



**Universidade Federal do Maranhão**  
**Centro de Ciências de Chapadinha**



**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

**FITOSSOCIOLOGIA E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS DE DIFÍCIL  
CONTROLE, EM PRÉ-SEMEADURA DA SOJA**

**Pós-Graduanda:** Islana Silva Ponte

**Orientador:** Prof. Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida

**Coorientador:** Prof. Dr. Washington da Silva Sousa

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais do Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão.

**Chapadinha-MA**

**2023**

**Islana Silva Ponte**

**FITOSSOCIOLOGIA E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS DE DIFÍCIL  
CONTROLE, EM PRÉ-SEMEADURA DA SOJA**

**Aprovado em:** 28/02/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador

Prof. Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida  
Universidade Federal do Maranhão-UFMA

---

Coorientador

Prof. Dr. Washington da Silva Sousa  
Universidade Federal do Maranhão-UFMA

---

Examinador 1

Prof. Dr. Jordânio Inácio Marques  
Universidade Federal do Maranhão-UFMA

---

Examinador 2

Prof. Dr. Bruno França da Trindade Lessa  
Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Silva Ponte, Islana.

FITOSSOCIOLOGIA E MANEJO DE PLANTAS DANINHAS DE DIFÍCIL  
CONTROLE, EM PRÉ-SEMEADURA DA SOJA / Islana Silva Ponte. -  
2023.

75 f.

Coorientador(a): Washington da Silva Sousa.

Orientador(a): Edmilson Igor Bernardo Almeida.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Ciências Ambientais/ccch, Universidade Federal do  
Maranhão, Universidade Federal do Maranhão - UFMA, 2023.

1. Agricultura de precisão. 2. Controle químico. 3.  
Glycine max (L.) Merrill. I. da Silva Sousa, Washington.  
II. Igor Bernardo Almeida, Edmilson. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por todo amor incondicional, pela graça abundante e misericórdias infindas.

À toda minha família, especialmente ao meus pais, Edvan Portela da Ponte e Íris Mendes, por todo amor, ensino, apoio e pelos esforços em todos os momentos. Às minhas irmãs, Isa e Isana, por todas as palavras de amor e incentivo ao longo desta trajetória.

À Universidade Federal do Maranhão-UFMA pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação;

Ao Prof. Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida, pela orientação e apoio, essenciais para a realização do trabalho e contribuição do conhecimento adquirido.

Ao Prof. Dr. Washington da Silva Sousa, pela coorientação, apoio e incentivo, por toda sua valiosa contribuição para a execução desse estudo.

Ao Prof. Dr. Bruno França da Trindade Lessa e Prof. Dr. Jordanio Inacio Marques, pela colaboração e disponibilidade de participação na Banca Examinadora.

Ao professor, Prof. Dr. Gregori Ferrão, pelo incentivo, oportunidades e ensinamentos no decorrer do meu mestrado.

Aos grupos de pesquisa, Núcleo de Estudos e Pesquisa em Fitotecnia (NEPF) e Grupo de Estudo em Tecnologia e Agricultura Digital (GETAD), por toda estrutura, apoio e conhecimentos compartilhados.

À CAPES e FAPEMA, pelo apoio financeiro.

À Fazenda Unha-de-Gato e a Fazenda São Bernardo, nas pessoas de seu César e Lucas Introvini, por disponibilizarem sua propriedade para a realização deste trabalho, bem como a Inovagro Consultoria por disponibilizar material e recursos humanos para contribuição da pesquisa.

A todos que participaram deste trabalho de forma direta ou indireta contribuindo para o seu desenvolvimento.

Muito Obrigada!

## ÉPIGRAFE

“Sem experiência a sabedoria é limitada”.

(Yeshua Bem Sirach)

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	13
1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
1.1.1 Cultura da soja.....	13
1.1.2 Interferência de plantas daninhas .....	13
1.1.3 Levantamento de plantas daninhas .....	14
1.1.4 Controle químico de plantas daninhas .....	16
1.1.5 Plantas daninhas de difícil controle .....	22
1.2 OBJETIVOS .....	26
1.2.1 Geral.....	26
1.2.2 Específicos .....	26
1.3 REFERÊNCIAS .....	27
CAPÍTULO II - FITOSSOCIOLOGIA E DESSECAÇÃO PRÉ-SEMEADURA DA SOJA, COM FERRAMENTAS ANALÍTICAS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO .....	34
2.1 INTRODUÇÃO.....	35
2.2 METODOLOGIA .....	36
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
2.4 CONCLUSÃO .....	49
2.5 REFERÊNCIAS .....	43
CAPÍTULO III - USO DE 2,4-D E FLUMIOXAZINA, ISOLADOS E EM MISTURA COM GLIFOSATO, NO CONTROLE DE <i>SENNA OBTUSIFOLIA</i> , <i>ELEUSINE INDICA</i> E <i>PORTULACA OLERACEAE</i> , EM PRÉ-SEMEADURA DA SOJA.....	55
3.1 INTRODUÇÃO .....	56
3.2 METODOLOGIA .....	58
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	60
3.4 CONCLUSÃO .....	69
3.5 REFERÊNCIAS .....	69
CAPÍTULO IV .....	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS .....	75

## LISTA DE SIGLAS

A	Abundância
AR	Abundância relativa
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
D	Densidade
DAA	Dias após a aplicação
DR	Densidade relativa
F	Frequência
FR	Frequência relativa
GLI	<i>Green leaf index</i>
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
PAI	Período anterior à interferência
PCPI	Período crítico de prevenção à interferência
PTPI	Período total de prevenção à interferência
VANT	Veículo aéreo não tripulado

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 02- Fitossociologia e dessecação em pré-semeadura da soja, com ferramentas analíticas da agricultura de precisão**

- Figura 1:** (A) Dados de precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C), registrados para a microrregião de Chapadinha, entre os meses de dezembro de 2021 e janeiro de 2022. (B) Dados de precipitação pluviométrica registrados por pluviômetro posicionado no talhão experimental.....37
- Figura 2:** Densidade da infestação de plantas daninhas por classe botânica, no período de pré-dessecação da soja .....42
- Figura 3:** Mapas da distribuição espacial de plantas daninhas por classe botânica em pré-dessecação. Os resultados foram em densidade absoluta ( $pl\ m^{-2}$ ), em que (A): monocotiledôneas, (B): eudicotiledôneas. Mata Roma, Maranhão, Brasil, 2022 .....42
- Figura 4:** Índice de valor de importância das espécies infestantes no período de pré-dessecação em lavoura comercial de soja .....43
- Figura 5:** Mapeamento aéreo (com drone) da eficiência de controle de plantas daninhas, em 13 tratamentos, na fase pré-semeadura da soja. 5A: ortomosaico da área de estudo com a representação das 13 parcelas experimentais, sendo que T1 é a testemunha, T2 glifosato, T3: glifosato + glufosinato, T4: glifosato + fomesafen, T5: glifosato + flumioxazina, T6: glifosato + diclosulam, T7: glifosato + imazetapir, T8: glifosato + carfentrazona – etílica, T9: glifosato + saflufenacil, T10: glifosato + imazetapir + flumioxazina, T11: glifosato + flumioxazina + carfentrazona-etílica, T12: glufosinato + flumioxazina e T13: glufosinato + saflufenacil. 5B: mapa com índice de vegetação GLI. 5C: imagem com as daninhas classificadas pelo modelo k-means. 5D: Porcentagem de ocupação de plantas daninhas para cada tratamento em ordem crescente de ocupação na área experimental. \*Moléculas: Car: Carfentrazona-etílica, Dic: Diclosulam, Flu: Flumioxazina, Fom: Fomesafen; Gli: Glifosato, Glu: Glufosinato, Ima: Imazetapir,Saf:Saflufenacil .....45
- Figura 6:** Eficiência de controle de plantas daninhas (%) em lavoura comercial de soja, aos 10 dias após à aplicação (DAA), sob efeito de diferentes moléculas. \* n - representa plantas daninhas não identificadas na parcela, após aplicação, perfazendo plantas controladas e/ou ausentes, não germinadas/rebrotadas .....47

**Figura 7:** Eficiência de controle sobre classes botânicas (%), aos 10 DAA, sob efeito de diferentes herbicidas. \*n – representa plantas daninhas não identificadas na parcela, após aplicação, perfazendo plantas controladas e/ou ausentes, não germinadas/rebrotadas. \*Moléculas: Car: Carfentrazona-etílica, Dic: Diclosulam, Flu: Flumioxazina, Fom: Fomesafen; Gli: Glifosato, Glu: Glufosinato, Ima: Imazetapir, Saf: Saflufenacil. ....48

### **CAPÍTULO 03 - Uso de 2,4-D e flumioxazina, isolados e em mistura com glifosato, no controle de *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae*, em pré-semeadura da soja**

**Figura 1:** Dados de precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C), registrados para o município de Buriti (MA), entre 06 e 20 de dezembro de 2021.... 30

**Figura 2:** Caracterização da infestação de plantas daninhas, por densidade e classe botânica no período de pré-dessecação.....35

**Figura 3.** Índice de valor de importância de plantas daninhas no período de pré-dessecação em lavoura comercial de soja.....63

**Figura 4** – Porcentagem de controle dos herbicidas 2,4-D, 2,4-D + glifosato, glifosato + flumioxazina, flumioxazina, sobre plantas daninhas monocotiledôneas e eudicotiledôneas, em lavoura comercial de soja, aos 10 DAA (dias após a aplicação) .....64

**Figura 5:** Porcentagem de controle dos herbicidas 2,4-D, 2,4-D + glifosato, flumioxazina, glifosato + flumioxazina, sobre *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae*, em lavoura comercial de soja, aos 10 DAA (dias após a aplicação). ....65

**Figura 6:** Mapeamento da dessecação pré-semeadura da soja, através de imagem de satélite Sentinel-2. Os resultados foram expressos em índice NDVI. Em que T1, T2, T3, T4 refere-se as aplicações de 2,4-D, glifosato+2,4-D, glifosato+ flumioxazina e flumioxazina, respectivamente. A Figura 6 a, b e c referem-se ao tipo de imagem visível (RGB) que correspondem à figura 6 d,e e f de índices de NDVI, respectivo às datas de 20 de novembro, 15 de dezembro e 20 de dezembro de 2021 .....67

**Figura 7:** Valores médios do NDVI em função de diferentes tratamentos utilizados na dessecação pré-semeadura da soja.....68

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 02- Fitossociologia e dessecação em pré-semeadura da soja, com ferramentas analíticas da agricultura de precisão**

**Tabela 1:** Análise química de solo no talhão experimental, em profundidades de 0 a 10 cm, e 10 a 20 cm .....36

**Tabela 2:** Descrição dos tratamentos, em termos de ingrediente ativo (i.a.), dose do produto comercial (p.c. ha-1) e do ingrediente ativo (i.a. ha-1). Mata Roma, Maranhão, Brasil, 2022 .....38

**Tabela 3:** Relação de plantas daninhas quanto a família, gênero, espécie, classe botânica, ciclo de vida e forma de reprodução. Levantamento realizado em lavoura comercial de soja em pré-semeadura e pré-dessecação, Mata Roma, Maranhão, Brasil .....40

### **CAPÍTULO 03 - Uso de 2,4-D e flumioxazina, isolados e em mistura com glifosato, no controle de *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae*, em pré-semeadura da soja**

**Tabela 1.** Tratamentos e respectivas doses aplicadas para controle de plantas daninhas. Buriti (MA), 2022 .....58

**Tabela 2.** Escala utilizada para avaliação da eficiência de controle de plantas daninhas .....60

**Tabela 3.** Relação de plantas daninhas quanto a família, gênero, espécie, classe botânica. Levantamento realizado em lavoura comercial de soja em pré-semeadura e pré-dessecação, Buriti, Maranhão, Brasil.....61

## RESUMO

### **Fitossociologia e manejo de plantas daninhas de difícil controle, em pré-semeadura da soja**

A soja é uma das culturas mais relevantes da economia mundial e tem se consolidado como a de maior importância para o Brasil, apresentando diversos fatores limitantes ao seu rendimento potencial, dentre estes, as plantas daninhas. O período anterior à semeadura e emergência da cultura é um dos mais importantes, por isso a dessecação em pré-semeadura é fundamental. Nesse sentido, estabelecer alternativas para maior espectro de controle de plantas daninhas é essencial para a sustentabilidade do sistema de manejo. Diante do manejo reativo nas lavouras, com o uso contínuo do glifosato para controle das plantas daninhas objetivou-se avaliar a eficiência de herbicidas na fase pré-semeadura da soja. O experimento foi conduzido em lavoura comercial, realizado em delineamento de blocos casualizados, em arranjos de faixas. O levantamento de plantas daninhas foi realizado em pré-dessecação, através de quadrado inventário, com uso de ferramentas analíticas convencionais e com ferramentas da agricultura de precisão (VANT). A partir disso, foi estimado índices fitossociológicos que englobaram a densidade, frequência, abundância, valor de importância e variabilidade espacial das classes botânicas. A eficiência de controle foi estimada por método convencional e através de imagens aéreas obtidas com VANT e por satélite Sentinel-2. O uso de ferramentas da agricultura de precisão mostraram-se eficazes para o monitoramento da dinâmica espacial (análise geoestatística) e eficiência de controle (mapeamento aéreo com VANT) de plantas daninhas, em pré-semeadura da soja. As associações dos herbicidas mostraram-se como potenciais alternativas para rotação de mecanismos de ação e manejo preventivo das plantas daninhas em pré-semeadura da soja. O uso do sensoriamento remoto (imagem de satélite Sentinel-2) em fase de pós-dessecação, expressos por valores médios do índice de NDVI, demonstraram complementariedade aos dados obtidos pelo método convencional, no mapeamento da dessecação de plantas daninhas.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill, controle químico, agricultura de precisão.

## ABSTRACT

### **Phytosociology and management of difficult-to-control harmful plants, in pre-seed of soybeans**

Soybean is one of the most important crops in the world economy and has been consolidated as the most important for Brazil, presenting several limiting factors to its potential yield, among them, weeds. The period prior to sowing and emergence of the crop is one of the most important, so pre-sowing desiccation is essential. In this sense, establishing alternatives for a greater spectrum of weed control is essential for the sustainability of the management system. In view of reactive management in crops, with the continuous use of glyphosate to control weeds, the objective was to evaluate the efficiency of herbicides in the pre-sowing phase of soybean. The experiment was carried out in a commercial crop, carried out in a randomized block design, in strip arrangements. The weed survey was carried out in pre-desiccation, through square inventory, using conventional analytical tools and precision agriculture tools (UAV). From this, phytosociological indices were estimated that encompassed the density, frequency, abundance, importance value and spatial variability of the botanical classes. The control efficiency was estimated by conventional method and through aerial images obtained with UAV and Sentinel-2 satellite. The use of precision agriculture tools proved to be effective for monitoring the spatial dynamics (geostatistical analysis) and control efficiency (aerial mapping with UAV) of weeds, in soybean pre-sowing. Herbicide associations proved to be potential alternatives for rotating mechanisms of action and preventive management of weeds in soybean pre-sowing. The use of remote sensing (Sentinel-2 satellite image) in the post-desiccation phase, expressed by mean values of the NDVI index, demonstrated complementarity to the data obtained by the conventional method, in mapping the desiccation of weeds.

**Keywords:** *Glycine max (L.) Merrill*, chemical control, precision agriculture

## CAPÍTULO I

### 1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 1.1.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura que tem como centro de origem o continente asiático, principalmente na região do rio Yangtse, na China (Thomas e Costa, 2010). A cultura atual resulta da evolução de sucessivos processos de melhoramento de genótipos ancestrais, no decorrer de anos de muitas pesquisas científicas. Esse processo iniciou-se naturalmente entre espécies selvagens, que logo depois, o homem passou a direcionar melhoramento genético visando obter as características mais desejadas (EMBRAPA, 2003, NEHRING, 2022).

A soja encontrou no Brasil excelentes condições para uma rápida expansão. No final da década de 60, o Brasil começou a enxergar a soja como um produto comercial, fato que posteriormente influenciaria no cenário mundial de produção do grão. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica, sendo produzidas cerca de 500 mil toneladas no País (EMBRAPA, 2003).

A produção brasileira de grãos na safra 2021/22 alcançou destaque a nível mundial. No país, a safra de grãos em 2022/23 indica um volume de produção de 313 milhões de toneladas, aumento de 15,5% se comparado com o resultado obtido no último ciclo. A soja continua como o grande destaque dentre as culturas, a oleaginosa apresenta tendência de aumento tanto de área cultivada como de produção. Para o estado do Maranhão a produção de soja deverá crescer 5,5%, podendo chegar a 3,77 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

#### 1.1.2 Interferência de plantas daninhas

Blanco (1972) afirma que planta daninha é toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interfira prejudicialmente nas atividades agropecuárias. As plantas daninhas proporcionam grandes prejuízos para a cultura da soja, na redução da produtividade, perda da qualidade do produto agrícola, maior dificuldade e custo do manejo agrícola, de acordo com a espécie, o nível de infestação e sua distribuição na lavoura (FRIED et al., 2017).

As plantas daninhas podem prejudicar a cultura de interesse econômico através da competição por luz, água e nutrientes, além de atuar como hospedeiras de pragas e doenças. Outra forma de afetarem diretamente na cultura é por meio da liberação de substâncias aleloquímicas, as quais podem prejudicar a germinação de sementes, crescimento e o

desenvolvimento da cultura (BUENO et al., 2013). De acordo com Ronchi et al. (2010), o modo correto de se interferir na competição entre as plantas daninhas e a cultura seria neutralizá-la apenas nas épocas adequadas, ou seja, nos períodos em que as plantas daninhas competem efetivamente e prejudicam a produção.

Neste contexto merecem destaque os conhecimentos sobre o período anterior à interferência (PAI), período total de prevenção à interferência (PTPI) e o período crítico de prevenção à interferência (PCPI). O PAI refere-se ao período que a cultura pode conviver com as plantas daninhas sem que haja prejuízos; PTPI é o tempo após ao plantio ou da emergência, em que a cultura deve permanecer livre das plantas daninhas para que não causem redução na produtividade; PCPI é o período que se estende do final do PAI até o final do PTPI, em que a convivência das plantas daninhas com a cultura de interesse pode causar perdas significativas (SILVA et al., 2014).

Assim, a intensidade dos efeitos diretos e indiretos, decorrentes da presença das plantas daninhas sobre as atividades humanas, determina o grau de interferência. Que por sua vez, é influenciado por fatores bióticos e abióticos, e são condicionados por fatores edafoclimáticos. Destacam-se os seguintes componentes do grau de interferência em ambientes agrícolas: comunidade infestante, cultura agrícola, manejo da área e período de convivência com as culturas agrícolas (PITELLI, 1985).

### **1.1.3 Levantamento de plantas daninhas**

O levantamento fitossociológico refere-se ao estudo das relações entre a ocorrência das plantas daninhas e o método de manejo utilizado em comunidade infestante (Erasmus; Pinheiro; Costa, 2004). É uma importante ferramenta para se conhecer a dinâmica das espécies e suas inter-relações no espaço e no tempo. É um importante método de avaliação ecológica com o objetivo de fornecer uma visão compreensiva tanto da composição como da distribuição de espécies vegetais em uma certa comunidade florística (CONCENÇO et al., 2013).

No estudo das plantas daninhas, para obter os índices fitossociológicos, é utilizado o método do quadrado vazado lançado aleatoriamente na área de estudo, em seguida as espécies são identificadas e contadas. Em cada amostra, as plantas daninhas são quantificadas e classificadas quanto à família, ao gênero e à espécie. Com os dados da classificação e quantificação das espécies coletadas é possível calcular as seguintes variáveis fitossociológicas: frequência (F), que determina a distribuição das espécies na área; frequência relativa (FR), densidade (D), que determina a quantidade de plantas por espécie por unidade de área; densidade relativa (DR); abundância (A), que determina a concentração das espécies na área; abundância relativa (AR); Índice de Valor de Importância (IVI) (Carvalho et al., 2013a) . A

partir da análise fitossociológica são obtidos parâmetros que subsidiam informações quanto a dinâmica e estrutura da comunidade vegetal, e em geral quanto ao conhecimento da florística presente.

No manejo de plantas daninhas, o mapeamento de populações de plantas é muito utilizado na agricultura de precisão. A distribuição e mapeamento de plantas daninhas nas áreas de cultivo auxiliam na tomada de decisão e método de controle a ser adotado (Christensen et al., 2011). O uso de tecnologias geoespaciais está cada vez mais avançado nas práticas de controle de ervas daninhas. As plantas daninhas normalmente se espalham por apenas alguns pontos do campo, e se faz necessário um mapa preciso da cobertura de ervas daninhas para uma pulverização precisa de herbicida. Os drones podem coletar imagens e dados de todo o campo para criar um mapa preciso da cobertura de ervas daninhas que mostra onde os produtos químicos são necessários (ROSLIM et al. 2021).

De acordo com Saha et al. (2018) o drone na agricultura é uma solução viável devido à sua maior precisão, eficiência e capacidade de superar vários obstáculos quanto ao maquinário tradicional. Os drones são mais fáceis de usar, eficientes e podem ser operados pelos agricultores para coletar dados precisos e em tempo real. Através da localização, mapeamento e análise de imagens de alta resolução capturadas pelo drone, pode ser possível uma gestão mais eficiente das culturas. Segundo Anzileiro (2021) a tecnologia de uso de VANT na agricultura pode diminuir consideravelmente o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, através do monitoramento e gerenciamento preciso e preditivo das culturas para a tomada de decisão.

A agricultura de precisão pode ser entendida como um sistema de gerenciamento da produção, tendo como base na variabilidade espaço-temporal das áreas agrícolas, como objetivo de ter uma maior sustentabilidade, otimização do lucro e diminuir os efeitos negativos ao meio ambiente, viabilizando um manejo proativo, tendo em vista também o uso mais racional dos insumos (Rodríguez et al., 2012; López; Mulero-Pázmány, 2019). A agricultura de precisão está gerando uma revolução na agricultura convencional, por contemplar a aplicação da tecnologia de informação aos processos produtivos (PESSI et al., 2021).

Inoue (2020) indica que um dos mais vantajosos aspectos do sensoriamento remoto por satélite é a capacidade de adquirir dados de imagem de alta resolução em grandes áreas rapidamente. É possível a aquisição de imagens coloridas ou imagens multiespectrais, assim como a formulação de mapas simples de índices espectrais, como Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). A utilização dos VANTs vem crescendo ainda mais quanto às aeronaves equipadas com câmeras, pois a disponibilidade de imagens, combinada com técnicas

computacionais, melhora a qualidade dos dados utilizados para apoio à decisão no manejo de plantas daninhas (HUANG ET AL., 2018)

Muitas atividades de gerenciamento nas lavouras, são otimizadas com o uso dos drones, pois o sensoriamento remoto e todas aspectos obtidos de informações aumentam muito a eficiência das aplicações de mão-de-obra e materiais, com reduzido custo financeiro na agricultura de precisão (Bansod et al., 2017). Quanto a isso, pode-se ressaltar o controle local de ervas daninhas específicas, que segundo Inoue (2020) é possibilitada pela combinação de imagens de diagnóstico e pulverização de precisão baseada em drones, ajudaria os agricultores a reduzir o consumo de pesticidas, o risco à saúde dos aplicadores e os impactos no ambiente natural.

#### **1.1.4 Controle químico de plantas daninhas**

Numa cultura de interesse econômico, o manejo de plantas daninhas refere-se a utilização de práticas que viabilizem a redução da comunidade infestante presente na lavoura de forma a minimizar sua interferência. Dentre estas práticas estão o controle preventivo, que utiliza métodos preventivos contra a proliferação das espécies na área ou mesmo a entrada de novas espécies de plantas daninhas; o controle cultural, que utiliza os aspectos fenológicos da própria cultura para supressão da matocompetição; o controle mecânico, que são práticas físico mecânicas, no uso de instrumentos no corte ou arranque de plantas daninhas, e o controle químico, que consiste no uso de produtos químicos, os herbicidas (ROCHI et al., 2010).

De acordo com Santos (2021), o controle químico de plantas daninhas é o método mais utilizado, principalmente em grandes áreas de cultivo. Os herbicidas causam modificações no metabolismo, que ocasionam danos no desenvolvimento e crescimento das plantas, podendo resultar na morte delas. Estes podem ser classificados de acordo com a sua translocação na planta, em herbicidas de contato ou sistêmico; conforme a sua seletividade, sendo seletivos ou não à cultura de interesse; o espectro de ação, que pode ser seletivo e não seletivo e época de aplicação, os quais podem ser aplicados antes do plantio, em pré-plantio incorporado (PPI), em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas, e em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas (CARVALHO, 2013b).

Considera-se que para que haja controle químico efetivo é necessário a inclusão de outros métodos complementares. Isto gera além de eficiência, maior economia e diminuição de impactos ambientais, minimizando os efeitos negativos das plantas daninhas. Assim, as estratégias que são utilizadas junto ao método químico, permitem a redução da utilização de herbicidas num sistema de manejo integrado (Nunes et al., 2010). Ademais, no controle

químico, o ideal para manter a eficácia dessa ferramenta na lavoura, evitando o desenvolvimento de biótipos resistentes, é fazer uso do método “proativo”, que inclui o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, quando possível a utilização de controle mecânico e somar estratégias de manejo integrado de plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2016).

Existem herbicidas seletivos ou não à cultura de interesse econômico, os quais podem ser aplicados na dessecação pré-plantio, em pré-plantio incorporado, em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas e em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas (CONSTANTIN, 2011).

Em pré-plantio, os herbicidas têm como finalidade a dessecação de plantas daninhas para preparação da área antes da semeadura da cultura. Espera-se que nesse período o produto aplicado proporcione controle da infestação presente, a emergência da cultura no limpo, reduzindo sobremaneira a interferência de plantas daninhas no início do ciclo cultural, além de propiciar melhores condições para a germinação e a emergência da cultura (OLIVEIRA, 2006; CONSTANTIN, 2007).

Tendo em vista a ação eficiente dos herbicidas no manejo, com ou sem o uso de ingredientes ativos de efeito residual, destacam-se os princípios ativos: glifosato, glufosinato, fomesafen, carfentrazone, saflufenacil, imazetapir, 2,4-D, diclosulam e flumioxazina (FOLONI et al., 2006; ALONSO et al., 2013).

Existem diversos tipos de herbicidas, com diferentes mecanismos de ação e modos de aplicação distintos. Quanto ao mecanismo de ação, segundo Lorenzi (2014), os principais herbicidas comercializados no Brasil são classificados como inibidores enzimáticos e não-enzimáticos. Alguns desses herbicidas tem mecanismos de ação que inibem enzimas como: inibidores de 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS – glifosato), inibidor da glutamina sintase (GS- glufosinato), inibidores de acetolactato sintase (ALS – ex: diclosulam, imazetapir), inibidores de protoporfirinogênio IX oxidase (PROTOX – ex: carfentrazone-etílica, flumioxazina, saflufenacil, fomesafen). Dentre os herbicidas inibidores não-enzimáticos, existem as auxinas sintéticas (ex: 2,4-D).

### **Inibidores de 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS): Glifosato**

É um dos herbicidas mais utilizados no mundo, atua em plantas daninhas em culturas tanto em pré quanto em pós-emergência. O glifosato é um herbicida sistêmico, não seletivo às culturas. É usado no manejo de plantas daninhas anuais e perenes, plantas daninhas de folha larga, gramíneas. Seu mecanismo de ação primário atua na inibição da enzima 5-enolpiruvato-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) e tem como ingrediente ativo o N-

(fosfonometil) glicina (glyphosate). São várias as formulações do glifosato: sal de isopropilamina, sal de potássio, sal de amônio (YAMADA e CASTRO, 2007; RODRIGUES, 2016).

O glifosato e também seus sais são muito solúveis em água e quase insolúveis em solventes orgânicos. Não é considerado persistente como a maioria dos herbicidas, pois possui meia vida no solo relativamente baixa. O coeficiente de partição  $K_{ow}$  de  $-\log 0,17 \times 10^{-2}$  indica que o glifosato é pouco solúvel em meio orgânico. O valor de  $K_{oc}$  para o glifosato indica que este tem uma grande adsorção ao solo (PPDB, 2021).

### **Inibidor da glutamina sintase: glufosinato**

O glufosinato é um herbicida amplamente utilizado na agricultura em escala mundial, destaca-se por ser uma alternativa para o manejo de plantas daninhas resistentes ao glifosato (Brunharo et al., 2014). Diante do uso intensivo de glifosato, houve a seleção de muitos biótipos resistentes e/ou tolerantes de espécies de plantas invasoras, constituindo-se em um grande desafio para o manejo nas culturas (VARGAS et al., 2013).

O glufosinato de amônio é um herbicida de contato, não-sistêmico, amplamente utilizado em culturas perenes, dessecação pré-plantio ou em pós-emergência de culturas anuais. É recomendado para inúmeras espécies de monocotiledôneas e eudicotiledôneas (Creech et al., 2015). Esta molécula age nas folhas inibindo a glutamina sintase, desregulando o nitrogênio e metabolismo, assim ocorre um acúmulo de amônio na célula, bloqueio da fotossíntese, finalmente causando a morte da planta (SAUER et al., 1987).

A molécula glufosinato é um ácido fraco que possui grande solubilidade em água [ $1,37/106 \text{ mg L}^{-1}$  coeficiente de partição N- octanol/água ( $K_{ow}$ )  $< 0,1$ ], não volátil (pressão de vapor  $< 0,1 \text{ mPa}$ ) (Rodrigues; Almeida, 2011). Apresenta lixiviação no solo, onde é degradado rapidamente, no que resulta em baixa persistência, com o tempo de meia-vida em campo por volta de 7 dias, variação de sete a vinte dias (ROMAN et al., 2005; TAYEB et al., 2017).

### **Inibidores de acetolactato sintase (ALS):**

#### **Diclosulam**

O diclosulam é do grupo químico das triazolopirimidina sulfonilidas, é um pré-emergente seletivo para a cultura da soja, recomendado para controle de dicotiledôneas em pré-plantio incorporada ou em pré-emergência na cultura da soja (RODRIGUES e ALMEIDA, 1998).

O herbicida diclosulam atua na inibição da ação da enzima acetolactato sintetase. Esta enzima é responsável pela biossíntese dos aminoácidos essenciais valina, leucina e isoleucina em microrganismos e plantas e quando é inibida paralisa a divisão celular, reduz a

quantidade de aminoácidos. Pode haver acúmulo de acetohidroxi-butirato e diminuição na translocação de assimilados, o que pode causar um efeito que leva as plantas suscetíveis a esses produtos à morte (ROMAN et al., 2007; COOB e READE, 2010).

É um herbicida ionizável, de caráter ácido, com disponibilidade dependente do pH da solução. A meia-vida do diclosulam é de 60 a 90 dias, dependendo das condições de clima e solo e seus valores de log Kow variam de -0,448, em pH 9, a 1,42, em pH 5, indicando também baixa hidrofobicidade. Inibidores de ALS possuem lipofilicidade intermediária e comportamento de ácido fraco, assim possuem deslocamento facilitado na planta xilema e floema, além de baixa adsorção pelos colóides do solo, tornando-o disponível facilmente na solução do solo (YODER et al., 2000, ROMAN et al., 2007).

### **Imazetapir**

O Imazetapir é um herbicida seletivo pertencente ao grupo químico das imidazolinonas utilizado nas plantas infestantes das culturas de soja, arroz irrigado, feijão e milho. É recomendado para o controle das plantas daninhas de folhas largas bem como de gramíneas infestantes através da inibição da enzima acetolactato sintase, interferindo na síntese de DNA e crescimento celular (YASSUMOTO et al., 2007; CHRISTOFOLETTI e LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

Estes produtos são absorvidos pelas raízes e folhas, sendo translocado via xilema e floema, acumulando-se nos pontos de crescimento das plantas. Possui comportamento no solo dependente do pH, sendo que em pH próximo ao alcalino o herbicida tende estar na forma dissociada, o que aumenta sua mobilidade no solo, associado à meia-vida de 60 dias. A solubilidade em água é de 1400 mg/L a 25 °C, pKa de 2,1 e 3,9 e Kow de 11 (pH 5,0), 31 (pH 7,0) e 16 (pH 9,0). Os sintomas mais comuns são cloroses foliar, morte do ponto de crescimento e por fim a morte total das plantas daninhas (ROMAMN et al. 2007; TAIZ e ZIEGER, 2009).

### **Inibidores de protoporfirinogênio IX oxidase (PROTOX):**

#### **Flumioxazina**

O princípio ativo flumioxazina é um herbicida de contato, pertence ao grupo químico n-feniltalimidas, amplamente utilizado em pré-emergência e pós-emergência, no controle de infestantes de folhas largas e de monocotiledôneas em diversas culturas (DAYAN et al. 1997; RODRIGUES e ALMEIDA, 2018).

O mecanismo de ação é pela inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase. Em que a molécula da flumioxazina se liga a enzima e ocorre o acúmulo de protoporfirinogênio, o qual apresenta instabilidade e é oxidado formando protoporfirina IX, sendo esta conversão catalisada pela PROTOX. A protoporfirina IX, por sua vez, reage com oxigênio (O<sup>2</sup>), em presença de luz,

formando oxigênio singlete, as quais degradam membranas e proteínas celulares, causando a morte da planta. A flumioxazina, assim como todos os inibidores da PROTOX, necessitam da luz para apresentar máxima atividade (DAYAN et al. 1997).

A flumioxazina tem como características, a solubilidade em água de  $1,79 \text{ mg L}^{-1}$  ( $25^\circ\text{C}$ ),  $\text{Kow: log Kow} = 2,55$  ( $20^\circ\text{C}$ ), apresenta alta adsorção pela matéria orgânica do solo, degradação principalmente microbiana, suscetível a fotodecomposição. Considerada não volátil, é classificada com não persistente, com meia vida de 11 a 17 dias (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018).

### **Carfentrazone – etílica**

O herbicida seletivo carfentrazone - etílica pertence ao grupo químico das aril triazolinonas, apresentando mecanismo de ação da inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO). Possui registro para as culturas de algodão, arroz irrigado, café, citros, milho e soja, posicionado para controle de plantas daninhas monocotiledôneas e eudicotiledôneas, em pós- emergência (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

O carfentrazone quando aplicado nas folhas o carfentrazone é rapidamente absorvido, causando rápida dessecação foliar e por isso é pouco translocado no floema. Seu mecanismo de ação age inibindo a formação da enzima PPO, que participa na síntese da clorofila. Na presença de luz ocorre a ruptura das membranas celulares, causando necrose dos tecidos foliares e a morte da planta. (CHRISTOFFOLETI et al., 2008; WERLANG; SILVA, 2002).

Esta molécula possui fraca adsorção em condições de campo,  $\text{koc: } 750 \text{ mL/g}$  ( $25^\circ\text{C}$ ), solubilidade de  $22000 \text{ mg/L}$  ( $25^\circ\text{C}$ ), não ionizável, com  $\text{Kow: log Kow} = 3,36$  e apresenta mobilidade limitada pelo floema devido à rápida degradação. A carfentrazone possui característica não volátil,  $\text{Koc} = 750 \text{ mL/g}$  ( $25^\circ\text{C}$ ), não persistente com meia-vida de 0,1 dia (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018).

### **Saflufenacil**

Saflufenacil é um herbicida de contato, que faz parte do grupo em que a ação do mecanismo de ação primário atua na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase. É utilizado no manejo, sendo usado sozinho ou em associações com outros herbicidas para controle rápido de muitas plantas daninhas dicotiledôneas por aplicações de pré-plantio e pré-emergência para uma ampla gama de culturas. É um produto de ação dessecante com excelente desempenho sobre as espécies de plantas daninhas de difícil controle em diversas culturas, podendo apresentar importante alternativa no controle de plantas daninhas resistentes a outros dessecantes (OLIVEIRA JR et al., 2011).

Este produto possui a característica hidrolítica que favorece a sua mobilidade no solo. É considerado não volátil e rapidamente é degradado no ambiente, com persistência de 1 a 36 dias. Apresenta alta adsorção pela matéria orgânica do solo. É um ácido moderado, apresenta pKa de 4,3, solubilidade em água de 30 mg L<sup>-1</sup> a pH 5,0 e 2.100 mg L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e pressão de vapor de 2,0 10<sup>-14</sup> Pa a 25°C (PPDB, 2021).

### **Fomesafen**

O herbicida fomesafen é um inibidor da enzima protoporfirogênio oxidase (Protox), pertencente ao grupo químico dos difenil éteres. É herbicida seletivo indicado no controle das plantas infestantes de folhas largas em culturas diversas, como soja e feijão (RODRIGUES e ALMEIDA, 2018; SILVA et al., 2013; WHITAKER et al., 2010).

Esta molécula é classificado como um ácido (pKa=2,83) que tem alta mobilidade no solo. O fomesafen é medianamente persistente no ambiente e possui alta afinidade por palha e pela matéria orgânica. Esse composto possui o valor de log Kow que varia de 2,9 a -1,2 quando o pH varia de 1 a 7, tendo alta solubilidade em água (50 mg L<sup>-1</sup> a 20° C) e baixa pressão de vapor (< 10<sup>-4</sup> Pa a 50 ° C) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Fomesafen é um herbicida de contato, para um bom controle das plantas daninhas, eles devem ser aplicados de forma a ter a maior cobertura possível na espécie alvo. É um composto ionizável, sua sorção à superfície do coloide do solo pode inibir a sua degradação, fazendo com que o herbicida fique biologicamente indisponível, sendo isso estritamente relacionada com o pH (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005; GUO et al., 2003).

### **Inibidores não-enzimáticos: auxinas sintéticas**

O 2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético) pode ser absorvido pelas folhas, caule e raízes; possui translocação sistêmica e acumula-se nos meristemas apicais do caule e raiz. Tem como mecanismo de ação primário a intensa divisão celular na planta, causando multiplicação e engrossamento de raízes, formação de gemas múltiplas, encurtamento das nervuras das folhas e curvatura dos ponteiros da planta resultante do maior crescimento da sua parte superior nas espécies de folhas largas. O herbicida 2,4-D pode ser formulado na forma amina ou éster (MELHORANÇA, 2002).

De acordo com PPDB (2021) este herbicida apresenta alta solubilidade em água (Sw = 24300 mg L<sup>-1</sup> a 20 °C), baixo coeficiente de sorção (Koc = 39,3 mL g<sup>-1</sup>) sendo considerado móvel no solo. A constante de dissociação eletrolítica é considerada de intensidade fraca em meio ácido ou básico (pKa = 3,40 a 20 °C), é não-persistente no solo pois possui meia vida (t<sup>1/2</sup>) entre 4,4 a 28,8 dias após aplicação e é de baixa bioacumulação e lipofilicidade com meio orgânico (log Kow = -0,82 em pH 7 a 20 °C).

A eficiência de herbicidas para controle de plantas daninhas varia de acordo com alguns fatores, como a época em que se pretende fazer as aplicações, espécies presentes na área, questões edafoclimáticas, propriedades do solo, clima, umidade etc. (SOSBAI, 2016). Assim, estudos sobre a aplicação de herbicidas em lavouras comerciais é de fundamental importância para manejo de plantas daninhas, redução dos riscos com o surgimento de biótipos resistentes e eficiente utilização do recurso financeiro disponível.

### **1.1.5 Plantas daninhas de difícil controle**

Segundo Salomão et al. (2020) as plantas daninhas podem influenciar na produção agrícola e caso não forem controladas podem ocasionar perdas consideráveis ao rendimento da cultura principal. Aspectos como as oscilações dos fatores ambientais, variabilidade genética das plantas daninhas, à adoção de estratégias e táticas de manejo isoladas ou associadas de formas errôneas (uso do mesmo mecanismo de ação de herbicidas), exercem uma elevada pressão de seleção às plantas invasoras, favorecendo o surgimento, adaptação e sobrevivência de biótipos resistentes a algumas moléculas de herbicidas dentro de uma população de plantas daninhas (POWLES e YU, 2010; PEREIRA et al. 2021).

Alguns aspectos das plantas daninhas podem torná-las altamente competitivas com a cultura principal. Algumas possuem semente grande que acarreta altas quantidade de reserva na semente, o que ocasiona alto poder germinativo, impactando diretamente o potencial de controle, principalmente porque a maioria dos produtos herbicidas não conseguem ou demoram para atingi-las dentro do perfil do solo. Outro aspecto de algumas plantas, após a germinação, possuem crescimento bastante agressivo, ocupando muito espaço na lavoura e caso o controle não seja eficiente pode causar rebrotes. Outras plantas daninhas conseguem germinar e crescer em época seca, devido a sua rusticidade, bem adaptadas as alterações ambientais (PEREIRA et al. 2011).

Várias espécies compõem a comunidade infestante na cultura da soja, em diversas regiões do Brasil, tendo exemplos de espécies pertencentes à família Poaceae, Cyperaceae e Commelinaceae. O capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn) é uma poácea oriunda da Ásia, encontrada em praticamente todas as regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo. No Brasil é distribuída em quase todo o território (HOLM et al., 1977).

É uma planta daninhas anual monocotiledônea, entouceirada, com ciclo fotossintético do tipo C4 (Kissmann, 2007). Takano et al. (2016) em seus estudos sobre o capim-pé-de-galinha relatou uma produção média de mais de 120 mil sementes por planta, com o crescimento rápido e rápida emissão de novos perfilhos. *E. indica* é pouco exigente em relação

ao tipo de solo, tolerando ampla faixa de pH e mostrando-se competitivo principalmente em solos pobres, demonstrando bom desenvolvimento em solos compactados (KISSMANN, 2007).

É uma planta daninha de difícil controle nas lavouras, com registros de resistência a determinados herbicidas e mecanismos de ação, fato que dificulta ainda mais o controle eficaz de populações dessa planta daninha. No Brasil, Vargas et al. (2013) em estudo com biótipos de capim pé-de-galinha em áreas no Rio Grande do Sul, pode encontrar um biótipo com resistência de baixo nível ao herbicida glifosato. Em estudos feitos na Malásia foi observados outros biótipos com resistência múltipla a herbicidas inibidores de ACCase e EPSPS (HEAP, 2023).

O gênero *Spermacoce* apresenta mais de 150 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais (Kissman, 2007) Dentre elas, a vassourinha-de-botão (*Spermacoce verticillata* (L.) é considerada uma planta rústica, pois se desenvolve mesmo em solos ácidos e pobres. É uma planta de fisiologia do tipo C4 que forma rapidamente seu sistema radicular, passando a interferir em culturas agrícolas de maneira significativa (KISSMAN, 2007; CERQUEIRA et al., 2013).

*S. verticillata* é uma espécie perene, de hábito ereto, subarbuscivo, adaptada para tolerar níveis consideráveis de estresse, solos subúmidos a semiáridos e soltos, com pH ácido ou alcalino o que denota sua tolerância e adaptabilidade (RCPol, 2016).

Essa planta daninha é uma espécie que ocorre em algumas populações, biótipos tolerantes ao glyphosate, e que se apresentam amplamente distribuídos nas lavouras brasileiras (Christoffoleti e Carvalho, 2009). Fontes e Tonato (2016) afirmaram que a vassourinha de botão é uma espécie capaz de formar grandes infestações e trazer prejuízos em culturas agrícolas. A planta daninha vassourinha-de-botão se destaca por sua dificuldade de controle nas áreas de produção de soja onde se faz presente, apresentando convivência competitiva com plantas de soja. Sua classe botânica é eudicotiledônea, o que pode ter seu controle dificultado, devido a sua similaridade com a cultura (Rizzardi e Silva, 2014). Muitos trabalhos relatam a dificuldade de controle dessas espécies ao glifosato, tendo reduzida absorção ou translocação da molécula no interior da planta, demonstrando à tolerância ao herbicida (GALON et al., 2013; FADIN et al., 2018).

A família Commelinaceae está representada no Brasil por 14 gêneros nativos, alguns amplamente distribuídos e frequentemente instalados em áreas cultivadas e de difícil controle. O gênero *Commelina* compõem uma das maiores espécies infestantes no Brasil (Moreira e Bragança, 2011). Segundo KISSMANN (1997), *Commelina benghalensis*, popularmente conhecida por trapoeraba, quando em condições favoráveis de umidade e

temperatura há uma perenização por alastramentos sucessivos. É uma planta que se reproduz por meio de fragmentação do rizoma, do caule aéreo e por via seminífera.

A trapoeraba é bastante frequente em lavouras anuais, sendo de difícil controle, principalmente, em aplicações isoladas do herbicida glifosato, podendo acarretar problemas na colheita da cultura da soja (Moreira e Bragança, 2011; Vargas e Gazziero, 2008). Segundo Monquero et al. (2004), os mecanismos de tolerância de *C. benghalensis* ao herbicida glifosato são a absorção e o metabolismo diferencial.

Monquero et al. (2005) constataram que plantas de *C. benghalensis* foram tolerantes à aplicação de glifosato. Rocha et al. (2007), ao estudarem efeito de herbicidas sobre espécies de trapoeraba, verificaram que o tratamento com glifosato aplicado na forma isolada não foi capaz de inibir completamente o desenvolvimento das plantas de *C. benghalensis*.

Ao longo dos anos, o número de plantas daninhas resistentes ao glifosato tem aumentando em áreas cultivadas com soja transgênica. O glifosato sendo usado de modo reativo, repetido (antes da semeadura e na pós-emergência da soja) ao longo dos ciclos da cultura, sem rotação de mecanismo de ação, impõe grande pressão de seleção de espécies tolerantes e/ou resistentes, sendo evidente em diversas lavouras a seleção das plantas daninhas tolerantes como a trapoeraba (VARGAS e GAZZIERO, 2008).

Segundo Moreira e Bragança (2011), Cyperaceae é representada no Brasil por aproximadamente 594 espécies, a maioria delas invasivas e de difícil controle. É uma família cosmopolita, sendo a terceira maior dentre as monocotiledôneas (Jiménez-Mejías e Larridon, 2021; Larridon et al., 2021). O gênero *Cyperus* é o segundo gênero mais representativo, que apresenta o maior número de espécies invasivas. Dentre as espécies deste gênero, a *Cyperus rotundus* (tiririca) destaca-se como uma planta daninha bastante difundida em inúmeras áreas de cultivo agrícola (REZENDE et al., 2013)

A tiririca em condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, na duração de um ciclo pode produzir cerca de 3000 tubérculos por m<sup>2</sup> (Durigan et al. 2005). *C. rotundus* possui rota fotossintética eficiente C<sub>4</sub>, além disso demonstra fortes interações alelopáticas, rápida reprodução e disseminação, com extensos sistemas subterrâneo de tubérculos e rizomas. Estas características estão associadas à dificuldade de controle, tendo grande adaptabilidade e tolerante às condições adversas, tornando-o mais agressivas (KISSMANN e GROTH, 2000; SANTOS et al. 1997; OKOLI et al. 1997; DURIGAN et al. 2005; ALMEIDA e CÂMARA, 2012).

A adequação da aplicação dos herbicidas ao estágio de máxima susceptibilidade é essencial para alcançar eficiência no controle da *Cyperus rotundus* (Durigan et al, 2004). No estudo de Heck et al. (2020) sobre a importância dos herbicidas residuais no controle de tiririca, os resultados demonstraram que o herbicida glifosato isolado não apresentou eficiência de controle de *Cyperus rotundus*. A associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação é uma das alternativas para evitar e reduzir o surgimento e evolução de casos de resistência e tolerâncias, para efetivo controle e maior espectro de controle das plantas daninhas, viabilizando um sistema de manejo sustentável (INOUE e OLIVEIRA JR, 2011).

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Geral**

Avaliar a fitossociologia das plantas daninhas de difícil controle e eficiência de herbicidas em dessecação na fase de pré-semeadura da soja.

### **1.2.2 Específicos**

- Realizar levantamento fitossociológico de plantas daninhas ocorrentes em lavoura comercial de soja em pré-semeadura;
- Avaliar a eficiência de herbicidas na dessecação de plantas daninhas na fase de pré-semeadura da soja;
- Mapear comunidade infestante com utilização de satélite Sentinel -2 e VANT, em pré – semeadura e pós-dessecação.

### 1.3 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K.; CÂMARA, F. L. A. Preparados homeopáticos e adubação verde no controle de *Cyperus rotundus* L. **Revista Ceres**, v. 59, n.3, p. 422-426, 2012.
- ANZILIERO, D. **As Técnicas de Monitoramento por VANT: Uma Revisão dos Resultados Obtidos na Agricultura**. Epitaya E-books, v. 1, n. 10, p. 34-47, 2021.
- BANSOD, B.; SINGH, R.; THAKUR, R.; SINGHAL, G. A comparison between satellite based and drone based remote sensing technology to achieve sustainable development: A review. **Journal of Agriculture and Environment for International Development**, v. 111, n. 2, p. 383-407, 2017.
- BLANCO, H.G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. **O biológico**, v. 38, n. 10, p. 343-50, 1972.
- BRUNHARO, C. A. C. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; Aspectos dos mecanismos de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.2, p.163-177, 2014.
- BUENO, A.; MOREIRA, A.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; CARVALHO, C.; GAZZONI, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F.C.; HENNING, F.A.; NEUMAIER, N. Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil. **Embrapa Soja**, Londrina, 2013.
- COBB, A.H.; READE, J.P.H. **Herbicides and Plant Physiology** (2Ed) Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 2010. 298p.
- CARVALHO, LB. **Herbicidas** / Editado pelo autor, Lages, SC, vi, 62 p, 2013.
- CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas** / Editado pelo autor, Lages, SC, vi, 82 p, 2013.
- CERQUEIRA, F. B.; ERASMO, E. A. L.; SILVA, J. I. C.; NUNES, T. V.; CARVALHO, G. P.; SILVA, A. A. Competição entre cultivares de arroz de terras altas tolerantes à seca e plantas daninhas sob condição de estresse hídrico. **Planta Daninha**, v. 31, p. 291-302, 2013.
- CHRISTOFFOLETI, P.J; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, p. 507-515, 2003.
- CHRISTOFFOLETI, P.J; CARVALHO, S. J. P. Adaptadas, espécies infestantes resistem a herbicidas. **Visão agrícola**, v. 6, n. 9, p. 123-125, 2009.
- CHRISTENSEN, S. D.; RANSOM, C. V.; EDVARCHUK, K.A.; RASMUSSEN, V. P. Efficiency and accuracy of wildland weed mapping methods. **Invasive Plant Science and Management**, v. 4, n. 4, p. 458-465, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Soja, safra 2022/2023. 5º **Levantamento da Safra de Grãos 2022/2023**. Disponível em:

<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em: 11 de fev. de 2023.

CONCENÇO, G.; TOMAZI, M.; CORREIA, I. V. T.; SANTOS, S. A.; GALON, L. Phytosociological surveys: tools for Weed Science? **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 469-482, 2013.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo In: Oliveira JR, Constantin J, Inoue MH. (Org.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011. 67-68p.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, J.R.R.S.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO D.G.; ROSO A.C.; COSTA. J.M. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, 25, 513-520, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; BORGATO, E. A.; NETTO, A. G.; MELO, M. S. C. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: termos e definições importantes**. In: Christoffoleti, P. J., Nicolai, M. (Org.). Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas. Piracicaba: Esalq, p. 11-31, 2016.

CREECH, C.F.; HENRY, R.S.; WERLE, R.; SANDELL, L.D.; HEWITT, A.J.; KRUGER, G.R. Performance of postemergence herbicides applied at different carrier volume rates. **Weed Technology**, v. 29, n. 3, p. 611-624, 2015.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O.; WEETE, J. D.; HANCOCK, H. G. Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. **Pesticide Science**, v. 51, n. 1, p. 65-73, 1997.

DURIGAN, J. CEZAR; CORREIA, N. M.; TIMOSSI, P. C. Estádios de desenvolvimento e vias de contato e absorção dos herbicidas na inviabilização de tubérculos de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, v. 23, p. 621-626, 2005.

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

EMBRAPA. **Sistemas de Produção**, 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia> . Acesso em: 6 nov. de 2022.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 195-201, 2004.

- FADIN, D. A.; TORNISIELO, V. L.; BARROSO, A. A. M.; RAMOS, S.; DOS REIS, F. C.; MONQUERO, P. A. Absorption and translocation of glyphosate in *Spermacoce verticillata* and alternative herbicide control. **Weed research**, v. 58, n. 5, p. 389-396, 2018.
- FONTES, J.R.A e TONATO, F. Acúmulo de Nutrientes por Vassourinha-de-Botão (*Spermacoce verticillata*), **Planta Daninha de Pastagens na Amazônia**. (Circular Técnica n. 54). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2016.
- FOOTPRINT. 2013. **The Pesticide Properties Database (PPDB)**. Developed by the Agriculture & Environment Research Unit (AERU). University of Hertfordshire, funded by UK national sources and the EU-funded FOOTPRINT project (FP6-SSP-022704). Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/372.htm>>. Acesso em: 01 de mar. 2023.
- FRIED, G.; CHAUVE, L. B.; REYNAUD, P.; SACHE, I. Decreases in crop production by non-native weeds, pests, and pathogens. **Impact of biological invasions on ecosystem services**, p. 83-101, 2017.
- GALON, L.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZÚ, I.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Glyphosate translocation in herbicide tolerant plants. **Planta Daninha**, v. 31, p. 193-201, 2013.
- GUO, J.; ZHU, G.; SHI, J.; SUN, J. Adsorption, desorption and mobility of fomesafen in Chinese soils. **Air, Water Soil Pollution**, v.14, n. 1, p. 77-85, 2003.
- HEAP, I. **International survey of resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/summary/home.aspx>>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- HECK, T.; CINELLI, R.; POLITO, R. A.; RIBAS, J. L.; BAGNARA, F.; HAHN, A. M.; NUNES, A. L. A importância dos herbicidas residuais no controle da tiririca. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65147-65163, 2020.
- HOLM, L.G.; PLUCKNETT, D. L.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. P. **The World's Worst Weeds: Distribution and Biology**. Honolulu: University of Hawaii Press. p. 609, 1977.
- HUANG, Y.; REDDY, K. N.; FLETCHER, R. S.; PENNINGTON, D. UAV low-altitude remote sensing for precision weed management. **Weed technology**, v. 32, n. 1, p. 2-6, 2018.
- INOUE, Y. Satellite-and drone-based remote sensing of crops and soils for smart farming—a review. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 66, n. 6, p. 798-810, 2020.
- INOUE, Miriam Hiroko; DE OLIVEIRA JR, Rubem Silvério. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p. 193-213, 2011.
- JIMÉNEZ-MEJÍAS, P.; LARRIDON, I. Cyperaceae in a data-rich era: New evolutionary insights from solid frameworks. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 59, n. 4, p. 623, 2021.

- KISSMANN, K.G. Plantas infestantes e nocivas. 3.ed. São Paulo: BASF, 2007.824 p.
- LÓPEZ, J. J.; MULERO-PÁZMÁNY, M. **Drones for Conservation in Protected Areas: Present and Future**. Drones, v. 3, p 10, 2019.
- KISSMANN, K.G.; GROTH. D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, Tomo III. 2000. 978 p.
- LARRIDON, I., ZUNTINI A. R., LÉVEILLÉ-BOURRET, É., BARRETT, R. L., STARR, J. R., MUASYA, M., BAKER, W. J. A new classification of Cyperaceae (Poales) supported by phylogenomic data. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 59, n. 4, p. 852-895, 2021.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 383p.
- MELHORANÇA, A.L. Tecnologia de dessecação de plantas daninhas no sistema plantio direto. Embrapa Agropecuária Oeste-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2002.
- MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; OSUNA, M.D.; DE PRADO, R.A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.445-451, 2004
- MONQUERO, P. A.; CURY, J. C.; CHISTOFFOLETI, P. J. Control with glyphosate and general leaf surface characterization of *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* and *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**, v. 23, p. 123-132, 2005.
- MOREIRA, H. D. C.; BRAGANÇA, H. B. N. Manual de identificação de plantas infestantes. **FMC Agricultural Products, Campinas, 1017p**, 2011.
- NEHRING, R. The Brazilian Green Revolution. *Political geography*, v. 95, p. 102574, 2022.
- NUNES, A.L.; TREZZI, M.M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, v.69, p 299-304, 2010.
- OKOLI C.A.N.; SHILLING, D.G.; SMITH, R.S.; BEWICK, T.A. Genetic Diversity in Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) and Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus* L.). *Biological control*, v. 8, n. 2, p. 111-118, 1997.
- OLIVEIRA JR RS.; CONSTANTIN J.; COSTA, J.M.; CAVALIERI SD.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C.; BIFFE, D.F. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja. **Planta Daninha**, 24, 721-732, 2006.
- OLIVEIRA, JR.; R. D.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, p. 348, 2011.

- PEREIRA, F.; VERZIGNASSI, J.; ARIAS, E.; CARVALHO, F. T.; SILVA, P. E. **Controle de plantas daninhas em pastagens**. Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E), 2011.
- PESSI, D. D.; JOSÉ, J. V.; MIOTO, C. L.; DIODATO, M.; GRIGIO, A.; PARANHOS FILHO, A. C.; SILVA, N. D. Estimando a Altura de Gramíneas Invasoras com Imagens de Veículo Aéreo não Tripulado no Cerrado Brasileiro: Precisão do Sistema Global de Navegação por Satélite do Phantom 4. **Rev. Geociênc. Nordeste**, v. 7, n. 2, p. 140-152, 2021.
- PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe agropecuário**, v.11, n.29, p.16-27, 1985.
- POWLES, STEPHEN B.; YU, QIN. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual review of plant biology**, v. 61, p. 317-347, 2010.
- PPDB. **Pesticide Properties DataBase**. Available. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>>. Acesso em: 04 nov. 2021.
- RCPol. **Online Pollen Catalogs Network**. Palynoecology. [S. l.], 2016. Disponível em: <<http://chaves.rcpol.org.br/eco>> Acesso em: 03 mar. 2023.
- REZENDE, F. P. F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Aplicação de extratos de folhas e tubérculos de *Cyperus rotundus* L. e de auxinas sintéticas na estaquia caular de *Duranta repens* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 639-645, 2013.
- RIZZARDI, M. A.; SILVA, L. Manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 32, p. 683-697, 2014.
- ROCHA, D.C.; RODELLA, R.A.; MARTINS, D.; MACIEL, C.D.G. Efeito de herbicidas sobre quatro espécies de trapoeraba. *Planta Daninha*, v.25, n.2, p.359-364, 2007.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas** 5.ed. Londrina: 592 p, 1998.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina, PR: Grafmarke, v. 5, 591p, 2005.
- RODRIGUES, B. N., ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. Londrina, PR. Ed. dos autores. p. 67 p, 2011.
- RODRÍGUEZ, A.; NEGRO, J. J.; MULERO, M.; RODRÍGUEZ, C.; HERNÁNDEZ-PLIEGO, J.; BUSTAMANTE, J. The Eye in the Sky: Combined Use of Unmanned Aerial Systems and GPS Data Loggers for Ecological Research and Conservation of Small Birds. **PLoS One**, v. 7, 1-6, 2012.
- ROMAN, E. S., BECKIE, H., VARGAS, L., HALL, L., RIZZARDI, M. A., WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Editora Berthier, 152p, 2005.

- ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Produção Independente, 160 p., 2007.
- RONCHI, C.P.; SERRANO, L.A.L.; SILVA, A.A.; GUIMARÃES, O.R. Manejo de plantas daninhas na cultura do tomateiro. **Planta daninha**, v. 28, p.215-228, 2010.
- ROSLIM, M. H. M.; JURAIMI, A. S.; CHE'YA, N. N.; SULAIMAN, N.; MANAF, M. N. H. A.; RAMLI, Z.; MOTMAINNA, M. Using remote sensing and an unmanned aerial system for weed management in agricultural crops: A review. **Agronomy**, v. 11, n. 9, p. 1809, 2021.
- SAHA, A. K., SAHA, J., RAY, R., SIRCAR, S., DUTTA, S., CHATTOPADHYAY, S. P., SAHA, H. N. IOT-based drone for improvement of crop quality in agricultural field. In: **2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)**. IEEE, Las Vegas, NV, USA, 2018. p. 612-615.
- SALOMÃO, P. E. A.; FERRO, A. M. S.; RUAS, W. F. Herbicides in Brazil: a brief review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. e32921990, 2020.
- SAUER, H.; WILD, A.; RÜHLE, W. **The effect of phosphinotricin (glufosinate) on photosynthesis**. II. The causes of inhibition of cell photosynthesis. Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, v.42, n.3, p.270-278, 1987.
- SILVA, C.; SILVA, A.F.D.; VALE, W.G.D.; GALON, L.; PETTER, F.A.; MAY, A.; KARAM, D. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. **Bragantia**, n 73, p 438-445, 2014.
- SILVA, V. P.; FERREIRA, L. R.; D'ANTONINO, L.; CARNEIRO, J. E.; SILVA, G. R.; FONTES, D. R. Eficiência e residual no solo de herbicidas na cultura do feijão. **Planta Daninha**, v. 31, p. 961-970, 2013.
- SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, p.820, 2009.
- TAKANO, H.K.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; PADOVESE, J.C. Growth, developmenr and seed production of goosegrass. **Planta Daninha**. Viçosa-MG, v34 n. 2, p. 249-257, 2016
- TAYEB, M. A.; ISMAIL, B. S.; KHAIRIATUL-MARDIANA, J. Runoff of the herbicides triclopyr and glufosinate ammonium from oil palm plantation soil. **Environmental monitoring and assessment**, v.189, n.11, p. 551, 2017.
- THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 278 p., 2010.

VARGAS, L.; NOHATTO, M. A.; AGOSTINETTO, D.; BIANCHI, M. A.; PAULA, J. M.; POLIDORO, E.; TOLEDO, R. E. Práticas de manejo e a resistência de *Euphorbia heterophylla* aos inibidores da ALS e tolerância ao glyphosate o Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 427-432, 2013.

VARGAS, L.; GAZZIERO, D. Manejo de plantas daninhas tolerantes e resistentes ao glyphosate no Brasil. In: Seminario Internacional “**Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables**”. Uruguai, p. 70-74, 2008.

VARGAS, L.; ULGUIM, A. D. R.; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D.; THURMER, L. Low level resistance of goosegrass (*Eleusine indica*) to glyphosate in Rio Grande do Sul-Brazil. **Planta Daninha**, v. 31, p. 677-686, 2013.

WERLANG, R.C.; SILVA, A.A. Interação de glyphosate com carfentrazone-ethyl. **Planta Daninha**, v.20, p.93- 102, 2002.

WHITAKER, J. R.; YORK, A. C.; JORDAN, D. L.; CULPEPPER, A. S. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in soybean with glyphosate and conventional herbicide systems. **Weed Technology**, v. 24, n. 4, p. 403-410, 2010.

YAMADA, T.; CASTRO, P.D.C. **Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas**. Informações Agronômicas, n.119, p. 1-32, 2007.

YASSUMOTO, L.; OSAJIMA, J. A.; TAKASHIMA, K. Efeitos de oxidantes e sais inorgânicos na degradação fotocatalítica do herbicida imazetapir mediada por dióxido de titânio. **Eclética Química**, v. 32, p. 27-32, 2007.

YODER, R. N.; HUSKIN, M. A.; KENNARD, L. M.; ZABIK, J. M. Aerobic metabolism of diclosulam on U.S. and South American soils. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v. 48, p. 4335-4340, 2000.

## CAPÍTULO II

### **Fitossociologia e dessecação pré-semeadura da soja, com ferramentas analíticas da agricultura de precisão**

**RESUMO** – A soja é a oleaginosa de maior importância no mundo, porém apresenta fatores limitantes ao seu rendimento potencial, dentre estes, a interferência com plantas daninhas. Objetivou-se avaliar a eficiência de herbicidas na fase pré-semeadura da soja, em combinações duplas e triplas com glifosato e glufosinato, com uso de ferramentas analíticas convencionais e da agricultura de precisão. O experimento foi conduzido em lavoura comercial, em arranjo de faixas, composto por treze tratamentos e 7 repetições. O levantamento de plantas daninhas foi realizado em pré e pós-dessecação, através de quadrado inventário. A partir destes, estimaram-se índices fitossociológicos que englobaram a densidade, frequência, abundância, valor de importância e variabilidade espacial das populações. A eficiência de controle foi estimada por método convencional e através de imagens aéreas obtidas com VANT. Identificaram-se 20 espécies de plantas daninhas, distribuídas em 18 gêneros, 14 famílias botânicas e, majoritariamente, eudicotiledôneas (60%), ciclo de vida anual (60%) e reprodução sexuada (95%). O uso de ferramentas da agricultura de precisão mostrou-se eficaz para monitoramento da dinâmica espacial (análise geoestatística) e eficiência de controle (mapeamento aéreo com VANT) de plantas daninhas, em pré-semeadura da soja. O uso do glifosato e glufosinato em associação com inibidores da Protox apresentou controle satisfatório, comparativamente aos demais tratamentos, especialmente o uso convencional de glifosato isolado. As associações de glufosinato com saflufenacil e flumioxazina mostraram-se como potenciais alternativas para rotação de mecanismos de ação e manejo preventivo das plantas daninhas em pré-semeadura da soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, geoestatística, mistura de herbicidas, planta daninha, VANT.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das principais commodities agrícolas do Brasil (Menezes et al., 2019). A produção brasileira na safra de 2020/21 totalizou 136 milhões de toneladas, com acréscimo de 8,9% em relação à safra anterior. O estado do Maranhão posiciona-se como segundo maior produtor da região Nordeste, com uma produção estimada em 3.285,6 mil toneladas e área plantada de 1.005,7 mil ha (CONAB, 2021).

A interferência de plantas infestantes pode ter efeitos drásticos sobre os indicadores econômicos da soja (Rizzardi e Silva, 2014). O levantamento de plantas daninhas em lavouras comerciais pode ser uma ferramenta hábil para analisar o impacto que as práticas agrícolas exercem sobre a dinâmica de comunidades infestantes (CARDOSO et al., 2013).

A agricultura de precisão (AP) tem sido uma ferramenta importante no monitoramento de plantas daninhas em lavouras, como por exemplo, pelo uso de veículos aéreos não tripulados e confecção de malhas geoestatísticas. O que pode otimizar o controle químico de plantas daninhas, que se consolida como um método imprescindível para grandes lavouras, dada sua eficácia, conveniência e viabilidade de custos (GREGO et al., 2020).

Desta forma, torna-se fundamental o adequado monitoramento de plantas daninhas e protocolos de validação de herbicidas, visando estratégico posicionamento de moléculas em lavouras, notadamente sobre plantas daninhas tolerantes ou resistentes. A performance de herbicidas pode variar conforme alguns fatores, como a época de aplicação, histórico de infestação, aspectos edafoclimáticos e ambientais (NORSWORTHY et al., 2012).

Dentre as fases de aplicação, o manejo antecipado de plantas daninhas em pré-semeadura da soja pode resultar em menor infestação durante a safra, facilitando o seu controle e reduzindo riscos de aplicações sequenciais de herbicidas, como glifosato em pós-semeadura (FIALHO, 2011). Atualmente, o uso de glifosato representa 60% do mercado mundial de herbicidas não seletivos, o que tem aumentado aparecimento de plantas daninhas resistentes ao mecanismo inibidor do enol-piruvil-shikimato-fosfato sintetase (ORCARAY et al. 2012; SAMMONS e GAINES, 2014).

Na última década foram identificados biótipos resistentes a glifosato, tornando-se relevantes estudos que visem oportunizar a rotação desse mecanismo de ação e/ou atenuar sua utilização sequencial sobre plantas daninhas de difícil controle (HEAP e DUKE, 2018).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a eficiência de herbicidas na fase pré-semeadura da soja, em combinações duplas e triplas com glifosato e glufosinato, com uso de ferramentas analíticas convencionais e da agricultura de precisão.

## 2.2 METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida em lavoura comercial de soja, situada no município de Mata Roma (3° 14' 50" Sul, 43° 11' 13" Oeste), Maranhão, Brasil, entre dezembro de 2021 e janeiro de 2022. A área foi selecionada com auxílio do produtor rural pelo histórico de manejo (aplicações sequenciais de glifosato, em safras sucessivas), assim como pela ocorrência de plantas daninhas tolerantes a herbicidas (especialmente glifosato).

O talhão experimental apresenta solo classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso típico (DANTAS et al., 2014). Cujas propriedades químicas estão expressas na Tabela 1.

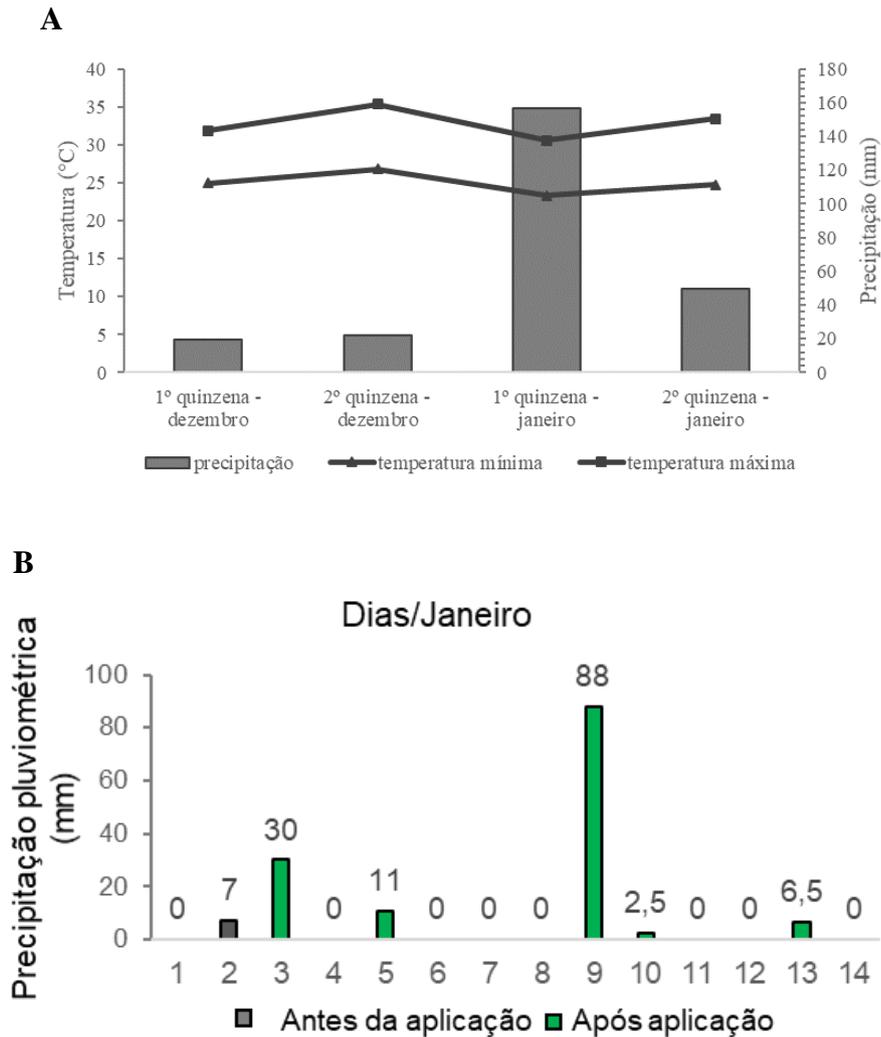
**Tabela 1.** Análise química de solo no talhão experimental, em profundidades de 0 a 10 cm, e 10 a 20 cm.

Profundidade (cm)	pH	M.O. dag/kg	Complexo sortivo								Saturação do complexo sortivo				
			P mg/dm <sup>3</sup>	K .....cmol/dm <sup>3</sup> .....	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
0-10	5,2	1,3	1,9	0,06	1,4	0,5	0,0	1,6	2,0	3,6	54,0	0,0	38,9	13,9	1,7
10-20	4,9	0,9	1,8	0,03	1,2	0,4	0,0	1,9	1,6	3,5	47,0	0,0	34,3	11,4	0,9

Método do pH em CaCl<sub>2</sub> e método de Mehlich-1 para a extração de P.

O clima do município, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com média de temperatura anual superior a 27 °C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.800 mm, com períodos de chuva entre os meses de janeiro a junho e déficit hídrico drástico entre os meses de julho a dezembro; a umidade relativa média anual é de 76%.

Os dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima e temperatura mínima durante os meses de realização do experimento estão expressos na Figura 1 A, de acordo com Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). De forma complementar, constam os dados de precipitação pluviométrica registrados por pluviômetro posicionado no talhão experimental, durante a realização do experimento (Figura 1B).



**Figura 1.** (A) Dados de precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C), registrados para a microrregião de Chapadinha, entre os meses de dezembro de 2021 e janeiro de 2022. (B) Dados de precipitação pluviométrica registrados por pluviômetro posicionado no talhão experimental.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em arranjo de faixas, composto por 13 tratamentos e 7 repetições. Os tratamentos foram compostos pelos herbicidas fomesafen, flumioxazina, imazetapir, saflufenacil, carfentrazone-etílica em combinações duplas e triplas com glifosato e glufosinato, além do glifosato em combinação com o glufosinato e glifosato isolado. A testemunha compõe como um dos tratamentos, sem dessecação pré-semeadura (Tabela 2).

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos, em termos de ingrediente ativo (i.a.), dose do produto comercial (p.c. ha<sup>-1</sup>) e do ingrediente ativo (i.a. ha<sup>-1</sup>). Mata Roma, Maranhão, Brasil, 2022.

<b>Ingrediente ativo (i.a.)</b>	<b>Dose p.c. ha</b>	<b>Dose g i.a. ha<sup>-1</sup></b>
Testemunha	-	-
Glifosato	3 L	1620
Glifosato+ Glufosinato	3+2 L	1620 + 400
Glifosato+ Fomesafen	3+1 L	1620 + 250
Glifosato+Flumioxazina	3+0,1 L	1620 + 50
Glifosato+Diclosulam	3 L + 48,6 g	1620 + 34,02
Glifosato+Imazetapyr	3+1 L	1620 + 200
Glifosato+Carfentrazona- etílica	3+0,1 L	1620 + 40
Glifosato+Saflufenacil	3 L + 34,03g	1620+ 28,6
Glifosato+Imazetapyr+Flumioxazina	3+0,5+0,1L	1620+ 100+50
Glifosato+Flumioxazina+Carfentrazona	3+0,1+0,05 L	1620+ 50 + 20
Glufosinato+Flumioxazina	2+0,1 L	400 + 50
Glufosinato+Saflufenacil	2 L+ 34,03g	400 + 28,6

\*Em todos os tratamentos foi adicionado óleo mineral (0,25%) exceto na testemunha. p.c. – produto comercial. i.a. – ingrediente ativo.

Os herbicidas foram aplicados 15 dias antes da semeadura da soja, seguindo o método de “manejo antecipado”, conforme recomendações dos fabricantes, em área com histórico de uso contínuo de glifosato a mais de dez anos. Para aplicação dos herbicidas utilizou-se um pulverizador costal munido de barra com seis bicos, espaçados 0,5 m entre si. As pontas de aplicação foram do tipo leque. A pressão de trabalho foi de 207 kPa e a taxa de 150 L ha<sup>-1</sup>. A pulverização foi realizada, a partir das 08:30 h da manhã, horário em que as condições climáticas apresentavam-se da seguinte forma: velocidade do vento – 3,14 km h<sup>-1</sup>; umidade relativa do ar – 65%; temperatura do ar – 32,6 °C., mensuradas através de termohigroanemômetro, coletadas na altura da barra do experimento.

O monitoramento de plantas daninhas foi realizado por dois levantamentos fitossociológicos convencionais. O primeiro ocorreu na fase de pré-dessecação (três dias antes da dessecação), ao passo que o segundo foi realizado aos 10 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). No primeiro levantamento fitossociológico, fez-se 100 amostragens georreferenciadas, em malha regular de 20 m x 10 m, com 10 intervalos de caminhada e 10 pontos amostrais por percurso. O segundo levantamento (10 DAA) foi realizado dentro das parcelas experimentais (3 m x 24 m de extensão), em sete repetições.

Para isso, utilizou-se o método do quadrado inventário, com quadrados amostrais de 1,0 m x 1,0 m. Durante a amostragem, as plantas daninhas foram identificadas com auxílio de literatura especializada, com base em Lorenzi (2014) e quantificadas para a estimativa de

índices fitossociológicos, conforme a metodologia proposta por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), que compreendem:

Equação 1: Densidade relativa = (densidade da espécie x 100) / (densidade total das espécies).

Equação 2: Frequência relativa = (frequência da espécie x 100) / (frequência total das espécies).

Equação 3: Abundância relativa = (abundância da espécie x 100) / (abundância total das espécies).

Equação 4: Índice de Valor de Importância (IVI) = frequência relativa + densidade relativa + abundância relativa.

A eficiência de controle de plantas daninhas foi determinada inicialmente pela comparação dos tratamentos à testemunha, através da seguinte fórmula:

Equação 5: Eficiência de controle = [(densidade média na testemunha – densidade média no tratamento) / (densidade média na testemunha)] x 100.

Os resultados foram nominalmente classificados, conforme a Sociedade Brasileira de Ciência de Plantas Daninhas (SBCPD, 1995) em: controle nenhum a escasso (0 a 40% de controle), regular (41 a 60%), suficiente (61 a 70%), bom (71 a 80%) muito bom (81 a 90%) e excelente (91 a 100%). De forma didática, a eficiência de controle foi analisada por classes de infestação (monocotiledônea e eudicotiledônea) ocorrentes na parcela experimental.

Complementarmente à análise convencional, estimou-se a eficiência de controle de plantas daninhas aos 10 DAA, através de imagens aéreas obtidas com VANT, modelo Phantom 4 Pro, com altura de voo em 11 metros gerando um GSD de 3,07 mm/pix. O VANT estava dotado de uma câmera no visível RGB. O planejamento e execução dos voos foram realizados com o aplicativo DroneDeploy e a produção ortomosaico pelo software livre WebODM. Então, calculou-se o índice de vegetação *Green Leaf Index* (GLI), formando o mapa do GLI e em seguida a imagem foi classificada por um modelo de classificação não supervisionado, denominado de k-means com 2 classes. A primeira classe foi denominada de "com daninha" (pixel verde ou azul) e a segunda classe "sem daninha" (valor nulo de pixel). Para cada tratamento definiu-se uma área útil retangular de 2,5 m x 18,0 m.

Com base na cobertura de solo por plantas daninhas, estimaram-se porcentagens que permitiram classificar os controles, em: escasso (91 a 100% de cobertura de solo), regular (81 a 90%), suficiente (71 a 80%), bom (61 a 70%), muito bom (41 a 60%) e excelente (0 a 40%).

Os dados fitossociológicos obtidos pelo método convencional foram analisados por estatística descritiva e expressos em gráficos de barras. A variabilidade espacial de plantas daninhas foi analisada em termos de densidade por classe botânica (mono e eudicotiledônea). O Grau de Dependência Espacial (GDE) foi classificado segundo Zimback et al., (2001), em fraco ( $GDE < 25\%$ ) moderado ( $25 < GDE < 75\%$ ) e forte ( $> 75\%$ ).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Levantamento de plantas daninhas em pré-semeadura da soja

No levantamento de plantas daninhas em pré-semeadura identificaram-se 20 espécies, distribuídas em 18 gêneros e 14 famílias botânicas, a maioria pertencente à classe eudicotiledônea (60%), ciclo de vida anual (60%) e reprodução sexuada (95%). Algumas espécies com dupla aptidão de ciclo de vida (anual e/ou perene) e formas de reprodução (sementes e/ou propágulos) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Relação de plantas daninhas quanto a família, gênero, espécie, classe botânica, ciclo de vida e forma de reprodução. Levantamento realizado em lavoura comercial de soja em pré-semeadura e pré-dessecação, Mata Roma, Maranhão, Brasil.

Família	Espécie	Siglas EPPO	Classe	Ciclo	Reprodução
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	ALRTE	E	P	A/S
	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	AMACH	E	A	S
Boraginaceae	<i>Heliotropium indicum</i> L.	HEOIN	E	A	S
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	COMBE	M	P	A/S
Cucurbitaceae	<i>Cucumis anguria</i> L.	CUMAN	E	A	A/S
Cypereaceae	<i>Cyperis iria</i> L.	CYPIR	M	A	S
	<i>Cyperis odoratus</i> L.	CYPFE	M	A/P	A/S
	<i>Cyperis rotundus</i> L.	CYPRO	M	P	A/S
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i> L.	EPHI	E	A	S
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	MIMPU	E	P	S
Lecythidaceae	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	LCYLU	E	P	S
Molluginaceae	<i>Mollugo verticillata</i> L.	MOLVE	E	A	S
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	PYLNI	E	A	S
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	CCHEC	M	A	S
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	ELEIN	M	A/P	S
	<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R. Br	ERACI	M	A/P	S
	<i>Paspalum plicatulum</i> Michx.	PASPL	M	P	A
Rubiaceae	<i>Spermacoce verticillata</i> L.	BOIVE	E	P	S
Scrophulariaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.	SCFDU	E	A	S
Turneraceae	<i>Turnera subulata</i> L.	TURSU	E	P	S

Legenda: Classe - E: Eudicotiledônea, M: monocotiledônea; Ciclo de vida - A: anual, P: perene; Reprodução - A: assexuada, S: sexuada. EPPO: Códigos de plantas com base no Banco de Dados Global European and Mediterranean Plant Protection Organization.

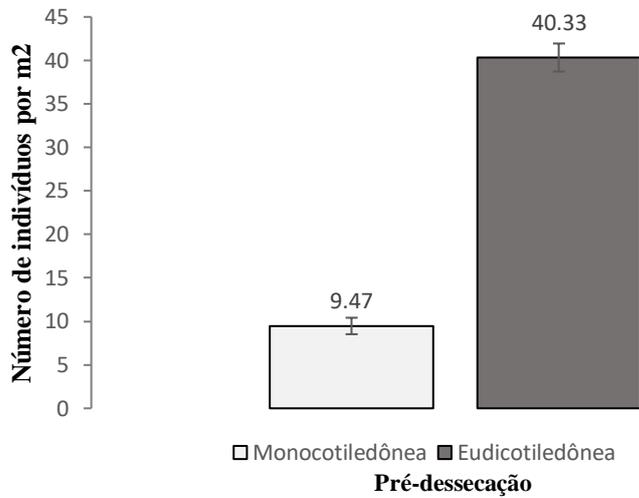
Dentre as famílias botânicas com maior riqueza de espécies, destacaram-se a Poaceae, com quatro espécies; Cyperaceae, três espécies; e Amaranthaceae, duas espécies. As famílias Boraginaceae, Commelinaceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lecythidaceae, Molluginaceae, Phyllanthaceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae e Turneraceae apresentaram apenas uma espécie (Tabela 3).

Segundo Munhoz e Felfili (2006), uma das principais características de dominância da família Poaceae em lavouras agrícolas está relacionada ao seu ciclo de vida (anual e/ou perene) e multiplicidade propagativa (sementes e/ou propágulos), cujas plantas geralmente produzem grande quantidade de sementes e propágulos, o que aumenta o seu poder de disseminação e colonização em diferentes ambientes, mesmo sob condições climáticas adversas. Segundo Mesquita et al. (2016), também podem formar densas touceiras, que dificultam o uso de métodos de controle em pós-emergência.

Com relação à família Cyperaceae, Jiménez-Mejías e Larridon (2021) classificaram-na como uma família cosmopolita, composta por espécies colonizadoras bem adaptadas a diferentes cenários, similarmente às poáceas. As espécies desta família também se destacam por rápido crescimento, propagação sexuada e/ou assexuada na mesma espécie, e ocorrência de dormência de sementes (Munhoz e Felfili, 2006). No presente estudo, dentre as espécies encontradas, 67% apresentam dupla aptidão propagativa, o que pode favorecer sua disseminação na lavoura, quando não manejada adequadamente.

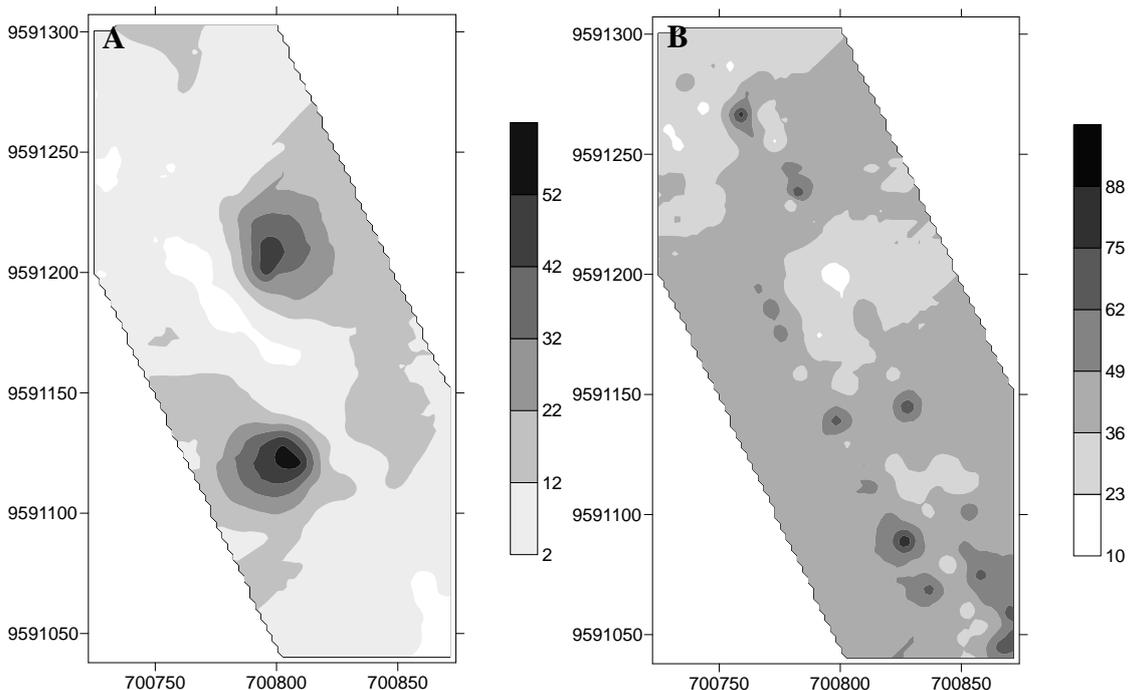
As famílias e espécies encontradas no presente estudo assemelham-se às identificadas em outras pesquisas realizadas no estado do Maranhão, como Furtado et al. (2022) e Silva et al. (2021). Assim como, em levantamentos feitos em outros estados brasileiros, como verificado por Caetano et al. (2018) em lavoura de soja na Bahia; Alburquerque et al. (2017) em lavouras de grãos em Roraima. E, também em lavouras de grãos situadas em outros países, como Estados Unidos (WEBSTER e NICHOLS, 2012), Colômbia (RAMÍREZ et al., 2015) e China (HE et al., 2019).

A maior densidade de plantas daninhas em pré-semeadura da soja correspondeu à classe eudicotiledônea, com 40,33 pl m<sup>-2</sup> (Figura 2). A predominância de plantas eudicotiledôneas está representada por onze famílias, abrangendo doze espécies. Enquanto as monocotiledôneas foram representadas apenas por três famílias (Comelinaceae, Cyperaceae e Poaceae) e sete espécies, com densidade estimada em 9,47 pl m<sup>-2</sup> (Tabela 3, Figura 2).



**Figura 2.** Densidade da infestação de plantas daninhas por classe botânica, no período de pré-dessecação da soja.

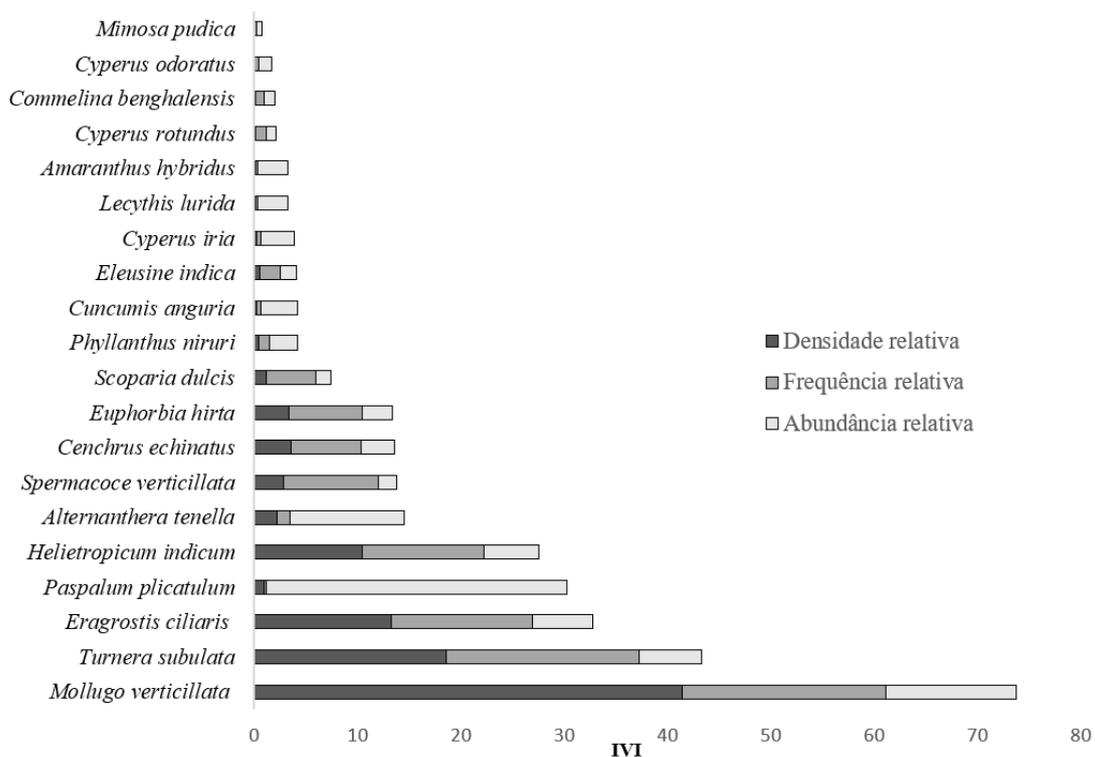
Quanto à distribuição espacial das classes botânicas, observou-se ocorrência mais contagiosa (em reboleiras) para monocotiledôneas, expressas por círculos de tonalidade mais escura em dois pontos do mapa, com densidade superior a  $32 \text{ pl m}^{-2}$  e com  $\text{GDE} = 87\%$ . As espécies eudicotiledôneas apresentaram ocorrência mais uniforme, com infestação superior a  $38 \text{ pl m}^{-2}$  na extensão do talhão, bem como, presença de pequenas reboleiras de 49 a  $88 \text{ pl m}^{-2}$  e com um forte grau de dependência (94%). (Figura 3A e 3B).



**Figura 3.** Mapas da distribuição espacial de plantas daninhas por classe botânica em pré-dessecação. Os resultados foram em densidade absoluta (pl m<sup>-2</sup>), em que (A): monocotiledôneas, (B): eudicotiledôneas. Mata Roma, Maranhão, Brasil, 2022.

De acordo com Gundy et al. (2017), o conhecimento dos padrões de distribuição de plantas daninhas pode contribuir para um manejo mais eficiente. Segundo Rocha et al. (2015), o mapeamento da infestação é uma ferramenta que pode oportunizar triplo benefício, como maior retorno econômico, menor impacto ambiental e menor risco de resistência de plantas daninhas aos herbicidas, dependendo da aplicação localizada, com base na infestação real. Desta forma, entende-se que o controle de plantas daninhas monocotiledôneas no presente estudo, se adequaria melhor à pulverização localizada, dada sua distribuição em reboleiras na lavoura. É possível realizar aplicações localizadas de herbicidas em espécies pós-emergentes, póstardias e adultas, levando em consideração a variabilidade espacial das plantas daninhas e fazendo uso de ferramentas tecnológicas utilizadas como agricultura de precisão, resultando na redução dos gastos com herbicidas e evitando vários problemas ambientais e residuais.

Com relação ao Índice de valor de Importância (IVI), a *Mollugo verticillata* apresentou maior valor (73,76), seguida pela *Turnera subulata* (43,29) e *Eragrostis ciliaris* (32,79) (Figura 4).



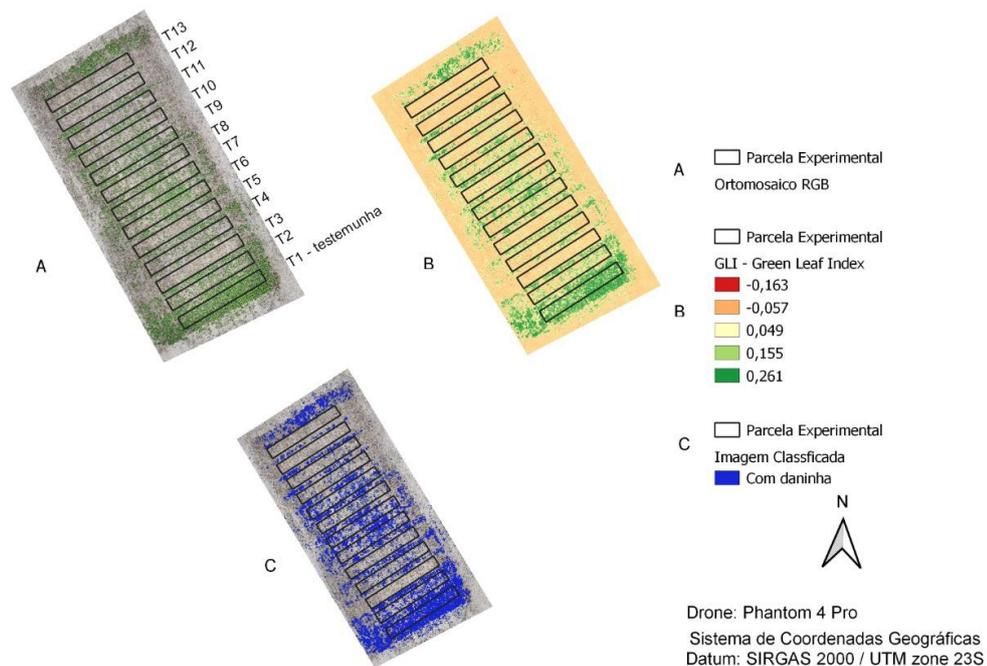
**Figura 4.** Índice de valor de importância das espécies infestantes no período de pré-dessecação em lavoura comercial de soja.

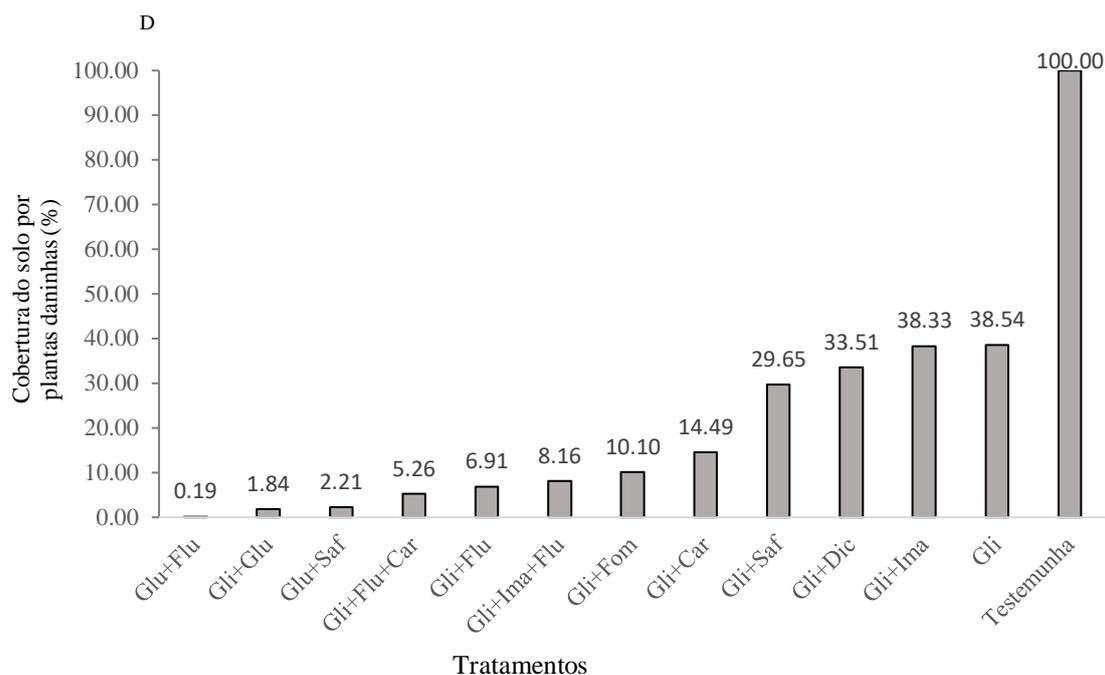
Krenchinski et al. (2016) alertam que deve-se fazer constante monitoramento das plantas daninhas, inclusive em pós-semeadura, pois as mudanças climáticas podem alterar a dinâmica de infestação e valor de importância. Logo, algumas espécies que em pré-semeadura apresentam reduzido IVI podem ter sua incidência aumentada ao longo do ciclo de cultivo da soja, se não controladas adequadamente. Bem como, por apresentarem determinadas habilidades competitivas ou características morfológicas que lhes conferem tolerância a herbicidas, como ao glifosato, que é, segundo Duke et al. (2020), a principal molécula utilizada para dessecação não seletiva de plantas daninhas em pré-semeadura da soja.

Logo, espécies como *S. verticillata*, *E. indica*, *Cyperus sp.*, *Amaranthus sp.* e *C. echinatus* ranqueadas em posições inferiores de grau de importância podem ser problemas futuros em pós-semeadura da soja, caso não manejadas adequadamente. Uma vez que são listadas como plantas daninhas tolerantes/resistentes a glifosato em vários estados brasileiros, como Paraná (Takano et al., 2017), Rio Grande do Sul (Vargas et al., 2013), Bahia (Kalsing et al., 2020). Também em outros países, como, Malásia e Colômbia (VILLALBA, 2009).

### Eficiência de controle de plantas daninhas

A avaliação da eficiência de controle, através de imagens aéreas obtidas com drone, revelou que todos os herbicidas foram eficazes na supressão da infestação, comparativamente à testemunha (sem aplicação), sendo categorizados como controle excelente (0 a 40% de cobertura vegetal no solo) (Figura 5).





**Figura 5.** Mapeamento aéreo (com drone) da eficiência de controle de plantas daninhas, em 13 tratamentos, na fase pré-semeadura da soja. 5A: ortomosaico da área de estudo com a representação das 13 parcelas experimentais. 5B: mapa com índice de vegetação GLI. 5C: imagem com as daninhas classificadas pelo modelo k-means. 5D: Porcentagem de ocupação de plantas daninhas para cada tratamento em ordem crescente de ocupação na área experimental. \*Moléculas: Car: Carfentrazona-etílica, Dic: Diclosulam, Flu: Flumioxazina, Fom: Fomesafen; Gli: Glifosato, Glu: Glufosinato, Ima: Imazetapir, Saf: Saflufenacil.

Isto evidencia a eficácia do manejo preventivo de plantas daninhas em pré-semeadura da soja, em consonância com os resultados obtidos por Albrecht et al. (2021), no qual também afirma que deve ser considerado para a escolha de herbicidas o histórico de uso da área e a comunidade de plantas daninhas, entre outros fatores. Bem como, valida o mapeamento aéreo com VANTs, como uma relevante ferramenta de monitoramento da dessecação pré-semeadura. Segundo Kawamura et al. (2021), os VANT's podem atuar de forma autônoma, com parâmetros pré-definidos, trazendo novas oportunidades para manejar plantas daninhas na agricultura, pois tem excelente acurácia e eficiência de monitoramento, principalmente em lavouras comerciais.

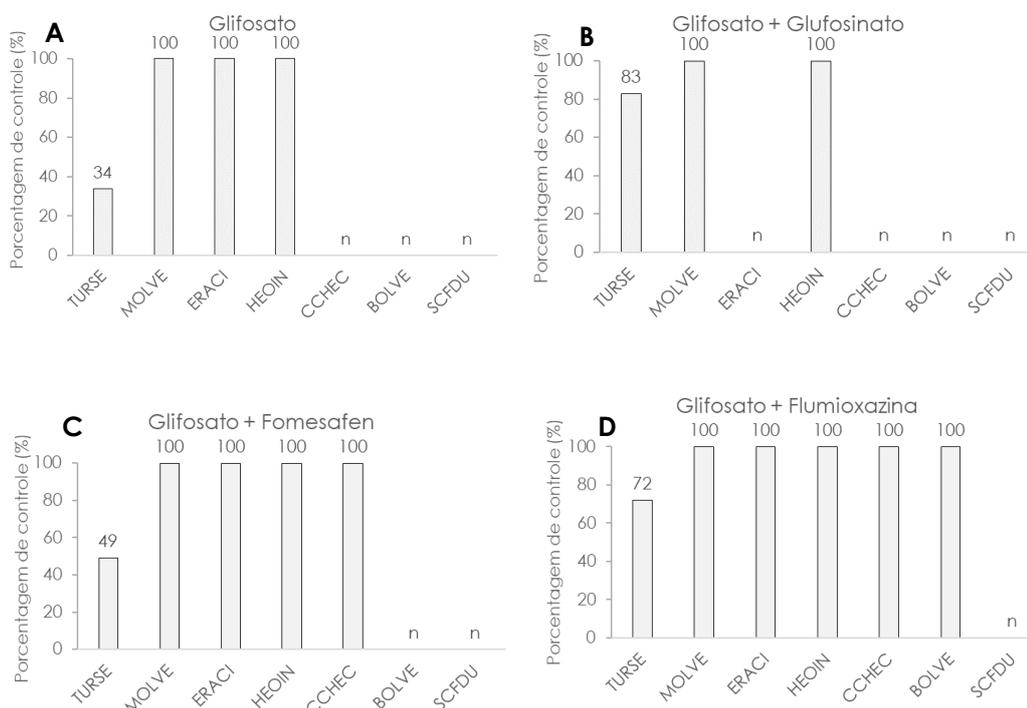
Dentre os herbicidas testados, o uso de glifosato mostrou-se mais efetivo no controle de plantas daninhas, quando associado a outras moléculas, como inibidores de Protox (flumioxazina, saflufenacil e carfentrazona). Conforme Gallon et al. (2019), estas três moléculas atuam na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (Protox), que age na oxidação de protoporfirinogênio à protoporfirina IX, precursores da clorofila. Oportunizam

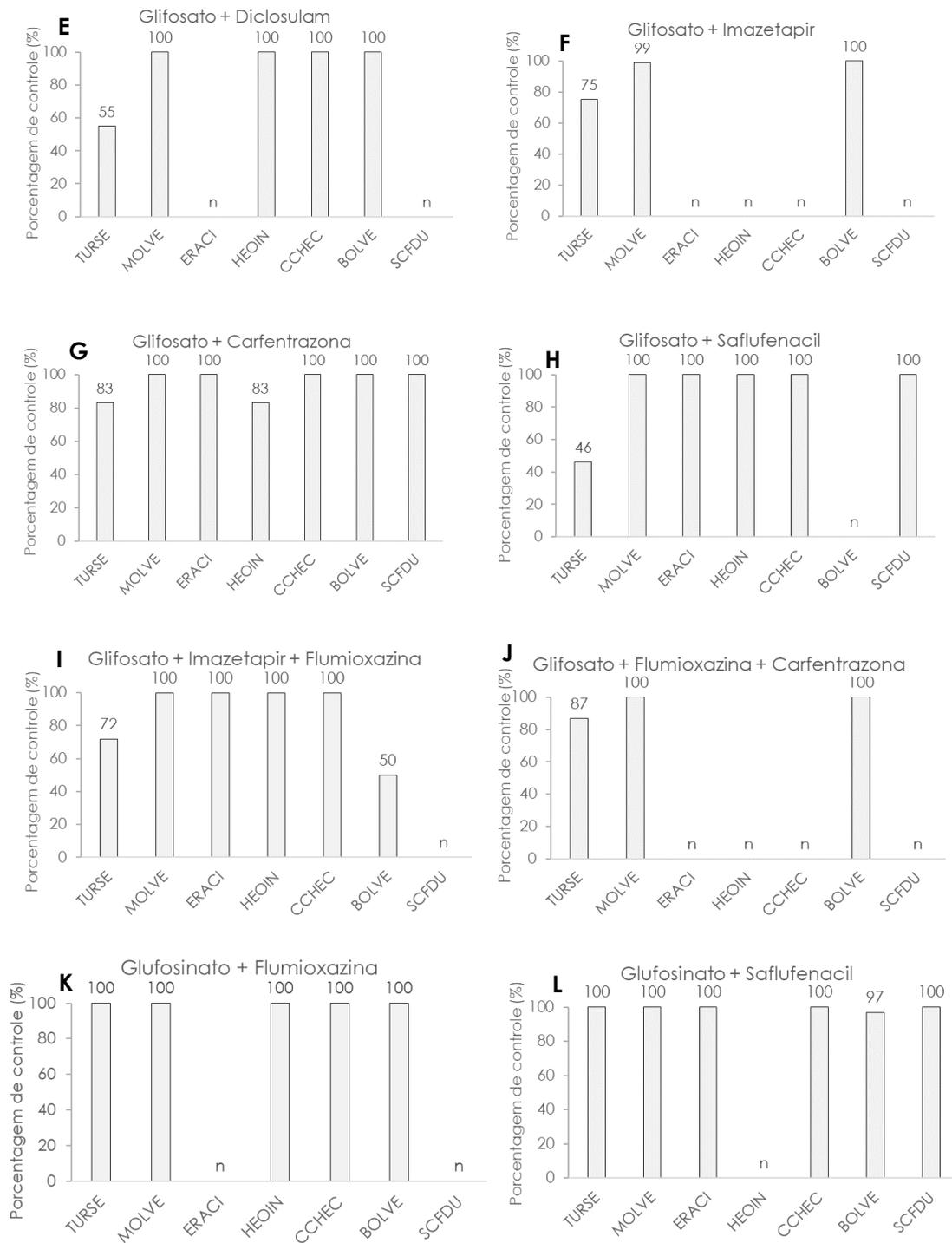
rápido controle espécies dicotiledôneas por aplicações em pré ou pós-emergência na pré-semeadura, e pré-emergência na pós-semeadura da soja (OLIVEIRA Jr et al., 2011).

Os resultados estão em conformidade com Dalazen et al. (2015), que obtiveram sinergismo destes dois mecanismos de ação sobre *Conyza bonariensis*, cuja mistura de glifosato + saflufenacil constituiu maior eficiência de controle. Também são consonantes com Silva et al. (2014), Van Wely et al. (2015), Agostineto et al. (2016), que evidenciaram melhor controle da das plantas daninhas, quando utilizado glifosato em mistura com flumioxazina, fomesafen e carfentrazona, respectivamente.

Assim, não se recomenda a aplicação isolada de glifosato nesta situação (Figura 5). Isto pode estar relacionado ao uso contínuo de glifosato pelo produtor, geralmente em manejo reativo. De acordo com Albrecht et al. (2020), o glifosato é um herbicida muito importante para o manejo de plantas daninhas, no entanto, com o aumento dos casos de resistência, outros herbicidas devem ser empregados de forma complementar ou substitutiva.

Sobre os mecanismos de tolerância ou resistência de plantas daninhas a glifosato, Carneiro et al. (2020) relataram que os seus processos de absorção e translocação podem sofrer alterações, afetando a dose que chega ao local de ação e tornando-a insuficiente para controle. Diante do exposto, observou-se que a espécie *Turnera subulata*, terceira em grau de importância (IVI = 43,29) (Figura 4), obteve controle insatisfatório com uso isolado de glifosato (Figura 6A), glifosato + fomesafen (Figura 6C), glifosato + diclosulam (Figura 6E), glifosato + saflufenacil (Figura 6H). Porém, quando substituído ou em mistura com glufosinato, o controle desta espécie progrediu à categoria de excelente (Figura 6B, L e M).



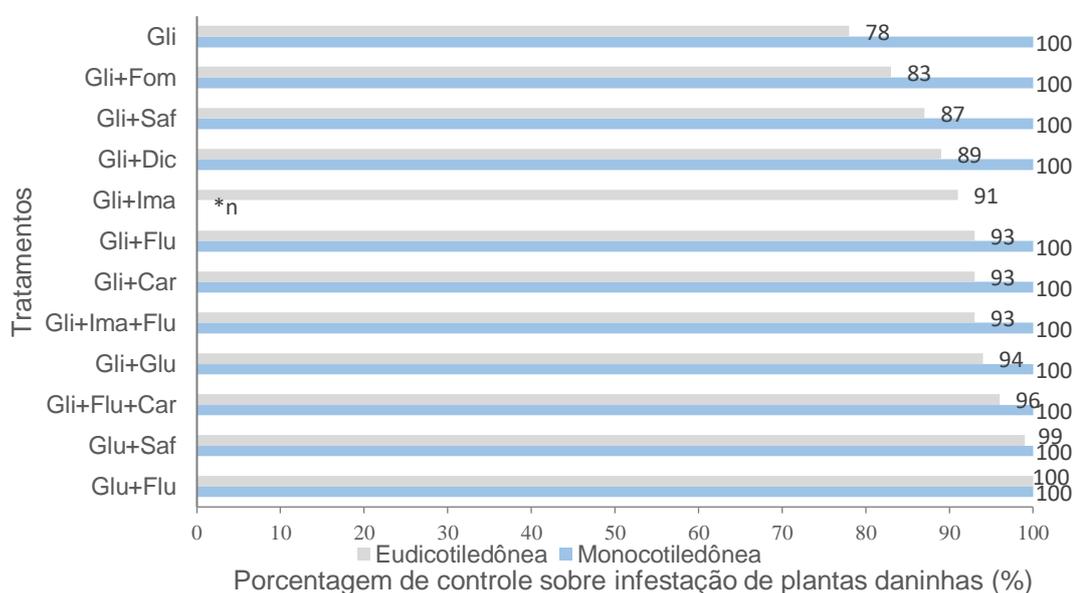


**Figura 6.** Eficiência de controle de plantas daninhas (%) em lavoura comercial de soja, aos 10 dias após à aplicação (DAA), sob efeito de diferentes moléculas. \* n - representa plantas daninhas não identificadas na parcela, após aplicação, perfazendo plantas controladas e/ou ausentes, não germinadas/rebrotadas.

Ribeiro et al. (2015) constataram que a translocação diferencial é um mecanismo que pode explicar a tolerância ao glifosato no gênero *Ipomoea*. Entretanto, não é referenciada na literatura nenhuma ocorrência de plantas do gênero *Turnera*, particularmente a espécie *T. subulata*, tolerante ou resistente a herbicidas, como glifosato. Pelo contrário, estudos realizados por Furtado et al. (2022), Silva et al. (2022), Silva et al. (2021) demonstraram que embora apresente relevante valor de importância em levantamentos de pré-semeadura, esta espécie sempre foi facilmente controlada com adequado posicionamento de herbicidas em pré e pós-semeadura da soja na mesma região de estudo.

Para esta espécie, as melhores porcentagens de controle foram observadas com aplicação de glufosinato + flumioxazina (100%) e glufosinato + saflufenacil (100%) (Figura 6L e M), consonante a Takano et al. (2020). Isto ratifica a rotação de mecanismos de ação para manejo efetivo de plantas daninhas tolerantes ou resistentes a herbicidas. Segundo Brunharo et al. (2014), o glufosinato vem sendo mundialmente utilizado como um herbicida pós-emergente não-seletivo, alternativo ao glifosato, principalmente após o aparecimento da resistência. Age como inibidor competitivo da enzima glutamina sintetase, favorecendo o acúmulo de amônio e a morte celular.

As espécies *Mollugo verticillata*, *Spermacocce verticilata*, *Scoparia dulcis*, *Eragrostis ciliaris*, *Cenchrus echinatus* e *Heliotropicum indicun* foram satisfatoriamente controladas por todos os tratamentos analisados (Figura 6). Em relação às classes botânicas, todos os tratamentos apresentaram controle excelente para plantas daninhas monocotiledôneas. Para eudicotiledôneas, o nível de controle variou de bom (78%) a excelente (100%) (Figura 7). Sendo importante desta forma, o estudo direcionado a espécies-alvo em cada classe botânica.



**Figura 7.** Eficiência de controle sobre classes botânicas (%), aos 10 DAA, sob efeito de diferentes herbicidas. \*n – representa plantas daninhas não identificadas na parcela, após aplicação, perfazendo plantas controladas e/ou ausentes, não germinadas/rebrotadas. \*Moléculas: Car: Carfentrazona-etílica, Dic: Diclosulam, Flu: Flumioxazina, Fom: Fomesafen; Gli: Glifosato, Glu: Glufosinato, Ima: Imazetapir, Saf: Saflufenacil.

Obeve-se controle excelente com uso de glifosato em mistura com imazetapir (100% monocotiledôneas, 91% eudicotiledôneas), canfentrazona (100% mono e 93% eudico), glifosato+flumioxazina (100% mono, 93% eudico), imazetapir e flumioxazina (100% mono, 93% eudico), glufosinato (100% mono, 94% eudico), flumioxazina e carfentrazona (100% mono, 96% eudico). Bem como, com glufosinato em mistura com saflufenacil (100% mono, 99% eudico) e flumioxazina (100% mono, 100% eudico).

O estratégico posicionamento de moléculas pré-emergentes mostrou-se como uma alternativa interessante de controle em pré-semeadura, consonante a Marchi et al. (2013). Observaram-se resultados satisfatórios em misturas de diclosulam e imazetapir, com glifosato ou glufosinato. Além dos bons desempenhos obtidos com pré-emergentes casuais, como saflufenacil e flumioxazina.

## 2.4 CONCLUSÃO

A flora de plantas daninhas em cultura de soja no Município de Mata Roma, Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil é dominada por espécies das famílias Cyperaceae e Poaceae. No total das vinte espécies de plantas daninhas identificadas, as de maior valor de importância foram *Mollugo verticillata*, *Turnera subulata* e *Eragrostis ciliaris*.

De acordo com a densidade das dicotiledôneas e monocotiledôneas, as classes botânicas apresentaram comportamento agregado em manchas e reboleiras, respectivamente.

A utilização de métodos geoestatísticos oferece potencial para o mapeamento de plantas daninhas com vistas ao uso de estratégias de manejo localizado nos locais de ocorrência das manchas, demonstrado neste estudo, pelos mapas de distribuição em densidade absoluta.

O uso de ferramentas da agricultura de precisão pode ser utilizada no monitoramento de lavouras de soja para o manejo de plantas daninhas, no estudo da dinâmica espacial (análise geoestatística) e eficiência de controle (mapeamento aéreo com VANT), em pré-semeadura da soja.

O uso do glifosato e glufosinato em associação com inibidores da Protox apresentou controle satisfatório, comparativamente aos demais tratamentos, especialmente o uso convencional de glifosato isolado.

As associações de glufosinato com saflufenacil e flumioxazina mostraram-se como potenciais alternativas para rotação de mecanismos de ação e manejo preventivo das plantas daninhas em pré-semeadura da soja.

## 2.5 REFERÊNCIAS

AGOSTINETO, M. C.; DE CARVALHO, L. B.; ANSOLIN, H. H.; DE ANDRADE, T. C. G. R.; SCHMIT, R. Sinergismo de misturas de glyphosate e herbicidas inibidores da PROTOX no controle de corda-de-viola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 1, p. 8-15, 2016.

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; ALVES, S.N.R; SILVA, A. F. M.; SILVA, W. D. O.; LORENZETTI, J. B.; DANILUSSI, M.T.Y.; BARROSO, A. A. M. Pre-sowing application of combinations of burndown and pre-emergent herbicides for *Conyza* spp. control in soybean. **Agronomía Colombiana**, v. 39, n. 1, p. 121-128, 2021.

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; RAMOS, R. A.; CORRÊA, N. B.; CARVALHO, M. G. D.; LORENZETTI, J. B.; DANILUSSI, M. T. Y. Control of *Conyza* spp. with sequential application of glufosinate in soybean pre-sowing. **Ciência Rural**, v. 50, n.9, 2020.

ALBUQUERQUE, J.A.A.; SANTOS, T.S.; CASTRO, T.S.; MELO, V.F.; ROCHA, P.R.R. Weed incidence after soybean harvest in no-till and conventional tillage croprotation systems in Roraima's Cerrado. **Planta Daninha**, v.35, n.0, p.1-12, 2017.

BRUNHARO, C. A. D. C. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 163-177, 2014.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; BARBOSA, R. P.; TEIXEIRA, P. R. G.; JÚNIOR, N. D. S. C.; FOGAÇA, J. J. N. L. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura da mandioca em Vitória da Conquista, Bahia. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, 2013.

CARNEIRO, G. D. O. P., CASTRO, G. H. R., COSTA, J. P., SILVA, M. T. B., SILVA, T. S., DA SILVA TEÓFILO, T. M.; MENDES, L.D.S. Eficácia de herbicidas no controle pós-emergência de corda-de-viola. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2020.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2021) **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 12 décimo segundo

levantamento, 2021. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> > Acesso em: setembro de 2021.

DALAZEN, G.; KRUSE, N. D.; MACHADO, S. L. D.; BALBINOT, A. Synergism of the glyphosate and saflufenacil combination for controlling hairy fleabane. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 249-256, 2015.

DANTAS, J.S.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO M.V.; RESENDE J.M.D.A.; CAMARGO, L.A.; BARBOSA, R.S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1039-1050, 2014.

DUKE, S.O. Glyphosate: Uses other than in glyphosate-resistant crops, mode of action, degradation in plants, and effects on non-target plants and agricultural microbes. **Reviews of environmental contamination and toxicology**. v. 255, p. 1-65, 2020.

FIALHO, C. M. T.; SANTOS, J. B.; FREITAS, M. A. M.; FRANÇA, A. C; SILVA, A. A.; SANTOS, E. A. Fitossociologia da comunidade de plantas daninhas na cultura da soja transgênica sob dois sistemas de preparo do solo. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 1, p. 9-17, 2011.

FURTADO, J. A. L.; ALMEIDA, E. I. B.; OLIVEIRA, L. B. T.; SANTOS, A. C.; COSTA, T. V.; SILVA, M. S.; SOUZA, J. B. C.; SOUSA, W. S.; PONTE, I. S.; FREITAS, J. R. B. Spatial relation of weed competition and soil fertility in soybean farming. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, p. 899-906, 2022.

GALLON, M.; TREZZI, M. M.; PAGNONCELLI, F.; PASINI, R.; VIECELLI, M.; CAVALHEIRO, B. M. Chemical management of broadleaf buttonweed and Brazilian pusley in different application methods. **Planta Daninha**, v. 37, e019185625, 2019.

GREGO, C.R.; SPERANZA, E.A.; RODRIGUES, G.C.; LUCHIARI, A.J.; VENDRUSCULO, L.G.; RODRIGUES, C.A.G.; INAMASU, R.Y.; VAZ, C.M.P.; RABELLO L.M.; JORGE, L.A.C.; ZOLIN, C.A.; SANTOS, J.C.F.; RONQUIM, C.C. Tecnologias desenvolvidas em Agricultura de Precisão. Embrapa Instrumentação- **Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Brasília, DF: Embrapa, cap. 7, p. 166-191, 2020.

GUNDY, G. J.; DILLE, J. A.; ASEBEDO, A. R. Efficacy of variable rate soil-applied herbicides based on soil electrical conductivity and organic matter differences. **Advances in Animal Biosciences**, v. 8, n. 2, p. 277-282, 2017.

HEAP, I; DUKE, S.O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest management science**, v. 74, n. 5, p. 1040-1049, 2018.

HE, Y; GAO, P; QIANG, S. An investigation of weed seed banks reveals similar potential weed community diversity among three different farmland types in Anhui Province, China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 4, p. 927-937, 2019.

JIMÉNEZ-MEJÍAS, P.; LARRIDON, I. Cyperaceae in a data-rich era: New evolutionary insights from solid frameworks. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 59, n. 4, p. 623, 2021.

KALSING, A.; ROSSI, C. V. S.; LUCIO, F. R.; MINOZZI, G. B.; GONÇALVES, F. P.; VALERIANO, R. Efficacy of control of glyphosate-tolerant species of the Rubiaceae family through double-knockdown applications. **Planta Daninha**, v.38, p. e020190700, 2020.

KAWAMURA, K.; ASAI, H.; YASUDA, T.; SOISOUVANH, P.; PHONGCHANMIXAY, S. Discriminating crops/weeds in an upland rice field from UAV images with the SLIC-RF algorithm. **Plant Production Science**, v. 24, n. 2, p. 198-215, 2021.

KRENCHINSKI, F. H.; ALBRECHT, L. P.; PEREIRA, V. G. C.; ALBRECHT, A. J. P.; CESCO, V. J. E. S.; RODRIGUES, D. M.; BAUER, F. Phytosociological and floristic survey of weeds in Western Paraná. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 17, p. 1543-1551, 2016.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 379p, 2014.

MARCHI, S. R.; BOGORNÍ, D.; BIAZZI, L.; BELLÉ, J. R. Associações entre glifosato e herbicidas pós-emergentes para o controle de trapoeraba em soja RR. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 23-30, 2013.

MENEZES, P.H.S.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; SMIDERLE, J.O.; MEDEIROS, R.D.; ALVES, J.M.A.; GIANLUPPI, D. Occurrence of weeds in areas submitted to tillage managements for soybean cultivation in the Cerrado of Roraima. **Planta Daninha**, v.37, [s.n], e019193014,2019.

MESQUITA, M. L. R.; ANDRADE, L. A.; PEREIRA, W. E. Germination, floristic composition and phytosociology of the weed seed bank in rice intercropped with corn fields. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, p. 14-20, 2016.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbusivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 3, p. 671-685, 2006.

NORSWORTHY, J.K.; WARD, S.M; SHAW, D.R.; LEWELLYN, R.S.; NICHOLS, R.L.; WEBSTER, T.M.; BRADLEY, K. W.; FRISVOLD, G.; POWLES, S.B.; BURGOS, N, L.; WITT, W.W.; BARRETT, M. Reducing the risks of herbicide resistance: Best management practices and recommendations. **Weed Science: Special Issue** v.60, sp.1, p.31-62, 2012.

OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 1.ed. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011.

ORCARAY, L., ZULET, A., ZABALZA, A., ROYUELA, M. Impairment of carbon metabolism induced by the herbicide glyphosate. **Journal of plant physiology**, v. 169, n. 1, p. 27-33, 2012.

RAMÍREZ, J.; HOYOS, V.; PLAZA, G. Phytosociology of weeds associated with rice crops in the department of Tolima, Colombia. **Agronomía Colombiana**, v. 3, n.1, p. 64-73, 2015.

RIBEIRO, D. N.; NANDULA, V. K.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O.; REDDY, K. N.; SHAW, D. R. Possible glyphosate tolerance mechanism in pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa* L.). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 6, p. 1689-1697, 2015.

RIZZARDI, M. A.; SILVA, L. Manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 32, p. 683-697, 2014.

ROCHA, F. C.; OLIVEIRA NETO, A. M.; BOTTEGA, E. L.; GUERRA, N.; ROCHA, R. P.; VILAR, C. C. Weed mapping using techniques of precision agriculture. **Planta Daninha**, v. 33, p. 157-164, 2015.

SAMMONS, R.D.; GAINES, T.A. Glyphosate resistance: state of knowledge. **Pest management science**, v. 70, n. 9, p. 1367-1377, 2014.

SILVA, M. S.; COSTA, T. V.; FURTADO, J. A. L.; SOUZA, J. B. C.; SILVA, E. A.; FERREIRA, L. S.; SILVA, C. A. A. C.; ALMEIDA, E. I. B.; SOUSA, W. S.; OLIVEIRA, L. B. T.; FREITAS, J. R. B.; OLIVEIRA, J. T. Performance of pre-emergence herbicides in weed competition and soybean agronomic components. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n.4, p. 610-617, 2021.

SILVA, M. S.; FURTADO, J. A. L.; CASTRO, J. Q.; SANTOS, I. L.; ALMEIDA, E. I. B.; OLIVEIRA, L. B. T.; SOUSA, W. S.; ARAUJO, R. C. A. Weed control and selectivity of different pre-emergence active ingredients in a soybean crop. **Agronomia Colombiana**, v. 39, p. 392-404, 2022.

SILVA, T. B. G.; PEREIRA, R. G.; ANUNCIACÃO, A. A.; DOS SANTOS, W. H.; MIRANDA, G. R. B.; ALVES, A. D.; SILVA, A. V. Eficiência de diferentes tipos de herbicidas associados ao glyphosate no controle da *Commelina benghalensis*. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2014.

TAKANO, H. K.; BEFFA, R.; PRESTON, C.; WESTRA, P.; DAYAN, F. E. Glufosinate enhances the activity of protoporphyrinogen oxidase inhibitors. **Weed Science**, v. 68, n.4, p. 324-332, 2020.

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; GHENO, E. A. Goosegrass resistant to glyphosate in Brazil. **Planta Daninha**, v. 35, n.3, p.1-9, 2017.

VAN WELY, A.C.; SOLTANI, N.; ROBINSON, D.E.; HOOKER, D.C.; LAWTON, M.B.; SIKKEMA, P.H. Glyphosate-resistant common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) control with postemergence herbicides and glyphosate dose response in soybean in Ontario. **Weed Technology**, v. 29, n. 3, p. 380-389, 2015.

VARGAS, L.; ULGUIM, A. D. R.; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D.; THURMER, L. Low level resistance of goosegrass (*Eleusine indica*) to glyphosate in Rio Grande do Sul-Brazil. **Planta Daninha**, v. 31, p.677-686, 2013.

VILLALBA, A. Resistência a herbicidas: Glifosato. **Ciencia, docencia y tecnología**, n. 39, p. 169-186, 2009.

WEBSTER, T. M.; NICHOLS, R. L. Changes in the prevalence of weed species in the major agronomic crops of the Southern United States: 1994/1995 to 2008/2009. **Weed Science**, v. 60, n. 2, p. 145-157, 2012.

### CAPÍTULO III

#### **Uso de 2,4-D e flumioxazina, isolados e em mistura com glifosato, no controle de *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae*, em pré-semeadura da soja**

**RESUMO** – A dessecação de plantas daninhas em pré-semeadura é uma importante ferramenta para evitar a competição inicial com a cultura da soja, controlar o fluxo de emergência de plantas daninhas, evitar aplicações sequenciais com glifosato em pós-semeadura e minimizar o custo de produção. Das plantas daninhas com potencial competitivo com a cultura da soja na mesorregião Leste Maranhense, podem-se destacar as espécies *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae*. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a eficiência 2,4-D e flumioxazina, isolados e em mistura com glifosato, sobre o controle de *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae* na fase de pré-semeadura da soja. O experimento foi conduzido em talhão comercial da Fazenda São Bernardo, Buriti (MA). Os tratamentos consistiram em 2,4-D, flumioxazina, 2,4-D + glifosato, flumioxazina + glifosato. Avaliaram-se índices fitossociológicos da comunidade infestante e eficiência de controle. Esta foi estimada pelo método do quadrado inventário e sensoriamento remoto, através de imagem de satélite Sentinel-2. Os melhores controles para *Senna obtusifolia* foram obtidos com uso de 2,4-D, flumioxazina + glifosato e flumioxazina. Para a espécie *Eleusine indica*, os controles mais eficientes foram 2,4-D+glifosato, flumioxazina + glifosato e flumioxazina. Os herbicidas avaliados alcançaram controle total para a *Portulaca oleraceae*. A porcentagem de controle, por classes botânicas demonstrou os melhores controles para 2,4-D+glifosato, flumioxazina + glifosato e flumioxazina. Dados estes observados no mapeamento das plantas daninhas em pré e pós-dessecação, expressos nos menores valores médios do NDVI. Em destaque para flumioxazina com menor valor deste índice, comparativamente aos tratamentos em mistura com glifosato, e destaca-se como potencial alternativa, para o controle da comunidade infestante. O sensoriamento remoto constitui-se como uma boa base de dados para o monitoramento de plantas daninhas e contribui de forma complementar aos métodos convencionais.

**Palavras-chaves:** fedegoso, capim-pé-de-galinha, beldroega, herbicidas, *Glycine max* (L.) Merrill

### 3.1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) faz parte dos principais produtos na cadeia do agronegócio brasileiro e tem apresentado crescimento contínuo, cujo Brasil é um dos principais contribuintes da produção mundial. Na região Nordeste, o Maranhão alcançou a posição de segundo maior produtor, com produção de 3.573,6 mil toneladas (Conab, 2022). Todavia, a interferência das plantas daninhas tem se apresentado como um dos fatores limitantes ao rendimento da cultura, o que somado a outros problemas pode ocasionar disparidade entre a sua produtividade média e das principais regiões produtoras brasileiras (SOLTANI et al., 2017).

No manejo das plantas daninhas o controle químico constitui-se como um componente dominante (Bueno et al., 2013). A dessecação pré-plantio é uma ferramenta vital para controlar as plantas daninhas estabelecidas, visando uma semeadura adequada, de modo a conferir à cultura vantagem competitiva e desenvolvimento inicial rápido e vigoroso, evitando que as infestantes continuem vegetando (Santos et al., 2016).

Glifosato, que é sistêmico, com amplo espectro de controle, inibidor da enzima enol-piruvil-shikimato-fosfato sintetase (EPSPs) é um dos herbicidas mais conhecidos e utilizado na agricultura mundialmente (Orcaray et al. 2012), no entanto, seu elevado consumo, associado à baixa rotação de mecanismos de ação em diversas fases da cultura, tem culminado em elevada pressão de seleção, com riscos para ocorrência de plantas daninhas de difícil controle, tolerantes e/ou resistentes (HEAP e DUKE, 2018).

Dentre as plantas daninhas que infestam as áreas tradicionalmente cultivadas com soja, destacam-se as espécies *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae*. *Senna obtusifolia* (fedegoso) é uma espécie subarborescente distribuídas em regiões tropicais e subtropicais do mundo, em áreas de pastagens, lavouras anuais e perenes, fragmentos florestais, presente na maioria dos biomas brasileiros (MOREIRA e BRAGANÇA, 2011; TOPANOTTI et al., 2014).

As espécies da família botânica Fabaceae possuem sementes dormentes que apresentam tamanho relativamente grande, acumulam reservas e podem permanecer viáveis no solo por vários anos. É uma planta com sistema radicular ultra-agressivo, altamente prolífica, conferindo-lhe uma elevada capacidade competitiva (TAKANO et al. 2015; BANDEIRA et al. 2018).

Algumas espécies do gênero *Senna* são conhecidas por apresentarem sementes tóxicas, podendo trazer relevantes prejuízos nas lavouras, especialmente na fase de colheita e logística portuária das cargas. Nos diferentes sistemas agrícolas, a supressão do fedegoso tem se sustentado no uso de herbicidas. Em muitos estudos, tem-se apresentado como uma planta

de difícil controle, visto o aumento da ocorrência biótipos resistentes a herbicidas (CRAWFORD et al. 1990; SOUZA et al. 2014).

*Portulaca oleraceae* L. (beldroega), é uma planta daninha anual com rápida propagação, crescimento e desenvolvimento (Galinato et al., 1999; Rauber et al., 2018). A beldroega pode completar seu ciclo de vida em 2-4 meses em regiões tropicais e temperadas, além disso uma única planta pode produzir até 10.000 sementes. É infestante de uma ampla gama de culturas, considerada uma planta daninha de 45 culturas em 81 países nos trópicos e subtropicais (GALINATO et al., 1999; CHAUHAN e JOHNSON, 2009; PROCTOR et al., 2011).

Em estudo feito sobre metabolismo fotossintético na *P.oleracea* revelam um tipo previamente desconhecido de fotossíntese vegetal: um metabolismo  $C_4$ +CAM integrado, como uma resposta de estresse ao déficit hídrico (Moreno-Villena et al. 2022). A beldroega é relatada como hospedeira de insetos, nematóides e fungos, e nas folhas e caules desta planta daninha se acumulam níveis tóxicos de oxalatos e pode causar doença e morte em animais (GALINATO et al., 1999; MOREIRA e BRAGANÇA, 2011).

*Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) destaca-se como uma gramínea com alto potencial competitivo com a cultura da soja. O capim pé-de-galinha é uma espécie de gramínea anual da família Poaceae, com metabolismo fotossintético  $C_4$ , forma touceiras, e se caracteriza pelo rápido crescimento e alto desenvolvimento de perfilhos, cujo ciclo de 120 dias possibilita uma única planta produzir até 120.000 sementes (KISSMANN e GROTH, 1997; MUELLER et al., 2011; TAKANO et al., 2016).

É considerada uma das espécies de ervas daninhas mais problemáticas do mundo devido à sua ampla ocorrência e aos numerosos casos de resistência relatados em todo o mundo (Heap, 2021; Holm et al., 1977). No Brasil foram relatados biótipos do capim-pé-de-galinha que sobreviveram a aplicações de glifosato e dos herbicidas inibidores de ACCase (Takano et al., 2017; 2019; Heap, 2021) e na Malásia, também foi confirmado como a primeira espécie a desenvolver resistência múltipla aos três herbicidas não seletivos glifosato, glufosinato e paraquat (JALALUDIN et al., 2014).

Tendo em vista estes riscos, é importante criar perspectivas para o uso mais sustentável do controle químico no cerrado maranhense, com base em estudos científicos que visem validar e recomendar opções potenciais de moléculas e mecanismos de ação, que poderão reduzir o fluxo de aplicações sequenciais, especialmente de glifosato, em lavouras de soja Roundup Ready (Duke e Powles, 2008). Ou, em casos específicos, aumentar o efeito aditivo e sinérgico de controle desta molécula, em misturas com herbicidas compatíveis.

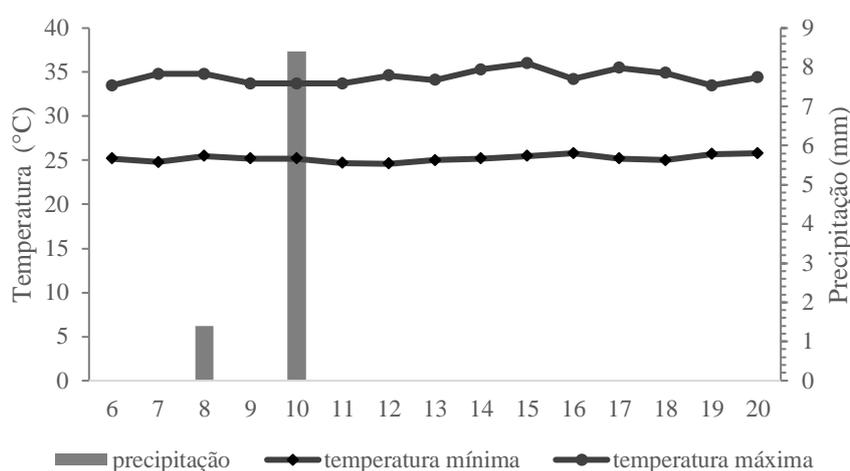
Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desempenho dos herbicidas na dessecação das referidas espécies na fase de pré-semeadura da soja.

### 3.2 METODOLOGIA

#### Implantação do experimento

O experimento foi conduzido durante o mês de dezembro de 2021, em lavoura comercial de soja, pertencente à Fazenda São Bernardo, Buriti (MA). O município de Buriti, pertence a Mesorregião do Leste Maranhense e a Mesorregião de Chapadinha. É delimitado pelas coordenadas geográficas de latitude 03°38'44" e longitude 43°15'21". O solo da área de estudo foi classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso típico (SANTOS et al., 2018).

Os dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima e temperatura mínima durante o mês de realização do experimento estão expressos na Figura 1, de acordo com Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022).



**Figura 1** – Dados de precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C), registrados para o município de Buriti (MA), entre 06 e 20 dezembro de 2021.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em arranjo de faixas, composto por 4 tratamentos, que correspondem ao ácido 2,4-diclorofenoxyacético (2,4-D) e flumioxazina isolados e em combinação com glifosato (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tratamentos e respectivas doses aplicadas para controle de plantas daninhas. Buriti (MA), 2022.

Nome comercial ®	Ingrediente ativo	Dose g i.a. ha <sup>-1</sup>
Mirato	2,4-D	536
Sumyzin	Flumioxazina	50
Mirato+Zapp	2,4-D+Glifosato	201 +1500
Sumyzin+Zapp	Flumioxazina + Glifosato	50+1500

i.a. – ingrediente ativo.

Para aplicação dos tratamentos utilizou-se pulverizador uniporte, modelo uniporte marca khun, modelo stronger, barra de 30 metros, 61 pontas de pulverização, volume de calda 75 L ha<sup>-1</sup>. As aplicações foram aplicadas nas condições adequadas, de acordo com Balastreire (1990). Os herbicidas foram aplicados antes da semeadura da soja, seguindo o método “manejo antecipado”, conforme recomendações dos fabricantes.

Os herbicidas foram aplicados em pós-emergência da cobertura de milheto e plantas daninhas. A cultura do milheto foi instalada em junho de 2021, para finalidade de cobertura do solo. Utilizou-se 25 kg/ ha<sup>-1</sup> de sementes em semeadura com deposição a lanço.

### **Levantamento de plantas daninhas**

Para monitoramento das plantas daninhas, realizaram-se dois levantamentos fitossociológicos. O primeiro ocorreu na fase de pré-dessecação (3 dias antes da aplicação dos herbicidas), ao passo que o segundo foi realizado aos 10 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). No primeiro levantamento fitossociológico, fez-se 120 amostragens georreferenciadas na extensão do talhão experimental (em torno de 60 hectares), em malha regular de 20 m x 30 m, com 10 intervalos de caminhada (12 pontos por percurso). O segundo levantamento (10 DAA) foi realizado dentro dos tratamentos, em faixas de aproximadamente 15 hectares, com mesmo espaçamento amostral (20 m x 30 m) e percurso.

Nestes levantamentos, utilizou-se o método do quadrado inventário, com quadrados amostrais de 1,0 m x 1,0 m. Durante a amostragem, as plantas daninhas foram identificadas com auxílio de literatura especializada (LORENZI, 2014) e quantificadas para a estimativa de índices fitossociológicos. Assim, estimaram-se os seguintes índices fitossociológicos, conforme a metodologia proposta por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974):

Equação 1: Densidade relativa = (densidade da espécie x 100) / (densidade total das espécies)

Equação 2: Frequência relativa = (frequência da espécie x 100) / (frequência total das espécies)

Equação 3: Abundância relativa = (abundância da espécie x 100) / (abundância total das espécies)

Equação 4: Índice de Valor de Importância (IVI) = frequência relativa + densidade relativa + abundância relativa

### **Eficiência de controle**

A eficiência de controle de plantas daninhas foi determinada pela comparação dos tratamentos à testemunha, através da seguinte fórmula:

Equação 5: Porcentagem de controle = [(número de plantas na testemunha - número de plantas no tratamento) / (número de plantas na testemunha)] x 100.

Os resultados da eficiência de controle foram comparados à escala de porcentagem de controle para determinar o nível de controle dos tratamentos, conforme a Sociedade Brasileira de Ciência de Plantas Daninhas (SBCPD, 1995) (Tabela 3).

**Tabela 2.** Escala utilizada para avaliação da eficiência de controle de plantas daninhas.

<b>Porcentagem de controle (%)</b>	<b>Nomenclatura</b>
0 – 40	Nenhum a escasso
41 – 60	Regular
61 – 70	Suficiente
71 – 80	Bom
81 – 90	Muito bom
91 – 100	Excelente

Fonte: SBCPD (1995).

De forma complementar, analisou-se a eficiência de controle através de imagens de satélite, sensor Sentinel-2, com resolução espacial de 10 m. As imagens foram coletadas nos dias 20 de novembro, 15 de dezembro e 20 de dezembro, cujas datas foram escolhidas dentro do interstício de avaliação e em ocasiões de baixa nebulosidade. Em cada tratamento, selecionaram-se amostras de tamanho superior a 1 hectare, para estimativa da eficiência de controle/dessecação. Os resultados foram expressos em valores médios do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI), em que mede o verde e a densidade da vegetação capturada na imagem de satélite. Na qual é entendida pela densidade da vegetação que em um determinado ponto da imagem é igual à diferença nas intensidades da luz refletida na faixa vermelha e infravermelha dividida pela soma dessas intensidades. NDVI é essa diferença expressa como um número – que varia de -1 a 1.

### **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Levantamento de plantas daninhas em pré-semeadura**

A composição da comunidade infestante na área experimental foi heterogênea, com 11 espécies distribuídas em 10 gêneros e 8 famílias botânicas, com maior número de plantas daninhas eudicotiledônea (Tabela 3).

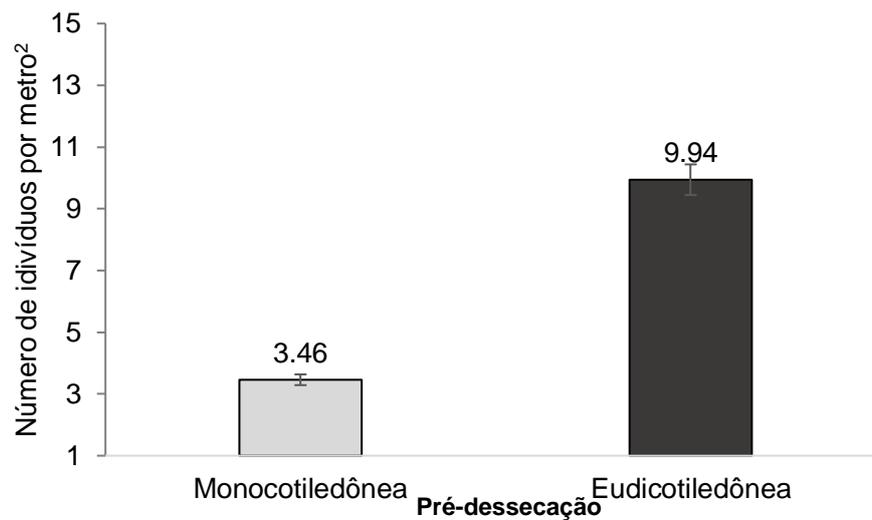
**Tabela 3.** Relação de plantas daninhas quanto a família, gênero, espécie, classe botânica. Levantamento realizado em lavoura comercial de soja em pré-semeadura e pré-dessecação, Buriti, Maranhão, Brasil.

Família	Gênero	Espécie	Classe	Ciclo	Reprodução
Asteraceae	<i>Ageratum</i>	<i>A.conyzoides</i> L.	E	A/P	A/S
Cypereaceae	<i>Cyperus</i>	<i>C.iria</i> L.	M	A/P	A/S
Fabaceae	<i>Senna</i>	<i>S. obtusifolia</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby	E	A/P	S
Malvaceae	<i>Sida</i>	<i>S. rhombifolia</i> L.	E	A/P	S
Molluginaceae	<i>Mollugo</i>	<i>M. verticillata</i> L.	E	A	S
Poaceae	<i>Cenchrus</i>	<i>C. echinatus</i> L.	M	A	S
	<i>Eleusine</i>	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	M	A/P	S
	<i>Eragrostis</i>	<i>E. ciliaris</i> (L.) R. Br.	M	A/P	S
Portulacaceae	<i>Portulaca</i>	<i>P. oleracea</i> L.	E	A	S
Scrophulariaceae	<i>Scoparia</i>	<i>S. dulcis</i> L.	E	A	S

As famílias e espécies encontradas corroboram com os levantamentos realizados por Lopes et al. (2020a) e Furtado et al. (2022) na região do Leste Maranhense. Dentre as famílias botânicas com maior riqueza de espécies, destacou-se a Poaceae, com três espécies. As famílias Asteraceae, Cypereaceae, Fabaceae, Malvaceae, Molluginaceae, Portulacaceae e Scrophulariaceae apresentaram apenas uma espécie (Tabela 3).

A Poaceae teve maior representatividade, resultados semelhantes foram observados no estudo de Lopes et al. (2020b) ao estudarem o banco de sementes de plantas daninhas em campo agrícola no Maranhão. Em estudos no Cerrado de Roraima Menezes et al. (2019) também verificaram que Poaceae predominou entre as espécies de plantas daninhas identificadas crescendo com soja cultivada sob diferentes formas de manejo. De acordo com Lorenzi (2008), essa dominância de Poaceae na população de plantas daninhas pode ser decorrente da alta produção de diásporos, que proporciona sua disseminação e infestação de áreas de plantio, mesmo em condições ambientais adversas.

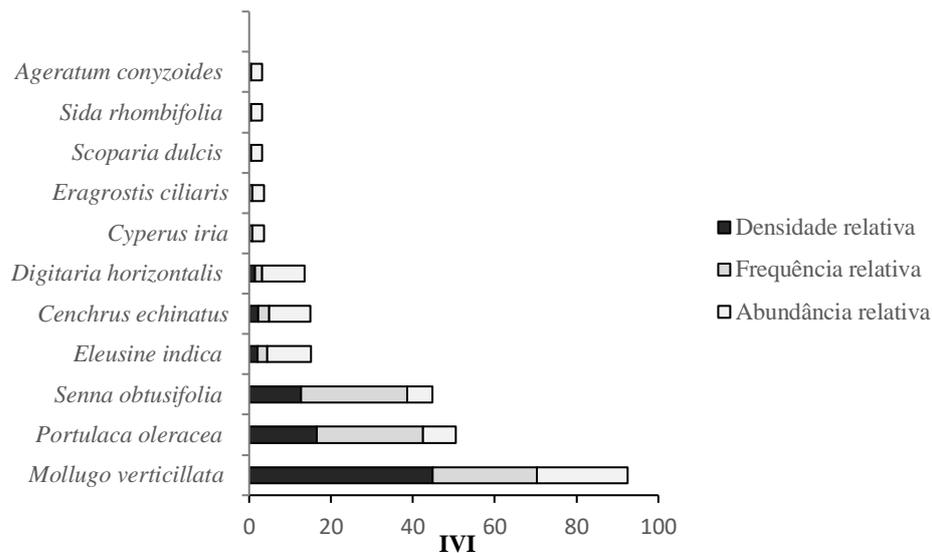
Parte das espécies presentes na área de estudo possuem ciclo de vida anual/perene (cerca de 45%) e maioria das espécies apresentam reprodução sexuada, dentre elas as que pertencem às famílias Asteraceae, Commelinaceae e Cypereaceae (*A. conyzoides*, *C. erecta* e *C.iria*) se propagam por sementes e também por partes vegetativas (Tabela 3).



**Figura 2.** Caracterização da infestação de plantas daninhas, por densidade e classe botânica, no período de pré-dessecação.

Quanto às classes botânicas presentes na área experimental em pré-dessecação, a maior infestação estimada em número de plantas por metro quadrado, pertencem às eudicotiledôneas (9,94 planta/ m<sup>2</sup>). A predominância de plantas eudicotiledôneas está representada por seis famílias (Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae, Molluginaceae, Portulacaceae e Scrophulariaceae), abrangendo seis espécies. Enquanto as monocotiledôneas foram representadas por três famílias (Commelinaceae, Cyperaceae e Poaceae) e cinco espécies, com densidade estimada em 3,46 pl/ m<sup>2</sup> (Tabela 3, Figura 2). Segundo Pitelli (1987), plantas de uma mesma classe tem necessidades similares e, por isso, a cultura da soja favorece a presença e desenvolvimento de outras eudicotiledôneas (PITELLI, 1987).

Nos indicadores fitossociológicos da infestação geral, dentre as espécies identificadas, destaca-se no seu índice de valor de importância, *Portulaca oleraceae* (50,44), *Senna obtusifolia* (44,79) e *Eleusine indica* (15,0) (Figura 3).



**Figura 3.** Índice de valor de importância de plantas daninhas no período de pré-dessecação em lavoura comercial de soja.

Diante de possíveis mudanças na distribuição e composição da flora infestante na lavoura, as espécies com IVI inferiores emitem importantes alertas, tendo em vista que podem se propagar amplamente nos próximos ciclos de cultivo, caso não haja controle adequado.

A espécie *Mollugo verticillata* possui maior índice de valor de importância (IVI=92) de plantas daninhas, constitui-se como uma planta daninha frequente nas lavouras anuais e facilmente controlada nas áreas agrícolas (LOPES et al., 2020; SILVA et al., 2021).

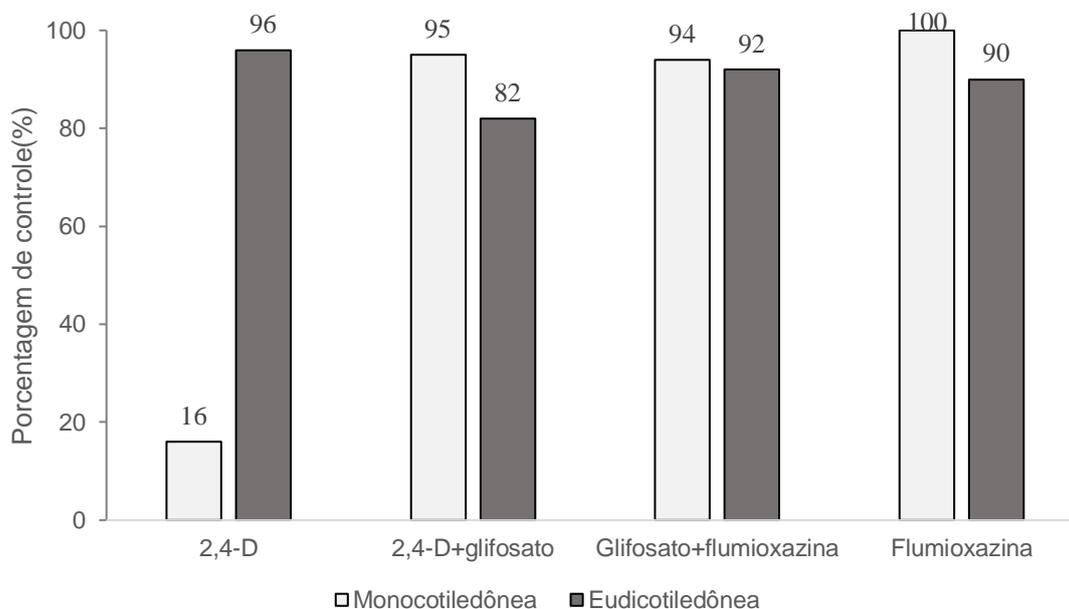
Dentre as plantas daninhas de folhas largas destaca-se a espécie *P. oleracea* (beldroega), que no presente estudo apresentou alto índice de valor de importância. Beldroega é uma planta daninha de alta competitividade nos estádios iniciais da soja, além de servir como hospedeira para vírus e nematóides. Se faz necessário um controle adequado, visto que seu ciclo anual é relativamente curto e pode desenvolver mais de uma geração durante o ano (GALON et al. 2007).

A *Senna obtusifolia*, no presente com terceiro maior IVI, é considerada como importante infestante de lavouras de soja, dada a dificuldade e interferências indiretas ocasionadas na colheita da soja e constitui-se uma séria ameaça ao rendimento da soja (SOUZA et al. 2014).

A *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha), identificada no presente estudo com IVI =15, entre as espécies monocotiledôneas apresentou maior incidência na área. É uma gramínea que possui histórico de alguns biótipos resistentes ao herbicida glifosato (Takano et al. 2018; Vásquez-García et al., 2021) e para um manejo eficaz, dentre as estratégias, o uso de mais de uma molécula de herbicidas se faz necessário para um maior espectro de controle.

### Porcentagem de controle sobre plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas

Os gráficos de porcentagem de controle dos herbicidas 2,4-D, 2,4-D + glifosato, flumioxazina, glifosato + flumioxazina, sobre as classes botânicas aos 10DAA foram analisados (Figura 4).



**Figura 4** – Porcentagem de controle dos herbicidas 2,4-D, 2,4-D + glifosato, glifosato + flumioxazina, flumioxazina, sobre plantas daninhas monocotiledôneas e eudicotiledôneas, em lavoura comercial de soja, aos 10 DAA (dias após a aplicação).

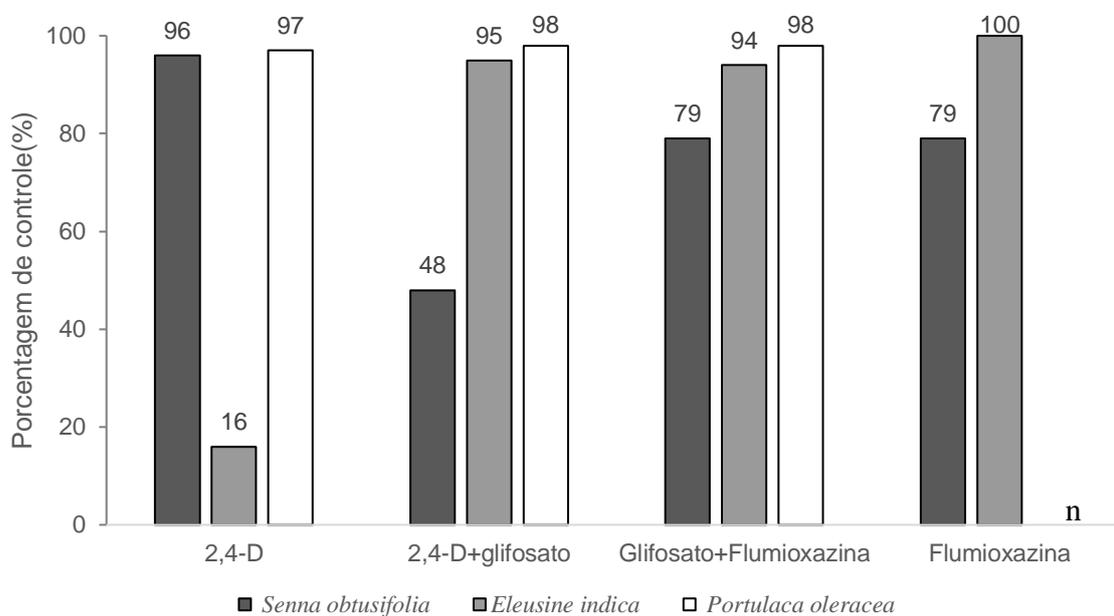
O uso de 2,4-D, 2,4-D + glifosato, flumioxazina + glifosato e flumioxazina foi efetivo na dessecação de plantas daninhas, com porcentagem de controle acima de 81%. Exceptualmente, o uso de 2,4-D que apresentou baixo rendimento (nenhum ou escasso–16%) sobre plantas daninhas monocotiledôneas (Figura 4).

Os resultados para 2,4-D se mostram em consonância com a bula do produto comercial, cujo espectro dessa molécula é prioritariamente sobre plantas daninhas eudicotiledôneas. O ácido 2,4-diclorofenoxiacético é uma auxina sintética que gera um acúmulo de ácido abscísico e etileno, produtos estes que induzem a produção de espécies reativas de oxigênio, responsáveis pelo aumento do estresse oxidativo (Christoffoleti, 2015). É observado que o uso do 2,4-D em mistura com glifosato ampliou o espectro de controle sobre as plantas daninhas. Takano et al. (2013) observou em trabalhos realizados que a adição de 2,4-D ao glifosato foi determinante para acelerar e melhorar o controle de plantas daninhas de difícil controle estudadas.

A associação de flumioxazina ao glifosato e a flumioxazina isolada proporcionaram excelentes resultados de controle em ambas as classes botânicas. É conhecido que a Flumioxazina é um produto de ação por contato, cujo mecanismo de ação baseia-se na inibição da PROTOX, podendo ser aplicado em pré-emergência para o controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas, o que corresponde ao efetivo controle demonstrado no estudo (TIBURCIO et al. 2012; FAO, 2015).

#### Porcentagem de controle para *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae*

Os gráficos de porcentagem de controle dos herbicidas 2,4-D, 2,4-D + glifosato, flumioxazina, glifosato + flumioxazina, sobre *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae* aos 10 DAA podem ser observados na sequência (Figura 5).



**Figura 5** – Porcentagem de controle dos herbicidas 2,4-D, 2,4-D + glifosato, flumioxazina, glifosato + flumioxazina, sobre *Senna obtusifolia*, *Eleusine indica* e *Portulaca oleraceae*, em lavoura comercial de soja, aos 10 DAA (dias após a aplicação). \*n representa planta daninha não identificadas na parcela, após aplicação, perfazendo plantas controladas e/ou ausentes, não germinadas/rebrotadas.

Em relação a eficiência de controle sobre *Senna obtusifolia* (fedegoso), o uso de 2,4-D (controle “excelente”, 96%), flumioxazina + glifosato (controle “bom”, 79%) e flumioxazina (controle “bom”, 79%) mostrou-se eficaz (Figura 5).

No uso de 2,4-D em mistura com glifosato para controle desta espécie-alvo obteve-se resultados inferiores. Em algumas pesquisas é observado a complementaridade no controle na associação de 2,4-D e glifosato, como em Robinson et al. (2012), nos casos em que

glifosato não controlou 100% as ervas daninhas, o 2,4-D ajudou a controlar espécies como *Ambrosia trifida* L., que possui um histórico de biótipos resistentes ao glifosato. Osipe et al. (2017) obtiveram resultados sinérgicos no controle das espécies em misturas de 2,4-D + glifosato. No entanto, neste trabalho, para o fedegoso possivelmente houve antagonismo do glifosato sobre o 2,4-D, explícito pela melhor performance do 2,4-D isolado.

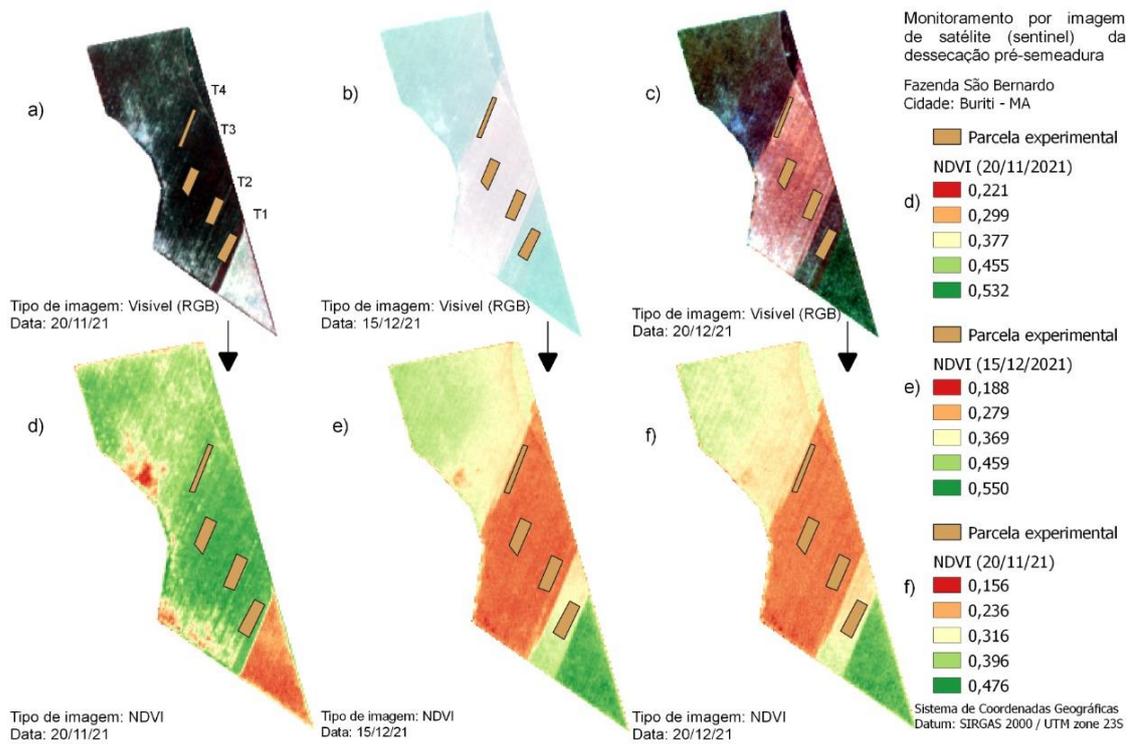
O uso de glifosato com flumioxazina também não apresentou melhoria de performance, se comparado com flumioxazina isolada. Um bom controle foi obtido, em ambos os tratamentos, o que pode ser sugerido para o controle do fedegoso, as por questões econômicas e de prevenção à resistência por aplicações sequenciais de glifosato.

Para *Eleusine indica* (capim pé-de-galinha) observou-se maior eficiência de controle com uso de 2,4-D+glifosato (controle “excelente”, 95%), flumioxazina + glifosato (controle “excelente”, 94%) e flumioxazina (controle “excelente”, 100%). Nesta ocasião, o uso de 2,4-D isolado mostrou-se com baixo espectro de controle (escasso, 16%) sobre *Eleusine indica*, que é uma planta monocotiledônea, sendo não alcançada pelo seu espectro de controle (Figura 5). Quanto à *Portulaca oleraceae* (beldroega), embora tenha sido a segunda espécie de maior IVI, todos os tratamentos foram efetivos quanto à sua supressão (Figura 5), com margem de controle entre 97 e 100% (controle “excelente”).

O sinergismo observado no controle das espécies-alvos, permitem a rotação de diferentes mecanismos de ação, diminuindo a pressão de seleção com o uso contínuo das mesmas moléculas. No sinergismo das moléculas, além desses benefícios pode ainda reduzir o custo de pulverização e possibilidade de redução da dose recomendada, consequentemente a redução de resíduos no solo e da toxicidade à cultura de interesse (Queiroz et al. 2014). Sendo necessário mais estudos sobre os antagonismos, quanto as doses e estágios das plantas alvos.

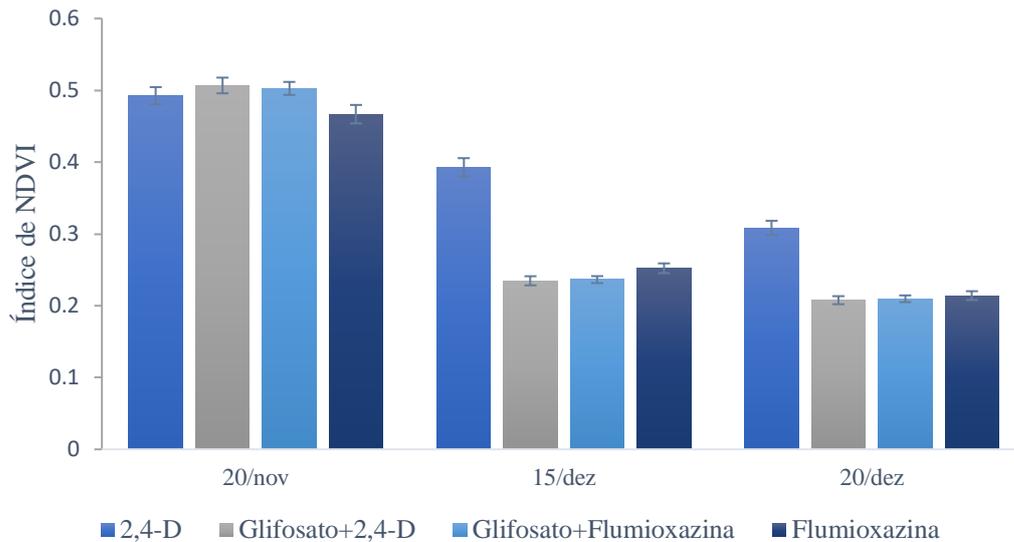
### **Mapeamento sob diferentes dessecações em pré-semeadura da soja**

Na área experimental foi realizado o mapeamento da dessecação pré-semeadura da soja, através de imagem de satélite Sentinel-2 (Figura 6).



**Figura 6.** Mapeamento da dessecação pré-semeadura da soja, através de imagem de satélite Sentinel-2. Os resultados foram expressos em índice NDVI. Em que T1, T2, T3, T4 refere-se as aplicações de 2,4-D, glifosato+2,4-D, glifosato+ flumioxazina e flumioxazina, respectivamente. A Figura 6 a, b e c referem-se ao tipo de imagem visível (RGB) que correspondem à figura 6 d, e e f de índices de NDVI, respectivo às datas de 20 de novembro, 15 de dezembro e 20 de dezembro de 2021.

Os resultados foram expressos em valores médios do NDVI em função de diferentes herbicidas utilizados na dessecação pré-semeadura da soja (Figura 7). Esses valores médios do NDVI, se encontram relacionados com o realce do comportamento espectral da vegetação presente nas imagens, relacionadas com o aspecto biofísico.



**Figura 7.** Valores médios do NDVI em função de diferentes tratamentos utilizados na dessecação pré-semeadura da soja.

Na avaliação de dessecação pré-semeadura através de imagem de satélite, os valores de NDVI demonstraram que o uso de 2,4-D isolado teve a menor redução da cobertura vegetal, comparativamente aos demais tratamentos. Com o uso de 2,4-D + glifosato, flumioxazina e flumioxazina+ glifosato observaram-se valores similares de NDVI, os quais foram em torno de 60% menores que a área com 2,4-D. O uso de flumioxazina teve uma ligeira redução de NDIV, comparativamente aos tratamentos em mistura com glifosato (Figura 7).

Esses resultados podem ser explicados pela visualização mais proeminente (via imagens de satélite) dos efeitos de dessecação sobre a cultura de cobertura (milheto). Segundo Silva et al. (2019) o sensoriamento remoto é uma importante ferramenta responsável pelo monitoramento ambiental em diferentes usos do solo no tempo e no espaço. No entanto embora o sensoriamento remoto seja uma excelente para uso agrícola, geralmente é necessária varredura complementar com uso de ferramentas de maior precisão, para monitoramento de plantas daninhas (vivas ou senescentes). Tal como realizado neste estudo, cujo método do quadrado inventário permitiu estimar os índices fitossociológicos e eficiência de controle *in loco*, complementarmente ao sensoriamento remoto.

Salienta-se que em lavouras exploradas com entressafra de pousio, cuja comunidade infestante reflete isoladamente a cobertura de solo, o uso de sensoriamento remoto para estimativas populacionais e eficiência de dessecação pode ser mais preciso.

### 3.4 CONCLUSÃO

Os melhores controles para *Senna obtusifolia* foram obtidos com uso de 2,4-D, flumioxazina + glifosato e flumioxazina. Para a espécie *Eleusine indica*, os controles mais eficientes foram 2,4-D+glifosato, flumioxazina + glifosato e flumioxazina. Os herbicidas avaliados alcançaram controle total para a *Portulaca oleraceae*. A porcentagem de controle, por classes botânicas demonstrou os melhores controles para 2,4-D+glifosato, flumioxazina + glifosato e flumioxazina.

Dados estes observados no mapeamento das plantas daninhas em pré e pós-dessecação, expressos nos menores valores médios do NDVI. Em destaque para flumioxazina com menor valor deste índice, comparativamente aos tratamentos em mistura com glifosato, e destaca-se como potencial alternativa, para o controle da comunidade infestante. O sensoriamento remoto constitui-se como uma boa base de dados para o monitoramento de plantas daninhas e contribui de forma complementar aos métodos convencionais.

### 3.5 REFERÊNCIAS

- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, p 307, 1990.
- BANDEIRA, S.B.; MEDEIROS, G.H.; SILVA, A.A.; SARAIVA, I.R.; SOUZA, P.B. & ERASMO, E.A.L. Ecofisiologia da germinação de fedegoso *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby. **Colloquium Agrariae**, vol. 14, n. 1, p. 16-25, 2018.
- BUENO, M. R., ALVES, G. S., PAULA, A. D. M., CUNHA, J. P. A. R. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 31, p. 705-713, 2013.
- CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Seed germination ecology of *Portulaca oleracea* L.: an important weed of rice and upland crops. **Annals of applied biology**, v. 155, n. 1, p. 61-69, 2009.
- CHRISTOFFOLETI, P. J., FIGUEIREDO, M. R. A. D., PERES, L. E. P., NISSEN, S., & GAINES, T. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: A look into recent plant science advances. **Scientia Agricola**, v. 72, p. 356-362, 2015.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, Safra 2021/22, Décimo segundo levantamento.v.9, n.12,p.1-88, 2022.

CRAWFORD, L.; MCDONALD, G.M.; FRIEDMAN, M. Composition of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) toxic weed seeds. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 38, n. 12, p. 2169-2175, 1990.

DUKE, S.O.; POWLES, S.B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008.

FAO- **Food and Agriculture Organization – Pesticides – Flumioxazin**, 2015. Disponível em < <https://www.fao.org/3/I5186E/bookmarks.pdf>> Acesso em: 27.nov.2022.

FURTADO, J. A. L.; ALMEIDA, E. I. B.; OLIVEIRA, L. B. T.; SANTOS, A. C.; COSTA, T. V.; SILVA, M. S.; SOUZA, J. B. C.; SOUSA, W. S.; PONTE, I. S.; FREITAS, J. R. B. Spatial relation of weed competition and soil fertility in soybean farming. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, p. 899-906, 2022.

GALINATO, M. I. **Upland rice weeds of South and Southeast Asia**. Int. Rice Res. Inst., 1999, p 97-98.

GALON, L.; PINTO, J. J. O.; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D. Controle de plantas e seletividade de herbicidas à cultura da soja, aplicados em dois volumes de calda. **Revista Brasileira em Agrociência** . v. 13, n. 3, p. 325-330, 2007.

GROSSMANN, K. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. **Pest Management Science**, Sussex, v.66, n.2, p.113-120, 2010.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Weedscience. 2021. Disponível em:< <http://www.weedscience.org/>>. Acesso em: 24 . mar. 2022

HEAP, I.; DUKE, S. O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest management science**, v. 74, n. 5, p. 1040-1049, 2018.

HOLM LG, PLUCKNETT DL, PANCHO JV, HERBERGER JP. **The world's worst weeds**. Honolulu: University of Hawaii, 1977, 609 p.

JALALUDIN, ADAM; YU, QIN; POWLES, S. B. Multiple resistance across glufosinate, glyphosate, paraquat and ACC ase-inhibiting herbicides in an *Eleusine indica* population. **Weed Research**, v. 55, n. 1, p. 82-89, 2015.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo: BASF, 1997.

LOPES, K. A. L.; SILVA, M. S., COSTA, L. S.; OLIVEIRA, A. K. S.; SILVA, E. A.; ALMEIDA, E. I. B.; OLIVEIRA, I. R.; OLIVEIRA, L. B. T.; SOUSA, W. S.; FREITAS, J. R. B. Fitossociologia do banco de sementes de plantas daninhas em campo agrícola e vegetação de cerrado. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 362-370, 2020 a.

LOPES, K. A.L; SILVA, M. S.; COSTA, L.S.; SILVA, T. F.; COSTA, T. V.; ALMEIDA, E. I. B.; FREITAS, J.R.B.; OLIVEIRA, I.R.; SOUZA, W.S.; OLIVEIRA, L. B. T . Spatial distribution of weed seed banks in the agricultural field and anthropized Cerrado. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 2, p. 480-497, 2020 b.

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

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil:terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 2a.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008, 640 p.

MOREIRA, H. D. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes**. FMC Agricultural Products, Campinas, 2011, p 802-803.

MORENO-VILLENA, J. J.; ZHOU, H.; GILMAN, I. S.; TAUSTA, S. L.; CHEUNG, C. M., EDWARDS, E. J. Spatial resolution of an integrated C4+ CAM photosynthetic metabolism. **Science Advances**, v. 8, n. 31, p. eabn2349, 2022.

MENEZES, P.H.S.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; SMIDERLE, J.O.; MEDEIROS, R.D.; ALVES, J.M.A.; GIANLUPPI, D. Occurrence of weeds in areas submitted to tillage managements for soybean cultivation in the Cerrado of Roraima. **Planta Daninha**,v.37, [s.n], e019193014, 2019.

MOREIRA, HJ da C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes**. FMC Agricultural Products, Campinas, 1017p, 2011.

MUELLER, T. C., BARNETT, K. A.; BROSNAN, J. T.; STECKEL, L. E. Glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica*) confirmed in Tennessee. **Weed Science**, v. 59, n. 4, p. 562-566, 2011.

ORCARAY, L.; ZULET, A.; ZABALZA, A.; ROYUELA, M. Impairment of carbon metabolism induced by the herbicide glyphosate. **Journal of plant physiology**, v. 169, n. 1, p. 27-33, 2012.

OSIPE, J. B., OLIVEIRA, R. S., CONSTANTIN, J., TAKANO, H. K., & BIFFE, D. F. (2017). Spectrum of weed control with 2, 4-D and dicamba herbicides associated to glyphosate or not. **Planta Daninha**, v 35, e017160815, 2017.

PITELLI, R.A. **Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas**. Série Técnica IPEF, v.4, n.12, p.1-24, 1987.

PROCTOR, C.A.; GAUSSOIN, R.E.; REICHER, Z.J. Vegetative reproduction potential of common purslane (*Portulaca oleracea*). **Weed technology**, v. 25, n. 4, p. 694-697, 2011.

QUEIROZ, J. R. G.; JUNIOR, A. C. S.; RODRIGUES, A. C. P.; MARTINS, D. Eficiência da aplicação da mistura de glyphosate com saflufenacil sobre plantas de *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2014

RAUBER, R. B.; DEMARÍA, M. R.; JOBBÁGY, E. G.; ARROYO, D. N.; POGGIO, S. L. Weed communities in semiarid rainfed croplands of Central Argentina: comparison between corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) crops. **Weed Science**, v. 66, n. 3, p. 368-378, 2018.

ROBINSON, A. P.; SIMPSON, DAVID M.; JOHNSON, WILLIAM, G. Summer annual weed control with 2, 4-D and glyphosate. **Weed Technology**, v. 26, n. 4, p. 657-660, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, T. T. M.; TIMOSSI, P. C.; LIMA, S. F.; GONÇALVES, D. C.; SANTANA, M. V. 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.

SILVA, C. V. S.; SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A.; LOPES, P. M. O.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, L. C. Monitoramento da cobertura vegetal por sensoriamento remoto no semiárido brasileiro através de índices de vegetação. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 708-717, 2019.

SILVA, M. D. S.; DA COSTA, T. V.; FURTADO, J. A. L.; SOUZA, J. B. C.; DA SILVA, E. A.; FERREIRA, L. D. S.; DE OLIVEIRA, J. T. Performance of pre-emergence herbicides in weed competition and soybean agronomic components. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n. 4, p. 610-617, 2021.

SOLTANI, N.; DILLE, J. A.; BURKE, I. C.; EVERMAN, W. J.; VANGESSEL, M. J.; DAVIS, V. M., SIKKEMA, P. H. Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in North America. **Weed Technology**, v. 31, n. 1, p. 148-154, 2017.

SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D.; PEREIRA, M. R. R.; BAGATTA, M. V. B. Action of rain on the efficiency of herbicides applied post-emergence in the control of *Senna obtusifolia*. **Revista Ciência Agronômica**, 45, p. 550-557, 2014.

TAKANO, H.K.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.; LIMA, M.S.; FILHO, J.C.P.; GONÇALVES, V.D.B. & COLEVATE, A.F.K. Dry season and soil texture affect the chemical control of *Senna obtusifolia* in sugarcane. **Revista Brasileira de Herbicidas**, vol. 14, n. 3, p. 181-193, 2015.

TAKANO, H.K.; MENDES, R.R.; SCOZ, L.B.; LOPEZ OVEJERO, R.F.; CONSTANTIN, J.; GAINES, T.A.; PHILIP.W.; DAYAN, F.E.; OLIVEIRA JR, R. S. Proline-106 EPSPS mutation imparting glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*) emerges in South America. **Weed Science**, v. 67, n. 1, p. 48-56, 2018.

TAKANO, H. K.; MENDES, R. R.; SCOZ, L. B.; OVEJERO, R. F. L.; CONSTANTIN, J.; GAINES, T. A.; WESTRA, P.; DAYAN, F.E.; OLIVEIRA, R. S. Proline-106 EPSPS mutation imparting glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*) emerges in South America. **Weed Science**, v. 67, n. 1, p. 48-56, 2019.

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; FRANCHINI, L. H. M.; BRAZ, G. B. P.; GEMELLI, A. Effect of 2.4-D addition to glyphosate for difficult control weeds species. **Rev Bras Herb**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2013.

TAKANO, H.K.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; GHENO, E.A. Goosegrass resistant to glyphosate in Brazil. **Planta Daninha**, v.35, p.1-9, 2017.

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; PADOVESE, J. C. Growth, development and seed production of goosegrass. **Planta Daninha**, v. 34, p. 249-258, 2016.

TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, M. S., MACHADO, A. F. L. Controle de plantas daninhas e seletividade do flumioxazin para eucalipto. **Cerne**, v. 18, p. 523-531, 2012.

TOPANOTTI, L.R.; PEREIRA, P.H.; BECHARA, F.C. Germinação de sementes de *Senna obtusifolia* (L.) H. S. Irwin & Barnery (Fabaceae) visando a restauração de áreas degradadas. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, v.20, n.2, p.125-129, 2014.

VAZQUEZ-GARCIA, J. G.; ALCANTARA-DE LA CRUZ, R.; ROJANO-DELGADO, A. M.; PALMA-BAUTISTA, C.; VASCONCELOS, J. M.P.; DE PRADO, R. Multiple herbicide resistance evolution: the case of *Eleusine indica* in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 4, p. 1197-1205, 2021.

## CAPÍTULO IV

### CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os resultados obtidos no presente estudo podem auxiliar na adoção de estratégias eficientes no manejo de plantas daninhas, particularmente no Leste Maranhense. Diante das possíveis perspectivas futuras através dos resultados adquiridos, quanto as melhores associações dos herbicidas em pré-semeadura e observações através das ferramentas da agricultura de precisão, estudos complementares estão sendo realizados pelo grupo de pesquisa. Com isso visando a ampliação no controle de plantas daninhas, tendo em vista que, um controle efetivo ainda em seus estágios iniciais, buscando erradicar os focos de infestação nas lavouras, com alternativas de maior espectro de controle das plantas daninhas com associação de herbicidas de contato e sistêmicos com diferentes mecanismos de ação, tendo em conjunto a essas ações o uso de ferramentas complementares de agricultura de precisão.

Espera-se com o desenvolvimento dessas pesquisas que haja consequentes quedas no uso do glifosato além de criar opções para o controle químico de plantas daninhas em campos com cultivares convencionais, onde as aplicações pós-emergentes são mais desafiadoras. Com reflexos positivos na rotação de princípios ativos, heterogeneidade de mecanismos de ação, redução de custos de produção e melhoria da produtividade das culturas.