

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS ERECHIM/RS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**OTÁVIO AUGUSTO DASSOLER**

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM TRIGO COM  
TECNOLOGIA CLEARFIELD®**

**ERECHIM/RS**

**2025**

**OTÁVIO AUGUSTO DASSOLER**

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM TRIGO COM  
TECNOLOGIA CLEARFIELD®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Campus Erechim/RS, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

**ERECHIM/RS**

**2025**

### **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Dassoler, Otávio Augusto  
SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM  
TRIGO COM A TECNOLOGIA CLEARFIELD® / Otávio Augusto  
Dassoler. -- 2025.  
40 f.

Orientador: D. Sc. Leandro Galon

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

I. Galon, Leandro, orient. II. Universidade Federal  
da Fronteira Sul. III. Título.

**OTÁVIO AUGUSTO DASSOLER**

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM TRIGO COM  
TECNOLOGIA CLEARFIELD®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Campus Erechim/RS, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em DD/MM/AAAA.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. D. Sc. Leandro Galon  
Orientador

---

Prof. Dr. Franciele Fátima Fernandes

---

Prof. Ms. Francine Voghel

Dedico este trabalho a minha família, que não mediu esforços para que eu conseguisse chegar nesta etapa e sempre esteve me apoiando em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter conseguido chegar até aqui; aos meus pais, Dione Maria Lavratti Dassoler e Pedro Paulo Dassoler, por terem me apoiado e por acreditarem em mim, e também por todo o sustento nesses 5 anos de graduação. Esta graduação eu dedico a vocês.

Aos meus irmãos, Luan Pedro Dassoler, Natan Otávio Dassoler e Jean Lucas Dassoler pelo apoio, companheirismo e pelo acolhimento não só como irmãos, mas também, quando foi preciso, por terem sido presentes como pai. Dedico esta graduação a vocês, que sempre serão meus exemplos e minha base. Conforme for possível retribuirei tudo que fizeram por mim, pois sem vocês nada seria possível.

Agradeço também a minha namorada Fabiane Martini, que fez presente me apoiando, ajudando e aconselhando nas decisões e momentos em que eu necessitava estudar, além do apoio à escrita do meu TCC. Obrigado pela parceria e compreensão pelos momentos ao qual não me fiz presente por conta da graduação.

Ao meu orientador, Prof. D. Sc. Leandro Galon por ter me acolhido da melhor forma possível, como um amigo, e por todo o conhecimento repassados nesses 3 anos juntos. Não tenho palavras para expressar tamanha gratidão e sempre que precisar estarei à disposição.

Aos meus amigos, em especial Lucas Tedesco, Eduarda Batistelli Giacomolli e Amanda Bernardi Rempel por tudo que passamos juntos e por terem transformado a graduação em quase todos os momentos de felicidade e alegria. Gratidão por tudo que fizemos juntos, por todos os momentos bons e ruins, levo vocês no coração, seremos sempre Safra 21.

A todos os integrantes do grupo de pesquisa MASSA (Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas), que de uma forma ou de outra ajudaram na condução deste trabalho e se fizeram presentes na minha jornada junto ao grupo.

E, por fim, agradeço a todos os novos amigos/colegas de profissão que fiz durante toda esta jornada.

# SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM TRIGO COM TECNOLOGIA CLEARFIELD®

## RESUMO

O uso de herbicidas tem sido a principal estratégia adotada pelos produtores para o controle de plantas daninhas em lavouras de trigo, devido à sua eficácia, praticidade e menor custo em comparação com outras formas de manejo. No entanto, quando esses produtos não são seletivos, podem causar impactos diretos e indiretos no crescimento e desenvolvimento da cultura. Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade e eficácia de diferentes herbicidas inibidores de aceto lactato síntese (ALS) aplicados na cultivar de trigo TBio Ello com tecnologia Clearfield® (CL). O experimento foi conduzido a campo em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por uma testemunha capinada e pelos herbicidas: imazapic+imazapyr (125+525 e 525+125 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr+imazapic (75+25 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (106 g ha<sup>-1</sup>), cloransulam-methyl (840 g ha<sup>-1</sup>), nicosulfuron (750 g ha<sup>-1</sup>), imazamox (700 g ha<sup>-1</sup>), ethoxysulfuron (600 g ha<sup>-1</sup>), bispyribac-Na (400 g ha<sup>-1</sup>) e penoxsulam (240 g ha<sup>-1</sup>). As avaliações de fitotoxicidade e o controle das plantas daninhas foram efetuadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). As características fisiológicas, concentração de CO<sub>2</sub> sub-estomática, condutância estomática de vapores de água, taxa fotossintética, taxa de transpiração, eficiência da carboxilação e a eficiência do uso da água foram avaliadas aos 21 DAT. Na colheita avaliou-se o número de espigas por área, o comprimento de espigas, número de grãos cheios e estéreis por espigas, peso hectolitro, massa de mil grãos e a produtividade de grãos. O nicosulfuron foi o herbicida que apresentou a maior fitotoxicidade ao trigo e conseqüentemente a menor produtividade de grãos. O melhor desempenho fisiológico foi obtido na testemunha capinada e nos herbicidas imazethapyr + imazapic, imazethapyr, cloransulan-methyl, imazapic + imazapyr e o bispyribac-Na. O imazethapyr+imazapic, imazethapyr, cloransulam-methyl, ethoxysulfuron e o penoxsulam demonstraram as menores fitotoxicidades ao trigo. Os herbicidas testados não apresentaram eficácia adequada ao azévem, porém o contrário ocorreu para o nabo, onde obteve-se 100% de controle em todos os tratamentos. A produtividade de grãos do trigo foi diretamente influenciada pelo nível de controle das plantas daninhas, sendo a testemunha capinada o melhor tratamento e dentre os herbicidas o uso de imazethapyr+imazapic se destacou.

**Palavras-chave:** *Lolium multiflorum*; *Raphanus raphanistrum*; *Triticum aestivum*.

## SELECTIVITY AND EFFICACY OF HERBICIDES APPLIED TO WHEAT WITH CLEARFIELD® TECHNOLOGY

### ABSTRACT

The use of herbicides has been the main strategy adopted by producers for weed control in wheat crops, due to their effectiveness, practicality, and lower cost compared to other forms of management. However, when these products are not selective, they can cause direct and indirect impacts on crop growth and development. Given this, the objective of this study was to evaluate the selectivity and effectiveness of different acetolactate synthase (ALS) inhibitor herbicides applied to the TBio Ello wheat cultivar with Clearfield® (CL) technology. The experiment was conducted in the field in a randomized block design with four replicates. The treatments consisted of a weeded control and the herbicides: imazapic+imazapyr (125+525 and 525+125 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr+imazapic (75+25 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (106 g ha<sup>-1</sup>), chloransulam-methyl (840 g ha<sup>-1</sup>), nicosulfuron (750 g ha<sup>-1</sup>), imazamox (700 g ha<sup>-1</sup>), ethoxysulfuron (600 g ha<sup>-1</sup>), bispyribac-Na (400 g ha<sup>-1</sup>), and penoxsulam (240 g ha<sup>-1</sup>). Phytotoxicity and weed control evaluations were performed 7, 14, 21, 28, and 35 days after treatment application (DAT). Physiological characteristics, sub-stomatal CO<sub>2</sub> concentration, stomatal conductance of water vapour, photosynthetic rate, transpiration rate, carboxylation efficiency and water use efficiency were evaluated at 21 DAP. At harvest, the number of ears per area, number of filled and sterile grains per ear, ear length, hectoliter weight, thousand-grain weight, and grain yield were evaluated. Nicosulfuron was the herbicide that presented the highest phytotoxicity to wheat and, consequently, the lowest grain yield. The best physiological performance was obtained in the weeded control, imazethapyr + imazapic, imazethapyr, chloransulam-methyl, imazapic + imazapyr, and bispyribac-Na. Imazethapyr + imazapic, imazethapyr, chloransulam-methyl, ethoxysulfuron, and penoxsulam showed the lowest phytotoxicity to wheat. The herbicides tested were not sufficiently effective against ryegrass, but the opposite was true for turnips, where 100% control was achieved in all treatments. Wheat grain yield was directly influenced by the level of weed control, with the weeded control being the best treatment and, among the herbicides, the use of imazethapyr+imazapic stood out.

**Keywords:** *Lolium multiflorum*; *Raphanus raphanistrum*; *Triticum aestivum*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Precipitação (mm) e temperatura média (°C) ocorridas durante o período de condução dos experimentos, de junho de 2022 a novembro de 2022.....	4
--	---

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Tratamentos utilizados nos experimentos de seletividade e eficácia em pós-emergência da cultivar de trigo TBIO ELLO CL, respectivas doses e adjuvantes. UFFS/Erechim/RS.....	5
<b>Tabela 2.</b> Condições meteorológicas registradas no momento da aplicação dos tratamentos, nos experimentos de seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em trigo no ano de 2022. UFFS/Erechim/RS, 2025.....	6
<b>Tabela 3.</b> Fitotoxicidade (%) de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultivar de trigo TBIO ELLO CL, no cultivo de 2022. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
<b>Tabela 4.</b> Concentração interna de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> , μmol mol <sup>-1</sup> ), condutância estomática (G <sub>S</sub> , mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ), taxa de transpiração (E, mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ), taxa fotossintética (A, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ), eficiência de carboxilação (EC) e eficiência de uso da água (EUA) em plantas da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas.....	9
<b>Tabela 5.</b> Número de plantas (NPM – m), número de espigas (NES – m <sup>2</sup> ), comprimento de espigas (COE - cm) e número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.....	12
<b>Tabela 6.</b> Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (pH - kg hl <sup>-1</sup> ), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (PRODUT - kg ha <sup>-1</sup> ) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.....	14
<b>Tabela 7.</b> Controle (%) de azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> ) infestante da cultivar de trigo TBIO ELLO CL, em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS. ....	15
<b>Tabela 8.</b> Controle de nabo – <i>Raphanus raphanistrum</i> (%) infestante da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.....	17
<b>Tabela 9.</b> Número de plantas (NPM - m), número de espigas (NES – m <sup>2</sup> ) comprimento de espigas (COE - cm) e número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.....	18
<b>Tabela 10.</b> Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (pH - kg hl <sup>-1</sup> ), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025. ....	19

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>7</b>
3.1	<i>Avaliação da seletividade de herbicidas inibidores de ALS aplicados em trigo com tecnologia Clearfield® .....</i>	<i>7</i>
3.2	<i>Avaliação da eficácia de herbicidas inibidores de ALS aplicados em trigo com tecnologia Clearfield® .....</i>	<i>14</i>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, representando um dos principais alimentos consumidos por muitas pessoas (Ali *et al.*, 2024). A produção de trigo ultrapassa os 700 e 8,11 milhões de toneladas anuais no mundo (USDA, 2025) e no Brasil (CONAB, 2025), respectivamente. Em termos econômicos, a cultura do trigo é fundamental não só para a segurança alimentar global, mas também para a geração de empregos e a rotação de sistemas de cultivo, principalmente em países que dependem do agronegócio, como o Brasil (FAO, 2024). A produção de trigo está distribuída globalmente, tendo cultivares adaptadas para serem cultivadas em regiões temperadas e subtropicais. Contudo, as condições para seu cultivo variam significativamente, sendo influenciadas por fatores edafoclimáticos e também práticas agrícolas voltadas ao manejo (Shi *et al.*, 2020).

Dentre os desafios enfrentados pelos produtores de trigo, um dos mais significativos é o controle de plantas daninhas, pois essas competem com a cultura por água, luz e nutrientes, podendo causar perdas expressivas na produtividade e na qualidade dos grãos (Yang *et al.*, 2023). Em situações de alta infestação, essas plantas podem reduzir a produtividade do trigo de 18 a 82%, dependendo da espécie, densidade e distribuição, da cultivar, da fase do ciclo em que ocorre a convivência com a cultura, além das condições edafoclimáticas e do manejo adotado (Galon *et al.*, 2019; Tavares *et al.*, 2019; Barros; Calado, 2020; Chu *et al.*, 2022). Além disso, algumas espécies daninhas liberam substâncias alelopáticas ou servem como hospedeiras de pragas, impactando diretamente no crescimento e desenvolvimento da cultura, o que reduz a produtividade e aumenta os custos de produção (Agostinetto *et al.*, 2016; Masson *et al.*, 2024).

Entre as principais plantas daninhas que afetam a produção de trigo destaca-se o nabo (*Raphanus raphanistrum*) ou nabiça (*R. sativus*) e o azevém (*Lolium multiflorum*), que apresentam alta capacidade de competição por recursos essenciais como água, luz e nutrientes, além de elevada prolificidade e dormência de suas sementes (Tavares *et al.*, 2019; Balem *et al.*, 2021; Galon *et al.*, 2023; Goggin *et al.*, 2024).

O nabo/nabiça se destaca pela prolificidade, dormência de suas sementes, sendo usado para cobertura de solo no sistema de plantio direto na palha ou como forragem de inverno destinado para alimentação animal elevando assim o banco de sementes do solo (Tavares *et al.*, 2019; Balem *et al.*, 2021). Além disso o nabo apresenta resistência aos herbicidas inibidores de ALS, o que tem dificultado ainda mais seu controle eficiente quando infesta lavouras cultivadas com culturas de inverno no Sul do Brasil, especialmente o trigo (Costa; Rizzardi, 2015, Heap, 2025).

O azevém (*Lolium multiflorum*), além de causar prejuízos expressivos à produtividade do trigo, pela similaridade morfofisiológica que apresenta com a cultura, dificulta a adoção do controle químico, já que ambos pertencem à mesma família botânica e competem por recursos de maneira intensa e similar (Galon *et al.*, 2023; Xu *et al.*, 2025). Essa espécie se adaptou muito bem às condições do Sul do Brasil, apresentando elevado perfilhamento, ressemeadura natural, sistema radicular volumoso, resistente a diversos herbicidas usado no seu controle. Em praticamente todas as lavouras em que se cultiva trigo no Sul do Brasil, o azevém tem apresentado resistência ao glyphosate (inibidor de EPSPs), com menor porcentagem de casos para os herbicidas inibidores de ALS e de ACCase, o que tem dificultado o manejo dessa espécie de planta daninha nas lavouras (Mariani *et al.*, 2015; Vargas *et al.*, 2018; Heap, 2025).

O uso de herbicidas tem sido a principal estratégia adotada pelos produtores para o controle de plantas daninhas em lavouras de trigo, devido à sua eficácia, praticidade e menor custo em comparação com outras formas de manejo (Kuang *et al.*, 2024; Xu *et al.*, 2025). No entanto, quando esses produtos não são seletivos, podem causar impactos diretos e indiretos no crescimento e desenvolvimento da cultura. Entre os efeitos diretos, destacam-se a fitotoxicidade, a redução da taxa fotossintética e a desregulação dos mecanismos de defesa da planta, comprometendo a absorção de nutrientes e favorecendo processos oxidativos (Galon *et al.*, 2023; Goggin *et al.*, 2024). Indiretamente, a aplicação inadequada de herbicidas pode comprometer componentes essenciais da produtividade, como o número de espigas por área, o peso de mil grãos e o peso hectolitro, resultando em perdas significativas na produção (Galon *et al.*, 2023; Xu *et al.*, 2025). Além disso, o uso contínuo e indiscriminado desses produtos favorece o surgimento de resistência em plantas daninhas, reduzindo a eficácia do controle químico o que exige a adoção de estratégias de manejo integradas e sustentáveis (Vargas *et al.*, 2018; Galon *et al.*, 2023; Goggin *et al.*, 2024).

A tecnologia do trigo Clearfield® foi desenvolvida para conferir tolerância a cultura aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas (Anthimidou *et al.*, 2020). Essa seletividade permite que o trigo tolere a ação desses compostos, enquanto as plantas daninhas têm sua síntese de aminoácidos essenciais bloqueada, o que compromete seu crescimento e desenvolvimento (Vázquez-García *et al.*, 2022).

Com o uso da tecnologia Clearfield®, torna-se possível o controle eficaz de espécies como azevém e nabo, exceto nos casos de biótipos resistentes, sem causar fitotoxicidade à cultura, o que representa uma alternativa interessante para os produtores (Anthimidou *et al.*, 2020). No entanto, a eficiência de controle pode variar em função da dose aplicada, estágio de

desenvolvimento das plantas daninhas, condições ambientais e a espécie-alvo presente na lavoura (Pan *et al.*, 2022). No Brasil, os herbicidas registrados para uso em trigo Clearfield® são o imazamox e imazapic + imazapyr como ingredientes ativos, pertencentes ao grupo das imidazolinonas, sendo recomendados para o controle de gramíneas como azevém e aveia-preta, além de dicotiledôneas como o nabo/nabiça aplicados na pós-emergência, conforme as recomendações oficiais (AGROFIT, 2025).

As perspectivas para uso de herbicidas em trigo Clearfield® são promissoras, mas exigem soluções inovadoras diante do avanço da resistência das plantas daninhas e da crescente necessidade de reduzir os impactos ambientais (Domínguez-Mendez *et al.*, 2019). Avanços em biotecnologia e na formulação de herbicidas têm o potencial de viabilizar um controle mais eficiente e sustentável, minimizando os danos à biodiversidade (Vázquez-García *et al.*, 2022). Nesse contexto, embora os herbicidas imazamox e imazapic + imazapyr sejam os produtos oficiais registrados para uso em trigo Clearfield®, existem diversos outros produtos inibidores da ALS disponíveis no mercado que podem ser aplicados para o manejo de plantas daninhas ocorrentes nessa cultura.

A avaliação de diferentes princípios ativos visa ampliar o espectro de controle das espécies como azevém e nabo, além de contribuir para a diversificação dos mecanismos de ação, reduzindo o risco de seleção de biótipos resistentes, que é um desafio comum em áreas com alta pressão de infestação e variabilidade genética entre as populações de plantas daninhas (Vázquez-García *et al.*, 2022).

A hipótese da pesquisa é de que herbicidas pertencentes a diferentes grupos químicos inibidores da ALS apresentam seletividade e eficácia no controle de azevém e nabo na cultura do trigo. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade e eficácia de diferentes herbicidas inibidores de aceto lactato síntese (ALS) aplicados na cultivar de trigo TBio Ello CL, com tecnologia Clearfield®.

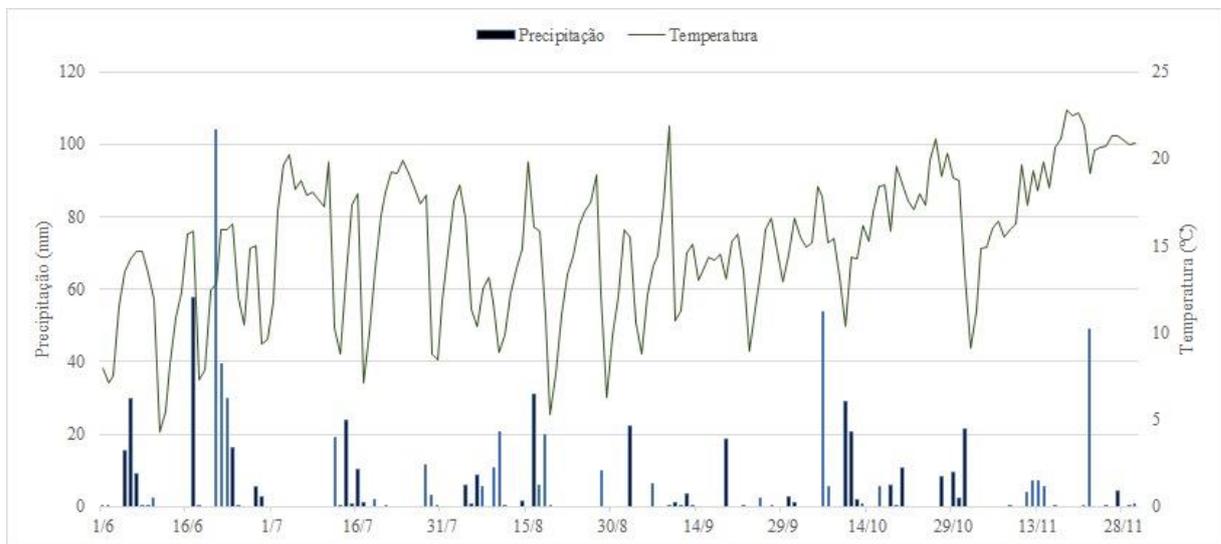
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, nas coordenadas geográficas, 27°43'31" S, 52°17'40" W e altitude de 650 m, no ano de 2022. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (Streck *et al.*, 2018), sendo a correção do pH e a adubação do mesmo realizadas de acordo com a análise físico-química seguindo-se as

recomendações técnicas à cultura do trigo (CQFS-RS/SC, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 5,6; MO = 3,2%; P= 9,7 mg dm<sup>-3</sup>; K= 134,4 mg dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup>=0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>= 6,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>= 3,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC (t) = 10,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC (pH=7,0) =14,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al= 4,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 69,5%, Argila = 60%, Silte = 25% e Areia = 15.

As condições meteorológicas (precipitação - mm e temperatura média °C) ocorridas durante o período de condução dos experimentos podem ser observadas na Figura 1.

**Figura 1** - Precipitação (mm) e temperatura média (°C) ocorridas durante o período de condução dos experimentos, de junho de 2022 a novembro de 2022.



Fonte: INMET (2025).

Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental apresentou dimensões de 5,00 x 2,72 m, totalizando uma área de 13,6 m<sup>2</sup>, contendo 16 linhas de semeadura espaçadas em 0,17 m. A área útil das parcelas correspondeu a 6,00 m<sup>2</sup> (3,00 x 2,00 m), sendo colhidas as 12 linhas centrais de trigo, descartando-se 2 linhas como bordaduras laterais e 1 m no início e no final de cada unidade experimental para a coleta dos dados.

A semeadura dos experimentos ocorreu em 20/06/2022, tanto para o ensaio de seletividade quanto de eficácia, utilizando-se a cultivar de trigo, TBio Ello CL através de semeadora/adubadora. Foi semeado 85 sementes por metro, em ambos os experimentos, totalizando uma densidade de 5.000.000 sementes ha<sup>-1</sup>. Para adubação de base foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-20-20 (N-P-K). E em cobertura aplicou-se 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio

na forma de ureia, dividindo-se em duas épocas, a primeira na fase de perfilhamento (111 kg ha<sup>-1</sup>) e a segunda no início do alongamento (111 kg ha<sup>-1</sup>), para os dois experimentos.

A aplicação dos herbicidas foi efetuada com a utilização de um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO<sub>2</sub>, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque DG 110.02, mantendo-se a pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento de 3,6 km h<sup>-1</sup>, o que proporcionou a vazão de 150 L ha<sup>-1</sup> de calda de herbicida para todos os experimentos.

Os tratamentos utilizados nos experimentos encontram-se dispostos na Tabela 1. Alguns dos herbicidas testados não apresentam registro para serem aplicados na cultura do trigo convencional ou Clearfield. No entanto usou-se os mesmos como uma provável alternativa para o controle químico de plantas daninhas, especialmente o azevém e o nabo. As condições meteorológicas aferidas no momento da aplicação dos tratamentos em pós-emergência (22/07/2022) da cultura e das plantas daninhas estão dispostas na Tabela 2.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados nos experimentos de seletividade e eficácia em pós-emergência da cultivar de trigo TBio Ello CL, respectivas doses e adjuvantes. UFFS/Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Produto Comercial	Dose (L/kg ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante (0,5% v/v)
Testemunha capinada	----	----	----	----
Testemunha infestada	----	----	----	----
Imazapic + imazapyr	525+175	Amplexus®	0,150	Dash
Imazethapyr + imazapic	75+25	Only®	1,000	Dash
Imazapic + imazapyr	175+525	Kifix®	0,140	Dash
Imazethapyr	106	Zethapyr® 106 SL	1,000	Dash
Cloransulam-methyl	840	Pacto®	0,047	Dash
Nicosulfuron	750	Accent®	0,060	Joint Oil
Imazamox	700	Raptor® 70 DG	0,130	Dash
Ethoxysulfuron	600	Gladium®	0,100	Nimbus
Bispyribac-Na	400	Nominee® 400 SC	0,125	Hoefix
Penoxsulam	240	Ricer®	0,250	Veget Oil

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os estádios de desenvolvimento do trigo, eram de 1 a 2 perfilhos, do nabo 4 a 6 folhas e do azevém 1 a 2 perfilhos no momento de aplicação dos herbicidas. As densidades das plantas de nabo e azevém foram de 84 e 57 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente aferidas no centro de cada unidade experimental, utilizando-se para isso um quadrado de PVC com dimensões de 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>). As plantas daninhas (nabo e azevém) eram provenientes do banco de sementes do solo da área experimental.

As variáveis avaliadas nos experimentos foram fitotoxicidade a cultivar de trigo TBio Ello CL, trocas gasosas, controle de nabo e azevém, o número de espigas por área (m<sup>2</sup>),

comprimento de espigas (cm), números de grãos cheios e estéreis, peso de mil grãos (g), peso hectolitro (kg hl<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 2.** Condições meteorológicas registradas no momento da aplicação dos tratamentos, nos experimentos de seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em trigo. UFFS/Erechim/RS.

Experimento	Luminosidade (%)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura do solo (°C)	Velocidade vento (km h <sup>-1</sup> )	Condições do solo	Umidade relativa do ar (%)
Eficácia	100	25,6	20,0	3,0 a 5,0	Úmido	55,7
Seletividade	100	25,6	20,0	3,0 a 5,0	Úmido	55,7

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As avaliações de fitotoxicidade (ensaio seletividade) e de controle (ensaio de eficácia) foram efetuadas de forma visual aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Tanto para a fitotoxicidade como ao controle foram atribuídas notas percentuais, onde zero (0%) correspondeu aos tratamentos com ausência de injúrias sobre o trigo ou de eficácia em nabo e azevém, e o cem (100%) coincidindo com a morte das plantas, conforme a metodologia proposta pela SBPCPD (1995).

Aos 21 DAT, no ensaio de seletividade, foram aferidas as variáveis referentes à fisiologia das plantas de trigo, tais como: concentração de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub> - μmol mol<sup>-1</sup>), condutância estomática de vapores de água (G<sub>s</sub> - mol m<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>), taxa de transpiração (E - mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) e taxa fotossintética (A - μmol m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>). A eficiência da carboxilação (EC - mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e a eficiência do uso da água (EUA - mol CO<sub>2</sub> mol H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/C<sub>i</sub> e A/E, respectivamente. As trocas gasosas foram aferidas na última folha totalmente expandida do trigo, utilizando-se para isso um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). As avaliações foram efetuadas entre 8 e 11 horas da manhã, de forma que se mantivessem as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Na pré-colheita da cultura do trigo foi avaliado o número de espigas por área (m<sup>2</sup>), número de grãos cheios e estéreis por espigas e o comprimento das espigas, tanto no ensaio de seletividade quanto de eficácia. O número de espigas foi aferido no centro de cada unidade experimental, utilizando-se para isso o mesmo quadrado usado na contagem das plantas daninhas. Coletou-se 10 espigas de modo aleatório em cada unidade experimental para determinar com uma régua graduada em cm o comprimento das espigas e por contagens o número de grãos cheios e de grãos estéreis por espigas de trigo.

Após a colheita manual e trilha do trigo em área de 6,00 m<sup>2</sup>, foi determinado o peso hectolitro - PH (kg hl<sup>-1</sup>), a massa de mil grãos (g) e a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>). A determinação do PH foi efetuada com balança da marca Dalle Molle, modelo 40. A massa de mil grãos foi aferida por contagem de oito amostras de 100 grãos cada e posteriormente pesadas em balança analítica. Após foi estimada a produtividade de grãos e extrapola a kg ha<sup>-1</sup>. Para as análises a umidade dos grãos foi ajustada para o teor de 13%.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Teste de Hartley) e após a comprovação da normalidade dos erros realizou-se análise de variância pelo teste F, em sendo significativos aplicou-se o teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). As análises foram realizadas no programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### *3.1 Avaliação da seletividade de herbicidas inibidores de ALS aplicados em trigo com tecnologia Clearfield®*

Observou-se que o herbicida que apresentou as maiores fitotoxicidades a cultivar de trigo TBio Ello CL foi o nicosulfuron, seguido do bispyribac-Na, dos 7 aos 35 DAT - dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 3). Provavelmente a maior fitotoxicidade ocorrida nesses tratamentos deve-se ao fato do trigo, mesmo sendo Clearfield® não tenha conseguido metabolizar o produto com desenvolvimento da cultura, em virtude de fatores biológicos, físicos, químicos relacionados às moléculas, condições de clima, momento da aplicação, doses, dentre outros (Deboer *et al.*, 2011). Ressalta-se que a cultivar de trigo Clearfield® utilizada no presente estudo é tolerante e se tem indicação de uso do imazamox e imazapic + imazapyr herbicidas pertencentes ao grupo das imidazolinonas, enquanto que o nicosulfuron e o bispyribac-Na fazem parte dos grupos das sulfoniluréias e dos pyrimidyl-benzoatos, respectivamente não recomendados para uso nessa cultura. Desse modo, provavelmente ocorre metabolização distinta dos grupos químicos dos herbicidas nas plantas, mesmo sendo elas Clearfield® o que gera diferenças nos índices de fitotoxicidade apresentado pela cultura. O desenvolvimento de cultivares de trigo Clearfield® tolerantes as imidazolinonas deve-se a uma mutação na enzima acetolactato sintase (ALS ou EC 2.2.1.6) do sítio-alvo (Anderson *et al.*, 2004; Jiménez *et al.*, 2015), com prováveis outros mecanismos de tolerância envolvidos na seletividade dos herbicidas (Tan *et al.*, 2005; Jiménez *et al.*, 2015).

O nicosulfuron é um herbicida seletivo para a cultura do milho, pertence ao grupo químico das sulfoniluréias (Agrofit, 2025). Após ser absorvido pelas raízes, caules e folhas das plantas o mesmo apresenta lenta degradação em culturas sensíveis, aumentando a fitotoxicidade com o passar do tempo, causando a diminuição do crescimento das plantas, pois tende a diminuir a divisão celular (Yang *et al.*, 2024). Webster *et al.*, (2001) ao trabalharem com herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS) em doses únicas e o dobro da dose na cultura do arroz tolerante à imidazolinonas, observaram que de todos os produtos testados, o nicosulfuron se destacou, apresentando baixa fitotoxicidade e elevado controle de arroz-vermelho. Desse modo percebe-se que o nicosulfuron é mais seletivo para a cultura do arroz CL do que ao trigo TBio Ello CL, o que está diretamente relacionado à capacidade de desintoxicação das plantas após a aplicação dos herbicidas. As gramíneas, de modo geral, possuem atividade metabólica elevada; no entanto, o arroz, em particular, apresenta uma taxa ainda mais intensa de metabolização voltado à desintoxicação, especialmente em relação aos herbicidas do grupo das sulfoniluréias, ao qual o nicosulfuron pertence (Usui, 2001).

**Tabela 3.** Fitotoxicidade (%) de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultivar de trigo TBio Ello CL. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Fitotoxicidade a cultivar de trigo TBIO ELLO CL (%)				
		7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	---	0,00 d <sup>2</sup>	0,00 f	0,00 f	0,00 f	0,00 e
Imazapic + imazapyr	525+175	13,00 b	13,00 d	11,00 c	10,00 d	5,00 d
Imazethapyr + imazapic	75+25	10,00 c	10,00 e	5,75 e	0,00 f	0,00 e
Imazapic + imazapyr	175+525	13,50 b	14,25 c	13,50 c	13,50 c	12,25 c
Imazethapyr	106	10,00 c	10,00 e	11,25 c	5,00 e	0,00 e
Cloransulam-methyl	840	12,75 b	10,00 e	9,50 d	5,00 e	0,00 e
Nicosulfuron	750	26,25 a	33,75 a	38,75 a	52,50 a	72,50 a
Imazamox	700	12,75 b	15,00 c	12,00 c	11,25 d	10,00 c
Ethoxysulfuron	600	14,25 b	12,75 d	10,00 d	5,00 e	0,00 e
Bispyribac-Na	400	25,00 a	30,00 b	25,00 b	20,00 b	15,00 b
Penoxsulam	240	10,50 c	10,50 e	8,50 d	5,00 e	0,00 e
Média Geral	---	13,45	14,47	13,20	11,56	10,43
C.V(%)	---	13,33	8,53	13,83	15,76	15,68

<sup>1</sup>Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup>Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a  $p \leq 0,05$ . Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O bispyribac-Na é um herbicida sistêmico de amplo espectro utilizado em lavouras de arroz para o controle de plantas daninhas gramíneas e dicotiledôneas, com aplicação recomendada em pós-emergência da cultura (Awan *et al.*, 2015; Bajwa *et al.*, 2019). Seu modo de ação baseia-se na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), essencial para a síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, o que interrompe a divisão celular e a síntese proteica nas plantas daninhas, resultando em clorose, necrose e, posteriormente, morte da planta (Baghel *et*

*al.*, 2020; Gu *et al.*, 2022). Após a aplicação, o herbicida é rapidamente absorvido pelas folhas e raízes e translocado para os meristemas, com sintomas visíveis entre 3 a 7 dias e controle efetivo em até 21 dias.

O uso de herbicidas não seletivos às culturas, vem a gerar estresse como elevada fitotoxicidade, afetando o desenvolvimento, crescimento e conseqüentemente até mesmo a produtividade (Agostinetto *et al.*, 2016), como se viu também no presente estudo.

Os resultados demonstram que o uso de imazethapyr + imazapic (75+25 g ha<sup>1</sup>), imazethapyr e penoxsulam foram os herbicidas que em geral apresentaram os menores sintomas de fitotoxicidade dos 7 aos 35 DAT (Tabela 3). Os demais tratamentos demonstraram fitotoxicidade que ficaram a patamares intermediários entre aqueles que apresentaram as menores e maiores injúrias ao trigo. Os herbicidas imazethapyr + imazapic (75+25 g ha<sup>1</sup>) e o imazethapyr são do grupo químico das imidazolinonas no qual a cultivar de trigo utilizada no experimento é tolerante, e isso pode estar relacionado com a menor fitotoxicidade encontrada. Galon *et al.*, (2015) em seu trabalho ao utilizarem imazethapyr + imazapic em cultivares de trigo não tolerante as imidazolinonas, obtiveram como resultado as maiores fitotoxicidades, chegando próximo a 100%. Isso reforça que a seletividade encontrada se deve a tecnologia empregada na cultivar de trigo. E para o herbicida penoxsulam ocorreu baixa fitotoxicidade em cultivares sem a tecnologia e com a tecnologia Clearfield<sup>®</sup>, demonstrando a alta seletividade do produto à cultura do trigo.

Elattar *et al.*, (2018) relatam que a fitotoxicidade ocasionada pelo uso de herbicidas em trigo entre 12,5 a 15% é considerada leve, onde a cultura consegue se recuperar dos efeitos provocados pelos produtos com o passar do tempo. Segundo Carvalho *et al.*, (2009) a seletividade apresentada pelas plantas a diferentes herbicidas está relacionada pela conversão de moléculas letais em compostos menos tóxicos (destoxificação) e também a metabolização do herbicida para serem armazenados onde não afetariam a sobrevivência das células vegetais.

Os resultados demonstram que a partir dos 21 DAT a fitotoxicidade ocasionada por todos os tratamentos herbicidas tenderam a reduzir os valores, exceto o nicosulfuron que demonstrou elevados índices de injúrias na última avaliação efetuada aos 35 DAT (Tabela 3). Isso deve-se ao efeito residual que o nicosulfuron tem após aplicação e também pela não seletividade apresentada a cultivar de trigo tolerante as imidazolinonas. Carvalho *et al.*, (2010) ao trabalharem com a avaliação do efeito residual de nicosulfuron em diversas culturas, constataram problemas de fitotoxicidade. Os autores relatam que a semeadura do arroz deve ser feita 60 dias após a aplicação do herbicida, visto que antes disso pode ocorrer elevada fitotoxicidade e afetar diretamente o potencial produtivo da cultura.

Aos 21 DAT avaliou-se as respostas fisiológicas das plantas de trigo a aplicação dos herbicidas (Tabela 4). Os resultados demonstram que a testemunha capinada, imazethapyr, cloransulam-methyl e o bispyribac-Na apresentaram, no geral, o melhor desempenho fisiológico (concentração interna de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, taxa de transpiração, taxa fotossintética, eficiência de carboxilação e uso eficiente da água), ao se comparar com todos os demais tratamentos aplicados ao trigo. A aplicação de imazamox e ethoxysulfuron foram os herbicidas que demonstraram os piores efeitos e negativos às plantas de trigo, ao se comparar com os demais tratamentos. Os demais tratamentos apresentaram resultados intermediários entre aqueles que demonstraram os piores e os melhores resultados na fisiologia das plantas de trigo. O efeito negativo nos parâmetros fotossintéticos está relacionada com o estresse causado pelo herbicida que foi aplicado a cultura do trigo (Agostinetto *et al.*, 2016). Há uma relação entre a taxa fotossintética e a toxicidade do herbicida e conseqüentemente quando ocorre a redução da fixação de CO<sub>2</sub> ocorre uma interferência no desenvolvimento da cultura e na produtividade (Su *et al.*, 2018).

A condutância estomática (GS) é responsável pela abertura e fechamento dos estômatos, ou seja, entradas e saída de CO<sub>2</sub> e água. E por isso quanto menor a GS, menor é a transpiração da planta e automaticamente se tem redução da taxa de transpiração (E), sendo esta a melhor resposta da planta para que ocorra o melhor aproveitamento da água e do CO<sub>2</sub> (Agostinetto *et al.*, 2016). Já para a EUA, quanto maior for seu percentual melhor é para a cultura, pelo fato de otimizar a utilização da água disponível (Bedin *et al.*, 2022). O fechamento estomático é a primeira resposta da planta ao estresse, visando diminuir a perda da água e com isso minimizar a evapotranspiração, no entanto a assimilação de CO<sub>2</sub> também é reduzida. Desse modo tem-se por ocasião de algum estresse que a planta sofre, no presente estudo o uso de herbicidas, a redução da taxa fotossintética e como consequência a limitação de processos de expansão celular e crescimento da planta (Cruz *et al.*, 2023).

**Tabela 4.** Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), condutância estomática (GS,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa de transpiração (E,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa fotossintética (A,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), eficiência de carboxilação (EC) e eficiência de uso da água (EUA) em plantas da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas.

Tratamentos	Dose g ha <sup>-1</sup>	Características fisiológicas do trigo					
		Ci	GS	E	A	EC	EUA
Testemunha capinada	---	251,00 d	0,26 b	3,80 c	20,82 a	0,083 a	5,49 a
Imazapic + imazapyr	525+175	254,00 d	0,35 b	4,48 a	19,42 b	0,076 b	4,33 c
Imazethapyr + imazapic	75+25	261,50 c	0,36 b	3,59 c	19,30 b	0,074 b	5,38 a

Imazapic + imazapyr	175+525	274,25 a	0,47 a	3,41 d	19,19 b	0,070 c	5,55 a
Imazethapyr	106	268,25 b	0,43 a	3,66 c	20,32 a	0,076 b	5,62 a
Cloransulam-methyl	840	252,25 d	0,35 b	3,73 c	20,48 a	0,081 a	5,49 a
Nicosulfuron	750	273,00 a	0,43 a	4,38 a	20,43 a	0,075 b	4,67 c
Imazamox	700	275,00 a	0,45 a	4,55 a	16,61 c	0,060 d	3,66 e
Ethoxysulfuron	600	274,00 a	0,35 b	3,33 d	16,63 c	0,061 d	4,99 b
Bispyribac-Na	400	254,75 d	0,45 a	3,62 c	20,30 a	0,080 a	5,62 a
Penoxsulam	240	264,75 b	0,32 b	4,10 b	16,70 c	0,063 d	4,07 d
Média Geral	---	263,88	0,38	3,91	19,10	0,072	4,99
CV (%)	---	1,28	14,95	3,87	2,07	2,55	4,63

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a  $p \leq 0,05$ . Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O número de plantas por metro de trigo foi maior ao se usar o ethoxysulfuron, bispiribac-Na e penoxsulam, seguidos de imazamox e imazethapyr, inclusive superiores a testemunha capinada (Tabela 5). Os demais tratamentos usados no presente estudo ficaram em patamares inferiores. O maior número de plantas por metro pode estar relacionado com o maior controle das plantas daninhas presentes na área, não se tendo competição entre as plantas. Na condição de ausência de competição o trigo consegue se estabelecer melhor, aumentando o número de plantas emergidas ou de sobreviventes. O manejo das plantas daninhas deve ser realizado precocemente, em especial em cultivares com menor habilidade competitiva, para que não venha ocorrer danos de produtividade (Agostinetto *et al.*, 2008; Lamego *et al.*, 2013). Já para a testemunha capinada, onde apresentou menor número de plantas, isso pode estar relacionado com danos físicos ao trigo no momento da capina ou a dificuldade de se distinguir na fase inicial o que é cultura e o que é planta daninha, especialmente espécies como o azevém e aveia preta ou branca. Além disso o método mecânico de controle (capina) na cultura do trigo é oneroso e demanda elevada quantidade de mão de obra, o que incrementa os custos em comparação ao uso do método químico. Resultados semelhantes foram encontrados por Galon *et al.*, (2021) ao trabalharem com o manejo de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo com tratamentos envolvendo herbicidas e capinas.

A aplicação de imazethapyr+imazapic, nicosulfuron, penoxsulam e imazethapyr demonstraram o menor número de espigas (NES) na cultivar de trigo TBio Ello em relação aos demais tratamentos testados (Tabela 5). A redução no número de espigas pode estar associada à diminuição na quantidade de perfilhos por área, possivelmente em decorrência de algum tipo de estresse sofrido pela planta durante seu desenvolvimento. Resultados similares foram encontrado por Avila *et al.*, (2010) ao trabalharem com imazethapyr+imazapic (75+25 g ha<sup>-1</sup>) por três anos consecutivos na cultura do arroz CL, sendo que os herbicidas apresentaram o menor número de panículas m<sup>-2</sup> da cultura. Os autores atribuíram a redução do número de

perfilhos pela morte precoce de plantas ou mesmo pela ocorrência de menor perfilhamento devido à fitotoxicidade ocasionada pelos herbicidas. Bari *et al.*, (2020) relatam que aplicação de diferentes herbicidas afetou significativamente o número de perfilhos na cultura do trigo e conseqüentemente se teve menor número de espigas, corroborando com os resultados encontrados na presente pesquisa.

Os resultados demonstram que o nicosulfuron e o bispyribac-Na apresentaram o menor comprimento de espigas (COE), ao se comparar com os demais herbicidas ou mesmo a testemunha capinada que foi a melhor entre todos os tratamentos (Tabela 5). O menor número de espigas encontrado nos dois tratamentos está diretamente relacionado a maior fitotoxicidade apresentada pelos dois herbicidas que veio ocasionar também no menor comprimento de espigas. Resultados semelhantes foram encontrados por Galon *et al.*, (2021) onde os herbicidas que causaram maior fitotoxicidade ao trigo, demonstram também menor número de espigas por área, coincidindo com os resultados encontrados nessa pesquisa.

O número de grãos cheio por espiga (NGH) foi maior ao se usar imazapic + imazapyr, cloransulam-methyl, ethoxysulfuron, penoxsulam e na testemunha capinada em relação aos demais tratamentos testados (Tabela 5). Isto decorreu pelo motivo de que a cultura teve a capacidade de reverter as possíveis injúrias causadas pelos herbicidas, sem afetar negativamente esse componente de rendimento.

**Tabela 5.** Número de plantas (NPM – m), número de espigas (NES – m<sup>2</sup>), comprimento de espigas (COE - cm) e número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.

Tratamentos	Dose g ha <sup>-1</sup>	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NPM	NES	COE	NGH
Testemunha capinada	---	89,50 d	697,00 c	8,47 a	36,55 b
Imazapic + imazapyr	525+175	91,75 d	728,00 b	8,60 a	35,95 b
Imazethapyr + imazapic	75+25	93,75 c	438,00 h	8,25 b	34,87 c
Imazapic + imazapyr	175+525	95,25 c	692,00 c	8,02 b	35,47 c
Imazethapyr	106	104,50 b	603,00 d	8,37 a	35,40 c
Cloransulam-methyl	840	97,25 c	717,00 b	8,17 b	36,57 b
Nicosulfuron	750	93,25 c	478,00 g	7,52 c	31,37 e
Imazamox	700	103,50 b	605,00 d	7,97 b	31,95 d
Ethoxysulfuron	600	115,00 a	727,00 b	8,25 b	36,15 b
Bispyribac-Na	400	115,50 a	751,00 a	7,15 d	32,22 d
Penoxsulam	240	114,00 a	514,00 f	8,37 a	37,90 a
Média Geral		101,20	631,81	8,10	34,94
C.V(%)	---	2,14	2,69	1,97	1,36

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p<0,05. Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O número de grãos estéreis por espiga (NGE) foi menor ao se usar cloransulam-methyl, ethoxysulfuron, bispyribac-Na, penoxsulam e na testemunha capinada ao se comparar com todos os demais tratamentos. Isso está relacionado ao menor estresse fisiológico ocasionado pelos herbicidas as plantas de trigo, visto que esses herbicidas apresentaram elevada seletividade, diminuindo o impacto em aspectos reprodutivos da cultura. Nas plantas tolerantes, parte do herbicida é absorvido, rapidamente metabolizado e inativado antes que venha exercer seus efeitos fitotóxicos e influenciar nos componentes de rendimento (Carvalho *et al.*, (2009).

O uso de nicosulfuron apresentou o menor peso hectolitro, massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PRODUT) ao se comparar com todos os demais tratamentos (Tabela 6). Isso ocorreu, provavelmente pelo fato do herbicida ter apresentado elevada fitotoxicidade (Tabela 2) e redução do perfilhamento das plantas de trigo. Provavelmente a cultura apresentou dificuldade em metabolizar, gastando elevada quantidade de energia para eliminar os danos causados pelo herbicida durante o processo de destoxificação, influenciando assim diretamente nos componentes de rendimento de grãos (Samota *et al.*, 2024).

O peso hectolitro classifica o trigo, sendo afetado por fatores como densidade e impurezas. Quanto maior, melhor o rendimento de farinha e a qualidade do produto (Ormond *et al.*, 2013). De acordo com Nunes *et al.*, (2011) o peso hectolitro está diretamente ligado pela uniformidade, tamanho, forma e densidade. Para a classificação e comercialização do trigo seguindo a Instrução Normativa número 7 de 15 de agosto de 2001, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2001), os grãos do trigo podem ser classificados em três tipos: 1, 2 e 3 com no mínimo 78, 75 e 70 kg hL<sup>-1</sup>, respectivamente, visto que este critério de valor está associado pela forma, densidade, uniformidade e tamanho do grão (Nunes *et al.*, 2011). Desse modo, apenas o tratamento contendo o nicosulfuron (750 g ha<sup>-1</sup>), não se enquadrou na classificação do tipo 1, sendo o único classificado como tipo 2, todos os demais tratamentos apresentaram pH acima de 80 kg hL<sup>-1</sup>. A hipótese mais provável para a diminuição do peso hectolitro é a elevada fitotoxicidade que o nicosulfuron ocasionou a cultura, refletindo no menor enchimento e no peso dos grãos colhidos. Resultado similar foi encontrado por Bagnara *et al.*, (2024) ao encontrarem redução do peso hectolitro de grãos de trigo nos tratamentos herbicidas que ocasionaram as maiores fitotoxicidades.

Os resultados demonstram que o nicosulfuron, imazamox e byspiribac-Na apresentaram o menor peso de mil grãos (PMG) ao se comparar com a testemunha capinada e o cloransulam-methyl que foi o melhor entre todos os tratamentos. Carvalho *et al.*, (2009) descrevem que o impedimento do correto funcionamento da enzima ALS ocasionará injúrias ao trigo e consequentemente isso levará a cultura a ter perda no PMG e na produtividade de grãos.

Observou-se que somente a testemunha capinada demonstrou maior produtividade de grãos de trigo, seguida de imazapic + imazapyr (525+175 g ha<sup>-1</sup>) e imazethapyr (Tabela 6). Os resultados demonstram que a testemunha capinada, imazapic + imazapyr (525+175 g ha<sup>-1</sup>) e imazethapyr apresentaram produtividade de grãos 18,39% superior à média de todos os demais tratamentos herbicidas. Ao se comparar o pior tratamento (nicosulfuron) contra os melhores, testemunha capinada e a média da aplicação de imazapic+imazapyr (525+175 g ha<sup>-1</sup>) e imazethapyr observou-se perda na produtividade de grãos de 71,71 e 69,99% respectivamente. Estes resultados demonstram que a alta produtividade, próxima ao observado na testemunha capinada, pode estar diretamente relacionado à baixa fitotoxicidade que os herbicidas causaram ao trigo, melhorando o controle de plantas daninhas e proporcionando que a cultura possa expressar seu potencial produtivo. Quando há reduzido estresse e elevada seletividade dos herbicidas aplicados na cultura, normalmente se tem elevada produtividade e qualidade de grãos (Saif; Bashar, 2024).

**Tabela 6.** Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (pH - kg hl<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (PRODUT - kg ha<sup>-1</sup>) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.

Tratamentos	Dose g ha <sup>-1</sup>	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NGE	pH	MMG	PRODUT
Testemunha capinada	---	11,07 d	80,69 a	38,35 b	4513,54 a
Imazapic + imazapyr	525+175	13,40 b	80,62 a	38,04 b	4241,43 b
Imazethapyr + imazapic	75+25	12,30 c	80,34 a	38,27 b	4123,34 c
Imazapic + imazapyr	175+525	12,20 c	80,97 a	39,17 a	3843,39 d
Imazethapyr	106	12,12 c	80,44 a	38,74 a	4271,54 b
Cloransulam-methyl	840	11,65 d	80,59 a	39,47 a	3605,17 e
Nicosulfuron	750	12,65 c	77,30 b	33,84 e	1277,04 g
Imazamox	700	12,77 c	80,84 a	34,66 d	4068,41 c
Ethoxysulfuron	600	11,57 d	80,67 a	39,12 a	4156,80 c
Bispyribac-Na	400	11,42 d	80,85 a	35,05 d	3467,86 f
Penoxsulam	240	11,47 d	80,46 a	37,17 c	3810,23 d
Média Geral	---	12,05	80,34	37,44	3761,70
C.V. (%)	---	3,84	0,47	1,69	1,95

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05. Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

### 3.2 Eficácia de herbicidas inibidores de ALS aplicados em trigo com tecnologia Clearfield®

Observou-se que entre todos os herbicidas aplicados, nenhum ocasionou controle eficiente e o mínimo exigido do azevém dos, 7 aos 35 DAT (Tabela 8). Para um herbicida ser

recomendado necessita apresentar eficácia mínima de 80% (Oliveira *et al.*, 2009). No presente trabalho todos os herbicidas apresentaram baixa porcentagem de controle do azevém, sendo que o nicosulfuron destacou-se dos 7 aos 21 DAT e a mistura formulada de imazapic + imazapyr (525+175 g ha<sup>-1</sup>) foi o melhor tratamento dentre todos os demais produtos dos 21 aos 35 DAT, no entanto com índice máximo de controle menor que o mínimo exigido de 80%.

**Tabela 7.** Controle (%) de azevém (*Lolium multiflorum*) infestante da cultivar de trigo TBio Ello CL, em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose g ha <sup>-1</sup>	Controle de azevém (%)				
		7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	---	100 a <sup>2</sup>	100 a	100 a	100 a	100 a
Testemunha infestada	---	0,00 f	0,00 e	0,00 e	0,00 f	0,00 d
Imazapic + imazapyr	525+175	50,00 d	62,50 c	72,50 b	76,25 b	70,00 b
Imazethapyr + imazapic	75+25	61,25 b	60,00 c	60,00 c	65,00 d	0,00 d
Imazapic + imazapyr	175+525	61,50 b	62,50 c	72,50 b	72,50 c	50,00 c
Imazethapyr	106	58,75 c	40,00 d	40,00 d	0,00 f	0,00 d
Cloransulam-methyl	840	57,75 c	0,00 e	0,00 e	0,00 f	0,00 d
Nicosulfuron	750	62,50 b	66,25 b	73,75 b	58,75 e	0,00 d
Imazamox	700	56,25 c	61,25 c	61,25 c	60,00 e	0,00 d
Ethoxysulfuron	600	30,75 e	0,00 e	0,00 e	0,00 f	0,00 d
Bispyribac-Na	400	48,00 d	0,00 e	0,00 e	0,00 f	0,00 d
Penoxsulam	240	50,00 d	62,50 c	62,50 c	0,00 f	0,00 d
Média Geral	---	53,06	42,91	45,20	36,04	18,50
C.V.(%)	---	3,97	5,68	3,97	3,49	4,43

<sup>1</sup> Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a  $p \leq 0,05$ . Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na última avaliação de controle do azevém, aos 35 DAT somente o imazapic + imazapyr (175 + 525 e 525 + 175 g ha<sup>-1</sup>) demonstram algum índice de controle, com 50 e 70% de controle, respectivamente, sendo que os demais herbicidas igualaram-se a testemunha infestada (Tabela 8). Como são herbicidas inibidores de ALS, o efeito dos mesmos sobre as plantas é perceptível após os 14 dias da aplicação, já que produtos pertencentes a esse mecanismo de ação apresentam efeito lento sobre as plantas (Rodrigues; Almeida, 2018). Também observou-se que o controle médio dos tratamentos reduziu com o passar do tempo, dos 7 aos 35 DAT. Isso provavelmente ocorre em função de novas infestações da planta daninha ocorrida na área, já que essa espécie apresenta germinação desuniforme (Vargas *et al.*, 2018) ou que o residual dos tratamentos tenha reduzido, permitindo assim a emergência de novas plantas.

Todos os herbicidas utilizados no presente estudo pertencem ao mecanismo de ação dos inibidores de ALS, estando registrado o imazapic + imazapyr e o imazamox para aplicação na cultura do trigo Clearfield® para o controle de plantas daninhas infestantes da cultura, dentre elas o azevém (*Lolium multiflorum*) e o nabo (*Raphanus raphanistrum*) (AGROFIT, 2025). No

entanto o baixo controle de azevém proporcionado por todos os herbicidas testados, provavelmente esteja relacionado a resistência do presente biótipo, já que Mariani *et al.*, (2015) relataram a ocorrência de azevém resistente aos herbicidas inibidores de ALS, corroborando assim com os resultados encontrados no presente estudo. No entanto esta recomendação torna-se preocupante em razão de que o azevém é muito competitivo com as culturas de inverno e ainda apresenta resistência a vários mecanismos de ação, como ALS, ACCase e EPSPs (Roman *et al.*, 2004; Rauch *et al.*, 2010; Mariani *et al.*, 2015). Desse modo torna-se importante adoção de diferentes estratégias de manejo do azevém, como rotação de culturas, antes da semeadura do trigo o cultivo de milho e sorgo que aportam grande quantidade de palha que auxilia no controle do azevém ou mesmo o uso de herbicidas do grupo das triazinas (em milho e sorgo) que apresentam eficiência no controle dessa planta daninha. O uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, podem colaborar para retardar a evolução da resistência ou mesmo ajudar a controlar o azevém (Mithila; Godar, 2013; Galon *et al.*, 2021).

Observou-se aos 7 DAT baixo controle do nabo proporcionado pelos herbicidas, sendo maior índice denotado ao se aplicar o nicosulfuron, no entanto a porcentagem foi inferior a 64%, estando essa abaixo do mínimo exigido de 80% (Tabela 9). Aos 14 DAT já se tem melhora da porcentagem de controle do nabo com a aplicação de imazapic + imazapyr (525 + 175 e 175+525 g ha<sup>1</sup>), imazamox e penoxsulam apresentando controles superiores a 80% (Tabela 9). Esses mesmos tratamentos (imazapic + imazapyr – 525 + 175 e 175 + 525 g ha<sup>1</sup>, imazamox e penoxsulam) continuaram a apresentar elevado controle do nabo, acima de 87% dos 21 aos 35 DAT. Todos os herbicidas usados no presente estudo são classificados como inibidores de ALS e esses tendem a expressar os sintomas de controle perceptível após os 14 DAT, já que os produtos pertencentes a esse mecanismo de ação demonstram efeito inicial lento sobre as plantas daninhas (Rodrigues; Almeida, 2018). Provavelmente esse tenha sido o motivo que até os 14 DAT a média de controle dos herbicidas foi baixa, inferior a 75%, observando-se acréscimo considerável com o passar do tempo, chegando aos 35 DAT com porcentagem superior a 91%. E caso se levar em conta a média de controle somente dos herbicidas, observou-se aos 35 DAT que esses ocasionaram 100% de controle do nabo, igualando-se a testemunha capinada.

Os resultados demonstram que todos os herbicidas usados no presente estudo, apresentaram a partir dos 21 DAT, controle superiores a 84%, índice maior que o mínimo necessário que é de 80% (Tabela 9). Aos 28 DAT ocorreu incremento da porcentagem de controle do nabo, sendo que os tratamentos herbicidas demonstram índice superior a 91%, destacando-se o imazapic+imazapyr (525+175 g ha<sup>-1</sup>), cloransulam-methyl e bispyribac-Na que

igualaram-se à testemunha capinada, com 100% de controle. Aos 35 DAT observou-se que todos os tratamentos herbicidas apresentaram controle de 100% do nabo, igualando-se estatisticamente a testemunha capinada.

**Tabela 8.** Controle (%) de nabo (*Raphanus raphanistrum*) infestante da cultivar de trigo TBio Ello CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.

Tratamentos	Dose g ha <sup>-1</sup>	Controle de nabo (%)				
		7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	---	100 a <sup>2</sup>	100 a	100 a	100 a	100 a
Testemunha infestada	---	0,00 f	0,00 f	0,00 d	0,00 e	0,00 b
Imazapic + imazapyr	525+175	50,00 d	81,25 c	89,00 b	100 a	100 a
Imazethapyr + imazapic	75+25	61,25 b	75,00 d	86,25 c	91,00 d	100 a
Imazapic + imazapyr	175+525	55,00 c	80,00 c	88,25 b	97,25 b	100 a
Imazethapyr	106	61,25 b	76,25 d	84,50 c	95,25 c	100 a
Cloransulam-methyl	840	61,25 b	75,00 d	85,25 c	100 a	100 a
Nicosulfuron	750	63,75 b	75,50 d	87,25 b	95,00 c	100 a
Imazamox	700	56,25 c	80,00 c	89,25 b	95,00 c	100 a
Ethoxysulfuron	600	33,25 e	72,50 e	85,00 c	95,00 c	100 a
Bispyribac-Na	400	51,25 d	73,75 e	85,75 c	100 a	100 a
Penoxsulam	240	50,00 d	83,25 b	87,50 b	95,00 c	100 a
Média Geral	---	53,60	72,70	80,66	88,62	91,45
C.V(%)	---	5,73	2,32	2,64	1,12	0,32

<sup>1</sup>Dias após a aplicação dos tratamentos. <sup>2</sup>Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a  $p \leq 0,05$ . Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O biótipo de nabo avaliado no presente estudo provavelmente não demonstra resistência aos herbicidas inibidores de ALS, já que aos 35 DAT ocorreu 100% de controle para todos os produtos que foram aplicados para o controle da planta daninha (Tabela 9). Na literatura há relatos de casos de biótipos de *R. sativus* na Argentina (Pandolfo *et al.*, 2013) e *R. raphanistrum* no Brasil (Cechin *et al.*, 2016) resistentes aos herbicidas inibidores de ALS para os grupos de herbicidas pertencentes às imidazolinonas e sulfoniluréias. Dentre todos os herbicidas aplicados, apenas o imazapic+imazapyr (525+175 g ha<sup>-1</sup>) e o imazamox apresentam registro para serem utilizados na cultura do trigo Clearfield®. Os demais herbicidas foram avaliados como uma possível alternativa de uso no manejo de plantas daninhas infestantes do trigo com essa tecnologia.

Em geral a testemunha capinada, o imazethapyr + imazapic e o imazapic + imazapyr (175+525 g ha<sup>-1</sup>) estão entre os tratamentos que apresentaram os melhores desempenhos para os componentes de rendimento de grãos de trigo, número de plantas por metro, comprimento de espigas, número de espigas por área, números de grãos cheios e estéreis, peso hectolitro, massa de mil grãos e produtividade de grãos (Tabelas 10 e 11). Esse fato provavelmente está associado

ao bom controle que esses produtos ocasionaram ao nabo (Tabela 9) e a baixa fitotoxicidade (Tabela 2) apresentada à cultivar de trigo Clearfield®.

Apesar dos herbicidas imazethapyr + imazapic e o imazapic + imazapyr (175+525 g ha<sup>1</sup>) apresentarem baixo controle do azevém, porcentagem inferior a 73%, isso já foi o suficiente para que esses tratamentos demonstrassem produtividades do trigo somente inferiores a testemunha capinada. Rigoli *et al.*, (2008) observaram que quando o trigo competiu com o azevém e nabo, a cultura demonstrou ser mais competitiva pelos recursos do meio quando esteve na presença do azevém e foi mais afetada quando ocorreu a presença do nabo. Isso decorre em virtude de que o nabo é muito competitivo pois tem uma raiz principal com comprimento de 80 a 160 cm que se ramifica com o aumento da profundidade e permite que a planta aproveite a umidade e os nutrientes de maneira eficiente, além de apresentar rápida taxa de crescimento e estabelecimento (Kebaso *et al.*, 2020).

No entanto observou-se que ocorreu 22,53% de perda na produtividade de grãos de trigo ao se comparar a média dos tratamentos imazethapyr + imazapic e o imazapic + imazapyr (175+525 g ha<sup>1</sup>) contra a testemunha capinada, demonstrando que o controle inadequado do azevém proporcionado pelos herbicidas reduz de maneira substancial a produtividade de grãos, mesmo que esses produtos tenham demonstrado bom controle de nabo. Desse modo percebe-se que o azevém é uma planta daninha muito competitiva quando infesta a cultura do trigo. Em trabalho de Galon *et al.*, (2019) ocorreu perdas de 59% da produtividade de grãos de trigo em virtude da infestação dessa planta daninha. De acordo com Lamego *et al.*, (2013) a produtividade de grãos de trigo está diretamente relacionada com a competição imposta pelas plantas daninhas, quando não se adota o controle adequado dessas espécies se tem perdas elevadas nas lavouras.

**Tabela 9.** Número de espigas (NES – m<sup>2</sup>) comprimento de espigas (COE - cm) e número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas no cultivo de 2022. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.

Tratamentos	Dose g ha <sup>-1</sup>	Componentes de rendimento de grãos do trigo		
		NES	COE	NGH
Testemunha capinada	---	518,00 b	7,55 a	32,50 b
Testemunha infestada	---	137,00 h	6,20 d	23,97 f
Imazapic + imazapyr	525+175	509,00 c	7,72 a	31,82 b
Imazethapyr + imazapic	75+25	480,00 d	7,75 a	32,45 b
Imazapic + imazapyr	175+525	520,00 b	6,70 c	28,27 d
Imazethapyr	106	508,00 c	7,65 a	22,70 g
Cloransulam-methyl	840	402,00 e	7,20 b	33,65 a

Nicosulfuron	750	119,00 i	6,05 d	17,22 h
Imazamox	700	537,00 a	7,35 b	32,82 b
Ethoxysulfuron	600	394,00 e	6,60 c	26,42 e
Bispyribac-Na	400	382,00 f	7,00 b	29,10 c
Penoxsulam	240	335,00 g	7,30 b	32,80 b
Média Geral	---	403,41	7,08	28,64
C.V(%)	---	1,86	3,66	1,82

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a  $p \leq 0,05$ . Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Observou-se que a testemunha infestada e o nicosulfuron demonstraram os piores resultados relacionado a todos os componentes de rendimento de grãos avaliados ao se comparar com os demais tratamentos (Tabelas 10 e 11). Os demais tratamentos ficaram em patamares intermediários entre aqueles que proporcionaram os melhores desempenhos dos componentes de rendimentos de grãos (testemunha capinada, imazethapyr + imazapic e o imazapic + imazapyr - 175+525 g ha<sup>1</sup>) e os que ocasionaram os piores resultados (testemunha infestada e nicosulfuron). Como já relatado o azevém demonstra elevada habilidade competitividade com o trigo afetando negativamente o crescimento e o desenvolvimento da cultura e por consequência a expressão dos componentes de rendimento de grãos, fato que justifica o efeito negativo nos componentes de rendimentos de grãos da testemunha infestada.

**Tabela 10.** Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (pH - kg hl<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.

Tratamentos	Dose g ha <sup>-1</sup>	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NGE	pH	MMG	PRODUT
Testemunha capinada 1	---	11,65 b	80,95 b	32,40 b	3531,91 a
Testemunha infestada 2	---	13,70 a	0,00 e	0,00 e	0,00 j
Imazapic + imazapyr 3	525+175	9,32 d	79,85 c	33,45 a	2502,24 d
Imazethapyr + imazapic 4	75+25	10,65 c	81,65 a	32,73 b	2782,33 b
Imazapic + imazapyr 5	175+525	9,25 d	80,72 b	32,47 b	2689,14 c
Imazethapyr 6	106	10,00 d	81,25 b	33,88 a	2400,06 e
Cloransulam-methyl 7	840	12,05 b	79,72 c	32,12 b	1568,02 g
Nicosulfuron 8	750	8,12 e	81,75 a	29,33 d	733,33 i
Imazamox 9	700	8,12 e	80,82 b	33,22 a	2520,97 d
Ethoxysulfuron 10	600	9,60 d	81,05 b	33,86 a	1479,11 h
Bispyribac-Na 11	400	11,05 c	78,65 d	32,45 b	1553,14 g
Penoxsulam 12	240	9,72 d	79,42 c	30,94 c	1827,56 f
Média Geral	---	10,27	73,82	29,74	1965,65
C.V(%)	---	3,63	0,49	1,41	1,96

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a  $p \leq 0,05$ . Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em relação ao nicosulfuron ter demonstrado um dos piores desempenhos quanto aos componentes de rendimentos de grãos do trigo, especialmente a produtividade provavelmente esteja associado a elevada fitotoxicidade que esse ocasiona ao trigo (Tabela 3), onde a cultura não conseguiu se recuperar das injúrias provocadas pelo herbicida. Esses resultados estão em consonância com estudos realizados em outras culturas, como o milho, nos quais a aplicação de nicosulfuron em doses superiores às recomendadas resultou em significativa fitotoxicidade e conseqüente redução da produtividade. Em particular, a pesquisa que avaliou a seletividade e a injúria do nicosulfuron no milho demonstrou que a sensibilidade da planta varia conforme o estágio de desenvolvimento, sendo a fase inicial mais suscetível aos efeitos tóxicos do herbicida. Os sintomas observados, como clorose e necrose foliar, prejudicam o crescimento e a capacidade produtiva das plantas, corroborando a hipótese de que a elevada fitotoxicidade do nicosulfuron é o principal fator responsável pela redução dos componentes de rendimento no trigo cultivar TBio Ello CL. Dessa forma, os resultados observados com a cultura do milho reforçam a importância de um manejo cuidadoso do herbicida escolhido, da dose e do momento de aplicação para evitar danos econômicos significativos (Spader; Vidal, 2001)

Os resultados demonstram que ocorreu incremento médio na produtividade de grãos de 44,47% ao se comparar os melhores tratamentos herbicidas, ou seja, os que produziram acima de 2.400 kg ha<sup>-1</sup> (imazapic+imazapyr - 525+175 e 175+525 g ha<sup>-1</sup>; imazethapyr + imazapic, imazethapyr e imazamox) contra aqueles que produziram abaixo de 1479 kg ha<sup>-1</sup> (cloransulam-methyl, nicosulfuron, ethoxysulfuron, bispyribac-Na e penoxsulam (Tabela 11). Observou-se ainda que a testemunha capinada apresentou produtividade de grãos superior a 26,98 e 59,46% ao se comparar a média de produtividade dos melhores e dos piores tratamentos herbicidas, respectivamente. Isso ocorre, pois, a testemunha capinada não sofreu com injúrias de herbicidas e não competiu com plantas daninhas, podendo expressar maior produtividade. A seletividade dos herbicidas é um aspecto fundamental para o manejo eficiente das plantas daninhas na cultura do trigo, pois permite o controle dessas sem causar danos significativos à cultura. A tolerância da cultura a herbicida é variável de produto para produto e está associada a época de aplicação, dose utilizada, tamanho da planta no momento da aplicação, características do solo, do clima e da planta relacionados à absorção, translocação e metabolização de produto (Correia; Carvalho, 2021).

Os resultados observados na condução dos experimentos evidenciam a necessidade da escolha correta dos herbicidas, que sejam seletivos à cultura a fim de evitar perdas por injúrias às plantas, ou mesmo que esses produtos venham a controlar o nabo e o azevém de modo eficiente, pois essas plantas daninhas são muito competitivas e caso não controladas podem

ocasionar perdas de 100% da produtividade de grãos do trigo, conforme visto no presente estudo.

#### **4 CONCLUSÃO**

O nicosulfuron foi o herbicida que causou maior fitotoxicidade a cultivar de trigo TBio Ello Clearfield® e conseqüentemente a menor produtividade de grãos.

O melhor desempenho fisiológico foi obtido ao se aplicar imazethapyr, cloransulanz-methyl e o bispyribac-Na na cultivar de trigo TBio Ello Clearfield®.

Nenhum dos herbicidas testados apresentou eficiência adequada no controle de azéveo, porém o contrário ocorreu para o nabo, onde todos os tratamentos apresentam 100% de controle aos 35 DAT.

A produtividade de grãos do trigo foi diretamente influenciada pelo nível de controle das plantas daninhas, sendo a testemunha capinada o melhor tratamento e dentre os herbicidas o uso de imazethapyr+imazapic se destacou.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; PERBONI, L. T.; LANGARO, A. C.; GOMES, J.; FRAGA, D. S.; FRANCO, J. J. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 1-9, 2016.
- AGOSTINETTO, D.; RIGOLI R. P.; SCHAEGLER, C. E.; TIRONI, S. P.; SANTOS, L. S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v. 26, n.2, p. 271-278, 2008.
- AGROFIT. **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 01/04/2025.
- ALI, F.; ZHAOCHENG, T.; GANGAO, M.; ZHANG, B.; XITIE, L.; ZEYU, Q. Taxonomic and functional changes in wheat rhizosphere microbiome caused by imidazoline-based herbicide and genetic modification. **Environmental Research**, v.262, n.2, 119726, 2024.
- ANDERSON, J.A.; MATTHIESEN, L.; HEGSTAD, J. Resistance to an imidazolinone herbicide is conferred by a gene on chromosome 6DL in the wheat line cv 9804. **Weed Science**, v.52, n.1, p. 83-90, 2004.
- ANTHIMIDOU, E.; NTOANIDOU, S.; MADEISIS, P.; ELEFTHEROHORINOS, I. Mechanisms of *Lolium rigidum* multiple resistance to ALS- and ACCase-inhibiting herbicides and their impact on plant fitness. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 164, p. 65–72, 2020.
- AVILA, L. A.; TELÓ, G. M.; FERREIRA, R. B.; MARCHESAN, E.; MACHADO, S. L. O.; ROSSATO, T. L.; RIGÃO Jr. G. Non-tolerant rice production after using the Clearfield™ rice system. **Planta Daninha**, v. 28, n.1, p. 123-129, 2010.
- AWAN, T. H.; STA CRUZ, P. C.; CHAUHAN, B. S. Agronomic indices, growth, yield-contributing traits, and yield of dry-seeded rice under varying herbicides. **Field Crops Research**, v.177, p.15-25, 2015.
- BAGHEL, J. K.; DAS, T. K.; PANKAJ; MUKHERJEE, I.; NATH, C. P.; BHATTACHARYYA, R.; GHOSH, S.; RAJ, R. Impacts of conservation agriculture and herbicides on weeds, nematodes, herbicide residue and productivity in direct-seeded rice. **Soil and Tillage Research**, v. 201, p. 104634, 2020.
- BAGNARA, M. M. A.; GALON, L.; TIAGO FORTE, C.; SENHORI, V. M.; RIBEIRO DOS ANJOS, A. D.; MÜLLER, G. L. Selectivity and efficacy of herbicides used on wheat to control ryegrass. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.19, n.3, e3776, 2024.

- BAJWA, A. A.; ULLAH, A.; FAROOQ, M.; CHAUHAN, B. S.; ADKINS, S. Chemical control of parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.) in two contrasting cultivars of rice under direct-seeded conditions. **Crop Protection**, v.117, n.1, p.26-36, 2019.
- BALEM, R.; PADILHA, L. R.; MICHELON, C. J.; COSTA, L. Controle de nabo e azevém em trigo com herbicidas pós-emergentes. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 6, n. 1, 2021.
- BARI, A.; BALOCH, M. S.; SHAH, A. N.; KHAKWANI, A. A.; HUSSAIN, I.; IQBAL, J.; BUKHARI, M. A. Application of various herbicides to control large and narrow-leaved weeds and their effects on the physiological and agronomic characteristics of wheat. **Planta Daninha**, v. 38, p. e020202353, 2020.
- BARROS, J. C.; CALADO, J. Rotation of herbicides in wheat to prevent resistance weed under Mediterranean conditions. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 3-13, 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SARC n 7, de 2001**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade do trigo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 21 de agosto de 2001.
- BEDIN, A. W.; GALON, L.; CAVALETTI, D. C.; BRANDLER, D.; WEIRICH, S. N.; SENHORI, V. M.; AMARANTE, L.; PERIN, G. P. Morphophysiological responses of wheat cultivars to the application of 2, 4-D amine and choline salts. **Weed Control Journal**, v. 21, p. e202200797, 2022.
- CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; FERREIRA, R. R.; FIGUEIRA, A. V. O.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for crop damage reduction **Scientia Agrícola**, v. 66, n. 1, p. 136-142, 2009.
- CARVALHO, F. T.; MORETTI, T. B.; SOUZA, P. A. Efeito do residual no solo de nicosulfuron isolado e em mistura com atrazine sobre culturas agrícolas subsequentes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n.1, p. 26-34, 2010.
- CECHIN, J.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; ZIMMER, V.; PERTILE, S.; GARCIA, J. Resistance of turnip biotypes to the herbicide iodosulfuron and alternative control. **Planta Daninha**, v. 34, n.1, p. 151-160, 2016.
- CHU, H.; ZHANG, C.; WANG, M.; GOUDA, M.; WEI, X.; HE, Y.; LIU, Y. Hyperspectral imaging with shallow convolutional neural networks (SCNN) predicts the early herbicide stress in wheat cultivars. **Journal of Hazardous Materials**, v. 421, p. 126706, 2022.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 18 mar. 2025.
- CORREIA, N. M.; CARVALHO, A.D.F. Selectivity of herbicide to sweet potato. **Weed Control Journal**, v. 20, e202100740, 2021.

COSTA, L. O., RIZZARDI, M. A. Competitive ability of wheat in association with biotypes of *Raphanus raphanistrum* L. resistant and susceptible to ALS-inhibitor herbicides. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.2, p.121-130, 2015.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre. 376p, 2016.

CRUZ, N. T.; PORTO, M. V. P.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SANTOS, A. P. S. Water stress in forage plants: a brief review. **Revista Científica Rural**, v. 25, n. 1, p. 1-19, 2023.

DEBOER, G. J. et al. The impact of uptake, translocation and metabolism on the differential selectivity between blackgrass and wheat for the herbicide pyroxsulam. **Pest Management Science**, v.67, n.3, p.279-286, 2011.

DOMÍNGUEZ-MENDEZ, R.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; ROJANO-DELGADO, A. M.; SILVEIRA, H. M. DA; PORTUGAL, J.; CRUZ-HIPOLITO, H. E.; PRADO, R. DE. Stacked traits conferring multiple resistance to imazamox and glufosinate in soft wheat. **Pest Management Science**, v. 75, n. 3, p. 648–657, 2019.

ELATTAR, H. A. A.; DAHROUG, S.M.; EL-SAYED, W.; HASHIESH, R. M. Phytotoxicity and effectiveness of some herbicides in wheat plantations. **Arab Universities Journal of Agricultural Sciences**, v. 26, n.2, p. 1639-1657, 2018.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS — **DATABASE**, 2024. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em 24/01/2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011

GALON, L.; CASTOLDI, C. T.; FORTE, T. C.; CUJAWISKI, R.; DAVI, F. A.; PERIN, G. F.; RADUNZ, A. L.; AGAZZI, L. R.; ROSSETI, J.; RADUNZ, L. L. Efficacy and phytotoxicity of herbicides applied for the handling of weeds that infest wheat. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 2, p. 128-140, 2015.

GALON, L.; BASSO, F. J. M.; CHECHI, L.; PILLA, T. P.; SANTIN, C. O.; BAGNARA, M. A. M.; FRANCESCHETTI, M. B.; CASTOLDI, C. T.; PERIN, G. F.; FORTE, C. T. Weed interference period and economic threshold level of ryegrass in wheat. **Bragantia**, v. 78, n. 3, p. 409–422, 2019.

GALON, L.; CASAGRANDE DE OLIVEIRA, B.; ANDRÉ, M.; BAGNARA, M.; SCHMITZ, M. H.; VIASDESKI DE OLIVEIRA, C.; PIGATTO, S. C.; MEZADRI, D. F.; TIRONI, S.P.

Manejo químico de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 8, p. 1–22, 2023.

GALON, L.; ULKOVSKI, C.; DE OLIVEIRA ROSSETTO, E. R.; CRISTIAN CAVALETTI, D.; NATALIA WEIRICH, S.; BRANDLER, D.; FRANCISCO PERIN, G. Selectivity and efficacy of herbicides applied to the wheat crop. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 20, n. 3, 2021.

GOGGIN, D. E.; TAYLOR, C. M.; BUSI, R.; FLOWER, K. Characterisation of low-level pyrasulfotole resistance and the role of herbicide translocation in wild radish (*Raphanus raphanistrum*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 204, p. 106072, 2024.

GU, T.; WANG, Y.; CAO, J.; ZHANG, Z.; LI, G.; SHEN, W.; WANG, H. Hydrogen-rich water pretreatment alleviates the phytotoxicity of bispyribac-sodium to rice by increasing the activity of antioxidant enzymes and enhancing herbicide degradation. **Agronomy**, v.12, n. 11, p. 2821, 2022.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <http://www.weedscience.org/>. Acesso em: 05/04/2025.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados climatológicos**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 12/05/2025.

JIMÉNEZ, F.; FERNÁNDEZ, P.; ROJANO-DELGADO, A.M.; ALCÁNTARA, R.; DE PRADO, R. Resistance to imazamox in Clearfield soft wheat (*Triticum aestivum* L.). **Crop Protection**, v.78, n.1, p.15-19, 2015.

KEBASO, L.; FRIMPONG, D.; IQBAL, N.; BAJWA, A. A.; NAMUBIRU, H.; ALI, H. H.; RAMIZ, Z.; HASHIM, S.; MANALIL, S.; CHAUHAN, S. B. Biology, ecology and management of *Raphanus raphanistrum* L.: a weed harmful to agriculture and the environment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 17692-17705, 2020.

KUANG, Y.; YU, H.; QI, F.; ZHOU, X.; LI, X.; ZHOU, H. Developing herbicide-resistant crops through genome editing technologies: A review. **Crop Protection**, v.183, p. 106745, 2024.

LAMEGO, F. P.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T. E.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L. Competitive ability of wheat cultivars against weeds. **Planta Daninha**, v. 31, n.3, p. 521-531, 2013.

MARIANI, F.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, D.; FRAGA, D.; SILVA, B. Inheritance of *Lolium multiflorum* resistance to iodosulfuron-methyl sodium. **Planta Daninha**, v. 33, n.2, p. 351-356, 2015.

- MASSON, S.; RUEDA-AYALA, V.; BRAGAZZA, L.; CORDEAU, S.; MUNIER-JOLAIN, N.; WIRTH, J. Reducing tillage and herbicide use intensity while limiting weed-related wheat yield loss. **European Journal of Agronomy**, v. 160, p. 127284, 2024.
- MITHILA, J.; GODAR, A. S. Understanding genetics of herbicide resistance in weeds: implications for weed management. **Advances in Crop Science and Technology**, v. 1, n. 4, p. 115, 2013.
- NUNES, A.; SOUZA, L.; VITORINO, A.; MOTA, L. Green manures and levels of nitrogen topdressing in wheat crop under no-tillage. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, 2011.
- OLIVEIRA, R.; FREITAS, P.; VIEIRA, D. Control of *Commelina benghalensis*, *C. erecta* and the diuretic *Tripogandra* in coffee crops. **Planta Daninha**, v. 27, n.4, p. 823-830, 2009.
- ORMOND, A.; NUNES, J.; CANEPPELE, C.; SILVA, S.; PEREIRA, M. Análise das características físicas de sementes de trigo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 17, p. 108-114, 2013.
- PAN, L.; GUO, Q.; WANG, J.; SHI, L.; YANG, X.; ZHOU, Y.; YU, Q.; BAI, L. CYP81A68 confers metabolic resistance to ALS and ACCase-inhibiting herbicides and its epigenetic regulation in *Echinochloa crus-galli*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 428, p.128225, 2022.
- PANDOLFO, C. E.; PRESOTTO, A. D.; POVERENE, M. M.; CANTAMUTTO, M. A. Limited occurrence of resistant radish (*Raphanus sativus*) to AHAS-inhibiting herbicides in Argentina. **Planta Daninha**, v. 31, n.3, p. 657-666, 2013.
- RAUCH, T. A.; THILL, D. C.; GERSDORF, S. A.; PRICE, W. J.; Widespread occurrence of herbicide-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Northern Idaho and Eastern Washington. **Weed Technology**, v. 24, n. 3, p. 281-288, 2010.
- RIGOLI, R. P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, CE.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. Relative competitive ability of wheat (*Triticum aestivum*) in coexistence with ryegrass (*Lolium multiflorum*) or turnip (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v. 26, p. 93-100, 2008.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 7ª ed. Londrina: Edição dos autores. 2018. 764p.
- ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; MATTEI, R. W. Resistance of ryegrass (*Lolium multiflorum*) to the herbicide glyphosate. **Planta Daninha**, v. 22, n.2, p. 301-306, 2004.
- SAIF, A. H.; BASHAR, K. H. Improving the nutritional content of wheat grains through integrated weed management strategies and nanomicro-nutrient spraying. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 23, n. 1, p. 88-92, 2024.

SAMOTA, S. R.; CHHOKAR, R. S.; YADAV, D. B.; KUMAR, N.; GILL, S. C.; MAMRUTHA, H. M. Pyroxasulfone based tank-mix herbicide combinations for diverse weed flora control in wheat. **Crop Protection**, v. 181, 2024.

SBCPD. **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD. 1995. 42p.

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p. 929-934, 2001.

SHI, C.; ZHENG, Y.; GENG, J.; LIU, C.; PEI, H.; REN, Y.; DONG, Z.; ZHAO, L.; ZHANG, N.; CHEN, F. Identification of herbicide resistance loci using a genome-wide association study and linkage mapping in Chinese common wheat. **The Crop Journal**, v. 8, n. 4, p. 666–675, 2020.

SU, W. C.; SUN, L. L.; GE, Y.H.; WU, R.H.; XU, H.L.; LU, C.T. The residual effects of bensulfuron-methyl on growth and photosynthesis of soybean and peanut. **Photosynthetica**, v.56, n. 2, p.670-677, 2018.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3.ed. UFRGS: EMATER/RS ASCAR, Porto Alegre, 2018.

TAN, S.; EVANS, R.R.; DAHMER, M.L.; SINGH, B.K.; SHANER, D.L. Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. **Pest Management Science**, v.61, n.3, p.246–257, 2005.

TAVARES, L. C.; LEMES, E. S.; RUCHEL, Q.; WESTENDORFF, N. R.; AGOSTINETTO, D. Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat crop. **Planta Daninha**, v. 37, p. e019178898, 2019.

USUI, K. Metabolism and selectivity of rice herbicides in plants. **Weed Biology and Management**. v. 1, n. 3, p. 137-146, 2001.

USDA - United States Department of Agriculture. 2025. **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>> Acesso em 24. jan. 2025.

VARGAS, L.; HENCKES, J. R.; SCHMITZ, M. F.; PIASECKI, C.; CECHIN, J.; TORCHELSEN, J.; AGOSTINETTO, D. Caracterização e manejo de azevém (*Lolium multiflorum* L.) resistente a herbicidas em áreas agrícolas. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, v. 162, n. 1, p. 15-19, 2018.

VÁZQUEZ-GARCÍA, J. G.; PORTUGAL, J. DE; TORRA, J.; OSUNA, M. D.; PALMA-BAUTISTA, C.; CRUZ-HIPÓLITO, H. E.; PRADO, R. DE. Comparison between the mechanisms of Clearfield® wheat and *Lolium rigidum* multiple resistant to acetyl CoA carboxylase and acetolactate synthase inhibitors. **Environmental Pollution**, v. 306, p. 119438, 2022.

WEBSTER, ERIC, P.; MASSON, JEFFREY, A. Acetolactate synthase-inhibiting herbicides on imidazolinone-tolerant rice. **Weed Science**, v. 49, n. 5, p. 652-657, 2001.

XU, H.; CHENG, J.; LENG, Q.; CAO, R.; SU, W.; SUN, L.; XUE, F.; HAN, Y.; WU, R. Characterization of acetolactate synthase genes and resistance mechanisms of multiple herbicide resistant *Lolium multiflorum*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 219, p. 109324, 2025.

YANG, C.; ZHANG, F.; DUAN, Y.; LU, X.; PENG, X.; WANG, J.; PAN, L.; LIU, W.; WANG, H. Method validation and dissipation kinetics of the novel HPPD-inhibiting herbicide cypyrfluone in winter wheat using QuEChERS method coupled with UPLC-MS/MS. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 260, p. 115090, 2023.

YANG, B.; XIAO, Y.; DONG, M.; WANG, S.; ZHANG, H.; WU, X. Bioremediation of soils contaminated with nicosulfuron by the bacterial complex ES58. **Process Biochemistry**, v. 146, p. 176-187, 2024.