UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

LUCAS CELMER PLUTA

HERBICIDAS DE USO POTENCIAL NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM ÊNFASE NA FLOR-ROXA (*Echium plantagineum*) E SUA SELETIVIDADE SOBRE O TRIGO

CERRO LARGO
2025

LUCAS CELMER PLUTA

HERBICIDAS DE USO POTENCIAL NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM ÊNFASE NA FLOR-ROXA (*Echium plantagineum*) E SUA SELETIVIDADE SOBRE O TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Agrônomo.

Orientadora: Prof. Dr. Juliane Ludwig

CERRO LARGO

2025

LUCAS CELMER PLUTA

HERBICIDAS DE USO POTENCIAL NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM ÊNFASE NA FLOR-ROXA (*Echium plantagineum*) E SUA SELETIVIDADE SOBRE O TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Agrônomo.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 02/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Juliane Ludwig

Prof.ª Dr.ª Juliane Ludwig – UFFS

Orientadora

Lanna Bruna de Oliveira Engers

Prof.ª Dr.ª Lanna Bruna de Oliveira Engers – UFFS

Avaliadora

Prof.ª Dr.ª Carla Maria Garlet de Pellegrin – UFFS

Avaliadora

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

,
HERBICIDAS DE USO POTENCIAL NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM ÊNFASE NA FLOR-ROXA (Echium plantagineum) E SUA SELETIVIDADE SOBRE O TRIGO / . -- 2025.
48 f.:il.

Orientadora: Professora Doutora Juliane Ludwig

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

1. Controle químico, planta daninha, flor-roxa, herbicidas.. I. Ludwig, Juliane, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu irmão e aos meus avós, que sempre foram minha base e inspiração. Estendo essa homenagem a todos aqueles que contribuíram para minha trajetória acadêmica e pessoal, oferecendo apoio, incentivo e carinho ao longo dessa caminhada, tornando possível a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por todo o apoio, incentivo e confiança que sempre me ofereceram ao longo da minha caminhada. Estendo minha gratidão às minhas avós Irene e Clara, pelo carinho e pela ajuda que fizeram parte essencial dessa trajetória, assim como ao meu irmão, pela parceria e inspiração que me motivaram todos os dias.

Manifesto também meu reconhecimento à professora Juliane Ludwig, minha orientadora, cuja dedicação e paciência foram fundamentais para que este trabalho se concretizasse.

Agradeço ao colega Pablo Florczak, pela colaboração desde o início do projeto, e aos demais colegas que se dispuseram a auxiliar durante as atividades necessárias.

Sou grato aos funcionários da área experimental da universidade, pela colaboração e disponibilidade durante a execução das atividades de campo, e à Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade de formação e pelo conhecimento adquirido ao longo desta jornada acadêmica.

Por fim, agradeço a Deus pela proteção, força e por me acompanhar e guiar em cada etapa desta caminhada.

Há momentos na vida em que cada desafio parece um fim inevitável, como se tudo fosse desmoronar diante do peso das escolhas e do tempo. No entanto, assim como em uma nova jornada que nasce após a queda, é no instante em que acreditamos ter chegado ao limite que descobrimos a força de recomeçar. Crescer exige desprender-se do que já não nos faz evoluir, aceitar o aprendizado das dificuldades e compreender que nenhum caminho é em vão. Cada erro molda a experiência, cada dúvida ensina, e cada conquista mostra que não caminhamos apenas para chegar ao destino, mas para nos tornarmos alguém melhor do que quando começamos. O verdadeiro progresso surge quando reconhecemos que o fim não é um ponto final, mas uma nova oportunidade para escrever outros capítulos da nossa própria história. (Texto inspirado livremente na obra The Beginning After the End, TurtleMe).

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso potencial de diferentes princípios ativos e doses de herbicidas no controle da flor-roxa (*Echium plantagineum*) na cultura do trigo (*Triticum aestivum*). O ensaio foi estruturado em esquema bifatorial, sendo o fator A composto por quatro herbicidas diferentes, e o fator B pelas doses aplicadas (X e 2X, em que X corresponde à dose recomendada de cada produto e 2X o dobro da dose). No tratamento testemunha não houve aplicação de herbicidas. Foram avaliados os produtos a base dos princípios ativos glifosato (Zapp QI 620®), carfentrazona-etílica (Aurora 400 EC®), clodinafope-propargil (Topik®) e ácido ariloxialcanóico (Exemplo LV ®) aplicados sobre parcelas semeadas com trigo que se encontravam no estádio de dois a três perfilhos. As variáveis avaliadas foram os sintomas de fitotoxicidade, nas plantas daninhas e no trigo, aos 9 e aos 20 dias. Aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos, foi realizada a avaliação fitossociológica e determinação da densidade, frequência e massa seca da parte aérea das plantas. Os resultados encontrados evidenciaram que o aumento da dose dos herbicidas utilizados não resultou em ganhos significativos de controle. O produto à base de glifosato apresentou o maior índice de controle da flor-roxa, no entanto, não foi seletivo para o trigo. Em relação à seletividade, observou-se que o trigo apresentou baixos níveis de fitotoxicidade quando no uso do produto à base de carfentrazona-etílica, mesmo sem registro para a cultura. Em relação à massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA), os resultados indicaram diferenças significativas entre os tratamentos, confirmando que os herbicidas mais seletivos ao trigo também favoreceram o maior acúmulo de biomassa. Quanto a densidade e frequência relativas, se destacaram as plantas daninhas azevém (*Lolium multiflorum*), flor-roxa (*Echium plantagineum*) e nabo (*Raphanus raphanistrum*). Assim, o estudo contribui para o manejo químico racional de flor-roxa em áreas de trigo, oferecendo subsídios técnicos para o uso eficiente e seguro dos herbicidas avaliados.

Palavras-chave: Controle químico; *Triticum aestivum*; *Echium plantagineum*; fitossociologia.

Abstract

The present study aimed to evaluate the potential use of different active ingredients and herbicide doses for the control of purple viper's bugloss (*Echium plantagineum*) in wheat (*Triticum aestivum*). The experiment was structured in a bifactorial scheme, with factor A consisting of four different herbicides, and factor B represented by the doses applied (X and 2X, in which X corresponds to the recommended dose of each product and 2X corresponds to twice the dose). In the control treatment, no herbicides were applied. The products based on the active ingredients glyphosate (Zapp QI 620®), carfentrazone-ethyl (Aurora 400 EC®), clodinafop-propargyl (Topik®) and aryloxyalkanoic acid (Exemplo LV®) were evaluated and applied on wheat plots at the two- to three-tiller stage. The variables evaluated were visual injury symptoms on weeds and on wheat at 9 and 20 days. At 30 days after application of the treatments, a phytosociological assessment was carried out and the density, frequency and shoot dry mass of the plants were determined. The results showed that increasing the dose of the herbicides used did not result in significant gains in control. The glyphosate-based product showed the highest control rate of purple viper's bugloss, however, it was not selective to wheat. Regarding selectivity, wheat showed low phytotoxicity when treated with the product based on carfentrazone-ethyl, even without registration for the crop. Regarding shoot dry mass (SDM), the results indicated significant differences between treatments, confirming that the herbicides most selective to wheat also favored greater biomass accumulation. As for relative density and frequency, the weed species ryegrass (*Lolium multiflorum*), purple viper's bugloss (*Echium plantagineum*) and wild radish (*Raphanus raphanistrum*) stood out. Thus, the study contributes to the rational chemical management of purple viper's bugloss in wheat areas, providing technical support for the efficient and safe use of the evaluated herbicides.

Keywords: Chemical control; *Triticum aestivum*; *Echium plantagineum*; phytosociology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Área experimental da Universidade da Fronteira Sul campus Cerro Largo onde foi implantado o experimento. 25
Figura 2 - Representação esquemática da área experimental, indicando a disposição das parcelas (2,5m de comprimento e 2m de largura), os espaçamentos entre linhas e parcelas (0,17m), bem como as dimensões totais da área utilizada no experimento. 27
Figura 3 - Croqui do experimento, indicando os tratamentos aplicados em cada unidade experimental (parcela), sendo as cores utilizadas para representar as diferentes combinações de herbicidas e doses avaliadas. 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo realizada na área experimental da UFFS, em frente ao galpão de máquinas. 26
Tabela 2 - Nome comercial, nome comum, mecanismo de ação, dose por hectare e dose por parcela dos herbicidas aplicados no experimento. 28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Sintomas visuais de fitotoxicidade, em porcentagem de área foliar com sintomas, em plantas de flor-roxa (*Echium plantagineum*) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 9 DAT. 31
Gráfico 2 - Sintomas visuais de fitotoxicidade, em porcentagem de área foliar com sintomas, em plantas de trigo submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 9 DAT.. 33
Gráfico 3 - Sintomas visuais de fitotoxicidade, em porcentagem de área foliar com sintomas, em plantas de flor-roxa (*Echium plantagineum*) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 20 DAT. 35
Gráfico 4 - Sintomas visuais de fitotoxicidade, em porcentagem de área foliar com sintomas, em plantas de trigo submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 20 DAT. 37
Gráfico 5 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), em gramas, de plantas submetidas à aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 30 DAT. 38
Gráfico 6 - Densidade relativa de plantas daninhas submetidas à aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 30 DAT. 40

Sumário

1. INTRODUÇÃO 14
2. REVISÃO DA LITERATURA 16
2.1. CULTURA DO TRIGO 16
2.2 PLANTAS DANINHAS E COMPETIÇÃO 17
2.3 CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS DANINHAS 18
2.4 BANCOS DE SEMENTES 19
2.5 CONTROLE 20
2.6 TIPOS DE CONTROLE 20
2.6 HERBICIDAS 21
2.7 FLOR-ROXA (*Echium plantagineum L*) 23
3. MATERIAL E MÉTODOS 25
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES 30
4.1 FITOTOXICIDADE SOBRE FLOR-ROXA AOS 9 DAT 30
4.2 FITOTOXICIDADE SOBRE O TRIGO AOS 9 DAT 32
4.3 FITOTOXICIDADE SOBRE FLOR-ROXA AOS 20 DAT 34
4.4 FITOTOXICIDADE SOBRE O TRIGO AOS 20 DAT 35
4.6 MASSA DA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA 37
4.6.1 Frequência e densidade relativas das comunidades infestantes da área 39
5 CONCLUSÃO 42
6 REFERÊNCIAS 43

1. INTRODUÇÃO

No contexto da atividade agrícola, planta daninha é todo vegetal que cresce em local indesejado, interferindo em qualquer atividade humana, sobretudo nas agrícolas (Silva et al., 2021). Essas plantas apresentam uma capacidade competitiva superior às espécies cultivadas e, ao se desenvolverem simultaneamente, disputam fatores essenciais ao crescimento, como luz, água e nutrientes (Lamego et al., 2013). Ao mesmo tempo, as plantas daninhas também liberam substâncias alelopáticas e podem hospedar pragas e doenças, ocasionando perdas de produtividade e na qualidade dos grãos (Forte et al., 2017).

Plantas daninhas estão entre as principais fontes de redução da produtividade das culturas, chegando à ordem de 16% a 90%, dependendo do tipo de cultura (Savic *et al*, 2025).

O trigo (*Triticum aestivum L*) é um cereal muito relevante para fins comerciais, sendo a base de diversos produtos como pães, massas e itens de confeitaria. A presença de plantas daninhas, quando mal controlada, compromete de forma expressiva a produtividade da cultura, no entanto, as perdas na produtividade da cultura são imprecisas (Vargas e Roman, 2005). A flor-roxa (*Echium plantagineum*) é uma das principais plantas daninhas que competem com o trigo. Pertencente à família Boraginaceae, a espécie é desprovida de caule, apresentando no início do ciclo apenas uma grande roseta de folhas, sendo as folhas inferiores sésseis e as superiores apresentam curto pecíolo, ambas com formato lanceolado (Moreira e Bragança, 2010).

Apesar da importância da flor-roxa como planta daninha em culturas de inverno, especialmente no trigo, ainda são escassos os estudos nacionais que abordem de forma sistemática o uso de herbicidas seletivos para seu controle. Essa lacuna reforça a necessidade de investigações como a presente, que visa contribuir com alternativas técnicas mais seguras e embasadas cientificamente.

O AGROFIT, portal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que reúne informações sobre produtos químicos registrados para o controle de pragas agrícolas, não apresenta qualquer recomendação de herbicidas para o controle da flor-roxa, o que deixa os produtores sem alternativas oficialmente validadas. Como

consequência, muitos recorrem ao uso de produtos não certificados, sem garantias de eficácia ou segurança (MAPA, 2025).

Diante desse cenário, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o uso potencial de diferentes princípios ativos e doses de herbicidas no controle da flor-roxa (*Echium plantagineum*) na cultura do trigo (*Triticum aestivum*), buscando identificar uma relação entre dose e eficiência no controle da planta daninha com seletividade à cultura. Adicionalmente, o estudo teve como objetivo realizar a avaliação fitossociológica da área experimental, a fim de caracterizar a comunidade infestante e compreender a dinâmica das principais espécies presentes após a aplicação dos tratamentos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. CULTURA DO TRIGO

O trigo (Triticum aestivum L.) é uma das culturas cerealíferas mais antigas e relevantes da agricultura mundial, tendo sua origem associada à região do Crescente Fértil, que abrange áreas do Oriente Médio, incluindo partes do atual Iraque, Síria e regiões próximas ao vale do rio Nilo. Atualmente, o trigo figura entre os três cereais mais cultivados no mundo, ao lado do arroz e do milho, sendo amplamente utilizado na alimentação humana devido à sua versatilidade industrial. O grão de trigo apresenta morfologia característica, composta basicamente por três estruturas principais: o gérmen, responsável pelo embrião; o endosperma, que concentra a maior parte do amido e das proteínas; e as camadas externas, conhecidas como farelo. A proporção e a organização desses componentes influenciam diretamente as propriedades físicas, químicas e tecnológicas da farinha, determinando sua aptidão para diferentes usos, como panificação, massas e produtos de confeitaria (Shewry, 2009; Evers e Millar, 2002; FAO, 2018).

Além de sua importância na alimentação humana, pela qualidade nutricional e variedade de produtos derivados, também tem papel relevante na economia, contribuindo com diferentes setores industriais, ainda, por seu uso em sistemas de rotação e sucessão de culturas, auxilia no manejo sustentável da lavoura, favorecendo o controle de pragas, doenças e plantas invasoras (Mori, 2015). A maior parte da produção de trigo no Brasil está concentrada nos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, que juntos respondem por mais de 80% do total produzido no país (CONAB, 2025). Ainda segundo dados da CONAB, na safra 2025 foram semeados um total de 2.444,4 mil hectares com esse cereal, tendo uma produção de 7.687,4 mil toneladas, o que gerou uma produtividade média de 3.145 kg ha^{-1}.

Alguns fatores contribuem para a baixa produtividade da cultura, com destaque para as plantas daninhas, as quais interferem de forma expressiva no crescimento e desenvolvimento do trigo. O grau de competição das plantas daninhas no trigo varia de acordo com as espécies infestantes, com a densidade populacional, com a duração da competição e com as condições de ambiente (Swanton e Weise, 1991). Como o cultivo ocorre em várias regiões do Brasil, as espécies invasoras variam conforme o local. No Sul do país, as gramíneas como o azevém (*Lolium multiflorum*) e as

diferentes espécies de aveia (*Avena strigosa* e *Avena sativa*) estão entre as que mais causam prejuízo à cultura. Já entre as plantas de folhas largas, há destaque para a buva (*Conyza* sp.), o nabo (*Raphanus raphanistrum* e *Raphanus sativus*) e o cipó-de-veado-de-inverno *(Polygonum convolvulus*), além de outras menos frequentes, como a língua de vaca (*Rumex* sp.) e a flor-roxa (*Echium plantagineum*) (Agostinetto *et a*l., 2015).

2.2 PLANTAS DANINHAS E COMPETIÇÃO

As plantas daninhas, do ponto de interesse agronômico, são todas aquelas que se tornam indesejáveis em algum momento ou local de atividade humana. Essas plantas possuem diversos nomes como, planta invasora, planta adventícia, erva daninha, planta infestante, e também alguns termos populares como inço, mato e brejo (Mendes; Silva, 2023). Segundo Pitelli (2015), desde o início da agricultura as plantas que surgiam espontaneamente em locais de atividade humana e não tinham função de alimentação, fibrosa ou de forragem eram tidas como indesejáveis. A característica de ser indesejável é dada por seus problemas relacionados à produção agrícola ou em áreas de ocupação humana. Essas plantas foram consideradas pioneiras por serem geneticamente adaptadas a áreas nas quais a vegetação original foi alterada.

A evolução agrícola em expansão permitiu que plantas daninhas ocupassem áreas cada vez maiores se tornando mais densas, diversificadas e especializadas em ocupação de atividades antrópicas. De acordo com Carvalho (2013), a presença de plantas daninhas em áreas agrícolas compromete a produtividade das culturas, uma vez que essas espécies provocam interferência ao competir pelos recursos essenciais ao desenvolvimento das plantas cultivadas. Além disso, plantas daninhas podem causar danos de forma direta, reduzindo a produção e alterando a qualidade do produto comercial e, indiretamente, sendo hospedeiras alternativas de patógenos (Silva et al., 2007).

A competição entre as plantas se intensifica à medida que aumenta a população da comunidade infestante, já que mais indivíduos disputam os recursos disponíveis. Além disso, quando as espécies têm características semelhantes, como na morfologia e fisiologia, suas necessidades em relação aos recursos também são

parecidas, o que contribui para uma competição ainda maior entre elas, ou seja, a competição por recursos ambientais tende a se intensificar na medida em que as espécies apresentam maior grau de semelhança entre si (Silva e Durigan, 2006).

Ademais, o grau de competição entre plantas daninhas e cultura pode ser diferente em função do período em que a comunidade estiver disputando determinado recurso, sendo os danos da interferência irreversíveis, ou seja, não há recuperação do desenvolvimento ou da produtividade após a retirada do estresse causado pela presença das plantas daninhas (Agostinetto et al., 2008).

2.3 CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS DANINHAS

Um dos fatores pontuais das plantas daninhas em relação à competição é a sua agressividade. Deste modo, sem a interferência de práticas de controle disponíveis pelo homem, elas apresentam características de desenvolvimento e ocupação rápida no solo, tendo domínio sobre as cultivadas (Mendes; Silva, 2022). Além das características citadas, plantas daninhas ainda apresentam alta capacidade de reprodução e disseminação de suas partes reprodutivas, capacidade de emergir em maior profundidade no solo, grande desuniformidade no processo germinativo, mecanismos alternativos de reprodução e grande longevidade dos diásporos (Silva et al., 2007).

De acordo com Braccini (2015), sementes viáveis que não germinam mesmo quando expostas a condições ambientais favoráveis são caracterizadas como dormentes. As características de dormência e germinação específicas de cada espécie de planta daninha favorecem a permanência e a longevidade de suas sementes no solo, assegurando sua perpetuação ao longo do tempo (Voll et al. 2005). A dormência das sementes pode ser atribuída a dois mecanismos principais: o primeiro relacionado a fatores internos, como o embrião (dormência endógena), e o segundo associado a características externas, como o tegumento, endosperma ou barreiras impostas pelo fruto (dormência exógena) (Vivian et al., 2008).

De acordo com Nikolaeva (1977), a dormência das sementes pode ser classificada em seis mecanismos distintos, sendo elas: dormência fisiológica, dormência morfológica, dormência física, dormência química, dormência mecânica, dormência física e fisiológica. A superação da dormência é evidenciada quando a

semente é capaz de absorver água e emitir a raiz primária, processo que caracteriza a germinação (Vivian et al., 2008).

2.4 BANCOS DE SEMENTES

O manejo eficiente de um sistema agrícola depende diretamente de sua avaliação. Métodos empíricos, baseados em observações visuais, tendem a apresentar menor precisão, ao passo que abordagens fundamentadas em levantamentos por amostragem como a análise do banco de sementes de plantas daninhas permitem diagnósticos mais confiáveis (Voll et al., 2005).

De acordo com Braccini et al. (2015), o banco de sementes no solo é composto pela diversidade de espécies de plantas daninhas, variando em número e distribuição conforme o manejo adotado na área, esse banco se estabelece tanto pela presença de espécies já adaptadas ao local quanto pela introdução de novas espécies trazidas pelas práticas agrícolas.

O enriquecimento do banco de sementes no solo ocorre, principalmente, pela produção de novas sementes por plantas daninhas que sobrevivem ao controle, além da dispersão por agentes como máquinas agrícolas, animais, vento, água e a própria ação humana (Monquero; Christoffoleti, 2005). O conhecimento do banco de sementes de plantas daninhas em uma área cultivada apresenta grande importância por embasar decisões quanto às medidas de controle, no entanto, é somente por meio do levantamento fitossociológico, que se consegue comparar as populações de plantas daninhas no tempo e espaço (Cardoso et al., 2016).

Segundo Voll et al. (2001), o banco de sementes de plantas daninhas com maior diversidade é reflexo direto do manejo utilizado. Além disso, as plantas daninhas apresentam dependência espacial definida, ou seja, uma determinada espécie localiza-se em uma determinada e delimitada área e o conhecimento dessa característica é essencial com vistas ao manejo localizado dessas espécies (Chiba et al., 2010).

O revolvimento do solo favorece a germinação de plantas daninhas ao expor as sementes à luz, embora algumas espécies consigam germinar sem esse estímulo. Já no sistema de plantio direto, o banco de sementes apresenta menor germinação, tornando esse sistema mais eficiente no controle de plantas daninhas (Melo *et al*., 2021).

2.5 CONTROLE

O controle de plantas daninhas é fundamental para o rendimento das lavouras e a redução dos custos de produção. Ele deve integrar um sistema de manejo que combine práticas culturais, manejo do solo e métodos de controle preventivos, mecânicos, químicos ou biológicos ajustados às condições ambientais da área cultivada (Lucca e Braccini, 2011).

O controle de plantas daninhas consiste no uso de práticas eficientes que, como resultado, gera uma diminuição na infestação, mas não sua erradicação. Muitas vezes o controle deve ser associado com mais de um método para se atingir um nível desejado de redução da densidade ou da frequência de algumas plantas daninhas (Lorenzi, 2014).

2.6 TIPOS DE CONTROLE

O controle preventivo busca evitar a entrada, reprodução e disseminação de plantas daninhas, especialmente em áreas ainda não infestadas. É crucial no caso de espécies resistentes, pois ajuda a reduzir custos e preservar a produtividade. Essa prática visa diminuir a infestação, não sua eliminação (Agostinetto et al., 2022).

O controle cultural, ou ecológico, de plantas daninhas baseia-se em práticas que favorecem o desenvolvimento da cultura em detrimento das espécies invasoras. Ele envolve ajustes no ambiente para torná-lo mais propício à cultura do que às plantas daninhas, reduzindo assim sua interferência (Fleck, 1992).

Áreas bem manejadas tendem a ter menor pressão de plantas daninhas, graças ao equilíbrio no desenvolvimento do sistema produtivo. Algumas práticas são fundamentais para essa supressão: a rotação de culturas, que diversifica o ambiente e dificulta a seleção de espécies; os consórcios de cultivo, que reduzem a incidência de plantas daninhas na entressafra; além da escolha adequada da época de plantio e do arranjo espacial, que ajudam a cultura a sombrear o solo mais rapidamente. A cobertura vegetal entre safras também é essencial para impedir a emergência de espécies como buva e capim-amargoso (Oliveira; Brighenti, 2018).

Para o controle mecânico de plantas daninhas faz-se o uso de ferramentas, implementos ou máquinas para remover ou cortar a parte aérea das plantas,

dificultando seu desenvolvimento. Apesar de eficiente, apresenta como desvantagem a possibilidade de rebrota a partir das estruturas vegetativas deixadas no solo, o que pode agravar a infestação. Entre os principais métodos mecânicos estão o arranque manual, a capina, a roçada e o cultivo mecanizado (Mendes; Silva, 2022).

O controle biológico de plantas daninhas utiliza organismos como parasitas, predadores e patógenos para diminuir a população dessas plantas e reduzir sua competitividade. Esse método depende do equilíbrio entre o inimigo natural e a planta alvo. Além disso, o efeito alelopático, onde uma espécie vegetal interfere no crescimento de outra, também é considerado uma estratégia de controle biológico (Silva et al., 2007). No contexto do manejo integrado, o controle biológico deve ser associado a outros métodos, caso contrário não apresenta bons resultados no manejo de plantas daninhas (Oliveira; Brighenti, 2018).

O controle químico de plantas daninhas apresenta diversas vantagens, como alta eficiência, praticidade e agilidade na aplicação. Ele permite o manejo mesmo em períodos chuvosos, evita a competição desde o início do cultivo, não agride as raízes nem a estrutura física do solo e possibilita um controle eficaz inclusive nas linhas de plantio. No entanto, também possui desvantagens, como o custo elevado, necessidade de equipamentos específicos e de proteção, riscos de contaminação ambiental e possibilidade de deixar resíduos no solo e nos alimentos (Agostinetto *et al.,* 2015).

2.6 HERBICIDAS

Os herbicidas atuam eliminando ou inibindo o desenvolvimento de plantas específicas, podendo ser de origem biológica, como certos fungos e microrganismos, ou compostos químicos que se dividem entre os orgânicos, amplamente utilizados na agricultura atual, e os inorgânicos, empregados em práticas mais antigas de controle (Roman et al., 2005).

Herbicidas classificados como não seletivos têm ação generalizada sobre diferentes espécies de plantas, sendo recomendados principalmente para a dessecação ou aplicações direcionadas. Substâncias como glyphosate, diquat e

imazapyr fazem parte dessa categoria. No entanto, avanços na área da biotecnologia permitiram que determinadas culturas, como a soja geneticamente modificada, passassem a tolerar esses herbicidas, conferindo a eles um uso seletivo nesse contexto específico (Mendes et al., 2022)

Segundo Lorenzi (2014), os herbicidas atuam seletivamente sobre diferentes espécies vegetais, sendo capazes de eliminar plantas indesejáveis sem causar prejuízos significativos às culturas, desde que corretamente aplicados e escolhidos conforme o tipo de infestação. Algumas características precisam ser atendidas para que um herbicida possa ser considerado seletivo: afetar o local de ação na planta daninha sem prejudicar a cultura; ser metabolizado ou degradado pela cultura, mas não pela planta daninha; e, finalmente, agir exclusivamente sobre a planta-alvo (Roman et al., 2005).

Os herbicidas agem inibindo determinados mecanismos fisiológicos e, partindo-se desse pressuposto, mecanismo de ação diz respeito ao ponto inicial do metabolismo vegetal onde o herbicida interfere, desencadeando uma sequência de alterações bioquímicas que comprometem o crescimento e desenvolvimento da planta, podendo levá-la à morte (CORTEVA, 2018).

Herbicidas podem inibir várias rotas, mais especificamente alguma enzima envolvida em determinada rota fisiológica. Como destaque podemos citar os que inibem a enzima acetil-coenzima A carboxilase (ACCase), tipicamente chamados de graminicidas, sendo comumente divididos nos grupos conhecidos como "fops" e "dims". Alguns desses compostos apresentam seletividade, como é o caso do diclofop, que pode ser usado em culturas de trigo. Esses produtos interferem diretamente na síntese dos ácidos graxos, fundamentais para a formação das membranas celulares e do cloroplasto, além de participarem na constituição de estruturas protetoras como a cutícula e no armazenamento de energia. A ligação dos “fops” e “dims” à ACCase das gramíneas compromete a produção desses ácidos, o que afeta diretamente o desenvolvimento celular, resultando na interrupção do crescimento e, consequentemente, na morte da planta (Roman et al., 2005).

Outro grupo de herbicidas são os inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX) e são compostos, em sua maioria, por grupos químicos como difeniléteres, ftalanidas e triazolinonas. Eles atuam de maneira seletiva no controle de plantas daninhas dicotiledôneas anuais, especialmente quando aplicados nos estágios iniciais de crescimento das invasoras. Os sintomas de necrose nas folhas

aparecem em plantas suscetíveis e aquelas que são tolerantes podem apresentar bronzeamento nas folhas mais novas e pequenas manchas brancas causadas por deriva. (CORTEVA, 2018).

Destaca-se ainda, os chamados herbicidas hormonais ou mimetizadores de auxinas, os quais exercem sua ação a partir da interferência no metabolismo de ácidos nucleicos e na estrutura da parede celular. Acredita-se que eles provocam acidificação da parede por meio da ativação da bomba de prótons presente na membrana celular, favorecendo o alongamento das células. Em baixas concentrações, esses compostos estimulam a RNA polimerase, intensificando a produção de RNA, DNA e proteínas, o que acaba levando a um crescimento acelerado e desorganizado nas regiões mais jovens da planta, esgotando suas reservas energéticas. Já em doses mais altas, esses herbicidas podem inibir diretamente a divisão celular nas regiões meristemáticas. Outro efeito comum é a liberação de etileno, o que pode resultar em sintomas visíveis como a curvatura exagerada de folhas e pecíolos, conhecida como epinastia (Oliveira, 2011).

Dentre os mais utilizados no mundo, destaca-se ainda os herbicidas inibidores da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase, também chamanda de EPSPs. O glyphosate, desenvolvido em 1975, é o único herbicida com esse mecanismo de ação. O modo de ação do herbicida consiste na inibição da enzima EPSPs, fundamental para a produção de aminoácidos aromáticos como fenilalanina, tirosina e triptofano. A interrupção desta rota metabólica compromete diversas funções celulares, uma vez que ela responde por cerca de 20% do carbono metabolizado pelas plantas, afetando a síntese de compostos essenciais como a lignina (Mendes e Silva 2022).

2.7 FLOR-ROXA (*Echium plantagineum L*)

A planta *Echium plantagineum* L., conhecida por nomes como flor-roxa ou flor-de-cobra, pertence à família Boraginaceae e está presente em diversas regiões do mundo e, em alguns locais como na Austrália e América do Sul, passou a ser considerada uma espécie invasora (USDA, 2017).

Seu ciclo de vida é predominantemente anual, embora possa se comportar como bienal em determinadas condições. O desenvolvimento inicial da planta ocorre

por meio de uma roseta de folhas ovais, sendo a espécie desprovida de caule. A floração se dá em estruturas chamadas cimeiras, capazes de sustentar até 30 flores (Berti et al., 2007).

De acordo com Souza e Lorenzi (2012, apud Roso et al., 2017), *Echium plantagineum* apresenta inflorescência do tipo escorpioide e flores com ovário súpero, formado por dois carpelos soldados e divididos em quatro lóculos, cada um contendo um óvulo. O gineceu é classificado como ginobásico e, à medida que os frutos amadurecem, ocorre sua separação, mantendo-se unidos apenas pela base do estilete. Os frutos, por sua vez, são secos, não se abrem naturalmente (indeiscentes) e abrigam uma única semente aderida ao interior.

Quando em alta infestação formam densas monoculturas, capazes de produzir grandes quantidades de sementes (6.000 a 10.000 sementes viáveis por metro quadrado) que podem permanecer por até seis anos dormentes no solo (Weston *et al.,* 2012). Essa alta produção de sementes pode fazer com que a planta se torne dominante no ambiente.

No Sul do Brasil, a *Echium plantagineum* inicialmente se estabeleceu em áreas de vegetação nativa, mas, com o tempo, passou a ocupar também lavouras de inverno, como as de trigo e pastagens, especialmente no estado do Rio Grande do Sul, onde sua presença tem se expandido para diferentes regiões (Peruzzo, 2016). Essa espécie daninha além de competir com as culturas por nutrientes, espaço e luz, contém alcalóides pirazólicos em suas folhas tornando-a potencialmente tóxica para alguns herbívoros, como cavalos e ovinos, podendo causar encefalopatia hepática (Santos *et al*., 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área onde o projeto foi desenvolvido está localizada na Área Experimental da Universidade da Fronteira Sul, latitude 28º08’29.61’’S e longitude 54º45’31.97’’O (Figura 1). O solo é classificado como um Latossolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 2018).

Figura 1- Área experimental da Universidade da Fronteira Sul campus Cerro Largo onde foi implantado o experimento.



Fonte: Google Earth pro (2022).

A área delimitada para o experimento permaneceu 5 anos sem cultivo, sendo apenas mantida a cobertura vegetal, a qual era manejada com roçadas frequentes. Antes da implantação do experimento, realizou-se a análise química do solo (Tabela 1), a qual subsidiou os cálculos para a adubação, seguindo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Foi realizada a dessecação da área com glifosato para anteceder a semeadura, com o objetivo de eliminar a vegetação espontânea e preparar o solo para a instalação da cultura.

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo realizada na área experimental da UFFS, em frente ao galpão de máquinas.

Profundidade (cm)	**pH água**	**% MO**	**% Argila**	**P-Melich (mg/dm³)**	**CTC ph7(cmol/dm³)**	**K (mg/dm³)**
0-10	5,86	3,1	64	5,6	14,2	363,2
10-20	5,78	2,2	65	2,9	10-20	90,8

Fonte: adaptado de laboratório Base (2025).

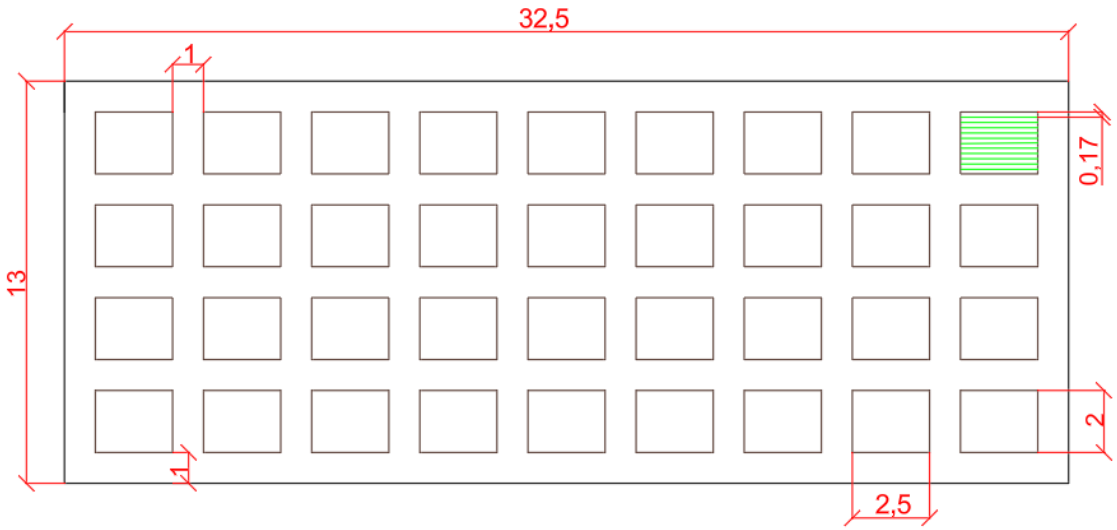
Em relação a delimitação do experimento, após cálculos sobre o número de tratamentos e repetições, a área considerada foi de 465 m². Assim, com base no resultado da análise de solo (Tabela 1), determinou-se a necessidade de 60 kg.ha^{-1} de nitrogênio (N), sendo este dividido em 20 kg aplicados na linha de semeadura e 40 kg a lanço, assim, considerando a concentração de 45% de N na uréia, foram utilizados 2,1 kg de uréia na linha e 4,15 kg a lanço, ajustados para a área do experimento. Para o fósforo (P), devido aos baixos teores observados, optou-se por uma dose de correção de 80 kg.ha^{-1}, somada a uma dose alta de recomendação para o trigo (45 kg.ha^{-1}). Dado o teor de eficiência de 46% do superfosfato triplo (SFT), a quantidade necessária foi de 271,7 kg.ha^{-1}, o que equivale a 12,65 kg em 465 m². Já para o potássio (K), nenhuma aplicação foi necessária, visto que os níveis encontrados na análise estavam elevados.

A cultivar de trigo utilizada no experimento foi a ORS Guardião, cuja recomendação é de 350 plantas por metro quadrado. Para o ajuste da densidade de semeadura, foi realizado o teste de germinação conforme as Regras para Análise de

Sementes (RAS, 2009), obtendo-se 91% de germinação. Com base nesse resultado, o valor foi corrigido para 100%, resultando em uma densidade final de semeadura de aproximadamente 389 plantas por metro quadrado, o que equivale a 66 sementes por metro linear. A semeadura foi conduzida com o auxílio de uma semeadora de trigo “KF Geração 4.200 Plantio Direto KF 6040-A” com espaçamento de 0,17m entrelinhas.

Após o início da emergência das plantas na área do experimento, foram demarcadas 36 parcelas experimentais, cada uma com dimensões de 2m x 2,50m, totalizando 5 m² por parcela. Na Figura 2, observa-se o croqui do projeto, que ilustra a organização espacial adotada.

Figura 2 - Representação esquemática da área experimental, indicando a disposição das parcelas (2,5m de comprimento e 2m de largura), os espaçamentos entre linhas e parcelas (0,17m), bem como as dimensões totais da área utilizada no experimento.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. O ensaio foi estruturado em esquema bifatorial, sendo o fator A composto por quatro herbicidas diferentes, e o fator B pelas doses aplicadas (X e 2X, em que X corresponde à dose recomendada de cada produto e 2X o dobro da dose). No tratamento testemunha não houve aplicação de herbicidas. O nome comercial, nome comum, mecanismo de ação, dose (ml p.c.ha^{-1}) e dose na parcela constam na tabela 2.

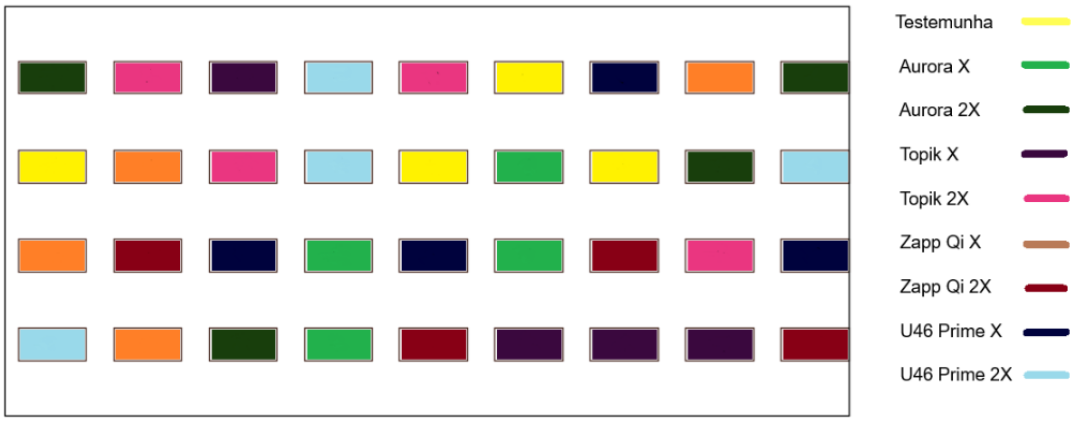
Tabela 2 - Nome comercial, nome comum, mecanismo de ação, dose por hectare e dose por parcela dos herbicidas aplicados no experimento.

Nome comercial	**Nome comum**	**Mecanismo de ação**	**Dose (ml p.c/ ha^{-1})**	**Dose/parcela (ml do p.c.)**
Testemunha	-	-	-	-
Aurora 400 EC®	Carfentrazona etílica	Inibidor de PROTOX	75 150	0,04 0,08
Zapp Qi 620®	Glifosato	Inibidor da EPSPS	1960 3920	0,98 1,96
Exemplo LV®	2,4-D	Mimetizador de auxina	1300 2600	0,65 1,3
Topik®	Clodinafope propargil	Inibidor da ACCase	150 300	0,075 0,15

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Para a determinação do tratamento em cada parcela (unidade experimental UE) foi realizado um sorteio com o objetivo de evitar qualquer tipo de interferência ou tendência na escolha da posição dos tratamentos. A disposição final dos tratamentos nas parcelas (combinação de herbicida e dose) pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3 - Croqui do experimento, indicando os tratamentos aplicados em cada unidade experimental (parcela), sendo as cores utilizadas para representar as diferentes combinações de herbicidas e doses avaliadas.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A aplicação dos tratamentos ocorreu quando as plantas de trigo apresentavam de dois a três perfilhos. O volume de calda utilizado foi de 200 $L.ha^{-1}$ para todos os herbicidas, o que correspondeu a 100 ml por parcela. Durante o processo de pulverização, a estação meteorológica da UFFS registrou temperatura média de 19°C e velocidade do vento média de 6,9 $km.h^{-1}$, no período das 14h30 às 17h, para se ter ainda mais segurança foi utilizado uma lona envolta a parcela que receberia cada tratamento a fim de evitar problemas com deriva. A pulverização foi realizada com barra de pulverização com 4 pontas, pressurizada por bomba com diafragma, 130 psi, vazão 5,5 $L.min^{-1}$, carregada a bateria, assegurando uniformidade na aplicação e melhor distribuição dos produtos sobre as plantas.

A avaliação dos sintomas de fitotoxicidade, nas plantas daninhas e no trigo, foi feita de forma visual aos 9 e aos 20 dias após tratamentos (DAT), seguindo a escala proposta por Frans e Crowley (1986), onde o valor zero indica ausência de sintomas e o valor 100 representa a destruição total da planta.

Nos 30 dias após a aplicação dos tratamentos, foi realizada a avaliação fitossociológica em cada parcela. Para tanto, um quadrado de ferro de $1m^2$ foi jogado aleatoriamente na área útil de cada parcela e as plantas consideradas daninhas (tudo o que não era trigo) foram identificadas e contadas para determinação da densidade e frequência relativas. A parte aérea foi cortada, levada para estufa de secagem com

temperatura de 60 °C até atingir peso constante e determinada a massa da matéria seca da parte aérea das plantas (MMSPA).

Os dados obtidos de fitotoxicidade aos 9 e aos 20 DAT e a MMSPA foram submetidos à análise de variância (ANOVA) no programa estatístico R, e, quando identificada interação entre os fatores ou em seus efeitos isolados, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando nível de significância de 5%. Os dados de frequência e densidade relativas foram analisados apenas pela média obtida.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das análises estatísticas realizadas, buscou-se identificar quais produtos apresentaram maior eficiência no controle da flor-roxa e demais plantas daninhas presentes na área do experimento sem comprometer o desenvolvimento do trigo, avaliando, assim, a relação entre eficácia agronômica e seletividade.

Cabe destacar, inicialmente, que não foi observada interação significativa entre os fatores avaliados (tipos de herbicidas × doses) para nenhuma das variáveis estudadas. Dessa forma, a análise foi realizada considerando apenas os efeitos isolados de cada fator. Em relação ao fator dose, o teste F indicou que as médias não diferiram estatisticamente entre si.

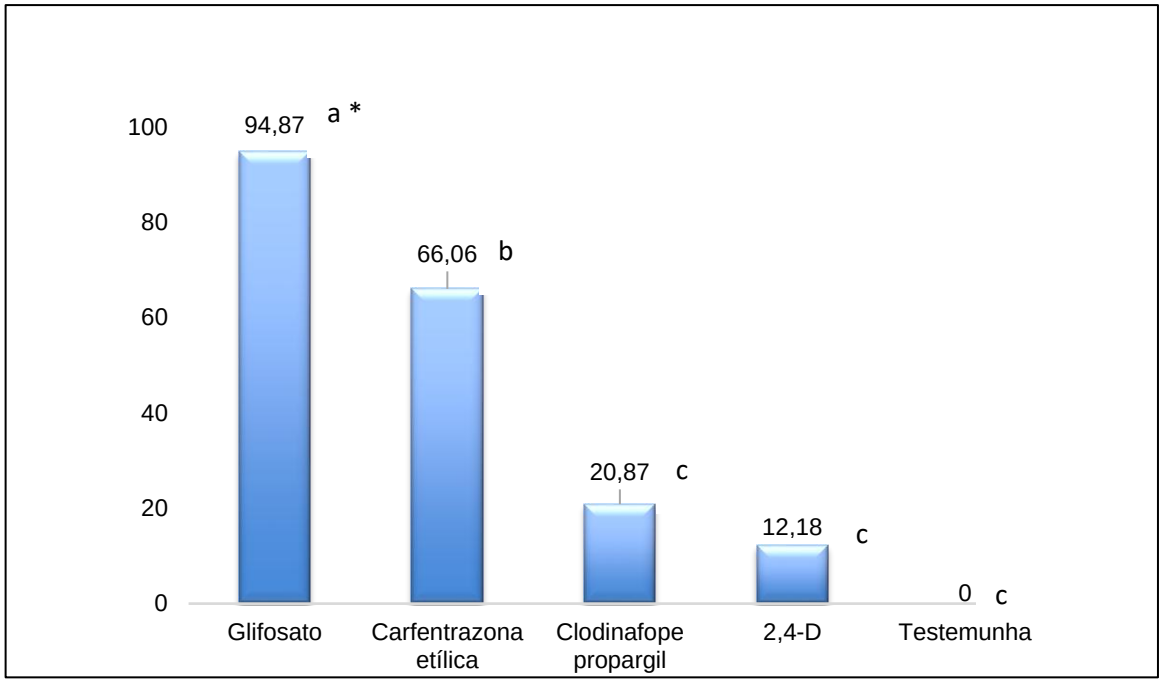
4.1 FITOTOXICIDADE SOBRE FLOR-ROXA AOS 9 DAT

Em relação aos sintomas de fitotoxicidade sobre a flor-roxa na primeira avaliação, o teste F indicou que não houve diferença significativa a 5% entre a dose recomendada e o dobro da recomendada (médias de 42.1500 para dose x e 44.3125 para a dose 2x), evidenciando que o aumento da concentração não proporcionou maior eficiência no controle da flor-roxa (valor-p: 0.003146944).

Esse resultado sugere que a eficácia dos produtos está mais associada ao modo de ação e à seletividade de cada herbicida do que à quantidade aplicada. Confirmando tal suposição, no presente trabalho, o produto a base do ingrediente ativo glifosato apresentou a maior eficiência de controle, diferindo-se significativamente dos demais produtos, com uma fitoxicidade de 94,87% sobre a planta daninha (Gráfico 1), o que indica alta eficiência no manejo inicial desta. Segundo Mendes e Silva (2022) esse resultado confirma a conhecida ação não

seletiva do glifosato, que atua sobre uma ampla gama de espécies daninhas, levando-as à morte.

Gráfico 1- Sintomas visuais de fitotoxicidade, em porcentagem de área foliar com sintomas, em plantas de flor-roxa (*Echium plantagineum*) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 9 DAT.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O herbicida carfentrazona-etílica apresentou o segundo melhor desempenho no controle da flor-roxa, com média de 66,06% de dano, diferenciando-se estatisticamente do glifosato e dos demais tratamentos. Apesar de menos eficiente que o glifosato, sua ação foi superior à observada com clodinafope-propargil e ácido ariloxialcanóico (2,4-D). Trata-se de um produto de ação de contato, com baixa ou nenhuma translocação dentro da planta, dependendo da presença de luz e de uma boa cobertura foliar para que o controle seja eficaz (Mendes e Silva, 2022, apud Weller 2003).

O produto a base de clodinafope-propargil e de 2,4-D apresentam os menores níveis de controle, não diferindo significativamente entre si e nem da testemunha, ou

seja, visualmente se mostraram os produtos menos fitotóxicos à flor-roxa chegando a níveis 20,87% e 12,18% (Gráfico 1), respectivamente. Esses resultados indicam uma baixa eficiência do herbicida 2,4-D quando aplicado de forma isolada, conforme confirmado anteriormente em trabalho de Santos et al. (2002). Além disso, o desempenho reduzido do produto a base de clodinafope-propargil pode ser atribuído ao seu mecanismo de ação (inibidor da ACCase) que é ineficiente para espécies dicotiledôneas (Corteva, 2018).

4.2 FITOTOXICIDADE SOBRE O TRIGO AOS 9 DAT

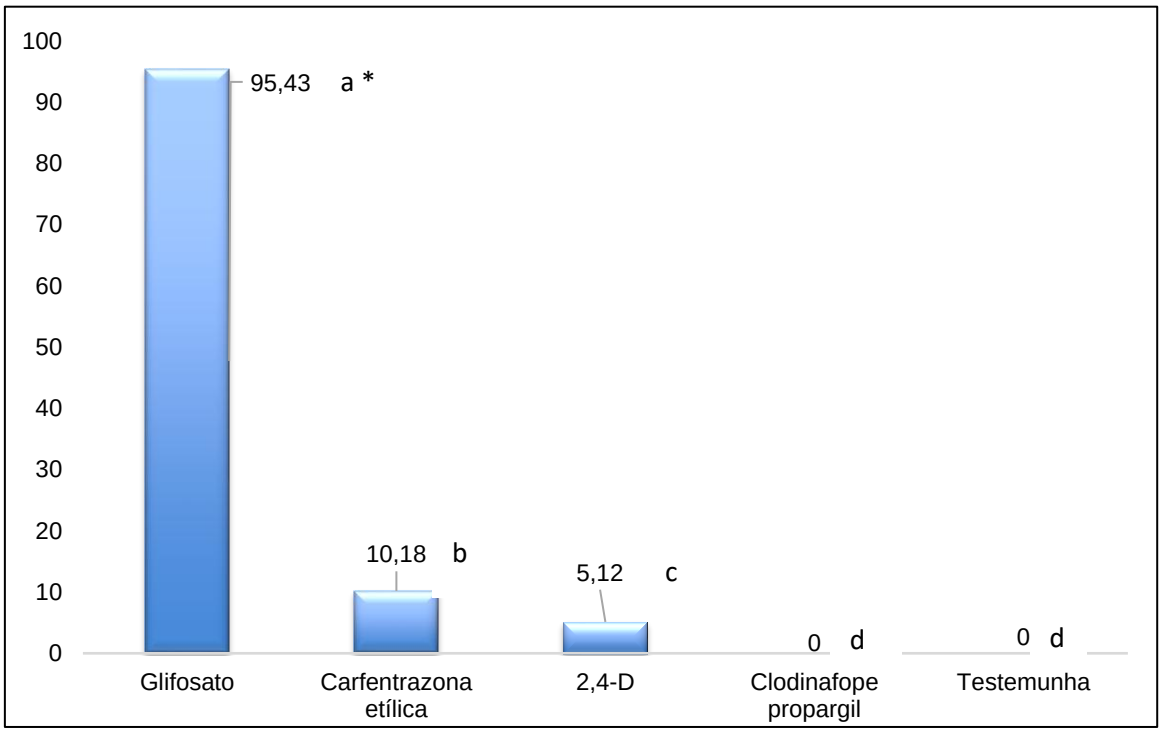
Assim como observado para a planta daninha, o fator dose não alterou o padrão de resposta da cultura apresentando os niveis das médias de 22.02500 (dose x) e 27.84375 (dose 2x), não possuindo diferença significativa a 5%. Isso reforça que o comportamento dos herbicidas frente ao trigo está mais associado à sua seletividade e modo de ação do que à dose aplicada (valor-p: 0.0006116846).

Dentre os produtos testados, o glifosato apresentou o maior nível de sintomas de fitotoxicidade, chegando a 95,43%, diferindo-se estatisticamente dos demais produtos utilizados (Gráfico 2). Tal resultado está dentro do esperado, visto que se trata de um produto com ação não seletiva e sem recomendação para uso em pós-emergência na cultura.

O alto nível de injúria observado, indica a destruição quase que total das plantas de trigo, caracterizando-se pela perda de coloração verde, necrose e morte do tecido foliar.

As plantas que resistem ao herbicida glifosato são organismos transgênicos desenvolvidos por meio de modificações genéticas que lhes conferem a capacidade de metabolizar o herbicida, tornando-as tolerantes e imunes aos seus efeitos fitotóxicos (Padgette et al., 1996). A modificação genética de plantas com o objetivo de torná-las resistentes a determinados herbicidas representa uma estratégia eficiente para alcançar seletividade no manejo químico de plantas daninhas (Oliveira e Inoue, 2011).

Gráfico 2 - Sintomas visuais de fitotoxicidade, em porcentagem de área foliar com sintomas, em plantas de trigo submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 9 DAT.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O produto a base de carfentrazona-etílica apresentou o segundo maior índice de intoxicação no trigo, com média de 10,18% (Gráfico 2), diferindo estatisticamente da aplicação do produto a base de glifosato e dos demais tratamentos. Esse valor é considerado baixo, indicando boa seletividade do produto para a cultura. Em um estudo conduzido por Galon et al. (2021), observaram que o herbicida carfentrazona-etílica, mesmo sem registro específico para a cultura do trigo, apresentou potencial de uso quando aplicado no início do perfilhamento, demonstrando seletividade e eficiência satisfatórias no controle de plantas daninhas nessa fase de desenvolvimento da cultura.

O uso do produto a base de clodinafope-propargil não apresentou qualquer nível de injúrias nas plantas de trigo, se comportando estatisticamente igual à testemunha (Gráfico 2), indicando baixa fitotoxicidade e demonstrando boa seletividade da cultura a esse produto. A seletividade ideal de um herbicida é obtida

quando a concentração aplicada é suficiente para causar toxicidade nas plantas daninhas, mas não atinge níveis prejudiciais à cultura de interesse, garantindo assim a eficiência do controle sem comprometer o desenvolvimento da espécie cultivada (Oliveira e Inoue, 2011), o que não aconteceu no presente trabalho já que os níveis de fitotoxicidade na flor-roxa foram baixos (Gráfico 1).

4.3 FITOTOXICIDADE SOBRE FLOR-ROXA AOS 20 DAT

Na segunda avaliação visual de dano, em relação aos sintomas de fitotoxicidade sobre a flor-roxa na primeira avaliação, o teste F indicou que não houve diferença significativa a 5% entre a dose recomendada e o dobro da recomendada, tendo médias de 39.20000 para a dose x e 44.21875 para a dose 2x (valor-p: 2.639141e-05), no entanto observou-se intensificação dos efeitos dos herbicidas sobre a planta daninha.

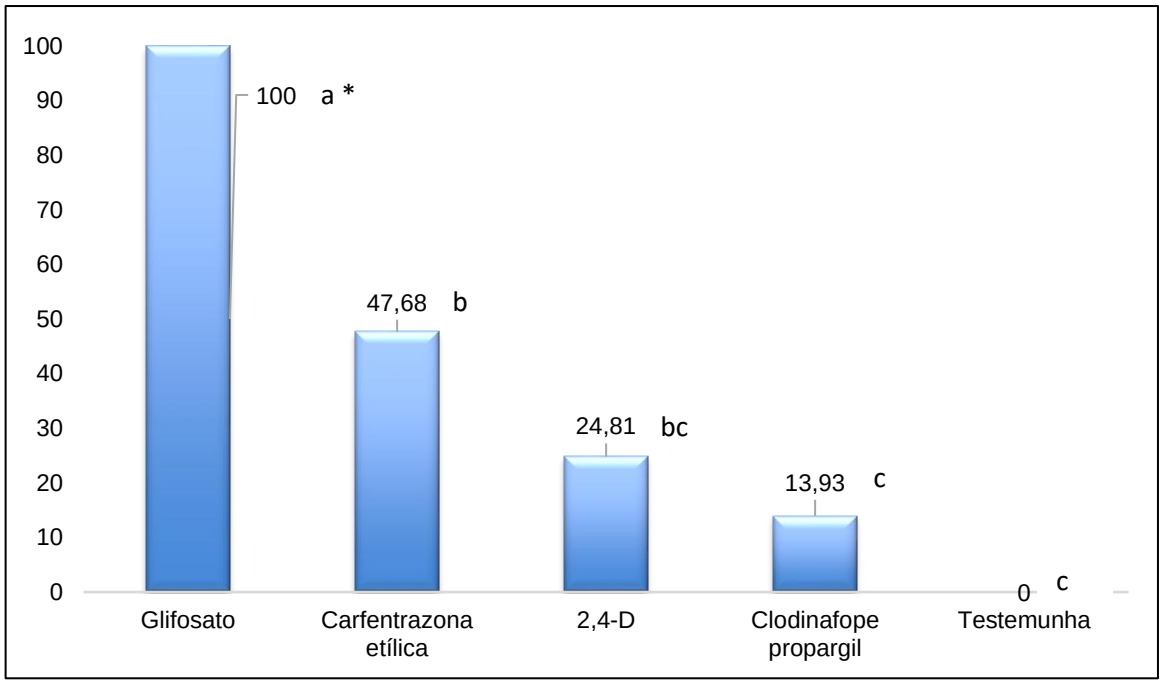
O produto a base de glifosato manteve-se como o tratamento mais eficiente, atingindo 100% de danos às plantas de flor-roxa e diferindo significativamente dos demais (Gráfico 3), o que indica o controle total da espécie. Ao observar as plantas de flor-roxa, pode-se notar folhas totalmente necrosadas, ou seja, a morte total da planta. Esse resultado confirma a lenta ação do ingrediente ativo glifosato, que tem um tempo de ação de 7 a 14 dias (Mendes e Silva, 2020).

O produto a base de carfentrazona-etílica apresentou média de 47,68% de danos sobre a flor-roxa (Gráfico 3), demonstrando uma resposta intermediária no controle da espécie, porém, ao contrário da avaliação feita aos 9 DAT (Grafico 1) o referido produto não se diferenciou significativamente do produto hormonal a base de ácido ariloxialcanóico (2,4-D) (Gráfico 3).

Vale aqui destacar que o produto hormonal mostrou capacidade de causar deformações e sintomas de epinastia, sintomas típicos do seu modo de ação hormonal, mas sem resultar na morte das plantas, mostrando-se com um comportamento estatisticamente igual a testemunha, que não recebeu qualquer tratamento (Gráfico 3). Segundo Rizzardi (2011), a aplicação de doses elevadas desses herbicidas em regiões meristemáticas do caule ou das raízes reduz a síntese de ácidos nucleicos em plantas sensíveis, o acúmulo anormal de DNA, RNA e proteínas resulta em divisões celulares desordenadas, manifestadas por crescimento

irregular das plantas suscetíveis, epinastia em folhas e caules e interrupção do floema, o que compromete a translocação dos fotoassimilados.

Gráfico 3 - Sintomas visuais de fitotoxicidade, em porcentagem de área foliar com sintomas, em plantas de flor-roxa (*Echium plantagineum*) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 20 DAT.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de significância.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O produto a base de clodinafope-propargil (produto comercial Topik) obteve a menor resposta entre os tratamentos com herbicidas, com apenas 13,93% de injúrias nas plantas de flor-roxa (Gráfico 3), sem diferença significativa em relação à testemunha e ao ácido ariloxialcanóico (2,4-D). Nas folhas da flor-roxa foi possível observar pontos necróticos, porém, não muito evidentes e significativos com a planta mantendo um aspecto com pouca redução da área fotossinteticamente ativa.

4.4 FITOTOXICIDADE SOBRE O TRIGO AOS 20 DAT

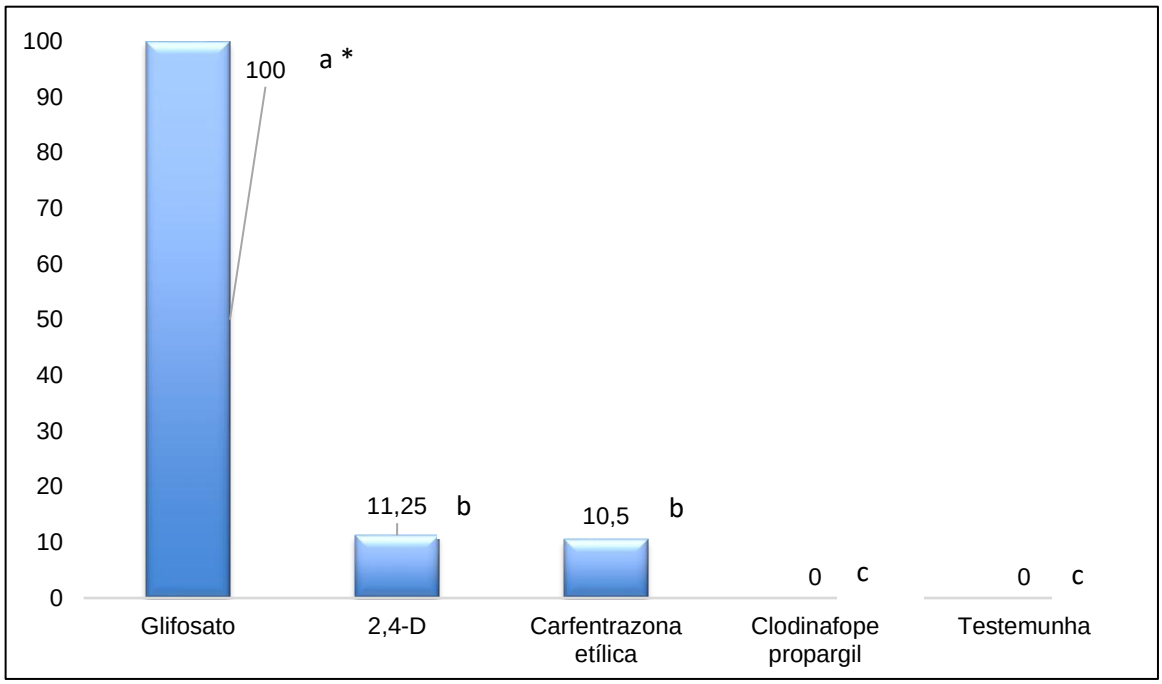
Assim como observado para a planta daninha, o fator dose não alterou o padrão de resposta da cultura (médias de 24.07500 para dose x e 30.78125 para a dose 2x), indicando que o aumento da concentração não intensificou os sintomas de intoxicação e reforçando que a seletividade observada está associada às características do princípio ativo e não ao volume aplicado (valor-p: 2.999025e-05).

Na avaliação visual de danos realizada aos 20 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), nas parcelas que foram tratadas com um produto comercial a base de glifosato, as plantas de trigo apresentaram 100% de fitotoxicidade (Gráfico 4), diferenciando-se significativamente dos danos proporcionados pelos demais herbicidas. Sendo visualizada a completa destruição das plantas de trigo se confirma e reforça-se o caráter não seletivo desse ingrediente ativo. Além disso, foi possível observar a continuidade dos efeitos fitotóxicos do glifosato sobre o trigo, uma vez que aos 9 DAT as plantas de trigo apresentavam 95,43% de injúrias (Gráfico 2) e aos 20 DAT esse dano chegou aos 100% (Gráfico 4).

O herbicida hormonal, a base do ácido ariloxialcanóico (2,4-D) e a carfentrazona-etílica apresentaram sintomas leves de injúria, com médias de 11,25% e 10,5%, respectivamente (Gráfico 4). Esses valores indicam uma boa seletividade à cultura, com danos visuais limitados, geralmente restritos a clorose em folhas mais jovens e pequenas necroses de contato.

Esses sintomas tendem a ser temporários, sem impacto expressivo no desenvolvimento da cultura. Grande parte das enzimas presentes em plantas capazes de metabolizar herbicidas apresenta uma faixa relativamente ampla de especificidade, o que possibilita que uma mesma espécie detoxifique diversos herbicidas distintos (Hatzios e Penner, 1982). Esse fenômeno é fundamental para compreender a seletividade de herbicidas em culturas agrícolas, já que espécies capazes de metabolizar rapidamente os compostos químicos podem crescer sem prejuízos, enquanto plantas suscetíveis são afetadas.

Gráfico 4 - Sintomas visuais de fitotoxicidade, em porcentagem de área foliar com sintomas, em plantas de trigo submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 20 DAT.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Nas parcelas onde se utilizou o herbicida à base de clodinafope-propargil não apresentaram sintomas de injúria, bem como a testemunha (Gráfico 4) evidenciando total segurança do princípio ativo para a cultura do trigo, nas condições testadas. Esse comportamento é coerente com o mecanismo de ação do clodinafope-propargil, que tem seletividade natural para o trigo, cultura que apresenta uma rápida degradação metabólica do herbicida. Na cultura é voltado ao controle de gramíneas infestantes, não apresentando efeito sobre plantas de folha larga nem sobre o próprio cultivo (Mendes e Silva, 2022).

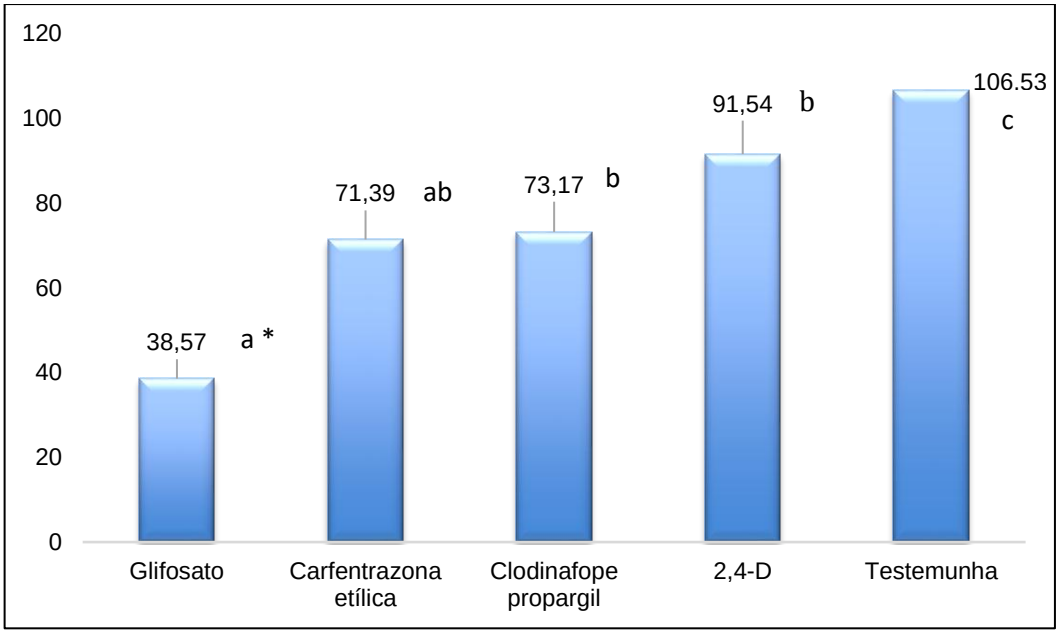
4.6 MASSA DA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA

O fator dose, assim como nas demais variáveis, não apresentou diferença estatística significativa entre a dose recomendada e o dobro da dose (média de 73.8775 para dose x e 71.6250 para dose 2x), indicando que o aumento da concentração não influenciou a produção de massa seca das plantas. Isso reforça que

as variações observadas são consequência direta do modo de ação e da seletividade de cada herbicida, e não da dose aplicada (valor-p: 0.1205417).

A variável de massa seca da parte aérea (MMSPA) apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (Gráfico 5), refletindo o impacto dos herbicidas sobre o desenvolvimento das plantas de trigo e das daninhas. A menor massa seca da parte aérea foi observada para o tratamento com glifosato (38,57g), confirmando o alto nível de fitotoxicidade do produto e a completa ausência de seletividade à cultura.

Gráfico 5 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), em gramas, de plantas submetidas à aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 30 DAT.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Pode-se observar que o produto a base de carfentrazona-etílica apresentou resultados intermediário (71,39 g), não diferindo estatisticamente de nenhum dos demais tratamentos (Gráfico 5). Esses resultados indicam que, embora o produto tenha causado alguma redução de massa seca, os efeitos foram significativamente menores que os observados com glifosato, demonstrando maior seletividade, assim como aconteceu com o uso do produto hormonal a base do ácido ariloxialcanóico (91,54g) e do a base de clodinafope-propargil (73,17g).

Qualquer um dos produtos aplicados demonstrou diferença significativa na massa seca da parte aérea em relação à testemunha, a qual obteve a maior média de biomassa (106,53g) (Gráfico 5), representando o pleno desenvolvimento da cultura sem a interferência de herbicidas. A diferença entre a testemunha e os tratamentos reflete o estresse inicial causado pelas aplicações, especialmente pelos produtos de contato e pelos de ação sistêmica.

4.6.1 Frequência e densidade relativas das comunidades infestantes da área

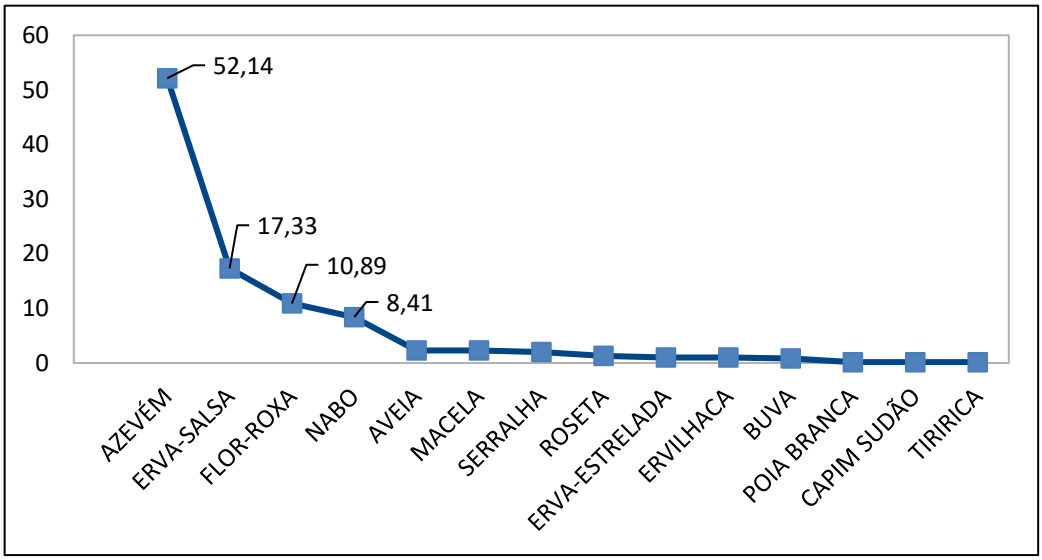
Após a análise estatística dos tratamentos, também foi avaliada a composição da comunidade infestante na área experimental, considerando a frequência e densidade relativa das plantas daninhas. Essa caracterização é importante para compreender a dinâmica populacional das espécies presentes e a influência que exercem sobre a cultura do trigo.

As plantas daninhas observadas na área experimental conforme a avaliação fitossociológica corresponde a um conjunto diversificado de espécies, sendo identificadas, respectivamente, como azevém (*Lolium multiflorum*), erva-salsa (*bowlesia incana*), flor-roxa (*Echium plantagineum*), nabo (*Raphanus raphanistrum*), aveia (*Avena sativa*), macela (Gamochaeta sp.), serralha (*Emilia fosbergii*), roseta (*Soliva pterosperma*), erva-estrela (*arabidopsis thaliana*), ervilhaca (*Vicia sativa*), buva (*Conyza bonariensis*), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), capim-sudão (*Sorghum sudanense*) e tiririca (*Cyperus rotundus*).

A análise conjunta da frequência e densidade relativa de plantas daninhas revelou uma forte dominância do azevém (*Lolium multiflorum*), apresentando densidade relativa de 52,14% e frequência relativa de 22,15% (Gráfico 6 e 7).

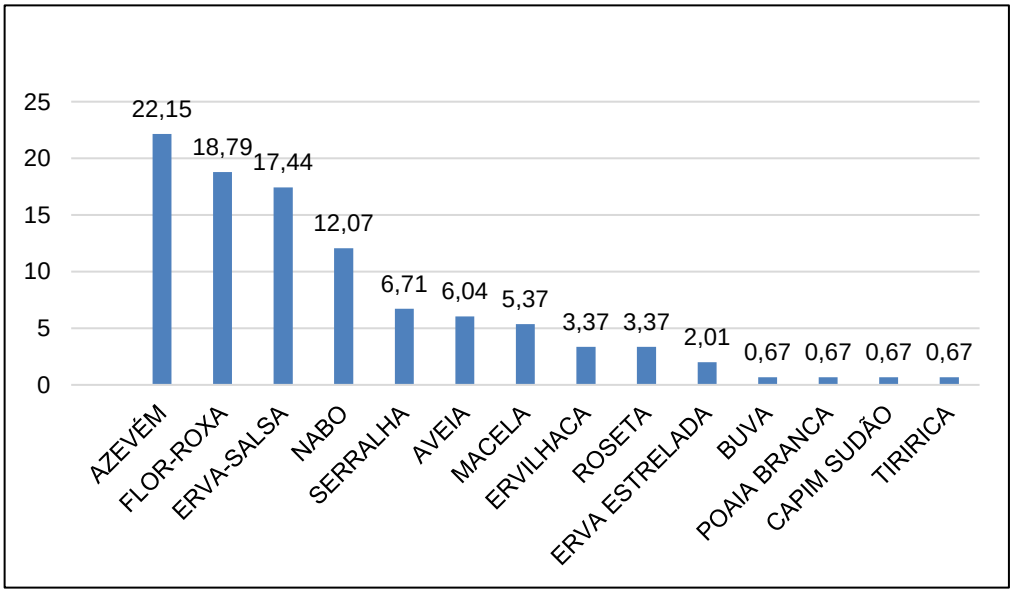
A flor-roxa (*Echium plantagineum*), mesmo não sendo a espécie mais numerosa, apresentou frequência significativa de 18,79% e densidade de 10,89% (Gráfico 6 e 7), confirmando a necessidade de registro de herbicidas para seu controle no período de inverno.

Gráfico 6 - Densidade relativa de plantas daninhas submetidas à aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 30 DAT.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Gráfico 7- Frequência relativa de plantas daninhas submetidas à aplicação de diferentes herbicidas, avaliado aos 30 DAT.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Segundo o USDA (2017), *Echium plantagineum* é uma planta anual com elevada capacidade de formação de rosetas, produz grande quantidade de sementes e possui dormência prolongada, o que favorece sua persistência no banco de sementes e sua reemergência em ciclos sucessivos de cultivo. Sua expansão ocorre em detrimento das espécies nativas, além de gerar prejuízos econômicos relacionados à competição com as culturas e aos custos necessários para o seu controle (Moreira e Bragança, 2010).

Os resultados também evidenciaram que o nabo (*Raphanus raphanistrum*), com frequência de 12,07% e densidade de 8,41%, (Gráfico 6 e 7), é uma espécie que tende a ocupar nichos específicos da área, geralmente associados à fertilidade e à ausência de rotação de culturas. O nabo (*Raphanus raphanistrum*) apresenta elevada capacidade de adaptação aos ambientes agrícolas e expressivo potencial reprodutivo, características que favorecem sua permanência e disseminação nas áreas de cultivo (Kebaso et al., 2020). Além disso, como o manejo da área, durante cinco anos antes da implantação do experimento, foi a base de roçadas frequentes, isso acabou favorecendo a espécie devido a essas características intrínsecas.

Ao comparar a densidade e frequência relativas de azevém com, por exemplo, a biomassa média da matéria seca das plantas (Gráfico 5), percebe-se que mesmo com redução da biomassa nas parcelas tratadas com glifosato, ainda há um percentual de plantas que contribuíram para que o valor obtido para a MMSPA não fosse zero, com destaque para o azevém. Em 2008 já havia sido constatado o primeiro caso de resistência ao herbicida glifosato no Brasil envolvendo a espécie *Lolium multiflorum* (Christoffoleti e Ovejero, 2008).

Ademais, nos tratamentos onde foi observado menos injúrias às plantas daninhas (como com o uso do herbicida hormonal e do clodinafope-propargil) mostraram valores de MMSPA mais próximos à testemunha, indicando menor supressão das plantas daninhas e, portanto, menor impacto na redução da biomassa total. Esse comportamento é consistente com o descrito por Spitters e Van den Bergh (1982), que destacam a relação direta entre densidade de plantas daninhas, acúmulo de biomassa e perda de rendimento das culturas. Oliveira Jr. e Inoue (2011) ressaltam que a seletividade dos herbicidas está diretamente ligada à dose e ao modo de ação, e que a adoção de estratégias combinadas como rotação de culturas, alternância de

mecanismos de ação e manejo cultural é fundamental para reduzir a pressão de infestação.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que o aumento da dose dos herbicidas avaliados não proporcionou ganhos significativos no controle da flor-roxa (Echium plantagineum), indicando que a eficácia dos tratamentos esteve mais relacionada ao princípio ativo e ao seu modo de ação do que à quantidade aplicada. O herbicida à base de glifosato apresentou maior eficiência no controle da flor-roxa, contudo, demonstrou baixa seletividade à cultura do trigo.

Os resultados de massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) confirmaram que os tratamentos mais seletivos ao trigo favoreceram maior acúmulo de biomassa. A análise da densidade e da frequência relativas destacou a presença de espécies altamente competitivas, como azevém (Lolium multiflorum), flor-roxa (Echium plantagineum) e nabo (Raphanus raphanistrum), caracterizando uma comunidade infestante complexa.

Dessa forma, os resultados reforçam que, embora o glifosato seja eficiente no controle da flor-roxa, sua baixa seletividade ao trigo exige cautela no manejo, e que o uso racional dos herbicidas, aliado a estratégias de manejo integrado, é fundamental para garantir eficiência agronômica e sustentabilidade no sistema produtivo do trigo, especialmente nas condições do Sul do Brasil.

6 REFERÊNCIAS

MOREIRA, Henrique José da Costa; BRAGANÇA, Horlandezan Belirdes Nippes. **Manual de identificação de plantas infestantes: cultivos de verão**. p. 17, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: MAPA, 2025. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 05 maio. 2025.

MORI, C. de. **Aspectos econômicos da produção e utilização**. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. (org.). Trigo: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. cap. 1, p. 11.

SWANTON, C. J.; WEISE, S. F. **Integrated weed management: the rationale and approach**. Weed Technology, v. 5, n. 3, p. 657–663, 1991. DOI: 10.1017/S0890037X00027512.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2024/2025 – 2º levantamento.** Brasília, DF: Conab, 2025. Disponível em: https://www.conab.gov.br/. Acesso em: 12 nov. 2025.

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; BIANCHI, M. A. **Manejo e controle de plantas daninhas**. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. (org.). Trigo: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. cap. 8, p. 170.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A. **Plantas daninhas: herbicidas**. v. 2. Viçosa, MG: Editora UFV, 2023.

PITELLI, R. A. **O termo planta-daninha**. Planta Daninha, v. 33, n. 3, p. 622-623, 2015.

CARVALHO, L**. Plantas daninhas**. 1. ed. P.10-11, 2013.

SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. **B. Biologia de plantas daninhas**. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: Editora UFV, p. 17-61, 2007.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. **Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas**. Planta Daninha, v. 24, n. 4, p. 685-694, 2006.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. UFV: Viçosa, 2007. 367 p.

AGOSTINETTO, D. I.; RIGOLI, R. P.; SCHAEDLER, C. E.; TIRONI, S. P.; SANTOS, L. S. **Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo**. 2008.

AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R. P.; SCHAEDLER, C. E.; TIRONI, S. P.; SANTOS, L. S. **Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado em função dos níveis de controle**. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.

MENDES, K.; SILVA, A. **Plantas daninhas: biologia e manejo**. v. 1, p. 10, 2022.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A.; MIELKE, K. C. **Classificação, seletividade e mecanismos de ação de herbicidas**. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 9, 2022.

BRACCINI, A. de L. **Banco de sementes e mecanismos de dormência em sementes de plantas daninhas**. In: BRACCINI, A. de L. et al. Plantas daninhas: biologia e manejo. Cap. 2, p. 17–31, 2015.

VOLL, E. et al. **A dinâmica de plantas daninhas e práticas de manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 2005.

NIKOLAEVA, M. G. **Factors controlling the seed dormancy pattern**. In: KHAN, A. A. (ed.). The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Amsterdam: North-Holland, p. 51-74, 1977.

LUCCA, A. de; BRACCINI, A. L. **Banco de sementes e mecanismos de dormência em sementes de plantas daninhas**. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. et al. (eds.). Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 2, p. 37–56.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção**. Bragantia, Campinas, v. 64, n. 2, p. 203–209, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200006. Acesso em: 14 maio 2025.

CARDOSO, P.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, J. **A cultura da canola e seu potencial no Brasil.** Agropecuária Catarinense, 2016.

VOLL, E.; TORRES, E.; BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P. **Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo do solo**. Planta Daninha, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 171–178, 2001.

CHIBA, M. K.; GUEDES FILHO, O.; VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial e temporal de plantas daninhas em Latossolo Vermelho argiloso sob semeadura direta**. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 32, n. 4, p. 735–742, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.5445. Acesso em: 2 jun. 2025.

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

AGOSTINETTO, D.; ULGUIM, A. R.; VARGAS, L. **Manejo de plantas daninhas em sistema plantio direto**. In: SISTEMA plantio direto no Brasil [livro eletrônico]. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2022. cap. 4, p. 106–118.

FLECK, N. G. (org.). **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Departamento de Plantas de Lavoura, 1992.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. (ed.). **Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

ROMAN, Erivelton Scherer; VARGAS, Leandro; RIZZARDI, Mauro Antonio; HALL, Linda; BECKIE, Hugh; WOLF, Thomas M. **Como funcionam os herbicidas**: **da biologia à aplicação.** 1. ed. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2005.

Roman, E. S.; Vargas, L.; Rizzardi, M. A.; Silva, V. C. **Change in the biological characteristics of ryegrass (Lolium multiflorum) biotypes caused by resistance to the herbicide glyphosate**. Planta Daninha, v. 23, n. 1, p. 153–160, 2005. DOI: 10.1590/S0100-83582005000100018.

CORTEVA AGRISCIENCE. **Manejo de plantas daninhas: Mecanismos de Ação de Herbicidas**. São Paulo: Corteva Agriscience, 2018. Disponível em: corteva.com/content/dam/dpagco/corteva/la/br/pt/bpa-site/ebooks/pdfs/Ebook_MPD_Manejo_de_Plantas_Daninhas_Mecanismos_de_acao_de_herbicidas.pdf. Acesso em: 15 jun. 2025.

OLIVEIRA JÚNIOR, Rubem Silvério de; INOUE, Miriam Hiroko. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 256.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Echium plantagineum L.: plant profile**. Washington, DC: USDA, Natural Resources Conservation Service, 2017. Disponível em: https://plants.usda.gov. Acesso em: 15 jun. 2025.

BERTI, M.; JOHNSON, B. L.; DASH, S.; FISCHER, S.; WILCKENS, R.; HEVIA, F. **Echium: a source of stearidonic acid adapted to the Northern Great Plains in the US**. 2007.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil**, **baseado em APG III**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012.

PERUZZO, S. T. **Resistência de Echium plantagineum L. aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS)**. 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

EMBRAPA**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

GALON, L. et al. **Seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência inicial do trigo**. Revista Brasileira de Herbicidas, Londrina, v. 20, n. 1, e021215, 2021.

WELLER, S. C. **Herbicide behavior in plants: uptake, transport, and selectivity**. In: **WEED SCIENCE – UPDATE SERIES**. Champaign: Weed Science Society of America, 2003. *Apud*: MENDES, K. F.; SILVA, A. A. **Plantas daninhas: herbicidas**. v. 2. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2022.

MENDES, Kassio Ferreira; SILVA, Antonio Alberto da. **Plantas daninhas: herbicidas**. v. 2. Viçosa, MG: Editora UFV, 2020.

RIZZARDI, M. A. **Herbicidas hormonais: mecanismos de ação e efeitos fisiológicos em plantas**. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (org.). Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 365–392.

HATZIOS, K. K.; PENNER, D. **Metabolism of herbicides in higher plants**. In: KIRKWOOD, R. C. (ed.). Target sites for herbicide action. New York: Plenum Press, 1982. p. 325–351.

KEBASO, L. et al. **Biology, ecology and management of Raphanus raphanistrum L.: a noxious agricultural and environmental weed**. Environmental Science and Pollution Research, Heidelberg, v. 27, n. 15, p. 17692–17705, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11356-020-08334-x.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo**. Piracicaba: HRAC-BR, 2008.

SPITTERS, C. J. T.; VAN DEN BERGH, J. P. **Competition between crop and weeds: a system approach**. In: HOLZNER, W.; NUMATA, N. (eds.). Biology and ecology of weeds. The Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1982. cap. 12. ISBN 90-6193-682-9.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA, 2009. Disponível em: http://192.168.3.118:8080/handle/1/423. Acesso em: 02 de junho, 2025.

MELO, Ana Karyne Pereira; ALBUQUERQUE, José Anchieta Alves; SIQUEIRA, Raphael Henrique da Silva; SILVA, Edmilson Evangelista da; MEDEIROS, Roberto Dantas de; SOUZA, Leandro Torres de; GONÇALVES, Anderson Carlos de Melo. **Quantificação do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes**

sistemas de manejo do solo. Nativa, Sinop, v. 9, n. 4, p. 367–372, 2021. DOI: https://doi.org/10.31413/nativa.v9i4.11290. ISSN: 2318-7670.

SILVA, D. S. et al**. Epidemiologia e manejo integrado de doenças fúngicas em cereais de inverno no Brasil**. Revista de Ciências Agrárias e Ambientais, v. 19, n. 4, 2021.

LAMEGO, F. P. et al. **Danos e controle de azevém resistente no Sul do Brasil**. Planta Daninha, v. 31, n. 2, p. 435–448, 2013.

FORTE, C. T.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; FONTANA, L. C.; SANTOS,L. S. **Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo complantas daninhas**. Revista Brasileira Ciências Agrárias, v. 12, n. 2, p. 185-193,2017.

SAVIĆ, Aleksandra; POPOVIĆ, Aleksandar; ĐUROVIĆ, Sanja; PISINOV, Boris; UGRINOVIĆ, Milan; TODOROVIĆ, Marijana Jovanović. **A framework for understanding crop–weed competition in agroecosystems**. Agronomy, Basel, v. 15, n. 10, p. 2366, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy15102366.

VARGAS, Leandro; ROMAN, Erivelton Scherer. **Interferência de plantas daninhas na cultura do trigo**. In: ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T. M. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2005.

SHEWRY, Peter R. **Wheat. Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 60, n. 6, p. 1537–1553, 2009. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/erp058.

EVERS, A. D.; MILLAR, S. J. **Cereal grain structure and development: some implications for quality**. Journal of Cereal Science, London, v. 36, n. 3, p. 261–284, 2002. DOI: https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0435.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Wheat: production and utilization**. Rome: FAO, 2018.

VIVIAN, R.; SILVA, A. A.; GIMENES JR., M.; FAGAN, E. B.; RUIZ, S. T.; LABONIA, V. **Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve revisão**. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 695–706, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/pd/v26n3/a26v26n3.pdf

WESTON, L.A., WESTON, P.A. and MCCULLY, M., 2012. **Production of bioactive na pthoquinones by roots of paterson's curse (*Echium plantagineum*) – implications for invasion success?** Weed Science Research, vol. 18, no. 1, pp. 677-686.

SANTOS, I. C.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, L. D. T. **Eficiência do herbicida 2,4-D aplicado isoladamente e em mistura com**

glyphosate no controle da trapoeraba. *Planta Daninha*, v. 20, n. 3, p. 107–112, 2002. Disponível em: https://locus.ufv.br/items/30345779-9064-4dad-9f9a-d39e5ab40d08.

PADGETTE, S. R. et al. **New weed control opportunities: development of soybeans with a Roundup Ready gene**. Bio/Technology, New York, v. 13, p. 123–128, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jn/126.3.702.