (VICTORIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004).

O manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar utilizado hoje na canavieira brasileira está embasado por meio de métodos preventivos, culturais e dos controles mecânico e químico. Em geral, no controle químico os herbicidas utilizados em infestações de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar são aplicados em pré e pós-emergência. Para os casos em pré-emergência, o controle necessita gerar um efeito residual, assegurando o desenvolvimento inicial da cultura em um ambiente livre da concorrência com plantas daninhas. Já para casos de pós-emergência, o controle é utilizado após a ocorrência das plantas daninhas e da cultura (CHRISTOFFOLETI et al., 2005; SILVA et al., 2018).

No advento do uso de controle mecânico, envolve a execução de procedimentos como preparo do solo, roçadas, cultivos e trabalhos de reforma. Para o caso do método cultural, pode-se destacar a escolha de variedades de alto perfilhamento e desta maneira um sombreamento antecipado do solo, assim como a diminuição do espaçamento do plantio. As aplicações de medidas preventivas consistem em utilizar mudas livres de plantas daninhas e patógenos, realizar manutenção dos canais de vinhaça, limpeza das máquinas agrícolas e limpeza de áreas adjacentes que possam vir a produzir um banco de sementes de plantas daninhas (VICTORIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004; CHRISTOFFOLETI et al., 2005; SILVA et al., 2018).

Devido aos prejuízos causados ao cultivo pelas vegetações indesejadas, recomenda-se a adoção de medidas hábeis para manejar estes agentes, como a escolha correta da variedade que inclui características como perfilhamento, brotação, tempo de fechamento, suscetibilidade a herbicidas, controle de pragas e nematóides, possuir uma adubação equilibrada da cultura, espaçamento reduzido, preparo do solo entre outras (CHRISTOFFOLETI et al., 2005).

A cobertura do solo com a palha remanescente da colheita da cana-de-açúcar pode contribuir como barreira física, impossibilitando a incidência de luz solar, o que causa o sombreamento da superfície e por decorrência, um impedimento à realização de fotossíntese de plântulas e sementes de várias espécies de daninhas que consigam emergir da terra. No entanto, essa prática além de reduzir a possibilidade de infestação de plantas indesejáveis à cultura, prejudica a performance dos herbicidas, visto que, é a água da chuva a principal encarregada pela condução do fitossanitário até a superfície do solo (MONQUERO et al., 2011).

A utilização da palha é um forte aliado no manejo, para livrar-se da emergência, brotação e convívio de plantas daninhas na canavicultura (DURIGAN et al., 2004). Quanto maior a quantidade de palha deixada sobre o solo menor é a densidade de espécies infestantes na lavoura de cana-de-açúcar (FERREIRA et al., 2010).

O método de controle de plantas daninhas imprescindível hoje é o controle químico, através da aplicação de herbicidas. Nos canaviais esse tipo de controle em daninhas é uma atividade demasiadamente propagada em todo o território brasileiro (FOLONI et al., 2008). O controle químico é mais eficiente nas plantas daninhas quando executado no período chuvoso, visto que haverá água disponível no solo e o considerável crescimento das daninhas auxiliam na absorção dos herbicidas. Defensivos agrícolas aplicados na estação seca precisam exibir alta solubilidade em água e fraca ou moderada adsorção no solo (CORREIA; KRONKA, 2010).

2.2 *Euphorbia hyssopifolia* L.

O gênero *Euphorbia*, é pertencente à família Euphorbiaceae, que contém aproximadamente 2.000 espécies, sendo considerado o maior da sua família, exibindo diferentes variações como o porte, podendo ser planta, arbusto ou árvore, e seu maquinário fotossintético (C3, C4 e CAM) (TANVEER et al., 2013; APARÍCIO, 2019).

As plantas desta família e gênero são compostas por espécies de grande valor econômico e são exploradas industrialmente em diversos setores, como no alimentício através do consumo da raiz e da farinha de *Manihot esculenta* Crantz (macaxeira, aipim, mandioca) principalmente, no grupo cosmético/farmacêutico com o óleo do *Ricinus communis* L. conhecida por mamona e na produção de borracha, onde é utilizada com a *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., comumente conhecida como seringueira, que, como todas citadas, também pertence à família Euphorbiaceae. Na agricultura o gênero é visto como daninhas em consequência dos efeitos negativos na produção, sendo capaz de provocar mais de 80% de redução na produtividade das lavouras pertinente às suas atividades competitivas e alelopáticas (FERREIRA et al., 2017).

Outras espécies dessa família apresentam importância ornamental devido à sua atratividade, como a *Euphorbia milili* Des Moul. popularmente conhecida como coroa-de-cristo, um arbusto espinhoso muito utilizado como cerca viva, e a *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch, comumente conhecida como poinsétia ou bico de

papagaio, usada para fins decorativos devido ao fato de que suas folhas modificadas apresentam uma coloração em vermelho vivo. Outras utilidades englobam a produção de lenha, uso em programas de reflorestamento, produção de madeira, artesanato entre outros (MWINE; VAN DAMME, 2011).

A *E. hyssopifolia* é oriunda da América tropical e é frequentemente encontrada nos trópicos e regiões subtropicais da África e do continente americano. É uma planta daninha anual, procumbente, herbácea, e de caule sólido cilíndrico com pigmentação vermelha, habitualmente encontra-se ao longo de estradas, quintais e campos (BOLAJI et al., 2014). A espécie *E. hyssopifolia* tem extensa distribuição do gênero no Brasil, onde ocorre de norte a sul do país (SILVA et al., 2023). No Brasil a *E. hyssopifolia* é conhecida como burra-leiteira, leiteira, erva-andorinha, erva-de-Santa-Luzia, erva-de-leite, entre outros. Todas as espécies de *Euphorbia* manifestam a presença de látex, que é um líquido relativamente venenoso, de aspecto leitoso que surge quando a planta é cortada (KUMAR et al., 2010).

A espécie contém sinônimos botânicos, tais como *Chamaesyce hyssopifolia*, *Anisophyllum hyssopifolium*, *Chamaesyce jenningsii*, *Chamaesyce jonesii*, *Chamaesyce nirurioides*, *Euphorbia blanchetii*, *Euphorbia brasiliensis*, *Euphorbia domingensis*, *Euphorbia jonesii*, *Euphorbia klotzschiana*, *Euphorbia nirurioides*, *Euphorbia pulchella*, *Euphorbia serrulata*, *Euphorbia stenomeres*, *Euphorbia brasiliensis* var. *blanchetii*, *Euphorbia brasiliensis* var. *hyssopifolia*, *Euphorbia brasiliensis* var. *paraguayensis*, *Euphorbia brasiliensis* var. *pruinosa*, *Euphorbia brasiliensis* var. *pulchella*, *Euphorbia brasiliensis* var. *uniflora*, *Euphorbia hypericifolia* var. *falciformis*, *Euphorbia hyssopifolia* var. *blanchetii*, *Euphorbia hyssopifolia* var. *paraguayensis*, *Euphorbia hyssopifolia* var. *pruinosa*, *Euphorbia hyssopifolia* var. *pulchella*, *Euphorbia hyssopifolia* var. *uniflora* (SiBBR, 2023).

E. hyssopifolia e *E. hirta* são espécies com atributos medicinais bastante conhecidas, realçando-se por suas funções diuréticas e antimicrobianas, ambas espécies são rudes e subespontâneas, são tolerantes a altas temperaturas e seca e sua distribuição vai desde o nível do mar até 1.500 m (SANTANA et al., 2016).

2.3 Curva de dose-resposta para determinação de suscetibilidade a herbicidas

As curvas dose-resposta constituem-se em caracterizar a resolução biológica de uma planta daninha às doses crescentes de um herbicida isolado e em associação.

A ligação entre a resposta das plantas e as doses de herbicida é interessante para compreensão da ação dos herbicidas. Habitualmente, nessa condição de estudo, faz-se curva em formato sigmoidal, que pode ser determinada pelo modelo logístico. É um recurso relevante na ciência das plantas daninhas por permitir a interpretação dos resultados de forma objetiva, o que viabiliza uma confrontação cabível entre os tratamentos (SEEFELDT et al., 1985; KRUSE et al., 2006; RAIMONDI, 2009).

Em curva de doses-resposta, diferenças no limite inferior ou superior, ou em ambos, podem ser causadas devido ao modo de ação do herbicida, às espécies de plantas utilizadas, a diferenças no projeto experimental e às condições de crescimento (RITZ et al., 2006). Por meio de curvas de doses-resposta é possível estabelecer o nível de resistência de plantas daninhas aos diferentes herbicidas, distinguindo aquelas que são facilmente tolerantes a determinados mecanismos de ação, mas facilmente suscetíveis a outros (OWEN et al., 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi constituído por cinco experimentos em pré-emergência total das plantas daninhas utilizadas, conduzidos em casa-de-vegetação no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), localizado em Rio Largo – AL (09°28' 02" S; 35°49' 43" W; 127 m), na região dos Tabuleiros Costeiros, nos períodos de outubro de 2022 a setembro de 2023.

Cada experimento caracterizou-se pelo mecanismo de ação do herbicida, em que seria aplicado em pré-emergência na *E. hyssopifolia* (Tabela 1).

Tabela 1 - Mecanismo de ação, nomes técnicos, produtos comerciais e doses utilizadas.

Mecanismo de ação	Ingrediente Ativo	Nome comercial	Dose aplicada (g.ha ⁻¹)
ALS	Diclosulam	Coact ^{®1}	194,0
	Imazapique	Metsuram [®] 600 WG	122,5
	Metsulfurom-metilico	Plateau [®]	18,0
Caroteno	Clomazona	Reator [®] 360 CS	1.260,0
	Isoxaflutole	Sunward [®]	6,0
FS II	Amicarbazona	Magneto [®] SC	750,0
	Hexazinona	Broker [®] 750 WG	337,5
	Tebutiurum	Entone [®]	80,0
Celulose	Indaziflam	Alion [®]	75,0
PROTOX	Flumioxazina	Flumyzin [®] 500	125,0
	Oxifluorfem	Goal BR [®]	480,0
	Sulfentrazone	Boral [®] 500 SC	600,0

¹ – Marca registrada Fonte: Autor, 2024.

Para cada experimento foi aplicado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições, de modo fatorial ou não, utilizando as doses de 0; 12,5; 25; 50; 100; 200; 400% da dose comercialmente recomendadas para a cultura da cana-de-açúcar (Tabela 2).

Tabela 2 - Disposição dos experimentos conforme o mecanismo de ação e o tipo de experimento.

Mecanismo de ação	Tipo de experimento	Herbicida	Doses
ALS	Fatorial	3	7
Caroteno	Fatorial	2	7
FS II	Fatorial	3	7
Celulose	DIC	1	7
PROTOX	Fatorial	3	7

Fonte: Autor, 2024.

As sementes de *E. hyssopifolia*, foram provenientes de áreas de cana-de-açúcar. Após coleta das sementes, foi realizada secagem das mesmas ao ar livre, com posterior teste de germinação (dados não mostrados). As unidades experimentais foram constituídas por copos com capacidade de 500 mL, sendo utilizado solo peneirado de textura franco argilo arenoso (28,7% de argila; 56,8% de areia e 14,5% de silte). As sementes da espécie da planta daninha foram distribuídas de forma aleatória no copo, e foi padronizado o peso de 1 g de semente por copo, a semeadura ocorreu um dia antes da aplicação dos tratamentos.

A aplicação dos tratamentos herbicidas foi utilizando-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com barras contendo duas pontas de pulverização de jato plano Adia 110, e utilizando-se pressão constante de 200 KPa, para proporcionar um volume de calda correspondente a 120 L.ha⁻¹.

A avaliação visual de controle ocorreu aos 15, 30 e 45 dias após a aplicação (DAA), onde 0% representava ausência de total de sintomas e 100% morte da planta. Ao final de 45 dias, foi realizada a coleta das plantas para determinar a massa seca percentual. Diante do volume de gráficos, optou-se pela apresentação das curvas geradas apenas aos 45 DAA.

Os dados experimentais foram submetidos a análise de variância e posteriormente foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico com 3 parâmetros (STREIBIG et al., 1988) (eq. 1).

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]}$$

Onde:

y = porcentagem de controle;

x = dose do herbicida;

a, b e c = parâmetros da curva, de modo que a é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, b é a dose que proporciona a porcentagem de 50% da resposta da variável e c é a declividade da curva.

Para a determinação de doses ótimas de manejo foram calculadas as porcentagens de controle de 50, 80 e 90 e 99%, cujos valores foram obtidos a partir das equações geradas das curvas de dose-resposta, e representa a dose dos herbicidas (g.ha⁻¹), para controles de 50, 80 e 90 e 99%, respectivamente (CHRISTOFFOLETI et al., 2006).

Para calcular a massa seca foi utilizado a equação exponencial com decaimento (eq. 2):

$$f = y0 + a * \exp (-b * x)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao serem submetidas a análise de variância, apenas as doses dos herbicidas apresentaram diferença significativa, não diferindo assim os herbicidas entre si, independentemente do mecanismo de ação. A seguir, os dados serão apresentados conforme o mecanismo de ação das moléculas testadas.

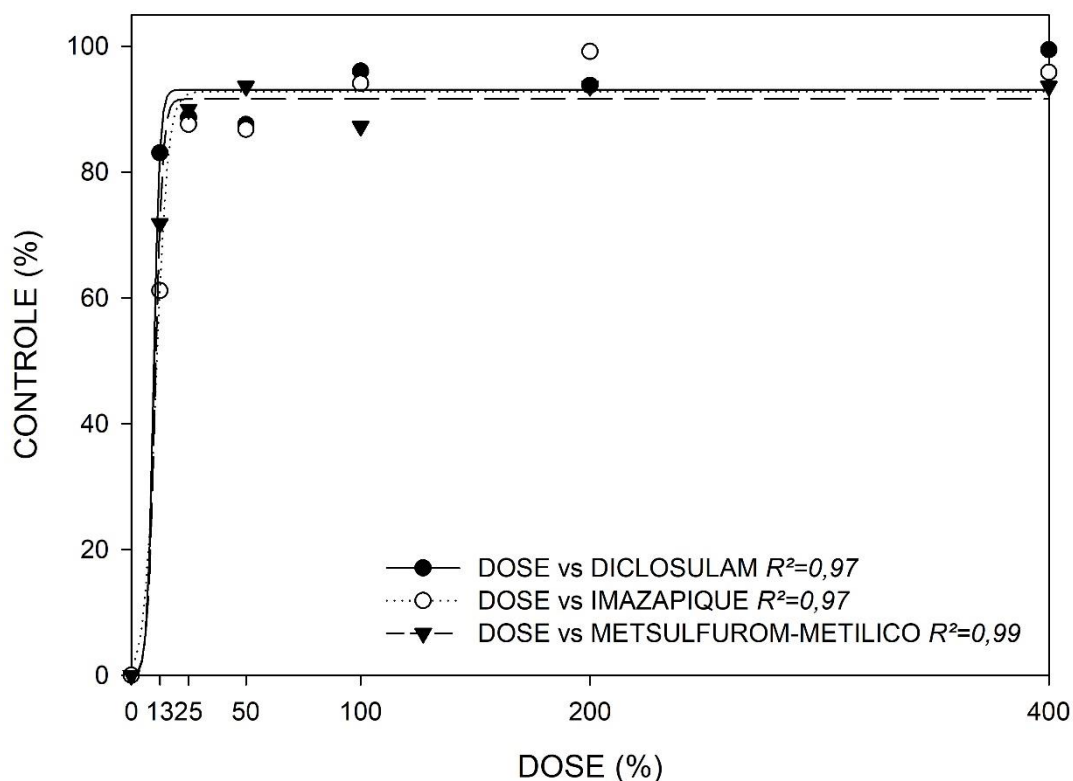
4.1 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase

À medida que houve o incremento das doses dos herbicidas, maior foi o percentual (%) de controle (Figura 1). Na variável massa seca, o comportamento biológico da espécie apresentou comportamento exponencial com decaimento, na qual quanto maior a dose, menor foi o incremento de massa seca (Figura 2).

As curvas explicam o comportamento de *E. hyssopifolia* aos herbicidas aplicados em doses crescentes. Na dose recomendada pelo fabricante, para o herbicida diclosulam observou-se um controle máximo de 96,05%, comportamento semelhante foi observado para o imazapique com um controle correspondente a 94,41%, enquanto para o herbicida metsulfurom-metílico houve um controle de 87,27%.

Em pré-emergência das plantas daninhas o diclosulam é utilizado para o controle de gramíneas e folhas largas, em cana-planta e soqueiras, enquanto o imazapique é empregado somente em soqueiras no período seco e o metsulfurom-metílico é eficiente para controle de folhas largas (CHRISTOFFOLETI et al., 2023).

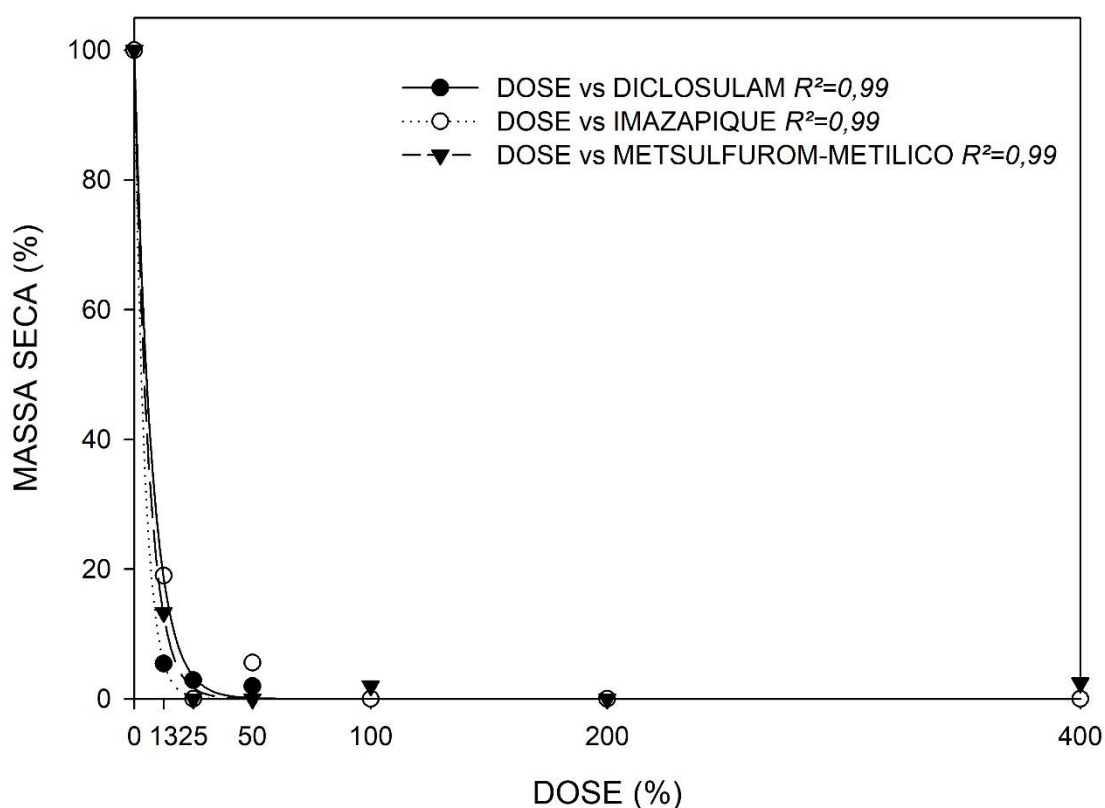
Figura 1 - Percentual de controle da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação de diclosulam, imazapique e metsulfurom-metílico em doses crescentes.



Fonte: Autor, 2024.

Em trabalhos realizados por Sanchotene et al. (2017) no qual o herbicida diclosulam foi testado isoladamente para *E. heterophylla* apresentou eficácia de 91,25% de controle aos 28 DAA, comportamento similar foi observado também no presente estudo. Em *E. esula* o imazapique aplicado em doses de 52,6; 105 ou 158 g.ha⁻¹ não proporciona controle satisfatório dessa espécie, o que não corrobora com o presente estudo, visto que se trata de espécies do mesmo gênero botânico (DATTA et al., 2013). Em algumas espécies de plantas daninhas, o metsulfurom-metílico não atinge os níveis ideais de controle (CARNEIRO et al., 2020), em analogia com o presente trabalho, nota-se que apesar de não atingir um controle total para *E. hyssopifolia*, esse herbicida foi considerado eficiente.

Figura 2 - Massa seca percentual da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação de diclosulam, imazapique e metsulfurom-metílico em doses crescentes.



Fonte: Autor, 2024.

Utilizando os parâmetros a, b e c da equação log-logística, encontrou-se a dose letal de ingrediente ativo necessária para o controle de 50, 80, 90 e 99% da espécie *E. hyssopifolia* (Tabela 3).

Por meio da curva de dose-resposta, é estabelecido o índice C_{50} , isto é, a dose do herbicida necessária para alcançar um controle de 50% da população de plantas daninhas, de modo que quanto maior a inclinação da curva, maior será amplitude entre as doses requeridas (CHRISTOFFOLETI 2002).

Tabela 3 - Quantidade de ingrediente ativo ($\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para *E. hyssopifolia* aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas da ALS, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.

Mecanismo de ação ALS

Diclosulam	
% Controle	Dose (g)
50	19,18
80	23,47
90	27,50
99	IDM ¹
Imazapique	
% Controle	Dose (g)
50	13,76
80	19,03
90	24,17
99	IDM
Metsulfurom-metílico	
% Controle	Dose (g)
50	1,93
80	2,43
90	3,03
99	IDM

¹ – Impossível Determinar pelo Método Fonte: Autor, 2024.

4.2 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese de carotenoides

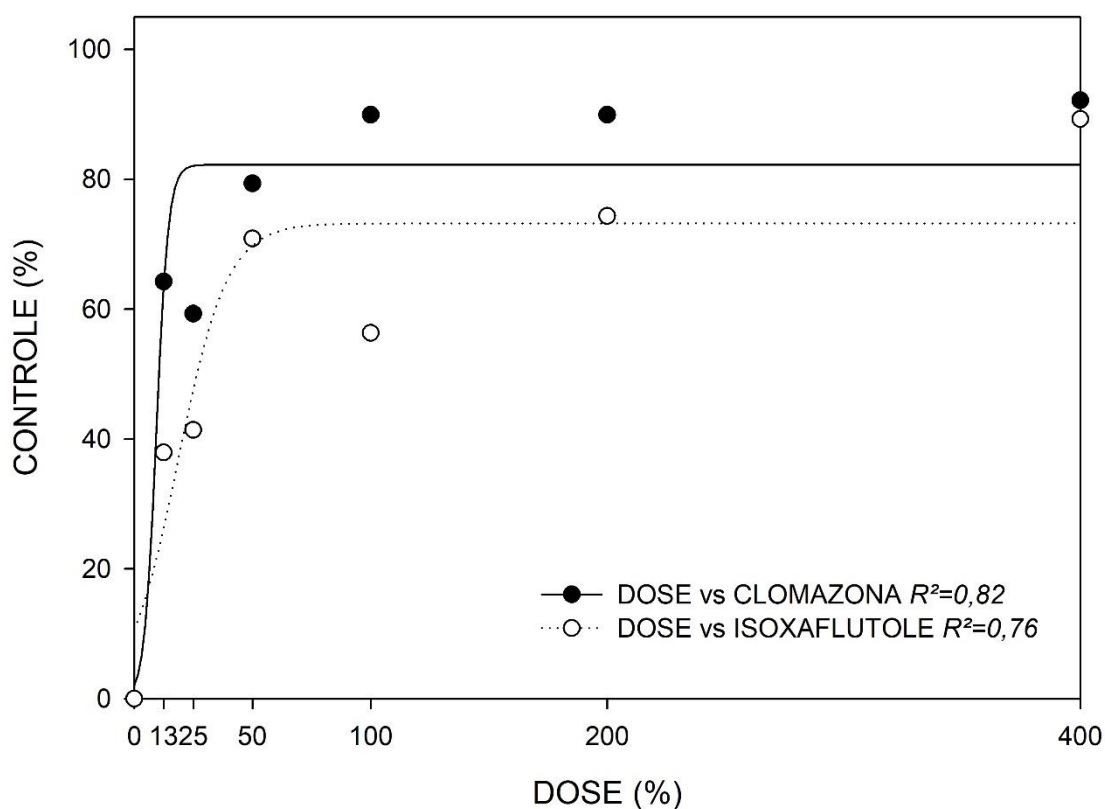
Neste mecanismo de ação, conforme houve o aumento nas doses dos herbicidas (Figura 3), melhor foi o percentual (%) de controle. Para a variável massa seca, o desempenho biológico da espécie mostrou comportamento exponencial com decaimento, de modo que quanto maior a dose, menor foi acréscimo de massa seca (Figura 4).

As curvas evidenciam a atuação da *E. hyssopifolia* para os herbicidas operados em doses crescentes. Na dose indicada pelo fabricante para o herbicida clomazona pode-se observar um controle de 89,83%, enquanto para o herbicida isoxaflutole o controle foi de 56,32% na dose de bula, este herbicida teve um

comportamento semelhante a dose recomendada pelo fabricante do clomazona de controle na dose de 400%, onde verificou-se um controle de 89,27%.

O isoxaflutole expressa unicamente efeito pré-emergente em plantas daninhas, e o momento predominante de aplicação é no período seco em soqueiras (CHRISTOFFOLETI et al., 2023). O clomazona é recomendado para pré-emergência no controle de monocotiledôneas e dicotiledôneas (MACHADO et al., 2006).

Figura 3 - Percentual de controle da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação de clomazona e isoxaflutole em doses crescentes.

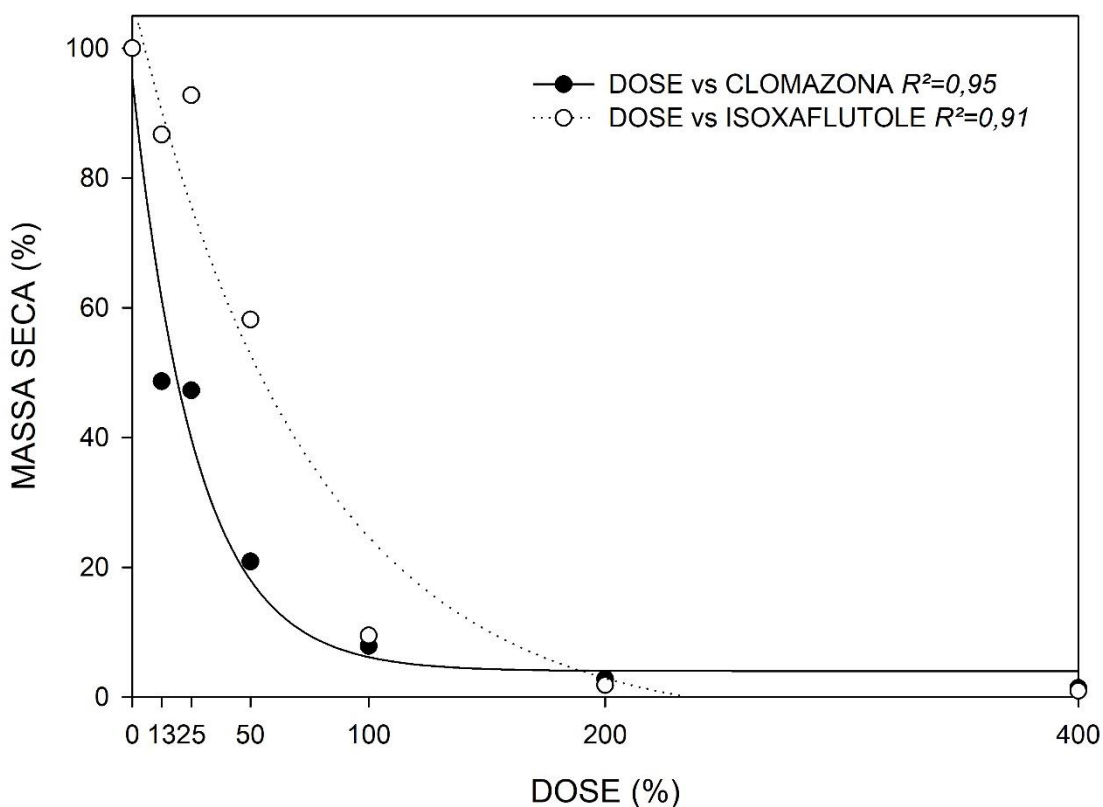


Fonte: Autor, 2024.

O clomazona apresentou um controle gradativo das doses empregadas para a *E. hyssopifolia*, desde as menores doses mostrou um controle acima de 59,30%. Em estudo realizado por Freitas et al. (2022), o herbicida clomazona demonstrou ser efetivo no controle da *Chamaesyce hirta* L., mesma família da espécie trabalhada no presente estudo, usando este mesmo herbicida isolado, desprezando a necessidade de associações com outros herbicidas.

Tiburcio et al. (2012) observaram que para a molécula do isoxaflutole testada isoladamente até os 45 DAA apresentou-se um controle abaixo de 75% tanto para monocotiledôneas quanto dicotiledôneas, e dentre estas, está a espécie *E. heterophylla*, o que corrobora com o presente estudo, visto que tratam-se de espécies do mesmo gênero botânico, onde os dados contido neste trabalho mostram isso, no qual também foi avaliado até os 45 dias e do mesmo modo apresentou um controle abaixo dos 75% para todas as doses testadas, exceto para de 400%.

Figura 4 - Massa seca percentual da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação de clomazona e isoxaflutole em doses crescentes.



Fonte: Autor, 2024.

Os valores da dose letal de ingrediente ativo necessários para controlar 50%, 80%, 90% e 99% da espécie *E. hyssopifolia* foram determinados por meio da aplicação da equação log-logística, utilizando os parâmetros *a*, *b* e *c* (Tabela 4).

Tabela 4 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha^{-1}) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para *E. hyssopifolia* aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas do caroteno, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.

Mecanismo de ação caroteno	
Clomazona	
% Controle	Dose (g)
50	113,17
80	199,24
90	IDM ¹
99	IDM
Isoxaflutole	
% Controle	Dose (g)
50	23,90
80	IDM
90	IDM
99	IDM

¹ – Impossível Determinar pelo Método Fonte: Autor, 2024.

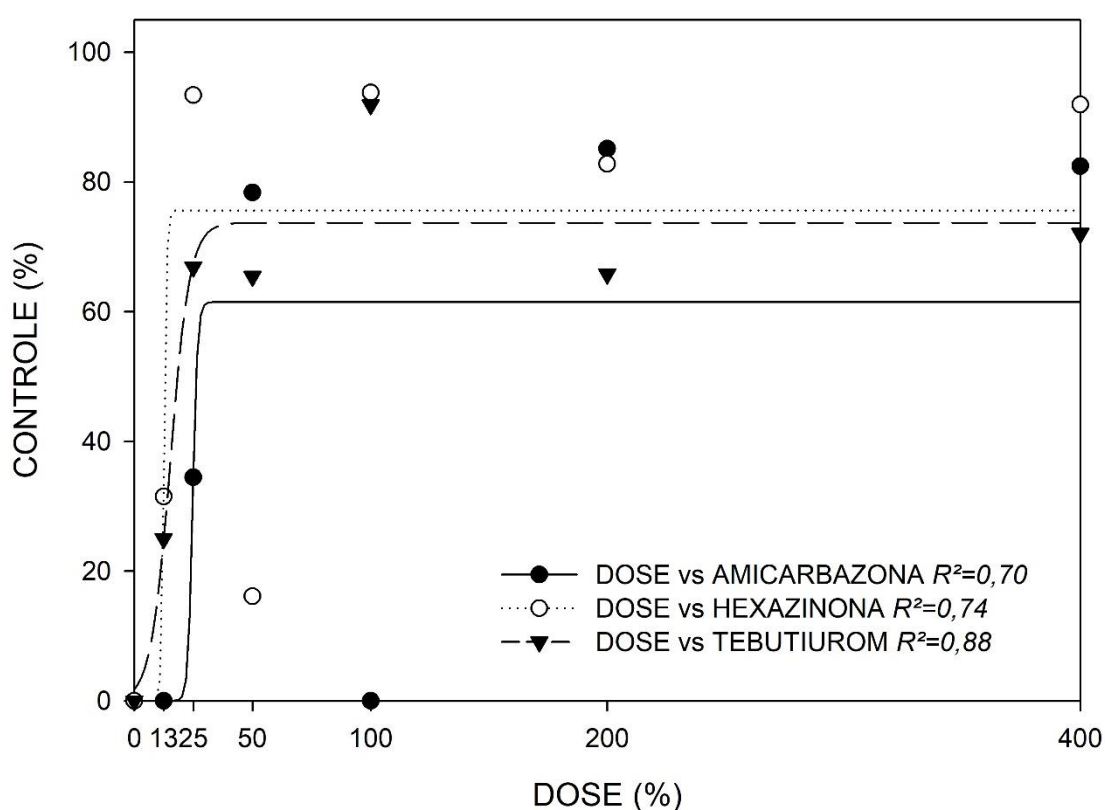
4.3 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II

No mecanismo de ação do fotossistema II, à medida que houve o incremento nas doses dos herbicidas (Figura 5), maior foi o percentual (%) de controle. Com relação a variável massa seca (Figura 6), a performance da espécie biologicamente demonstrou um comportamento exponencial com decaimento, onde quanto maior a dose menor o aumento de massa seca.

As curvas representam a resposta da espécie *E. hyssopifolia* frente à aplicação de herbicidas em doses progressivas. Para o herbicida amicarbazona na dose de bula é possível observar que não houve o controle (0%) para espécie estudada, já para o herbicida hexazinona observou-se um controle de 93,77% na dose indicada pelo fabricante, desempenho similar foi percebido para o tebutiurum com um controle equivalente a 91,91%.

O amicarbazona e o tebutiurum são herbicidas de uso exclusivo em pré-emergência, sendo utilizados nos controles de folhas largas e gramíneas, já o hexazinona além de ser utilizado em pré-emergência também pode ser utilizado em pós-emergência inicial (CHRISTOFFOLETI et al., 2023).

Figura 5 - Percentual de controle da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação de amicarbazona, hexazinona e tebutiurum em doses crescentes.



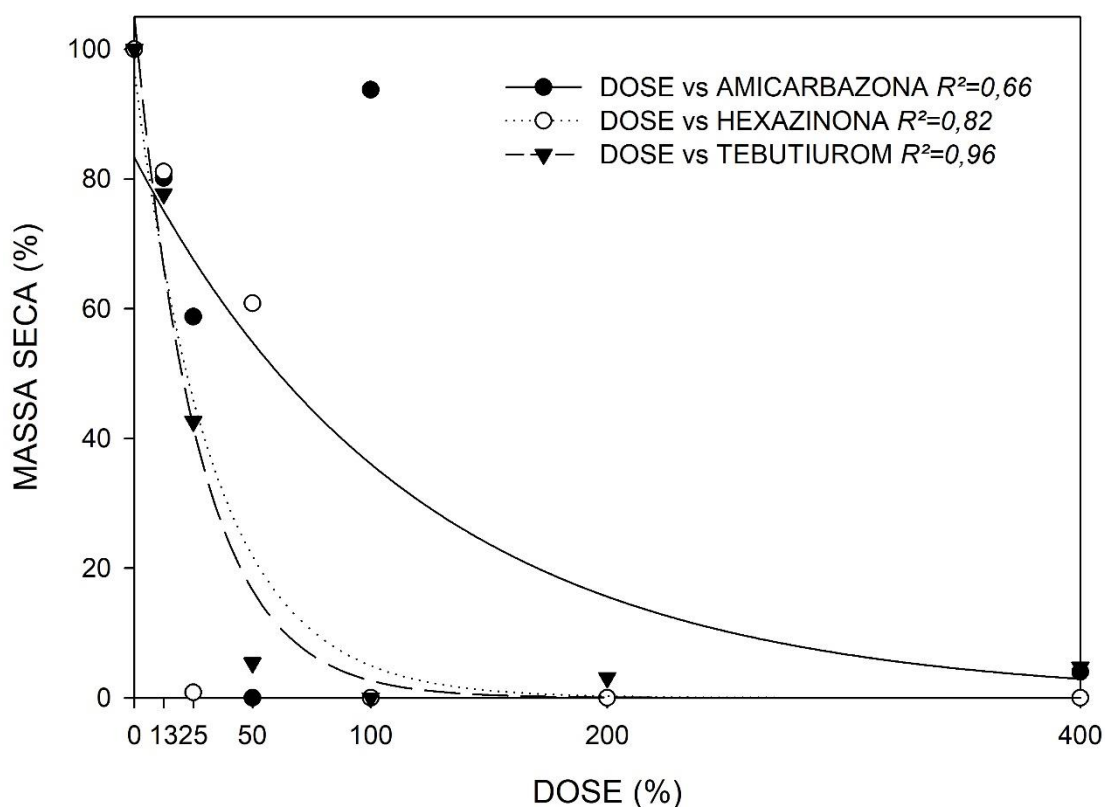
Fonte: Autor, 2024.

Ferreira et al. (2016) ao testarem o efeito do herbicida tebutiurum sob três espécies de *Euphorbia*, observaram que por um período de 30 DAA houve um controle de aproximadamente 100% das espécies *E. heterophylla* e *E. hyssopifolia*, após 45 DAA os controles foram de 48 e 40,78% respectivamente, esse mesmo desempenho foi observado na pesquisa em estudo, onde na dose comercial obteve-se um pouco mais do que 90% de controle e nas demais doses o controle oscilou bastante, confirmando a baixa efetividade da molécula do tebutiurum.

A *E. heterophylla* ao receber um tratamento com aplicação de amicarbazona nas doses 1,05, 0,875, 0,70 e 0,525 kg.ha⁻¹ exceto na dose de 0,70 kg.ha⁻¹, não apresentou controle sobre a espécie, e mesmo havendo a baixa eficácia as plantas apresentaram sintomas de intoxicação e clorose foliar (TOLEDO et al., 2009), o que corrobora com o presente estudo, onde apresenta um controle acima de 70% apenas nas doses de 50, 200 e 400%.

Garcia et al. (2012) ao realizarem um ensaio com o herbicida hexazinona após 30 DAA puderam observar que houve um controle de 80% da espécie estudada *Ipomoea triloba* L., desempenho semelhante foi observado no presente trabalho, na qual as doses de 25, 100, 200 e 400% apresentaram controle acima dos 80%.

Figura 6 - Massa seca percentual da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação de amicarbazona, hexazinona e tebutiurum em doses crescentes.



Fonte: Autor, 2024.

Os parâmetros *a*, *b*, e *c* da equação log-logística foram utilizados para encontrar os valores de dose letal necessários para o controle efetivo de 50, 80, 90 e 99% da *E. hyssopifolia* (Tabela 5).

Tabela 5 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha⁻¹) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para *E. hyssopifolia* aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas do fotossistema II, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.

Mecanismo de ação FS II	
Amicarbazona	
% Controle	Dose (g)
50	196,67
80	IDM ¹
90	IDM
99	IDM
Hexazinona	
% Controle	Dose (g)
50	44,10
80	IDM
90	IDM
99	IDM
Tebutiurum	
% Controle	Dose (g)
50	220,65
80	IDM
90	IDM
99	IDM

¹ – Impossível Determinar pelo Método Fonte: Autor, 2024.

4.4 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese da celulose

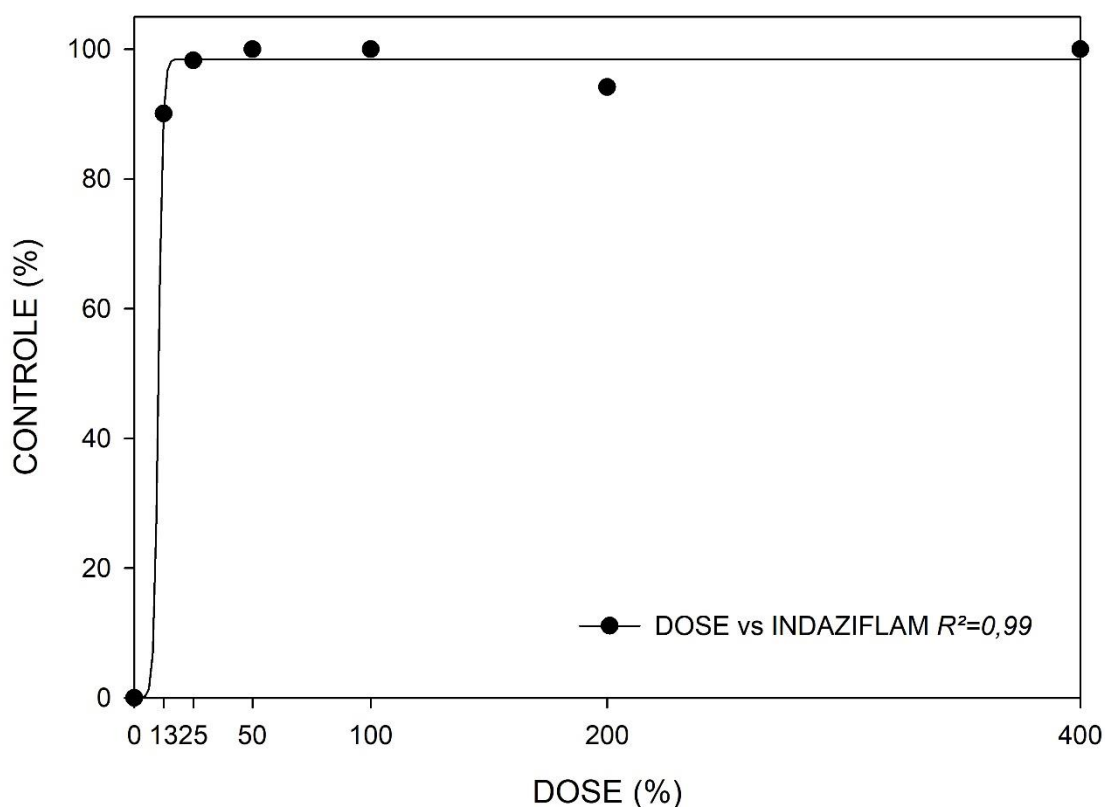
Utilizando a molécula indaziflam, houve o controle da espécie desde as menores doses (Figura 7), demonstrando que esta é eficiente para o manejo de *E.*

hyssopifolia. Na variável massa seca (Figura 8), nota-se que houve um declínio conforme aumentou-se as primeiras doses, chegando a não apresentar massa seca a partir da dose de 50% em diante, com ressalva para dose de 200% no qual houve um escape no controle.

A curva esclarece o desempenho da *E. hyssopifolia* ao herbicida empregado em doses gradativas. Para as doses de 50, 100 (proposta pelo fabricante) e 400% o herbicida indaziflam controlou 100% a planta daninha estudada, observa-se também que a partir da menor dose que foi 12,5% o herbicida já apresentava um controle de mais de 90% e esse mesmo comportamento pode ser observado nas demais doses.

O indaziflam é um dos herbicidas mais recentes lançados e sua ação é exclusivamente em pré-emergência, no controle de poucas folhas largas e gramíneas, este herbicida apresenta um longo efeito residual no solo, podendo ser utilizado em diversas fases da cultura da cana-de-açúcar como, cana-planta, cana-soca e no quebra-lombo (CHRISTOFFOLETI et al., 2023).

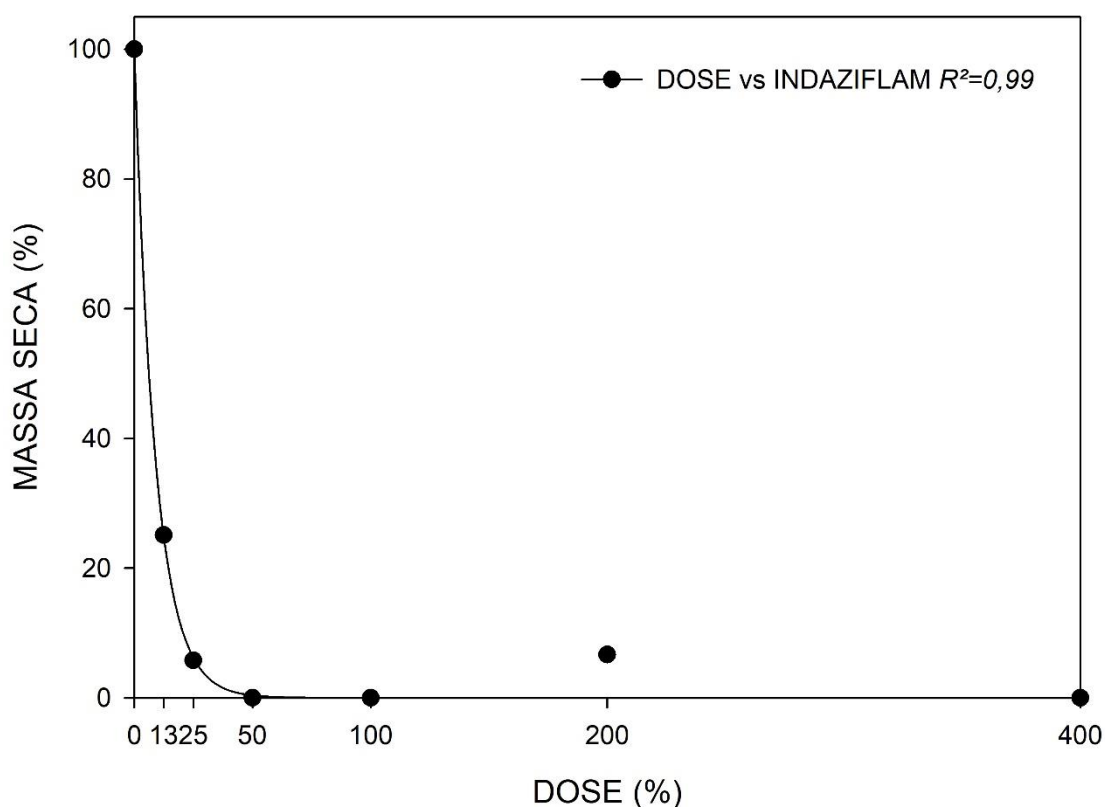
Figura 7 – Percentual de controle da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação do indaziflam em doses crescentes.



Fonte: Autor, 2024.

Segundo Amim et al. (2016), onde o herbicida indaziflam foi utilizado de forma isolada em três doses crescente e em associação, o mesmo proporcionou diminuição de algumas espécies de plantas daninhas onde incluía a espécie *C. hirta* que é pertencente da mesma família em estudo. O indaziflam proporciona um maior tempo residual quando confrontado a outros herbicidas empregados, que certamente proporcionou um controle mais eficiente das plantas daninhas até que ocorresse o estabelecimento da cultura. Utilizando a planta daninha capim-colchão em diferentes tempos de aplicação do herbicida indaziflam em pré-emergência de plantas daninhas, obteve-se aos 195 DAA um controle de 91 a 94% e em nenhum momento foi observado um controle abaixo dos 89% (BROSNAN et al., 2011), em similaridade com o estudo, percebe-se que a *E. hyssopifolia* do mesmo modo apresentou o mesmo comportamento ficando sempre acima dos 90% de controle, considerado esse herbicida eficiente.

Figura 8 - Massa seca percentual da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação do indaziflam em doses crescentes.



Fonte: Autor, 2024.

O resultado apresenta a dose letal do ingrediente ativo requerido para alcançar o controle de 50, 80, 90 e 99% da espécie *E. hyssopifolia*. Estas doses foram determinadas utilizando os parâmetros *a*, *b* e *c* da equação log-logística (Tabela 6).

Tabela 6 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha⁻¹) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para *E. hyssopifolia* aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas da síntese de celulose, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.

Mecanismo de ação celulose	
Indaziflam	
% Controle	Dose (g)
50	7,72
80	8,74
90	9,37
99	IDM ¹

¹ – Impossível Determinar pelo Método Fonte: Autor, 2024.

4.5 Avaliação do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase

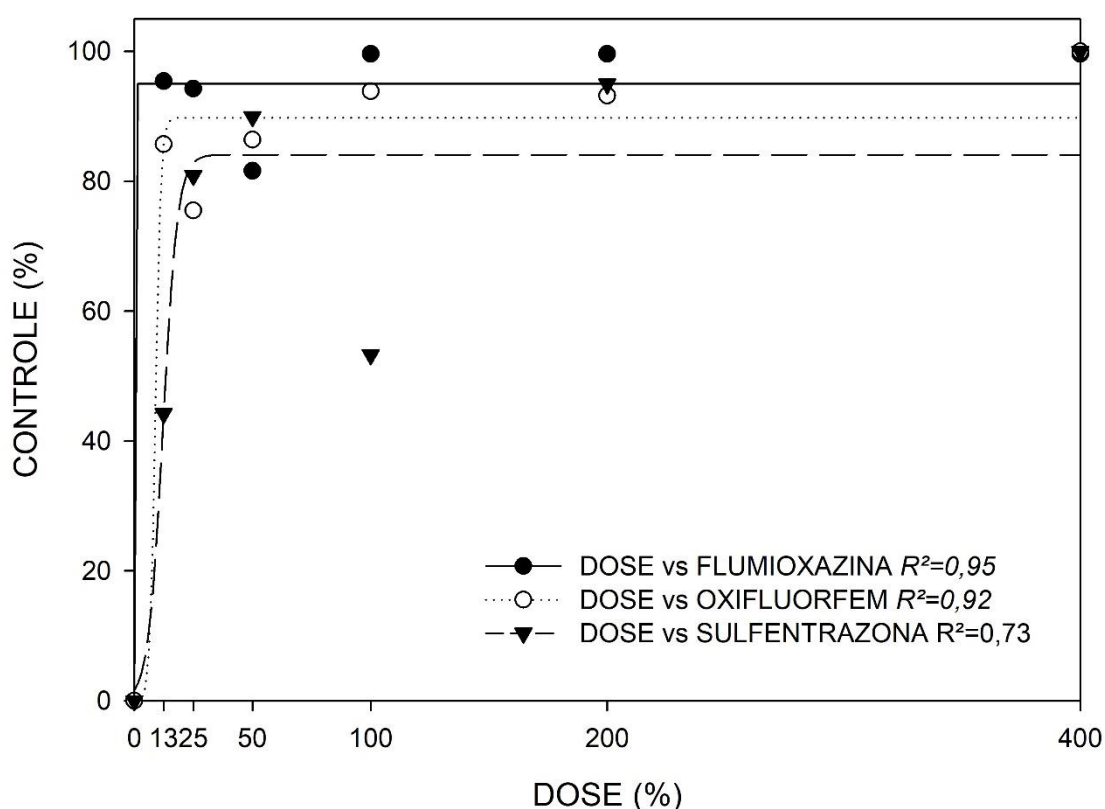
Conforme houve o acréscimo das doses dos herbicidas, melhor foi o percentual (%) de controle (Figura 9) da espécie estudada. Com o comportamento da variável massa seca (Figura 10), pode-se observar que a espécie exibiu um desempenho exponencial com decaimento, quanto maior a dose menor foi o acúmulo de massa seca.

O comportamento da *E. hyssopifolia* em relação aos herbicidas utilizados em doses gradativas, são explicadas pelas curvas. Para o herbicida flumioxazina na dose recomendada pelo fabricante pode-se observar um controle de 99,62%, desempenho similar observando o herbicida do oxifluorfem com um controle máximo de 93,88%, enquanto foi observado que na dose de bula para o herbicida sulfentrazone houve um controle de 53,27%.

O oxifluorfem e sulfentrazone são aplicados especificamente em pré-emergência, este último manifesta maior efeito residual e pode também ser manejado em solo que apresente baixa umidade. Já o flumioxazina pode ser utilizado tanto em

pré-emergência quanto em pós-emergência de plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2023).

Figura 9 - Percentual de controle da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação de flumioxazina, oxifluorfem e sulfentrazone em doses crescentes.



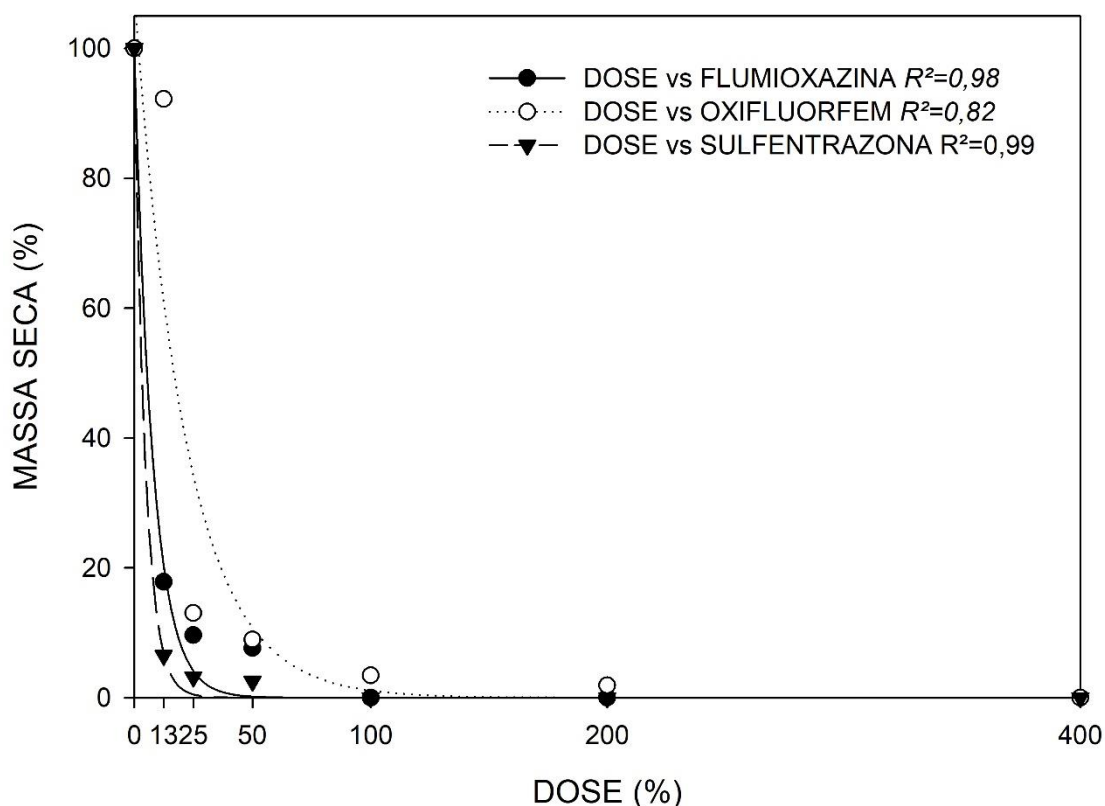
Fonte: Autor, 2024.

Utilizando o herbicida flumioxazina em doses crescentes, Tiburcio et al. (2012) verificaram que para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas, o controle variou entre 65 e 75%, constatou-se que no presente trabalho, desde as menores doses estudadas foi possível averiguar o controle efetivo da espécie, que é uma dicotiledônea, onde a taxa mínima de sucesso foi de 81,61% comprovando que este é um herbicida eficiente para *E. hyssopifolia*. Os autores averiguaram ainda no mesmo estudo, que as moléculas do oxifluorfem e sulfentrazone constataram um controle acima dos 75%, no estudo foi observado esse mesmo controle apenas para a molécula de oxifluorfem, onde o mínimo de controle foi de 75,51%, apresentando

eficiência no controle da *E. hyssopifolia*, enquanto para o herbicida sulfentrazone houve uma variação de aproximadamente 56% no controle da daninha estudada.

Resultados apresentados por Gazola et al. (2021), que testou a eficácia do herbicida flumioxazina no controle da *E. heterophylla* onde foi altamente eficaz apresentando 80% de controle 30 DAA, comportamento semelhante foi observado para o controle da *E. hyssopifolia* aos 45 DAA com um controle mínimo de 81%. Neste mesmo trabalho, foi testado também o herbicida sulfentrazone no qual mostrou um controle de aproximadamente 100% para todas as espécies daninhas avaliadas no estudo, incluindo a *E. heterophylla*, em comparação com o presente estudo pôde-se observar um comportamento diferente do herbicida sulfentrazone, no qual o mesmo não foi tão eficiente no controle da planta daninha analisada.

Figura 10 - Massa seca percentual da *E. hyssopifolia* 45 dias após aplicação de flumioxazina, oxifluorfem e sulfentrazone em doses crescentes.



Fonte: Autor, 2024.

Em relação aos três herbicidas testados para inibição da protox, os mesmos apresentaram baixo acúmulo de massa seca para a espécie estudada, resultado similar foi observado no trabalho de Tiburcio et al. (2012).

Os valores apresentados (Tabela 7) destacam as doses letais dos ingredientes ativos necessária para atingir o controle de 50, 80, 90 e 99% da espécie *E. hyssopifolia*, essas doses foram determinadas através da aplicação dos parâmetros *a*, *b* e *c* na equação log-logística.

Tabela 7 - Quantidade de ingrediente ativo (g.ha⁻¹) necessária para obtenção das médias de controle de 50%, 80%, 90% e 99% para *E. hyssopifolia* aos 45 dias após aplicação, para o grupo de herbicidas da protox, obtida pela equação que gera a curva correspondente a espécie.

Mecanismo de ação protox	
Flumioxazina	
% Controle	Dose (g)
50	1,18
80	1,22
90	1,24
99	IDM ¹
Oxifluorfem	
% Controle	Dose (g)
50	44,60
80	54,84
90	IDM
99	IDM
Sulfentrazone	
% Controle	Dose (g)
50	80,38
80	128,28
90	IDM
99	IDM

¹ – Impossível Determinar pelo Método Fonte: Autor, 2024.

5 CONCLUSÃO

A *E. hyssopifolia* apresentou maior sensibilidade aos herbicidas diclosulam, imazapique, metsulfurom-metílico, clomazona, hexazinona, indaziflam, flumioxazina e oxifluorfem, pois a letalidade de suas doses ocorreram abaixo de 20% da dose comercial indicada para cultivos de cana-de-açúcar.

Já para os herbicidas isoxaflutole, tebutiuram, amicarbazona e sulfentrazone, a espécie exibiu menor sensibilidade, com uma dose letal registrada acima de 50% da respectiva dose comercial recomendada.

REFERÊNCIAS

- AMIM, Reynaldo Tancredo 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, p. 1710-1719, 2016.
- APARÍCIO, Rosa Maria de Miranda. **Propriedades biológicas do gênero Euphorbia**. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade de Lisboa - Faculdade de Farmácia, Lisboa, 2019.
- BOLAJI, A. O. et al. Morphological and cytological studies of *Euphorbia hyssopifolia* L. and *Euphorbia heterophylla* L. from Ile-Ife, Nigeria. **Nigerian Journal of Genetics**, v. 28, n. 2, p. 15-18, 2014.
- BRIGHENTI, Alexandre Magno; DE OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. 2011.
- BROSNAN, J. T.; MCCULLOUGH, P. E.; BREEDEN, G. K. Smooth crabgrass control with indaziflam at various spring timings. **Weed Technology**, v. 25, n. 3, p. 363-366, 2011.
- CARNEIRO, Gabriella Daier Oliveira Pessoa et al. Eficácia de herbicidas no controle pós-emergência de corda-de-viola. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 2, p. 666-1-6), 2020.
- CHRISTOFFOLETI, Pedro J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, p. 83-90, 2006.
- CHRISTOFFOLETI, PEDRO J. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas. **II Simpósio de Tecnologia de Produção de Cana-de-Açúcar, Piracicaba. Palestras. Piracicaba: ESALQ/POTAFOS**, 2005.
- CHRISTOFFOLETI, PEDRO JACOB et al. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **Piracicaba: CP**, v. 2, p. 72, 2008.
- CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 513-519, 2002.
- CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob; CAMPOS, Luiz Henrique Franco de; OLIVEIRA, Francielle Santos de. Desafios no manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Informações Agrônomicas Proteção de Plantas**, n. 1, p. 22-28, 2023.
- CORREIA, N. M.; KRONKA JR, B. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 28, p. 853-863, 2010.

DATTA, Avishek et al. Spring-applied saflufenacil and imazapic provided longer lasting *Euphorbia esula* L. control than fall applications. **Crop Protection**, v. 47, p. 30-34, 2013.

DE OLIVEIRA JR, Rubem Silvério. Mecanismos de Ação de Herbicidas. **MATO LOGIA**, p. 170.

DOS SANTOS, Tássia Tuane Moreira et al. Associação dos herbicidas diclosulam e glyphosate na dessecação visando o controle residual de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 138-147, 2016.

DURIGAN, Julio Cezar; TIMOSSI, P. C.; CORREIA, N. M. Densidades e manejo químico da tiririca na produtividade de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 23, p. 463-469, 2005.

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

Euphorbia hyssopifolia in Ficha de Espécies do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR). Disponível em: <https://ferramentas.sibbr.gov.br/ficha/bin/view/especie/euphorbia_hyssopifolia>. Acesso em 22-02-2023.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, Débora Teresa da Rocha Gomes et al. Controle de três espécies de *Euphorbia* por herbicidas aplicados em pré-emergência sobre a palhada de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 332-340, 2016.

FERREIRA, Débora Teresa et al. Análise de crescimento de espécies daninhas do gênero *Euphorbia*. **Revista Agro@mbiente On-Line**, v. 11, n. 2, p. 145-152, 2017.

FERREIRA, E. A. et al. Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha**, v. 28, p. 915-925, 2010.

FOLONI, Luiz L. et al. Programa de manejo da tiririca (*Cyperus rotundus*) na cultura da cana-de-açúcar com aplicação isolada ou sequencial de MSMA. **Planta Daninha**, v. 26, p. 883-892, 2008.

FREITAS, Naira Moreli de et al. Herbicides applied in pre and post-emergence to control *Chamaesyce hirta*. **Revista Ceres**, v. 69, p. 308-313, 2022.

GARCIA, Danilo Brito et al. Lixiviação de diuron, hexazinone e sulfometuron-methyl em formulação comercial e isoladamente em dois solos contrastantes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 222-230, 2012.

GAZOLA, Tiago et al. Seletividade e controle residual de plantas daninhas de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja. **Revista Ceres**, v. 219-229, 2021.

GUIMARÃES, A. C. D. et al. Leaching of herbicides commonly applied to sugarcane in five agricultural soils. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

KRUSE, N.D.; VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M. Curvas de resposta e isoblograma como forma de descrever a associação de herbicidas inibidores do Fotossistema II e da síntese de carotenóides. **Planta Daninha**, v.24, n.3, p.579-587, 2006.

KUMAR, Sunil; MALHOTRA, Rashmi; KUMAR, Dinesh. Euphorbia hirta: Its chemistry, traditional and medicinal uses, and pharmacological activities. **Pharmacognosy reviews**, v. 4, n. 7, p. 58, 2010.

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, p. 37-44, 2003.

MACHADO, Rodrigo Ferreira et al. Reflexos do mecanismo de ação de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes e na atividade enzimática em plântulas de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 151-160, 2006.

MARCHI, Giuliano; MARCHI, Edilene Carvalho Santos; GUIMARÃES, Tadeu Graciolli. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. 2008.

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, p. 107-119, 2011.

MWINE, T. Julius; DAMME, Van Patrick. Why do Euphorbiaceae tick as medicinal plants? A review of Euphorbiaceae family and its medicinal features. 2011.

OWEN, Mechelle J.; GOGGIN, Danica E.; POWLES, Stephen B. Non-target-site-based resistance to ALS-inhibiting herbicides in six *Bromus rigidus* populations from Western Australian cropping fields. **Pest management science**, v. 68, n. 7, p. 1077-1082, 2012.

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

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

QUEIROZ, Sonia CN et al. Comportamento do herbicida hexazinone em área de recarga do aquífero Guarani cultivada com cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 32, p. 378-381, 2009.

RAIMONDI, Michel Alex. **Determinação da curva dose-resposta e atividade residual de herbicidas aplicados em pré-emergência utilizados na cultura do algodoeiro para o controle de *Amaranthus* e *Portulaca oleracea***. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

RITZ, Christian et al. Relative potency in nonsimilar dose–response curves. **Weed science**, v. 54, n. 3, p. 407-412, 2006.

SANCHOTENE, Danie Martini et al. Desempenho de diferentes herbicidas pré-emergentes para controle de *Euphorbia htererophylla* na cultura da soja. **Perspectiva Erechim**, v. 41, p. 07-15, 2017.

SANTANA, Karla CB et al. Unraveling the karyotype structure of the spurge *Euphorbia hirta* Linnaeus, 1753 and *E. hyssopifolia* Linnaeus, 1753 (Euphorbiaceae) using genome size estimation and heterochromatin differentiation. **Comparative Cytogenetics**, v. 10, n. 4, p. 657, 2016.

SEEFELDT, Steven S.; JENSEN, Jens Erik; FUERST, E. Patrick. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed technology**, v. 9, n. 2, p. 218-227, 1995.

SILVA, Gustavo Soares et al. Manejo de plantas daninhas no sistema de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 86-94, 2018.

SILVA, O.L.M.; TORRES, D.S.C.; HURBATH, F.; CORDEIRO, I.; RIINA, R. *Euphorbia* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB25518>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

TANVEER, A. et al. Implicações de plantas daninhas do gênero *euphorbia* na produção de culturas: uma revisão. **Planta Daninha**, v. 31, p. 723-731, 2013.

TIBURCIO, Rafael Augusto Soares et al. Controle de plantas daninhas e seletividade da flumioxazina em eucalipto. **Cerne**, v. 4, pág. 523-531, 2012.

TOLEDO, R. E. B. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, p. 319-326, 2009.

VENNILA, A.; ANNA DURAI, A.; PALANISWAMI, C. Herbicide Tolerance of Sugarcane Genotypes to Post-emergence Application of Halosulfuron Methyl and Metribuzin: An Inadvertent Preliminary Assessment. **Sugar Tech**, p. 1-11, 2021.

VICTORIA FILHO, Ricardo; CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, v. 1, n. 1, p. 32-37, 2004.

VIDAL, Ribas Antonio et al. Mecanismos de ação dos herbicidas. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**, v. 10, p. 235-256, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabelas de Análise de Variância

Tabela 8 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie *E. hyssopifolia* submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Herbicida	2	180.087545	90.043773	0.784	0.4609
Dose	6	86366.259367	14394.376561	125.350	0.0000
Herbicida*Dose	12	1220.675805	101.722984	0.886	0.5653
erro	63	7234.490525	114.833183		
Total corrigido	83	95001.513242			
CV (%)	14.04				
Média geral:	76.3458333	Número de observações:		84	

Fonte: Autor, 2024.

Tabela 9 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie *E. hyssopifolia* submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese de carotenoides.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Herbicida	1	2263.778616	2263.778616	4.840	0.0334
Dose	6	43392.540636	7232.090106	15.463	0.0000
Herbicida*Dose	6	2626.208521	437.701420	0.936	0.4797
Erro	42	19643.896625	467.711824		
Total corrigido	55	67926.424398			
CV (%)	36.53				
Média geral:	59.2023214	Número de observações:		56	

Fonte: Autor, 2024.

Tabela 10 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie *E. hyssopifolia* submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Herbicida	2	5456.417088	2728.208544	5.289	0.0075
Dose	6	64122.245914	10687.040986	20.719	0.0000
Herbicida*Dose	12	25683.185279	2140.265440	4.149	0.0001
erro	63	32495.944275	515.808639		
Total corrigido	83	127757.792556			
CV (%)	41.85				
Média geral:	54.2679762	Número de observações:		84	

Fonte: Autor, 2024.

Tabela 11 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie *E. hyssopifolia* submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese de celulose.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Herbicida	0	0.00000E+000	0.00000E+000	0.000	0.0000
Dose	6	32657.032843	5442.838807	193.789	0.0000
Erro	21	589.815825	28.086468		
Total corrigido	27	33246.848668			
CV (%)	6.37				
Média geral:	83.2189286	Número de observações:		28	

Fonte: Autor, 2024.

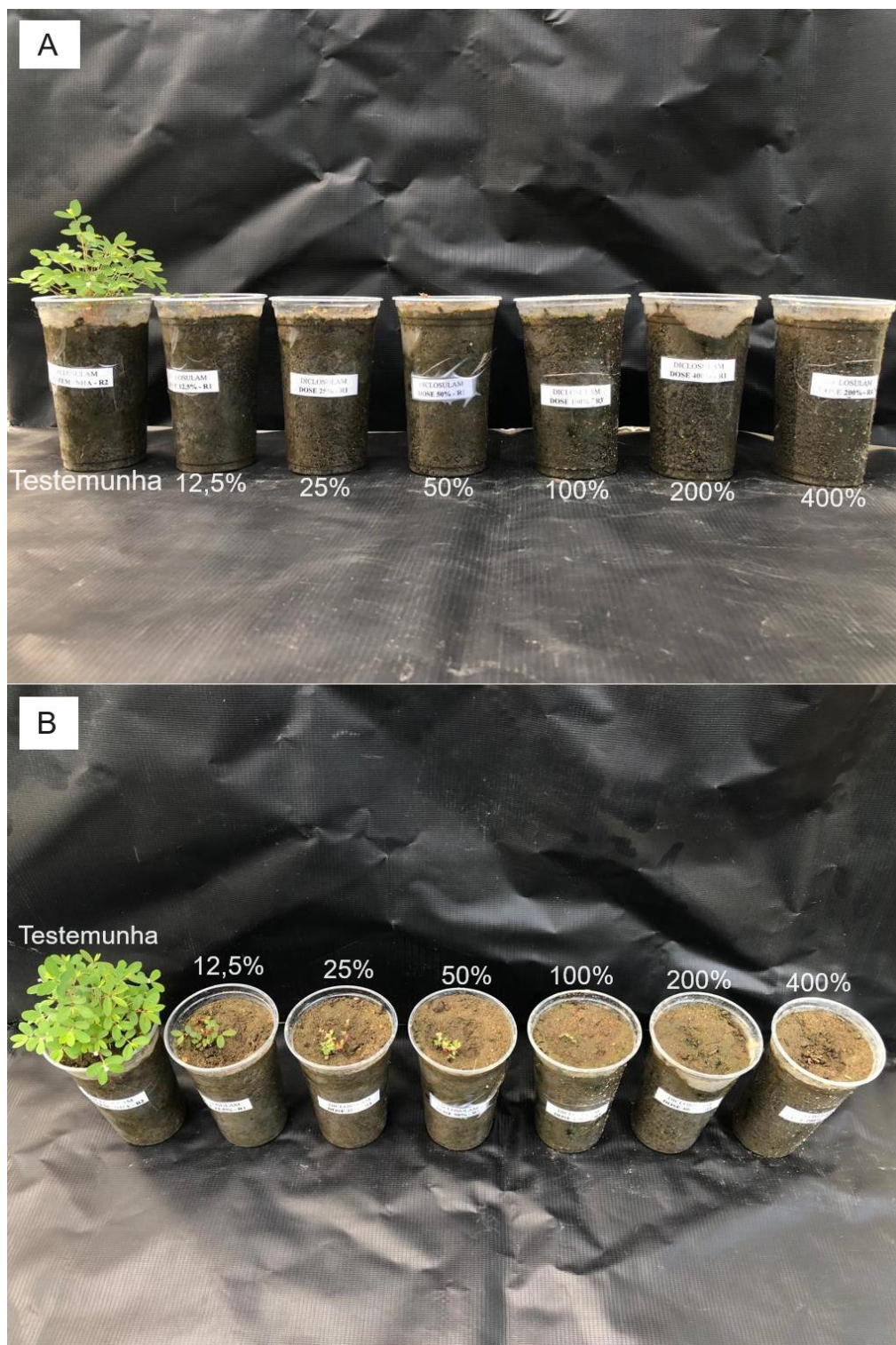
Tabela 12 - Quadro de análise de variância para o controle e massa seca aos 45 DAA da espécie *E. hyssopifolia* submetida a herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência de plantas daninhas do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Herbicida	2	2974.332371	1487.166186	4.634	0.0133
Dose	6	82856.161281	13809.360213	43.034	0.0000
Herbicida*Dose	12	7992.222612	6665.018551	2.075	0.0315
erro	63	20216.512950	320.897031		
Total corrigido	83	33246.848668			
CV (%)	23.92				
Média geral:	74.8821429	Número de observações:		84	

Fonte: Autor, 2024.

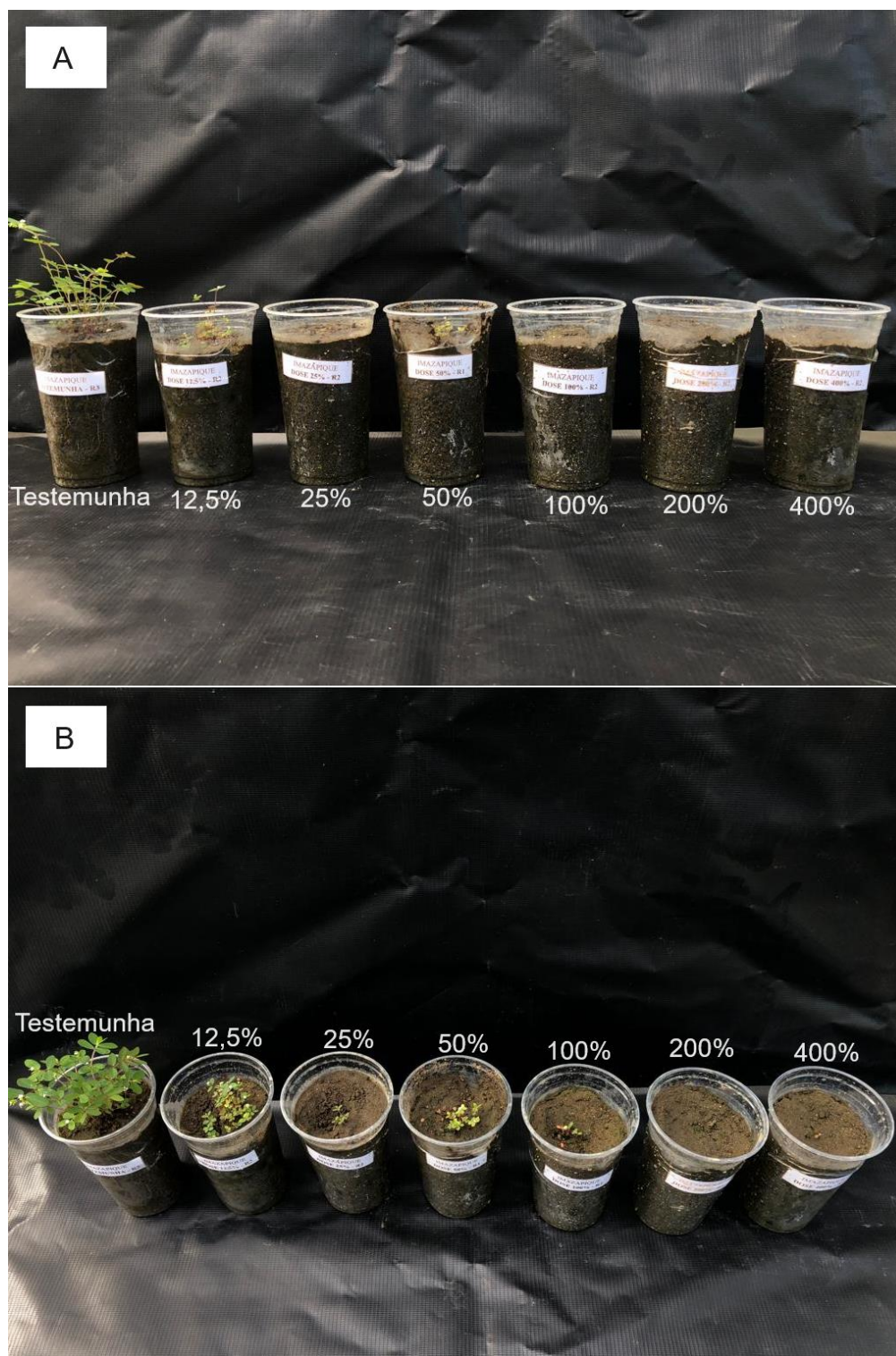
APÊNDICE B – Imagens dos experimentos dos mecanismos de ação

Figura 11 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase, ingrediente ativo diclosulam, visão frente (A) e visão de cima (B).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 12 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase, ingrediente ativo imazapique, visão frente (A) e visão de cima (B).



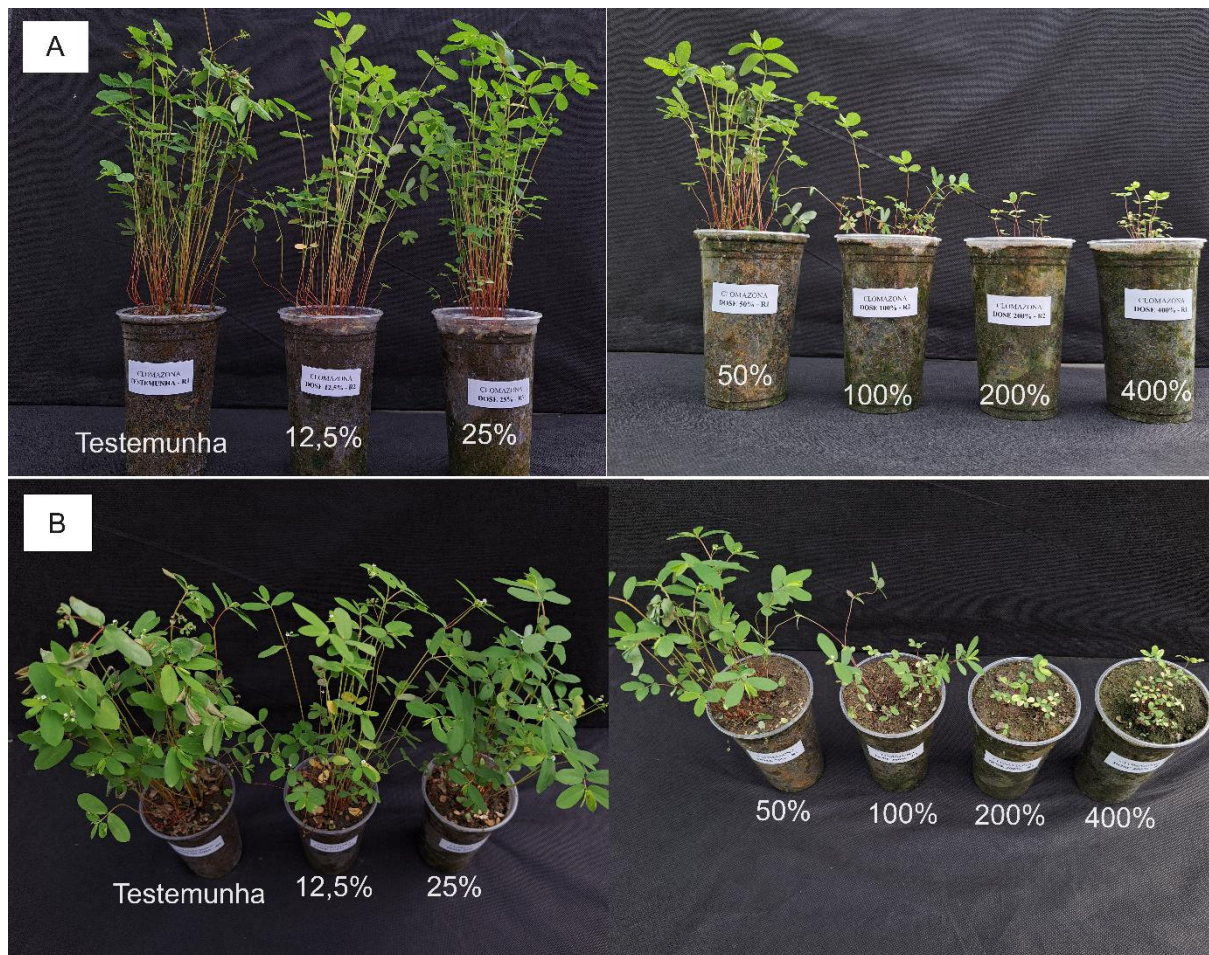
Fonte: Autor, 2024.

Figura 13 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase, ingrediente ativo metsulfurom-metílico, visão frente (A) e visão de cima (B).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 14 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores biossintese de carotenoides, ingrediente ativo clomazona, visão frente (A) e visão de cima (B).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 15 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores biossintese de carotenoides, ingrediente ativo isoxaflutole, visão frente (A) e visão de cima (B).



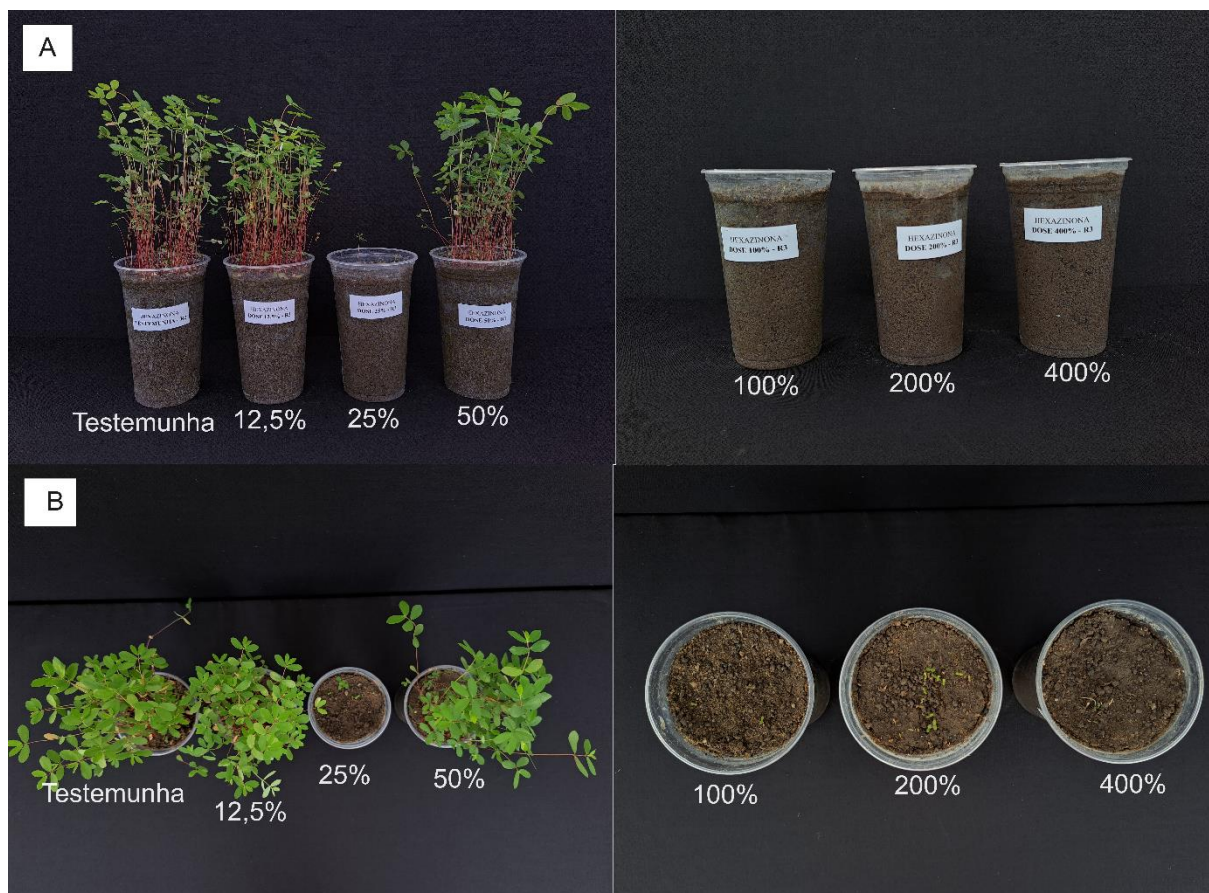
Fonte: Autor, 2024.

Figura 16 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II, ingrediente ativo amicarbazona, visão frente (A) e visão de cima (B).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 17 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II, ingrediente ativo hexazinona, visão frente (A) e visão de cima (B).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 18 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema II, ingrediente ativo tebutiuram, visão frente (A) e visão de cima (B).



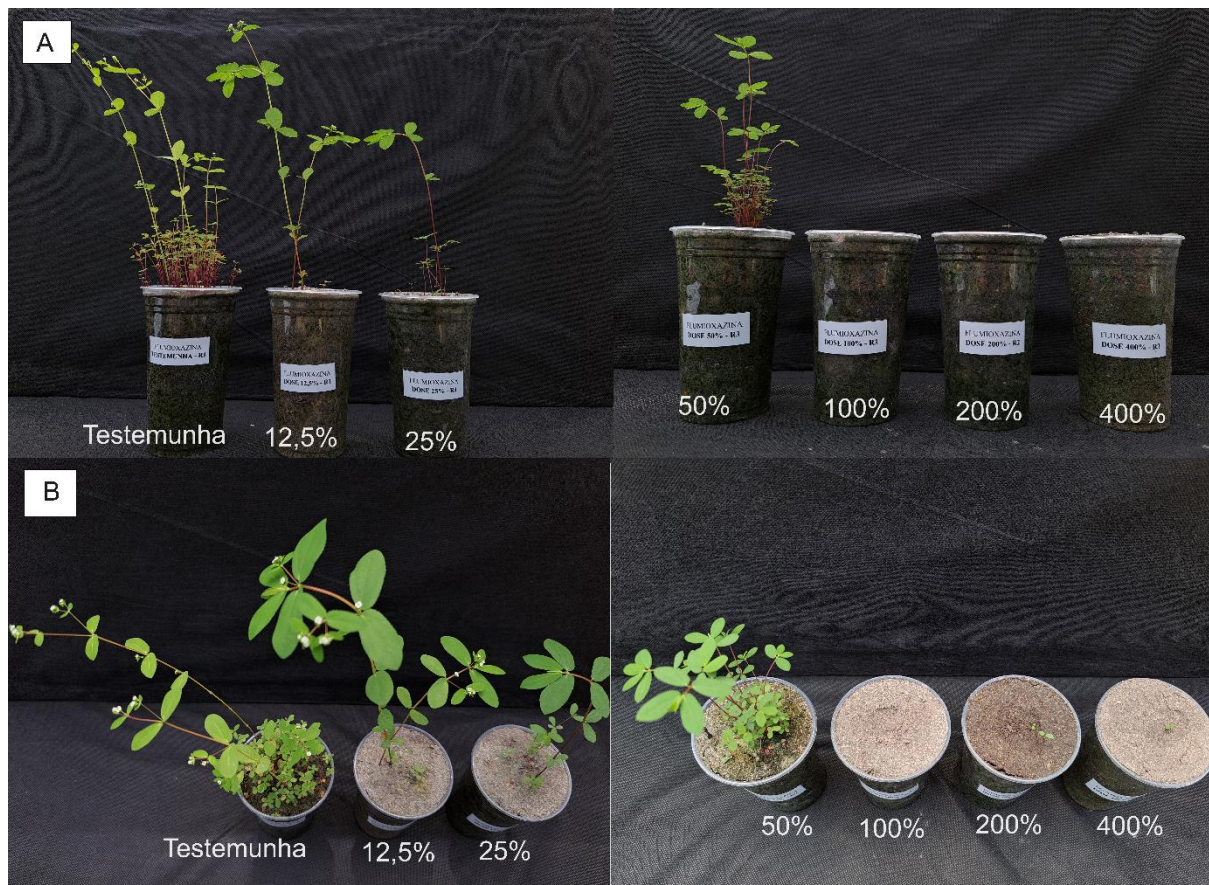
Fonte: Autor, 2024.

Figura 19 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da biossíntese da celulose, ingrediente ativo indaziflam, visão frente (A) e visão de cima (B).



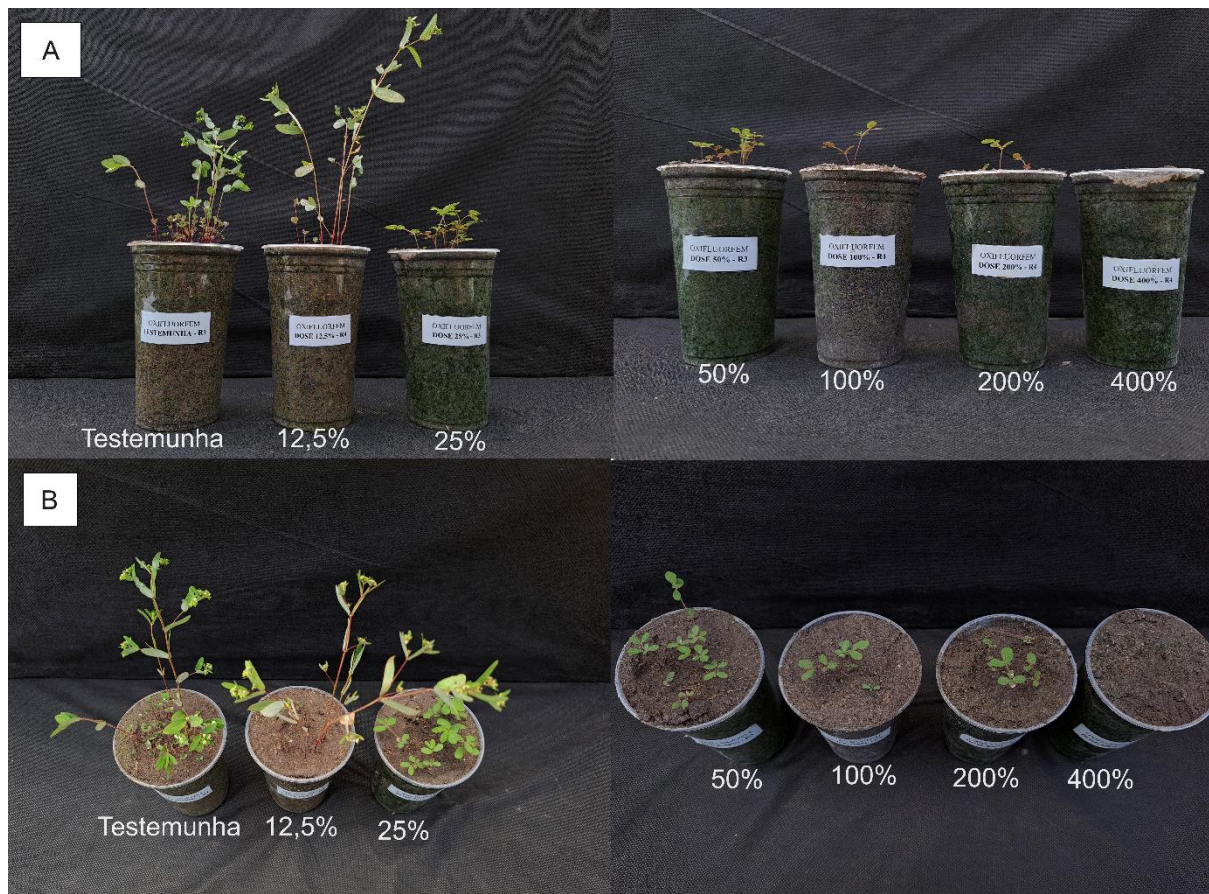
Fonte: Autor, 2024.

Figura 20 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase, ingrediente ativo flumioxazina, visão frente (A) e visão de cima (B).



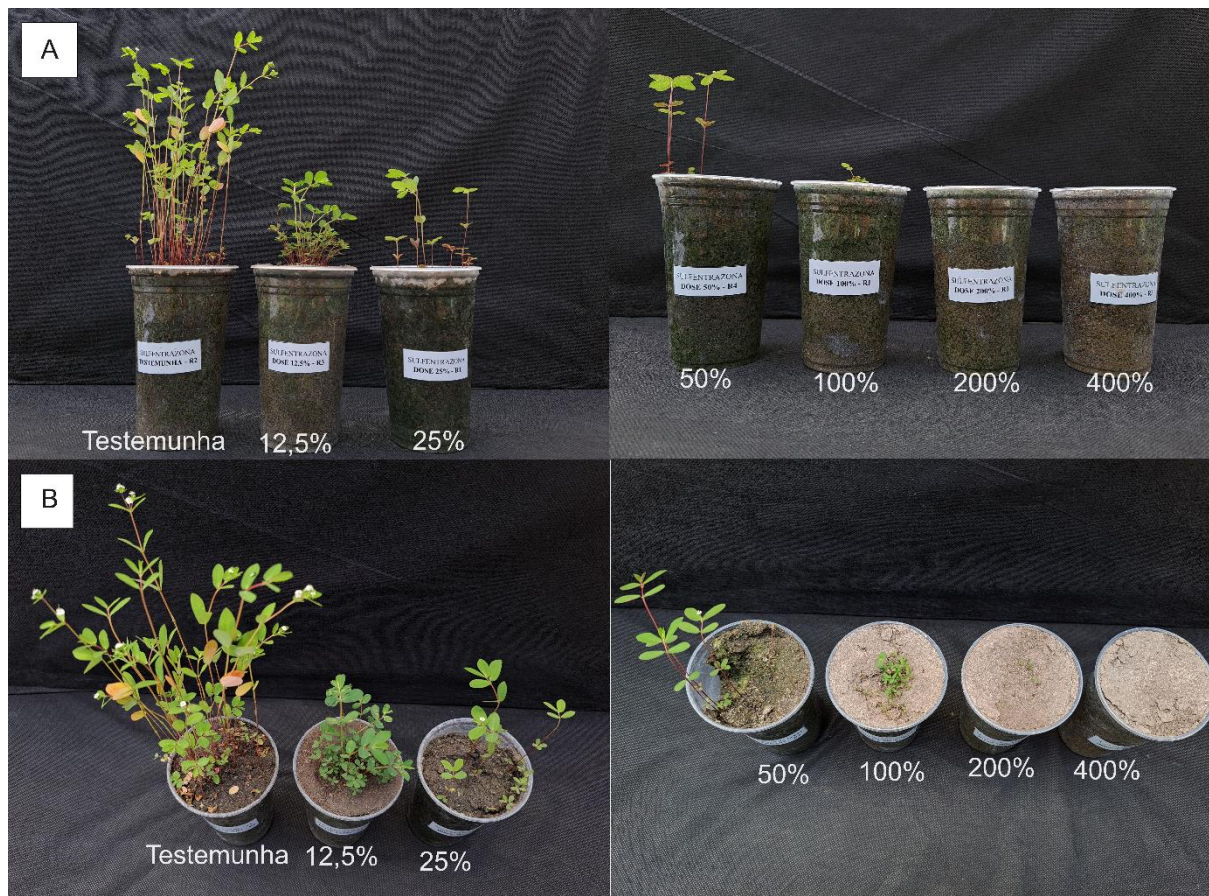
Fonte: Autor, 2024.

Figura 21 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase, ingrediente ativo oxifluorfen, visão frente (A) e visão de cima (B).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 22 - Experimento aos 45 DAA do mecanismo de ação dos inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase, ingrediente ativo sulfentrazone, visão frente (A) e visão de cima (B).



Fonte: Autor, 2024.