



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

**IGOR BALBINOT**

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU EM MISTURA  
EM TANQUE NA CULTURA DO TRIGO**

**ERECHIM – RS**

**2024**

**IGOR BALBINOT**

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU EM MISTURA  
EM TANQUE NA CULTURA DO TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Erechim, como requisito para obtenção do grau em Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM - RS

2024

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

Balbinot, Igor

Seletividade de herbicidas aplicados em isolado ou em mistura em tanque na cultura do trigo / Igor Balbinot.

-- 2024.

26 f.:il.

Orientador: Dr. Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2024.

1. Triticum aestivum. 2. Injúrias ao trigo. 3.  
Associação de herbicidas. I. Galon, Leandro, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ISOLADO OU EM MISTURA  
EM TANQUE NA CULTURA DO TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS – *campus* Erechim, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. D. Sc. Leandro Galon (Orientador)  
UFFS – Erechim

---

Prof. Dr. César Tiago Forte  
IDEAU – Getúlio Vargas

---

Prof. Dr. Gismael Francisco Perin  
UFFS – Erechim

Erechim/RS, Junho de 2024

## SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS ISOLADO OU EM MISTURA EM TANQUE NA CULTURA DO TRIGO

**RESUMO:** O trigo é uma das culturas de inverno mais importantes do Brasil, cultivado em sua maior parte nos estados da Região Sul. Porém, muitas vezes a aplicação de herbicidas usados para o controle de plantas daninhas causa injúrias à cultura, prejudicando o desenvolvimento, crescimento e conseqüentemente a produtividade de grãos. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade de herbicidas aplicados de forma isolada ou em mistura em tanque na cultivar de trigo ORS Absoluto. Os experimentos foram conduzidos em delineamento de bloco casualizados, com quatro repetições, nos anos de 2022 e 2023. Os tratamentos utilizados foram: 2,4-D colina ( $456 \text{ g ha}^{-1}$ ), 2,4-D amina ( $700 \text{ g ha}^{-1}$ ), dicamba ( $480 \text{ g ha}^{-1}$ ), iodosulfuron ( $50 \text{ g ha}^{-1}$ ) e clodinafop-propargyl ( $240 \text{ g ha}^{-1}$ ), sendo aplicados de forma isolada ou em associações, totalizando 16 tratamentos, mais uma testemunha capinada. As variáveis avaliadas foram, fitotoxicidade às plantas de trigo aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAT (dias após aplicação dos tratamentos). As características fisiológicas (concentração interna de  $\text{CO}_2$ , condutância estomática, taxa de transpiração, taxa fotossintética, eficiência de carboxilação e do uso da água) foram avaliadas aos 28 DAT. E na colheita do trigo determinou-se o número de espigas por área, o comprimento de espigas, o número de grãos cheios e estéreis, a massa de mil grãos, o peso hectolitro e a produtividade de grãos. O herbicida dicamba aplicado em isolado ou associado com iodosulfuron, clodinafop-propargyl, 2,4-D colina, 2,4-D amina causou os maiores índices de fitotoxicidade à cultura do trigo em todas as avaliações. O clodinafop-propargyl, mesmo tendo afetado as variáveis fisiológicas da cultura foi metabolizado pelas plantas e os sintomas não prejudicaram a produtividade de grãos. O uso de dicamba associado ao iodosulfuron ou clodinafop-propargyl causou os menores danos a cultura ao se comparar com o mesmo aplicado em isolado. O tratamento com dicamba aplicado em isolado apresentou a menor produtividade. O clodinafop-propargyl aplicado em isolado demonstrou a melhor resposta para os componentes de rendimento de grãos de trigo. Os tratamentos clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + clodinafop-propargyl, 2,4-D amina + clodinafop-propargyl, iodosulfuron + clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + iodosulfuron + clodinafop-propargyl e dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl se equipararam estatisticamente como mais produtivos.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*, injúrias ao trigo, associação de herbicidas

## SELECTIVITY OF HERBICIDES APPLIED ISOLATED OR IN TANK MIXTURES IN WHEAT CROPS

**ABSTRACT:** Wheat is one of the most important winter crops in Brazil, mostly cultivated in the states of the Southern Region. However, the application of herbicides used for weed control often causes injuries to the crop, impairing its development, growth, and consequently grain productivity. Therefore, the objective of this study was to evaluate the selectivity of herbicides applied either individually or in tank mixtures on the wheat cultivar ORS Absoluto. The experiments were conducted in a randomized complete block design with four replications in the years 2022 and 2023. The treatments included: 2,4-D choline (456 g ha<sup>-1</sup>), 2,4-D amine (700 g ha<sup>-1</sup>), dicamba (480 g ha<sup>-1</sup>), iodosulfuron (50 g ha<sup>-1</sup>), and clodinafop-propargyl (240 g ha<sup>-1</sup>), applied individually or in combinations, totaling 16 treatments, and a weeded control. The variables evaluated were wheat plant phytotoxicity at 7, 14, 21, 28, 35, and 42 days after treatment (DAT). Physiological characteristics (internal CO<sub>2</sub> concentration, stomatal conductance, transpiration rate, photosynthetic rate, carboxylation efficiency, and water use efficiency) were evaluated at 28 DAT. At wheat harvest, spike number per area, spike length, number of filled and sterile grains, thousand grain weight, hectoliter weight, and grain yield were determined. The herbicide dicamba, applied alone or in combination with iodosulfuron, clodinafop-propargyl, 2,4-D choline, or 2,4-D amine, caused the highest levels of phytotoxicity to the wheat crop in all assessments. Clodinafop-propargyl, despite affecting physiological variables of the crop, was metabolized by the plants and the symptoms did not affect grain yield. The use of dicamba combined with iodosulfuron or clodinafop-propargyl caused the least damage to the crop compared to dicamba applied alone. Treatment with dicamba alone resulted in the lowest productivity. Clodinafop-propargyl applied alone demonstrated the best response for wheat grain yield components. Treatments clodinafop-propargyl, 2,4-D choline + clodinafop-propargyl, 2,4-D amine + clodinafop-propargyl, iodosulfuron + clodinafop-propargyl, 2,4-D choline + iodosulfuron + clodinafop-propargyl, and dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl were statistically equivalent as the most productive.

**Keywords:** *Triticum aestivum*, wheat injuries, herbicide association

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	7
MATERIAL E MÉTODOS .....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
CONCLUSÃO .....	21
REFERÊNCIAS .....	23

## INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, com produção que ultrapassa os 800 milhões toneladas anualmente, sendo uma cultura considerada como base para alimentação humana (USDA, 2024). No Brasil, destaca-se a região Sul com uma área semeada superior a 3 milhões de hectares, sendo responsável por cerca de 85% da produção nacional de trigo. A produtividade média brasileira de trigo é de 2,94 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2024), sendo essa muito aquém de lavouras que adotam tecnologias de ponta ou em áreas de pesquisa.

A baixa produtividade de grãos do trigo deve-se em partes pela infestação de plantas daninhas que competem com a cultura por água, luz e nutrientes, além de liberarem substâncias alelopáticas ou hospedarem pragas que afetam o crescimento e o desenvolvimento da cultura (SCHMITT et al., 2020; BRUNHARO et al., 2022; GALON et al., 2023). As plantas daninhas quando não controladas de forma adequada podem ocasionar perdas na produtividade de grãos de 18 até 82% (LAMEGO et al., 2013a; GHARDE et al., 2018; BARROS; CALADO, 2020). As principais espécies de plantas daninhas que infestam as lavouras de trigo e que causam prejuízos ou aumentam os custos de produção são; o azevém (*Lolium multiflorum*), nabo/nabiça (*Raphanus raphanistrum* e *R. sativus*), as aveias preta (*Avena strigosa*) e branca (*A. sativa*), buvas (*Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis* e *Conyza sumatrensis*), dentre outras (LAMEGO et al., 2013b; MICHELON et al., 2021; GALON et al., 2023).

Na atualidade o método mais utilizado para o controle de plantas daninhas infestantes do trigo é químico por meio de aplicações de herbicidas em pré e/ou pós-emergência da cultura. Isso ocorre em virtude da praticidade, eficiência e menor custo que o controle químico apresenta quando em comparação com outras formas de manejo das plantas daninhas (SCHMITZ et al., 2018; BALEM et al., 2021).

Na cultura do trigo, os herbicidas mais utilizados para o controle de plantas daninhas são os inibidores da enzima aceto lactato sintase (ALS), acetil coenzima carboxilase (ACCCase) e enol piruvil shiquimato fosfato sintase (EPSPs). Porém o uso repetitivo desses produtos resultou em elevada pressão de seleção e a ocorrência de plantas daninhas resistentes, como o azevém aos herbicidas inibidores de EPSPs, nabo aos ALS, e a buva com resistência aos mecanismos de ação EPSPs e ALS (SANTOS et al., 2015; PIASECKI et al., 2017; BALEM et al., 2021). Aliado a resistência ressalta-se ainda a baixa quantidade de herbicidas registrados para o controle de plantas daninhas infestantes do trigo (AGROFIT, 2024). Desse modo há necessidade de se buscar novas

alternativas para o controle das plantas daninhas infestantes dessa cultura (MICHELON et al., 2021).

Atualmente tem-se utilizado as misturas de herbicidas em tanque do pulverizador, com isso aumenta-se o espectro de controle, ocorre redução de custos, número de entrada na lavoura, menor consumo de combustível, e amassamento na área a ser manejada, além da praticidade e eficácia (GAZZIERO, 2015; GANDINI, et al., 2020; GALON, 2021), aliado a possibilidade do controle das espécies resistentes ou tolerantes (BARROS; CALADO, 2020).

No entanto a aplicação de herbicidas misturados ao tanque resulta em alguns efeitos que podem ser sinérgicos, antagônicos ou aditivos. No efeito sinérgico a fitotoxicidade total resultante da combinação de dois ou mais agrotóxicos é maior do que a soma dos efeitos fitotóxicos de cada produto aplicado isoladamente. Em relação ao efeito antagônico esse ocorre quando a fitotoxicidade total resultante da combinação de dois ou mais agrotóxicos é menor do que a fitotoxicidade de cada produto aplicado isoladamente. E por fim, a aditividade é quando a fitotoxicidade total resultante da combinação de dois ou mais agrotóxicos se equipara à soma dos efeitos de fitotoxicidade de cada produto aplicado em isolado (PETTER et al., 2013).

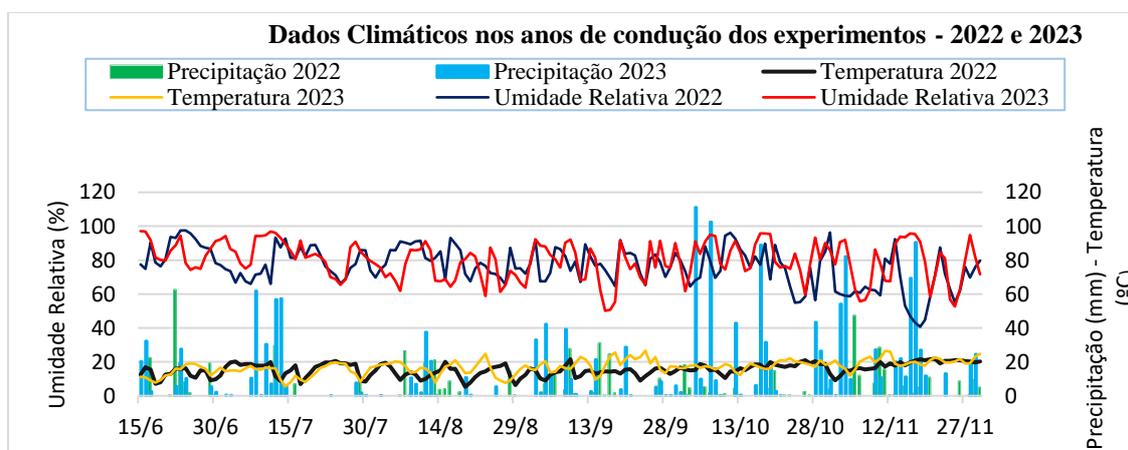
Os herbicidas quando aplicados nas culturas são capazes de ocasionar efeitos diretos e indiretos no desenvolvimento e crescimento das plantas, podendo causar alterações nos processos fisiológicos, metabólicos, promovendo desregulação dos mecanismos de defesa da planta, alteração na absorção de nutrientes, sintomas de intoxicações, dentre outros fatores (BARI et al., 2020; DE LA CRUZ et al., 2020; TAMAGNO et al., 2022). A utilização de herbicidas também pode não ser eficaz para o controle das plantas daninhas ou interferir negativamente nos componentes de rendimento de grãos das culturas, além de, se utilizados de forma inadequada, podem ocasionar impacto negativo nos ecossistemas agrícolas (BARI et al., 2020).

A hipótese do trabalho é que as misturas efetuadas em tanque do pulverizador podem reduzir a seletividade e conseqüentemente ocasionar efeitos negativos nos componentes de rendimento de grãos da cultura do trigo. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade de herbicidas aplicados de forma isolada ou em mistura em tanque na cultivar de trigo ORS Absoluto.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos a campo na área experimental da

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Erechim/RS, latitude 27°44'23''S, longitude 52°17'43''O e altitude de 650 m, nas estações estivais de 2022 e 2023. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na área é o Cfa, caracterizado por clima temperado com verões quentes, chuvas bem distribuídas, temperaturas médias mensais mais quente inferior a 22°C, índice pluviométrico entre 1.100 e 2.000 mm, presença frequente de geadas severas, ocorrendo em média de 10 a 25 dias por ano (PEEL et al., 2007). Os dados sobre as condições climáticas, como chuva, temperatura e umidade relativa do ar, registrados durante a realização dos experimentos, estão representados na Figura 1.



**Figura 1.** Umidade relativa do ar, precipitação (mm) e temperatura média (°C) durante o período de condução dos experimentos nos anos de 2022 e 2023. Fonte: (INMET, 2024).

Nos dois anos de cultivo o objetivo dos experimentos foi avaliar a seletividade da aplicação de herbicidas em mistura no tanque do pulverizador para controle de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo em pós-emergência. Foram instalados dois experimentos em anos distintos para se ter repetição dos dados gerados e desse modo maior precisão dos resultados ou a geração de informações mais consistentes.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico, mapeamento Erechim (STRECK et al., 2018). A adubação do solo e a correção do pH foram realizadas com base na análise físico-química e seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura da trigo (CQFS/RS/SC, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 5,5; MO = 3,3%; P = 4,2 mg dm<sup>-3</sup>; K = 163,2 mg dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 6,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 2,9 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTCefetiva = 9,9 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTCpH7 = 15,2 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 5,4 cmolc dm<sup>-3</sup>; Saturação de bases = 64,8% e Argila = 56%.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro

repetições. A semeadura dos experimentos foi realizada na forma de plantio direto utilizando-se para isso uma semeadora/adubadora de fluxo contínuo, em 15/06/2022 e 20/06/2023, para o primeiro e segundo ano de cultivos, respectivamente. A dessecação nas áreas de semeadura ocorreu cerca de 15 dias antes da semeadura, em ambos os anos agrícolas, utilizando-se os herbicidas glyphosate + saflufenacil (1080 + 70 g ha<sup>-1</sup>) + óleo mineral (0,5% V/V). A cultivar de trigo utilizada, nos dois experimentos foi a ORS Absoluto, de ciclo e maturação precoce, da empresa OR Genética de Sementes.

A adubação de base utilizada foi 300 e 350 kg ha<sup>-1</sup> das formulações 5-20-20 e 5-30-15 de N-P-K nos anos de 2022 e 2023, respectivamente. E em cobertura foi aplicado 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, dividida em duas aplicações, a primeira quando o trigo estava na fase de perfilhamento, e a segunda na elongação do colmo, nos dois anos de cultivo.

Cada unidade experimental, em ambos os anos agrícolas, foi composta por uma área de 15 m<sup>2</sup> (5 x 3 m), com 16 linhas de semeadura espaçadas a 0,17 m entre si, com 71 sementes distribuídas por metro linear, logo teve-se uma população aproximada de 417 plantas m<sup>-2</sup> ou 4.170.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A área útil de cada unidade experimental foi de 6,12 m<sup>2</sup>, correspondendo a 12 linhas, desconsiderando-se as bordas laterais (duas linhas de cada lado das parcelas) e as frontais (1 m no começo e no final das parcelas). Na Tabela 1 estão dispostos os tratamentos utilizados, suas respectivas doses e adjuvantes utilizados.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados nos experimentos, respectivas doses e adjuvantes. UFFS/Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante (% v/v/L)
Testemunha capinada	-----	-----
2,4-D colina	456	-----
2,4-D amina	700	-----
Dicamba	480	-----
Iodosulfuron	50	Hoefix
Clodinafop-propargyl	240	Hoefix
2,4-D colina + iodosulfuron	456+50	Hoefix
2,4-D colina + clodinafop-propargyl	456+240	Veget'Oil
2,4-D amina + iodosulfuron	670+50	Veget'Oil
2,4-D Amina + clodinafop-propargyl	670+240	Veget'Oil
Dicamba + iodosulfuron	480+50	Dash
Dicamba + clodinafop-propargyl	480+240	Dash
Iodosulfuron + clodinafop-propargyl	50+240	Dash
2,4-D colina + iodosulfuron + clodinafop-propargyl	456+50+240	Assist
2,4-D Amina + iodosulfuron. + clodinafop-propargyl	670+50+240	Assist
Dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl	480+50+240	Assist
2,4-D colina+2,4-D amina+dicamba+iodosulfuron+clodinafop	456+670+480+50+240	Assist

A aplicação dos herbicidas foi realizada em 18/07/2022 e 19/07/2023, para os anos de 2022 e 2023, respectivamente. Para a aplicação dos herbicidas foi utilizado um pulverizador costal de precisão, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque modelo DG 110.02, com uma pressão constante de 210 kPa e uma velocidade de deslocamento de 3,6 km h<sup>-1</sup>, o que resultou em uma vazão de 150 L ha<sup>-1</sup> de calda herbicida. Os dados meteorológicos ocorridos nos dois anos durante aplicação dos tratamentos estão dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Condições meteorológicas nas datas de aplicações dos herbicidas em pós emergência - anos 2022 e 2023.

Ensaio	Data de aplicação	Luminosidade (%)	Temperatura (°C)		Umidade relativa (%)	Condições de solo	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )
			ar	solo			
Ano I - 2022	18/07/2022	90%	19,8°C	17°C	63,2%	Úmido	5 a 7 km/h
Ano II - 2023	19/07/2023	100%	17°C	19°C	60%	Seco	7 a 10 km/h

Todos os tratamentos foram aplicados em pós-emergência, e nos dois anos no momento da aplicação o trigo se encontrava com até 2 perfilhos. Alguns dos herbicidas avaliados não possuem registro para serem aplicados em trigo, como é o caso do dicamba e do 2,4-D colina (AGROFIT, 2024). No entanto, foram usados para avaliar a possível viabilidade de utilização futura como uma alternativa para o controle químico de plantas daninhas, já que a formulação do 2,4-D sal colina apresenta a tecnologia Colex-D e possui como diferencial a redução do percentual de gotas mais finas, ultrabaixa volatilidade, odor reduzido e facilidade de manuseio quando comparado as demais formulações de 2,4-D (SOSNOSKIE et al., 2015; SKELTON et al., 2017).

Aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) nos dois experimentos (anos 2022 e 2023) foi avaliado de forma visual a fitotoxicidade dos herbicidas à cultura por meio de notas percentuais, em que zero (0%) correspondeu a nenhuma injúria e cem (100%) a morte das plantas (VELINI et al., 1995).

Aos 28 DAT efetuou-se a aferição das características fisiológicas como a 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 fotossintética (A - μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e taxa de transpiração (E - mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). A eficiência do uso da água (EUA - mol CO<sub>2</sub> mol H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) e a eficiência da carboxilação (EC - mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/C<sub>i</sub> e A/E, respectivamente. Para isso, utilizou-se um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon,

UK), sendo cada bloco avaliado sob iluminação natural em um dia, entre 8 e 11 h da manhã, em condições de céu limpo, de forma que se mantivessem as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Na pré-colheita da cultura do trigo foi avaliado número de espigas por área ( $m^2$ ), número de grãos cheios e estéreis por espigas e o comprimento das espigas. O número de espigas foi aferido no centro de cada unidade experimental utilizando-se para isso um quadrado de PVC com dimensões de 0,5 x 0,5 m. Coletou-se 10 espigas de modo aleatório em cada unidade experimental para determinar com o uso de uma régua graduada o comprimento de espigas e por contagens o número de grãos cheios e de grãos estéreis.

Após a colheita manual e trilha do trigo, aos 122 dias após a semeadura, em área de 6,12  $m^2$ , foi determinado o peso hectolitro - PH ( $kg\ hl^{-1}$ ), a massa de mil grãos (g) e a produtividade de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ). A determinação do PH foi efetuada com balança da marca Dalle Molle, modelo 40. A massa de mil grãos - MMG (g) foi aferida por contagem de dez amostras de 100 grãos cada e posteriormente pesadas em balança analítica. Após foi estimada a produtividade de grãos e extrapolas a  $kg\ ha^{-1}$ . Para as análises de PH, MMG e produtividade 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 estatísticas foram efetuadas por meio do *software* Sisvar (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que os tratamentos envolvendo o dicamba aplicado em isolado e o uso em mistura em tanque de dicamba + clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + 2,4-D amina + dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl, apresentaram as maiores fitotoxicidades ao trigo, dos 7 aos 42 DAT - dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 3). Isso ocorre pela cultura não conseguir metabolizar os produtos ou por fatores físico-químicos relacionados às moléculas, condições de solo, de clima, dose, época de aplicação ou também devido o uso desses em mistura no tanque do pulverizador (DEBOER et al., 2011; GAZZIERO et al., 2015). Quando a planta não consegue metabolizar ou se livrar dos efeitos tóxicos dos herbicidas, a resposta

normalmente é se ter elevada fitotoxicidade (PIASECKI et al., 2017; RAJ et al., 2020; CORREIA; CARVALHO, 2021). POLITO et al., (2021) também relata que os herbicidas auxínicos ao serem associados com outros produtos como o clodinafop-propargyl, causam redução de eficiência do produto devido ao antagonismo da mistura em tanque.

**Tabela 3.** Fitotoxicidade (%) de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultivar de trigo ORS Absoluto, nos anos de 2022 e 2023. UFFS, Campus Erechim/RS, 2023.

Tratamentos	Fitotoxicidade a cultivar de trigo ORS Absoluto (%)					
	7 DAT <sup>1</sup>	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT	42 DAT
Testemunha capinada	0,00 g	0,00 f	0,00 f	0,00 g	0,00 c	0,00 c
2,4-D colina	13,33 e	13,00 d	8,25 e	6,25 e	3,75 c	0,83 c
2,4-D amina	12,46 e	11,08 e	7,75 e	5,75 e	2,50 c	0,00 c
Dicamba	33,75 a	32,50 a	27,75 a	22,50 a	17,50 a	12,75 a
Iodosulfuron	9,25 f	10,25 e	7,50 e	4,12 e	1,25 c	0,00 c
Clodinafop-propargyl	8,91 f	8,33 e	6,83 e	3,00 f	3,12 c	1,25 c
2,4-D colina+iodosulfuron	18,00 d	18,33 c	11,33 d	9,00 d	5,37 b	1,25 c
2,4-D colina+clodinafop	17,00 d	18,21 c	15,12 c	11,66 c	7,67 b	4,16 b
2,4-D amina+iodosulfuron	15,12 d	16,16 c	9,95 d	8,00 d	3,33 c	0,83 c
2,4-D amina+clodinafop	16,50 d	17,50 c	14,25 c	11,25 c	6,75 b	0,62 c
Dicamba+iodosulfuron	25,83 c	30,83 a	22,25 b	16,95 b	14,79 a	12,29 a
Dicamba+clodinafop	30,83 b	28,75 a	24,50 a	20,42 a	16,87 a	12,25 a
Iodosulfuron+clodinafop	10,50 f	10,25 e	7,33 e	5,42 e	3,75 c	1,62 c
2,4-D colina+iodosulfuron+clodinafop	17,83 d	16,66 c	11,83 d	6,50 e	5,00 b	4,16 b
2,4-D amina+iodosulfuron+clodinafop	16,00 d	14,25 d	10,25 d	7,50 d	4,37 b	2,25 c
Dicamba+iodosulfuron+clodinafop	27,08 c	22,92 b	18,83 b	17,71 b	14,62 a	11,37 a
2,4-D colina+2,4-D amina+dic.+iod.+clod.	30,42 b	29,58 a	26,26 a	21,75 a	17,71 a	12,62 a
Média Geral	16,67	17,56	13,52	10,45	7,55	4,60
C.V. (%)	17,81	16,78	18,89	26,71	41,81	64,81

<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  $p \leq 0,05$ . Dic.: dicamba. Iod.: iodosulfuron e clod.: clodinafop-propargyl.

O uso de clodinafop-propargyl e iodosulfuron, tanto aplicados de forma isolada ou em mistura no tanque apresentaram os menores índices de fitotoxicidade, em todas avaliações que foram efetuadas, dos 7 aos 42 DAT (Tabela 3), ocorrendo pelo fato dos dois herbicidas serem seletivos a cultura, com o trigo conseguindo metabolizar os efeitos desses herbicidas (PIASECKI et al., 2017). O clodinafop-propargyl é seletivo ao trigo devido a rápida metabolização ou pela conjugação com açúcares, sendo que posteriormente, os ácidos livres sofrem hidroxilação, e o resultado desse processo é a produção de substâncias como a glicose, que é incorporada no metabolismo da planta de trigo. Além disso na formulação do clodinafop-propargyl tem-se o uso do *safener* cloquintocet-mexyl, que protege eficientemente o trigo dos efeitos do herbicida (TREZZI, 2007). Já para os inibidores de ALS, como iodosulfuron, a seletividade ao trigo se dá pela hidroxilação seguida da conjugação com a glicose ou hidroxilação do anel aromático, sendo o processo enzimático mediado pela monooxigenação da

citocromo P450 e por conjugação com a glicosiltransferase (PIASECK et al., 2017). MICHELON et al. (2021) também observaram que o uso de clodinafop-propargyl e o iodosulfuron em trigo ocasionaram baixos índices de fitotoxicidade, onde os dois herbicidas igualaram-se estatisticamente a testemunha sem herbicida.

Os resultados demonstram que o uso em isolado de 2,4-D colina e 2,4-D amina apresentaram baixos sintomas de fitotoxicidade, com índices inferiores a 14%, sendo que aos 42 DAT igualaram-se estatisticamente a testemunha capinada (Tabela 3). De acordo com a tabela adaptada de EWRC, índices de fitotoxicidade abaixo de 25% são considerados aceitáveis, com a cultura podendo ter potencial para reverter essas injúrias (EWRC, 1964; MICHELON, et al., 2021). GALON et al., (2015) e PIASECKI et al., (2017) relataram em seus trabalhos que essa tolerância da cultura se dá pela translocação limitada via floema mediada por receptores de auxina, reponsáveis por respostas bioquímicas, além das plantas possuírem rápida hidroxilação da molécula pela P450, tornando-se insensíveis ao herbicida. Observou-se ainda que quando o 2,4-D colina e 2,4-D amina foram aplicados em mistura em tanque com outros herbicidas ocorreu aumento da fitotoxicidade ao trigo ao se comparar com os herbicidas aplicados em isolado, conforme já relatado e explicado anteriormente.

A partir dos 14 DAT a aplicação de dicamba + iodosulfuron e dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl ocasionaram altos sintomas de fitotoxicidade, equiparando-se estatisticamente aos tratamentos que já haviam ocasionado elevadas injúrias ao trigo (Tabela 3). Os demais tratamentos avaliados ficaram a patamares intermediários entre aqueles que ocasionaram elevadas fitotoxicidades e os que ocasionaram baixos sintomas de danos às plantas de trigo.

Após os 28 DAT, somente os tratamentos envolvendo o dicamba mantiveram a fitotoxicidade superior a 11% (aceitável) até a última avaliação dos 42 DAT (Tabela 3), tendo a cultura apresentado boa metabolização dos demais herbicidas utilizados, ou seja, elevada seletividade. Dos cinco herbicidas estudados somente o 2,4-D colina e o dicamba não possuem registro para serem usados na cultura do trigo (AGROFIT, 2024), muito pelo fato de serem produtos considerados novos (2,4-D colina) ou que no caso do dicamba demonstre toxicidade a culturas sensíveis semeadas próximas as lavouras de trigo que pode ocorrer alguma deriva ou volatilização do produto no momento da aplicação. É também se faz necessário uma atenção especial com a própria cultura no momento da aplicação do dicamba, como estádio no momento da aplicação (SOLIGO et al., 2023) ou mesmo com relação a misturas em tanque com outros herbicidas, como

observou-se no presente estudo, para assim se garantir a seletividade ao trigo e consequentemente não se ter perdas de produtividade (GAZOLA et al., 2021).

O iodosulfuron e o clodinafop-propargyl são herbicidas registrados para aplicação em trigo (AGROFIT, 2024), sendo utilizados em larga escala para o controle de plantas daninhas infestantes. O iodosulfuron é inibidor de ALS (aceto lactato sintase) com bom controle de dicotiledôneas e monocotiledôneas, desde que não apresentem resistência ao herbicida. Já o clodinafop-propargyl é um herbicida seletivo de ação sistêmica, que se transloca via floema e se concentra nos pontos de crescimento das gramíneas, inibindo a formação de lipídios em plantas susceptíveis o que causa a morte das mesmas, sendo seletivo ao trigo devido a rápida metabolização da cultura, e também pelo uso do *safener* cloquintocet-mexyl conforme já relatado anteriormente (TREZZI, 2007; SCHMITT et al., 2020).

A associação de iodosulfuron + clodinafop-propargyl para a cultura do trigo demonstrou baixos índices de fitotoxicidade chegando a menos de 11% aos 7 e 14 DAT e igualando-se a testemunha capinada aos 35 e 42 DAT (Tabela 3), sendo inclusive um dos tratamentos que demonstrou maior produtividade de grãos. Além disso, os herbicidas que apresentam baixa fitotoxicidade permitem que a cultura consiga reverter os danos causados por eles, possibilitando assim que se obtenha boas produtividades. Resultados similares a estes também foram encontrados por RAJ et al., (2020) e GALON et al., (2023) ao utilizarem herbicidas de diferentes mecanismos de ação e aplicados misturados no tanque do pulverizador, para o controle de plantas daninhas na cultura do trigo.

Observou-se também que o tratamento de 2,4-D amina associado ao clodinafop-propargyl obteve baixa fitotoxicidade, principalmente após os 28 DAT e uma produtividade que não diferiu estatisticamente do tratamento com iodosulfuron + clodinafop-propargyl, que foi o mais produtivo (Tabela 5). A mistura desses dois herbicidas, como visto também no estudo de SCHMITT et al., (2020), amplia o espectro de controle das plantas daninhas, uma vez que o clodinafop-propargyl é inibidor da enzima Acetil-CoA-carboxilase (ACCase), atuando no controle de gramíneas, e o 2,4-D é um mimetizador de auxinas que age no controle de folhas largas (dicotiledôneas), (TREZZI et al., 2007; SCHMITT et al., 2020).

No Brasil o clodinafop-propargyl apresenta registro (AGROFIT, 2024) apenas para a cultura do trigo e da soja, para o controle de azevém (*Lolium multiflorum*), aveia preta (*Avena strigosa*) e aveia branca (*A. sativa*). Por ser um graminicida seletivo ao

trigo, sua fitotoxicidade foi baixa durante todas as épocas em que foi avaliado, mas quando associado ao dicamba, por exemplo, teve ao final dos 42 DAT uma injúria superior a 12%, enquanto que o uso desse em isolado os sintomas foram inferiores a 2% (Tabela 3). SCHMITT et al., (2020) e GALON et al., (2021) em seus trabalhos relatam que existem associações de herbicidas que podem causar riscos a cultura, comprometendo a seletividade, reduzindo a eficiência dos produtos e promovendo uma maior fitotoxicidade, como ocorreu também no presente estudo.

Durante o crescimento e desenvolvimento do trigo, dos 7 aos 42 DAT, foi observada uma redução dos índices médios de fitotoxicidade provocada pelos herbicidas (Tabela 3). Este fato sugere que o trigo apresenta capacidade de metabolizar alguns dos sintomas de danos causados pelos herbicidas ao longo do tempo (PIASECKI et al., 2017). No trigo e na cevada, alguns herbicidas são metabolizados através da hidroxilação acelerada pela glicose ou através da absorção e translocação limitada ou diferencial no floema e no xilema, com diferenças na hidroxilação do anel aromático, eficiência metabólica da P450, desintoxicação e sensibilidade da planta aos herbicidas (DEBOER et al., 2011; MITHILA et al., 2011; PIASECKI et al., 2017).

Foi observado também que todos os tratamentos que não continham o herbicida dicamba na associação, ao final dos 42 DAT praticamente se igualaram estatisticamente os níveis de fitotoxicidade, sendo inferiores a 4,16%, o que pode ser considerado irrelevante a causar danos de produtividade. Este fato pode estar associado a capacidade que a cultura tem de metabolizar os herbicidas, como já relatado em outros trabalhos (FISHER et al., 2006; NUNES et al., 2018; MELO et al., 2019; GEHRKE et al., 2020).

No geral, não houve grande diferenciação dos tratamentos aplicados para as variáveis fisiológicas do trigo (Tabela 4). Observou-se não haver efeito dos tratamentos aplicados ao trigo para as variáveis Ci (concentração interna de CO<sub>2</sub>), A (taxa fotossintética) e EC (eficiência de carboxilação). Considerando que as avaliações foram realizadas nos 28 DAT, é possível que a planta tenha conseguido degradar os efeitos dos herbicidas aplicados, e assim não apresentar elevada diferenciação nos parâmetros fisiológicos. Observou-se no geral, que o melhor desempenho fisiológico ocorreu ao se aplicar no trigo os herbicidas 2,4-D amina, dicamba, iodosulfuron, iodosulfuron + clodinafop-propargyl e dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl, onde esses tratamentos apresentaram menor GS (condutância estomática) e E (taxa de transpiração) e maior EUA (eficiência de uso da água) ao se comparar com os demais, superando

inclusive a testemunha sem herbicidas (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por AGOSTINETTO et al., (2016), onde o tratamento com iodosulfuron reduziu a condutância estomática e a taxa de transpiração na cultura do trigo.

A condutância estomática (GS) é responsável pela ação 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 (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). Pode ocorrer reduções na taxa fotossintética em razão da ocorrência de estresse oxidativo que o herbicida ocasiona a cultura (AGOSTINETTO et al., 2016). Esse estresse que ocorre durante a etapa fotoquímica da fotossíntese, com o fluxo de elétrons, onde o excesso de elétrons que se ligam com os oxigênios reativos provoca estresse oxidativo, conforme observado em trigo (CARVALHO et al., 2009; AGOSTINETTO et al., 2016).

**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 ORS Absoluto em função da aplicação de herbicidas.

Tratamentos	Características fisiológicas do trigo cultivar ORS Absoluto					
	Ci	GS	E	A	EC	EUA
Testemunha capinada	296,66 <sup>ns</sup>	0,59 a <sup>1</sup>	1,83 a	18,72 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	10,50 b
2,4-D colina	305,50	0,53 a	1,71 a	15,85	0,05	9,47 b
2,4-D amina	283,50	0,42 b	1,61 b	18,07	0,06	12,04 a
Dicamba	291,00	0,40 b	1,38 b	18,15	0,06	12,64 a
Iodosulfuron	291,00	0,43 b	1,49 b	18,64	0,06	12,58 a
Clodinafop-propargyl	303,80	0,46 b	1,58 b	17,52	0,06	10,82 b
2,4-D colina+iodosulfuron	294,40	0,52 a	1,62 b	19,18	0,06	11,78 a
2,4-D colina+clodinafop	285,37	0,54 a	1,56 b	18,27	0,06	11,33 a
2,4-D amina+iodosulfuron	294,66	0,56 a	1,58 b	18,58	0,06	11,48 a
2,4-D amina+clodinafop	289,16	0,50 a	1,69 a	19,96	0,07	12,20 a
Dicamba+iodosulfuron	291,83	0,54 a	1,76 a	18,48	0,06	10,31 b
Dicamba+clodinafop	290,67	0,52 a	1,79 a	19,92	0,06	11,48 a
Iodosulfuron+clodinafop	289,66	0,45 b	1,61 b	18,41	0,06	12,36 a
2,4-D colina+iodosulfuron+clodinafop	286,33	0,56 a	1,93 a	18,92	0,07	10,80 b
2,4-D amina+Iodosulfuron+clodinafop	305,00	0,48 b	1,78 a	16,19	0,05	9,36 b
Dicamba+iodosulfuron+clodinafop	269,00	0,48 b	1,64 b	19,58	0,07	11,97 a
2,4-D colina+2,4-D amina+dic.+iod.+clod.	306,83	0,50 a	1,80 a	17,44	0,06	9,37 b
Média Geral	292,61	0,50	1,67	18,16	0,06	11,21
CV (%)	6,29	21,65	14,54	15,16	19,16	14,21

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a  $p \leq 0,05$ . NS: não significativo a  $p \leq 0,05$ . Dic.: dicamba. Iod.: iodosulfuron e clod.: clodinafop-propargyl.

O iodosulfuron é herbicida que pertence ao grupo químico das sulfonilureias,

que ocasiona a paralização da síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (AGROFIT, 2024). E por mais que os herbicidas inibidores de ALS não influenciem diretamente na fotossíntese, eles possuem efeitos indiretos e secundários nos processos fisiológicos das plantas (AGOSTINETTO et al., 2016; TAMAGNO et al., 2022).

Em relação aos componentes de rendimento os resultados demonstram que em geral o maior comprimento de espigas, número de grãos cheios, número de espigas por área, massa de mil grãos, produtividade de grãos e menor número de grãos estéreis ocorreu quando se aplicou o clodinafop-propargyl, seguido de 2,4-D colina+clodinafop-propargyl na cultivar de trigo ORS Absoluto (Tabela 5). Isso ocorreu devido ao clodinafop-propargyl ser um herbicida seletivo para a cultura do trigo e uma molécula que possui um amplo controle do azevém alinhado a uma baixa fitotoxicidade. O estudo de SCHMITT et al., (2020) corrobora com o presente estudo, onde o herbicida clodinafop-propargyl isolado ou associado ao 2,4-D não afetou o número de perfilhos.

**Tabela 5** . Comprimento de espiga (CES - cm), número de grãos cheios (GC), número de grãos estéreis (GES), número de espigas (NES - m<sup>2</sup>), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (PROD – kg ha<sup>-1</sup>) da cultivar de trigo ORS Absoluto em função da aplicação herbicidas.

Tratamento	Componentes de rendimento de grãos					
	CES	GC	GES	NES	MMG	PROD
Testemunha capinada	8,02 a	31,88 a	11,23 b	562,00 b	30,01 <sup>ns</sup>	3167,43 b
2,4-D colina	8,25 a	31,50 a	11,23 b	486,66 b	30,19	3331,33 b
2,4-D amina	7,80 b	29,43 b	12,57 a	540,67 b	30,66	3172,99 c
Dicamba	8,26 a	30,76 a	10,08 b	544,00 b	30,40	2791,79 d
Iodosulfuron	7,53 b	27,34 b	10,33 b	507,66 b	30,38	3398,91 b
Clodinafop-propargyl	7,90 b	29,95 a	10,87 b	586,67 a	31,07	3382,02 a
2,4-D colina+iodosulfuron	8,14 a	30,13 a	10,14 b	551,33 b	30,13	3023,73 c
2,4-D colina+clodinafop	7,98 a	28,42 b	12,27 a	575,33 a	30,73	3516,43 a
2,4-D amina+iodosulfuron	7,89 b	29,27 b	10,70 b	596,66 a	29,98	3208,50 c
2,4-D amina+clodinafop	7,88 b	29,04 b	10,90 b	518,67 a	30,96	3493,56 a
Dicamba+iodosulfuron	8,14 a	31,22 a	11,25 b	586,00 a	30,17	3102,96 c
Dicamba+clodinafop	7,84 b	30,33 a	11,20 b	622,00 a	29,94	3202,45 c
Iodosulfuron+clodinafop	7,51 b	36,73 b	11,49 b	540,00 b	30,58	3540,20 a
2,4-D colina+iodosulfuron+clodinafop	7,64 b	32,98 a	10,56 b	550,66 b	30,81	3533,58 a
2,4-D amina+iodosulfuron+clodinafop	7,88 b	32,10 a	12,65 a	544,66 b	30,49	3297,43 b
Dicamba+iodosulfuron+clodinafop	8,14 a	27,23 b	11,35 b	584,33 a	30,88	3534,74 a
2,4-D colina+2,4-D amina+dic.+iod.+clod	8,06 a	29,53 b	12,20 a	504,67 b	30,19	3076,62 c
Média Geral	7,93	29,87	11,23	558,36	30,45	3299,59
CV (%)	5,01	10,18	12,44	10,36	3,02	6,35

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05. NS: não significativo a p≤0,05. Dic.: dicamba. Iod.: iodosulfuron e clod.: clodinafop-propargyl.

A aplicação do 2,4-D colina, dicamba, 2,4-D colina + iodosulfuron e dicamba + iodosulfuron apresentaram o comprimento de espigas, número de grãos cheios e estreis

e a massa de mil grãos iguais estatisticamente a testemunha capinada, ou seja, melhor desempenho em relação aos demais tratamentos avaliados para essas variáveis respostas (Tabela 5). O 2,4-D e o dicamba são classificados como mimetizadores de auxinas, que são amplamente utilizados a fim de controlar dicotiledôneas em pós emergência do trigo e do milho, com necessidade de cuidados com o estágio dessas culturas no momento da aplicação para que não ocorra efeitos negativos as culturas (PEREIRA et al., 2020; SOLIGO et al., 2023). Resultados semelhantes foram encontrados por SOLIGO (2023), onde a aplicação de 2,4-D no estágio indicado (até o aparecimento do primeiro nó visível) não interferiu no comprimento de espiga e na massa de mil grãos.

O uso do 2,4-D amina em isolado ocasionou os piores desempenhos para o comprimento de espigas, número de grãos cheios e estéreis, número de espigas por aérea e produtividade de grãos do trigo (Tabela 5). Como visto também em BEDIN et al., (2022), o 2,4-D amina demonstrou maior fitotoxicidade ao se comparar com o 2,4-D colina, causando um maior comprometimento da cultura e prejudicando a área foliar e a massa seca.

Não ocorreu efeito dos tratamentos aplicados a cultivar de trigo ORS Absoluto para a massa de mil grãos (Tabela 5). No trabalho realizado por ASSUNÇÃO et al., (2017), ao aplicarem iodosulfuron, clodinafop-propargyl + 2,4-D e clodinafop-propargyl + metsulfuron-methyl na cultura do trigo também não houve redução da massa de mil grãos, assemelhando-se assim aos resultados obtidos no presente estudo.

Os tratamentos que demonstram maior produtividade de grãos de trigo, inclusive superiores a testemunha capinada, foram as aplicações dos herbicidas, clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + clodinafop-propargyl, 2,4-D amina + clodinafop-propargyl, iodosulfuron + clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + iodosulfuron + clodinafop-propargyl, e dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl (Tabela 5). Ressalta-se que o clodinafop-propargyl esteve presente em todos os tratamentos que demonstram maior produtividade de grãos do trigo. Isso se deve muito pelo fato do produto apresentar baixa fitotoxicidade, não ter impacto considerável nos componentes de rendimento e também por controlar o azevém presente na linha de semeadura. Esse fato também foi relatado por SCHMITT et al., (2020) onde o clodinafop-propargyl aplicado em isolado ou associado não causou redução no número de perfilhos, na altura de planta e não impactou a produtividade.

O número de grãos cheios ou estéreis pode se alterar por algum estresse ocorrido no crescimento da planta, como o uso de um herbicida, época de aplicação ou dose, tipo

de solo, condições de clima e da própria planta, ou até mesmo dependendo da cultivar (DEBOER et al., 2011; GALON et al., 2022). Quando ocorre fitotoxicidade e a planta consegue crescer e se desenvolver sem alterar os componentes de rendimento, pode-se dizer que essa foi capaz de reverter as lesões provocadas pelos herbicidas. BALEM et al., (2021) ao avaliarem a massa de mil grãos em trigo, com aplicação de diferentes herbicidas, relataram que o clodinafop-propargyl, pyroxsulam e o iodosulfurom-methyl apresentaram a melhor resposta para essa variável, igualando-se a testemunha capinada.

Como já relatado no texto, mesmo que os herbicidas apresentem efeitos que podem ser indiretos ou diretos no desenvolvimento e crescimento das plantas, existem casos em que pela metabolização a planta é capaz de superar essa fitotoxicidade do produto e retornar sua atividade normal, fazendo com que não ocorra interferência negativa no crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente na produção (AGOSTINETTO et al., 2016; PIASECKI et al., 2017; GALON et al., 2023).

A testemunha capinada (Tabela 5) apresentou produtividade de grãos 9,5% ( $332,66 \text{ kg ha}^{-1}$ ) inferior ao ser comparada com a média dos melhores tratamentos herbicidas (clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + clodinafop-propargyl, 2,4-D amina + clodinafop-propargyl, iodosulfuron + clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + iodosulfuron + clodinafop-propargyl e dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl). Isso deve-se muito pelo fato de que a capina pode danificar as raízes das plantas de trigo, servindo ainda como porta de entrada de doenças, ou mesmo no início do ciclo de desenvolvimento do trigo é difícil a diferenciação da cultura e planta daninha, especialmente o azevém e as aveias preta e branca. Ainda a dificuldade de limpeza na linha de semeadura do trigo ou como é comum no inverno ocorrer chuvas frequentes que fazem com aconteça o pegamento das plantas daninhas que foram capinadas. Esse fato também foi relatado por GALON et al., (2023) ao trabalharem com o manejo de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo com tratamentos envolvendo herbicidas e capinas.

Os tratamentos envolvendo o dicamba, seja aplicado em isolado, ou dicamba + clodinafop-propargyl e dicamba + iodosulfuron apresentaram redução da produtividade de grãos de até 21% ao se comparar com os tratamentos mais produtivos (Tabela 5). Esse fato está relacionado, principalmente com os elevados índices de fitotoxicidade (Tabela 2) e os danos fisiológicos (Tabela 3) ocasionados pelos tratamentos que envolveram o uso do dicamba. Além de causar uma elevada fitotoxicidade ao trigo, o tratamento com apenas dicamba resultou numa redução de produtividade de até 12% ao se comparar a

testemunha capinada (Tabela 5), ao contrário, por exemplo, do iodosulfuron + clodinafop-propargyl, que apresentaram um acréscimo de 11,5%, não causando alta fitotoxicidade e permitindo bom desenvolvimento da cultura.

Ao se analisar no geral os componentes de rendimento, pode-se concluir que os tratamentos não obtiveram grandes diferenciações estatísticas. Porém, a aplicação dos produtos registrados à cultura do trigo, como o clodinafop-propargyl, apresentou os melhores resultados para o número de espigas  $m^{-2}$ , comprimento de espiga, número de grão cheio e MMG. Isso pode ser explicado pelo fato deste herbicida ter apresentado baixa fitotoxicidade (Tabela 3), como também observado por MICHELON et al., (2021) com a cultura conseguindo reverter os danos ocasionados pelo herbicida e não prejudicar a produtividade. RAJ et al., (2020) ao utilizarem herbicidas de alguns mecanismos de ação encontraram resultados similares aos relatados no presente trabalho.

Com os resultados obtidos no trabalho, foi possível constatar que quando uma cultura apresenta seletividade, ela pode ser prejudicada pelo uso dos herbicidas, mas, com o tempo, seu metabolismo é capaz de reverter essa fitotoxicidade do produto sem afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas e os componentes de rendimento. Além disso é perceptível que as misturas em tanque podem ser prejudiciais a cultura e ocasionar redução da produtividade, bem como a utilização de herbicidas não registrados como o 2,4-D colina e o dicamba. Os herbicidas que apresentam seletividade como o clodinafop-propargyl aplicado em isolado ou em mistura (clodinafop-propargyl + iodosulfuron) expressam como consequência melhores produtividades.

## CONCLUSÃO

O herbicida dicamba aplicado em isolado ou associado com iodosulfuron, clodinafop-propargyl, 2,4-D colina, 2,4-D amina causou os maiores índices de fitotoxicidade a cultura do trigo.

A mistura dos herbicidas auxínicos com o clodinafop-propargyl e iodosulfuron aumentaram os sintomas de fitotoxicidade a cultivar de trigo ORS Absoluto.

O melhor desempenho para as variáveis fisiológicas ocorreu ao se aplicar no trigo os herbicidas 2,4-D amina, dicamba, iodosulfuron, iodosulfuron + clodinafop-propargyl e dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl.

O clodinafop-propargyl demonstra os melhores efeitos para os componentes de

rendimento de grãos do trigo.

Os tratamentos que apresentaram maior produtividade de grãos do trigo foram clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + clodinafop-propargyl, 2,4-D amina + clodinafop-propargyl, iodosulfuron + clodinafop-propargyl, 2,4-D colina + iodosulfuron + clodinafop-propargyl e dicamba + iodosulfuron + clodinafop-propargyl.

A menor produtividade de grãos do trigo se deu ao se aplicar em isolado o dicamba na cultivar de trigo ORS Absoluto.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, v.34, n.1, p.1-9, 2016.

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: 20 mar. 2024.

ASSUNÇÃO, N.S. et al. Seletividade do flumioxazin ao trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 2, p. 122-129, 2017.

BALEM, R. et al. Controle de nabo e azevém em trigo com herbicidas pós-emergentes. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 6, n. 1, p.45-56, 2021.

BARI, A. et al. Application of various herbicides on controlling large and narrow leaf weeds and their effects on physiological and agronomic traits of wheat. **Planta Daninha**, v.38, p. e020202353, 2020.

BARROS, J.; CALADO, J. Rotação de herbicidas em trigo para prevenir a resistência das infestantes em condições Mediterrânicas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 3-13, 2020.

BEDIN, A. W. et al. Respostas morfofisiológicas de cultivares de trigo à aplicação de sais de 2, 4-D amina e colina. **Weed Control Journal**, v. 21, p. -, 2022.

BRUNHARO, C. et al. Western United States and Canada perspective: are herbicide-resistant crops the solution to herbicide-resistant weeds? **Weed Science**, v.70, n.3, p.272-286, 2022.

CARVALHO, S.J.P. et al. Seletividade de herbicidas por metabolismo diferencial: Considerações para redução de danos à cultura. **Scientia Agrícola**, v.66, n.1, p. 136-142, 2009.

CONAB - **Boletim da Safra de Grãos**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 4 jun. 2024.

CORREIA, N. M.; CARVALHO, A. D. F. Selectivity of herbicides for sweet potato. **Weed Control Journal**, v.20, n.1, e202100740, 2021.

CQFS-RS/SC. 2016. 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.

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.

DE LA CRUZ, R.A. et al. Estudos de absorção, translocação e metabolismo de

herbicidas em plantas daninhas e culturas. In: **Radioisótopos na pesquisa de plantas daninhas**, v. 1, p. 127-154, 2020.

EWRC, E.W.R.C. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC. **Committee of methods in Weed Research**. Weed Res, Oxford, v. 4, n.1, p. 88, 1964.

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

FISHER, L.R. et al. Uptake, translocation, and metabolism of root absorbed sulfentrazone and sulfentrazone plus clomazone in flue-cured tobacco transplants. **Weed Technology**. v.20, n.4, p.898-902, 2006.

GANDINI, E.M.M. et al. Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production**, v.268, 122152, 2020.

GALON, L. et al. Eficácia e fitotoxicidade de herbicidas aplicados para manejo de plantas daninhas infestantes do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 2, p. 128-140, 2015.

GALON, L. et al. Interaction between pesticides applied alone or in mixtures in corn. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 56, n. 11, p. 986–993, 2021.

GALON, L. et al. Seletividade de sais de 2,4-D aplicados em diferentes estádios fenológicos da cevada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 2, p. 1-9, 2022.

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

GAZOLA, J.G. et al. Chemical control of wild radish and volunteer Enlist™ soybean and selectivity to wheat crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, 2021.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n.1, p. 83-92, 2015.

GEHRKE, V.R.; CAMARGO, E.R.; AVILA, L.A. Sulfentrazone: environmental dynamics and selectivity. **Planta Daninha**, v.38, e020215663, p.1-16, 2020.

G HARDE, Y. et al. Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. **Crop Protection**, v. 107, n.1, p. 12-18, 2018.

INMET. **Histórico de dados meteorológicos**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 20 mai. 2024.

LAMEGO, F. P. et al. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 521-531, 2013a.

- LAMEGO, F. P. et al. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 31, n.2, p. 433-442, 2013b.
- MACIEL, C.D de G. et al. Selectivity of herbicides and insecticides tank mixtures applied in maize hybrids. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n.2, p. 287-302, 2018.
- MELO, C. A. D., et al. Bioaugmentation as an associated technology for bioremediation of soil contaminated with sulfentrazone. **Ecological Indicators**, v.99, n.1, p.343-348, 2019.
- MICHELON, C. J. Et al. Controle de nabo e azevém em trigo com herbicidas pós-emergentes. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 6, n. 1, p, 45-56 2021.
- MITHILA, J. et al. Evolution of resistance to auxinic herbicides: Historical perspectives, mechanisms of resistance, and implications for broadleaf weed management in agronomic crops. **Weed Science**, v.59, n.4, p.445-457, 2011.
- NUNES, A.L. et al. A multy-year study reveals the importance of residual herbicides on weed control in glyphosate-resistant soybean. **Planta Daninha**, v. 36, p. e018176135, 2018.
- PEEL, M. C. et al. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, n.5, p. 1633-1644, 2007.
- PEREIRA, L. S. et al. Controle de plantas daninhas tolerantes ao glifosato com 2,4-D dicamba. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 22-28, 2020.
- PETTER, F.A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.
- PIASECKI, C. et al. Seletividade de associações e doses de herbicidas em pós emergência do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 286-295, 2017.
- POLITO, R.A. et al. Interação de herbicidas inibidores da enzima acetil-CoA carboxilase com herbicidas auxínicos sobre azevém. **Ciência Rural**, v. 51, p. e20200462, 2021.
- RAJ, R. et al. Efficacy of different weed management practices on wheat growth and yield (*Triticum aestivum L.*). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 5, p. 2250-2253, 2020.
- RAKES, M. et al. Physicochemical compatibility of agrochemical mixtures in spray tanks for paddy field rice crops. **Planta Daninha**, v. 35, e017165185, 2017.
- SANTOS, F. M. et al. Herbicidas alternativos para o controle de *Conyza sumatrensis* (Retz.) EH Walker resistentes aos inibidores da ALS e EPSPs. **Revista Ceres**, v. 62, n.6, p. 531-538, 2015.

SCHMITZ, M. F. et al. Uso de clomazone associado ao safener dietholate para o manejo de plantas daninhas na cultura do trigo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 2-11, 2018.

SCHMITT, J. et al. Mistura dos herbicidas clodinafop-propargyl e 2,4-D na seletividade para o trigo e controle de aveia preta. **Revista Campo Digital**, v. 15, n. 1, 2020.

SOLIGO, V. et al. Does doses and time of 2,4-D application interfere in the physiology and wheat grains yield components?. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 89, e00342020, 2023.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3.ed. UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, Porto Alegre, 2018, 251p

TAMAGNO, W.A. et al. Redox status upon herbicides application in the control of *Lolium multiflorum* (2n and 4n) as weed. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v.56, p.1-11, 2022.

TREZZI, M.M. et al. Antagonismo das associações de clodinafop-propargyl com metsulfuron-methyl e 2,4-d no controle de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 25, n.4, p. 839-847, 2007

USDA. **Us department of agriculture**. Disponível em: <https://www.usda.gov>. Acesso em: 27 abr. 2024.