



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**André Lélis Dias**

**PYROXSULAM EM MISTURA COM INSETICIDAS PIRETRÓIDES NA  
CULTURA DO TRIGO: EFEITO ENZIMÁTICO**

**ARARAS – 2024**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**André Lélis Dias**

**PYROXSULAM EM MISTURA COM INSETICIDAS PIRETRÓIDES NA  
CULTURA DO TRIGO: EFEITO ENZIMÁTICO**

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar  
para a obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Andrea Monquero

**ARARAS – 2024**

**Dedico este trabalho a minha família que  
me apoiou incondicionalmente durante a  
minha jornada acadêmica.**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, sem Ele nada disso seria possível.

Agradeço a minha família, mas principalmente meus pais, José Roberto Dias Júnior e Lúcia Helena Lélis Dias, minha irmã Roberta Lélis Dias Pereira, meu cunhado Gabriel Rohrer Pereira e as minhas duas sobrinhas Alice Dias Pereira e Lia Dias Pereira por estarem sempre ao meu lado me dando apoio e nunca duvidando da minha capacidade, por sempre me ensinarem que nada na nossa vida é fácil e que temos que lutar a cada dia por nossos objetivos. Todo amor, carinho, apoio, companheirismo e incentivo de vocês me tornou a pessoa que sou hoje.

A Helena Piedade Farsoni, minha noiva, que me deu apoio durante o projeto e na escrita do mesmo. Agradeço pelo incentivo e por não ter me deixado desanimar nem desistir.

A minha orientadora Profa. Dra. Patrícia Andrea Monquero por toda orientação durante meu período de estágio e durante esse projeto desafiador.

Aos meus companheiros de projeto e estágio, do GECA, por aceitar esse grande desafio.

E a Profa. Dra. Sandra Regina Ceccato Antonini e a Isabella Carvalho Tanganini por todo o auxílio no decorrer desse projeto, principalmente nas análises realizadas em laboratório.

Agradeço imensamente a todos, pois sem o carinho e apoio de vocês, nada disso seria possível. Cada um de vocês teve sua contribuição para deixar esse caminho mais leve.

**“Não é a força mas a constância dos bons resultados que conduz o homem a felicidade.”**

**Friedrich Nietzsche**

## RESUMO

É muito comum o uso de misturas de diferentes pesticidas no meio agrícola, o resultado de uma associação entre eles pode ser de antagonismo (efeito menor da mistura quando comparado aos produtos aplicados separadamente), sinergismo (efeito potencializado da mistura) ou aditivo (efeitos iguais da mistura comparando com os produtos aplicados isoladamente). O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito das misturas entre herbicidas e inseticidas no desenvolvimento do trigo e na atividade catalítica da enzima antioxidante Glutathione S-Transferase (GST) em plantas de trigo. Foram realizados dois experimentos envolvendo dois inseticidas do grupo dos piretróides: deltametrina (5 g i.a ha<sup>-1</sup>) e acetamiprido + fenpropatrina (30 g i.a ha<sup>-1</sup> + 45 g i.a ha<sup>-1</sup>). Estes inseticidas foram aplicados em conjunto ou associados ao herbicida pyroxsulam (18 g i.a ha<sup>-1</sup>), simulando a mistura de tanque e intervalos diferentes entre a aplicação do inseticida e herbicida (3 e 7 dias). Para cada experimento o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 7 tratamentos e 4 repetições. Os resultados foram observados por meio de dois métodos de avaliação, um de acordo com sintomas visuais de fitotoxicidade na cultura avaliados em 7,14,21 e 28 dias após a aplicação (DAA) e o outro por meio da coleta de amostras das folhas e raízes das plantas de trigo 24, 48 e 72 horas após a aplicação para avaliação dos efeitos das misturas na ação da enzima GST. Pode-se observar em ambos experimentos que o tratamento onde o inseticida foi aplicado num intervalo de 7 dias antes da aplicação do herbicida que, a fitotoxicidade apresentada foi maior que nos demais, além de um atraso na emissão da panícula nas plantas de trigo, evidenciando que a seletividade do herbicida em relação à cultura do trigo foi afetada pelos inseticidas.

**Palavras Chave:** atividade catalítica; fitotoxicidade; Glutathione S-Transferase; seletividade; *Triticum spp.*

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Parâmetros químicos para fins de fertilidade de amostra (0-20 cm) de Latossolo Vermelho distrófico.....	<b>15</b>
<b>Tabela 2.</b> Tratamentos utilizados nos experimentos com inseticida e herbicida aplicados em diferentes tempos.....	<b>16</b>
<b>Tabela 3.</b> Fitotoxicidade nas plantas de trigo aos 7, 14, 21 e 28 DAA com o inseticida deltrametrina em associação com o herbicida pyroxsulam.....	<b>20</b>
<b>Tabela 4.</b> Fitotoxicidade nas plantas de trigo aos 7, 14, 21 e 28 DAA com o inseticida fenpropratrina + acetamiprido em associação com o herbicida pyroxsulam. ....	<b>21</b>
<b>Tabela 5.</b> Altura (cm) e massa seca (g) da parte aérea das plantas de trigo com o inseticida deltrametrina em associação com o herbicida pyroxsulam.....	<b>22</b>
<b>Tabela 6.</b> Altura (cm) e massa seca (g) da parte aérea das plantas de trigo com o inseticida fenpropratrina + acetamiprido em associação com o herbicida pyroxsulam. ....	<b>23</b>
<b>Tabela 7.</b> Proteínas totais (mg/ml) padronizada pela massa úmida de cada amostra com o inseticida deltrametrina em associação com o herbicida pyroxsulam. ....	<b>24</b>
<b>Tabela 8.</b> Proteínas totais (mg/ml) padronizada pela massa úmida de cada amostra com o inseticida fenpropratrina + acetamiprido em associação com o herbicida pyroxsulam. ....	<b>25</b>
<b>Tabela 9.</b> Atividade da Glutathione S-Transferase expressa em umol/min/mg de proteína com o inseticida deltrametrina em associação com o herbicida pyroxsulam. ....	<b>26</b>
<b>Tabela 10.</b> Atividade da Glutathione S-Transferase expressa em umol/min/mg de proteína com o inseticida fenpropratrina + acetamiprido em associação com o herbicida pyroxsulam. ....	<b>27</b>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	14
<b>3.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	14
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	14
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
<b>4.1 AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE, ALTURA E MASSA SECA</b> .....	16
<b>4.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CATALÍTICA E QUANTIDADE DE PROTEÍNAS TOTAIS</b> .....	17
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	28
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

O trigo é um cereal utilizado como base na produção de inúmeros alimentos essenciais para a população mundial, e os produtores que mais se destacam são: a China, a União Europeia, a Índia, a Rússia, os Estados Unidos da América, o Canadá, a Austrália, o Paquistão, a Turquia, a Argentina e a Ucrânia (USDA, 2023). Segundo CONAB (2023) o Brasil está na décima segunda posição dentre os países produtores de trigo, sendo que para conseguir suprir a demanda brasileira, foi necessária a importação de 418,5 mil toneladas no mês de julho, o que apresentou uma diminuição de 16,21% em relação a julho de 2022, a origem das importações foram os seguintes países: Rússia, Argentina, EUA, Canadá, Paraguai e Uruguai, com a Rússia fornecendo 40,97% do total.

Durante o ciclo do trigo existem alguns fatores bióticos que podem influenciar em seu cultivo, sendo necessário o manejo da maneira correta para que não ocorra grandes prejuízos na produção. Um desses fatores é a ocorrência de pragas que infestam as lavouras, como as lagartas, corós e percevejos, que podem causar danos significativos em todas as partes da planta, além de transmitirem alguns patógenos como é o caso dos pulgões (Salvadori et al., 2022). Para evitar ou conter os prejuízos causados pelos insetos-praga devem ser tomadas medidas de controle, sendo que a mais comum é o uso de inseticidas (Balci et al., 2019). Dentre os inseticidas disponíveis no mercado, a classe dos piretróides que agem no sistema nervoso central dos insetos, tem um grande destaque, já que apresentam amplo espectro, conseguindo, portanto, atuar contra diversas pragas, correspondendo por mais de 17% do mercado global de defensivos agrícolas (Morgan et al., 2018).

Outro fator que pode afetar a produtividade da cultura é a presença de plantas daninhas, que por sua vez acabam por competir por luz, água e nutrientes, sendo que no estágio de desenvolvimento inicial (45-50 dias após emergência) das plantas de trigo isso ocorre de forma mais aguda, pois é o período crítico de competição (Roman, 2006). Para controlar as plantas daninhas o método mais utilizado é o de controle químico, por meio da aplicação de herbicidas, que pode ser realizada em pré ou pós emergência das plantas daninhas. Ao aplicar um herbicida deve-se levar em consideração a seletividade dos herbicidas em relação à cultura do trigo, de modo que a mesma não seja afetada pela utilização do produto químico (Bari et al. 2020).

Dentre os produtos disponíveis no mercado, tem-se o pyroxsulam que é utilizado em pós emergência inicial na cultura do trigo e tem como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS) que participa da biossíntese dos aminoácidos

essenciais. isoleucina, leucina e valina. Este herbicida é efetivo no controle de diversas espécies em doses baixas, além de apresentar seletividade a diversas culturas (Oliveira Junior et al., 2011).

A seletividade a este herbicida na cultura do trigo deve-se à metabolização do herbicida pela própria planta, o que ocorre devido a ação de algumas enzimas como a glutationa S-transferase (GST), que realiza a catalisação da conjugação de glutationa, (GSH), de modo que a variedade de componentes citotóxicos presentes em sua composição resultem em conjugados solúveis em água, fazendo assim, com que o produto possa exercer um caráter seletivo à cultura de interesse devido a sua menor toxicidade (Kreuz et al., 1996).

Porém, o uso combinado do herbicida pyroxsulam com inseticidas do grupo dos piretróides pode provocar fitotoxicidade na cultura, uma vez que os piretróides podem reduzir a atividade catalítica da glutationa S-transferase (Ribeiro et al, 2022). As misturas entre pesticidas com produtos químicos como fertilizantes, podem gerar efeitos sinérgicos, aditivos ou antagônicos, podendo inclusive resultar na quebra de seletividade do herbicida, apresentando assim fitotoxicidade na cultura de interesse (Gazziero, 2015).

Portanto, se mostra necessário entender melhor os efeitos que uma mistura entre produtos pode provocar, uma vez que pesquisas sobre os impactos que esses produtos podem ter nas enzimas de diferentes organismos como a Glutaciona S-Transferase ainda são escassos e necessitam de uma melhor investigação (Islam et al., 2019)

Desse modo, esse trabalho teve como objetivo verificar o efeito das misturas entre herbicidas e inseticidas no desenvolvimento do trigo e na atividade catalítica da enzima antioxidante Glutaciona S-Transferase (GST) em plantas de trigo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A mistura de produtos químicos em tanques para aplicação se tornou uma prática comum em todo o mundo, e isso pode proporcionar diversos efeitos, sendo eles negativos ou positivos. Os principais são: aditivo, sinergismo, antagonismo, podendo ocorrer incompatibilidade química ou física, problemas na aplicação, riscos para a saúde humana e para organismos não alvos, sendo prejudicial para o meio ambiente (Castro, 2009).

O sinergismo acontece quando dois ou mais produtos que estão sendo utilizados juntamente produzem um efeito combinado maior do que a soma do efeito individual dos mesmos, podendo assim aumentar a eficácia de controle ou o efeito fitotóxico nas plantas, inclusive nas culturas de interesse. Já o antagonismo refere-se a ocasiões em que os produtos que foram combinados apresentam uma menor eficácia, de modo que um interfira na absorção do outro, resultando assim numa interação negativa entre eles. Por fim, o efeito aditivo ocorre quando a fitotoxicidade total resultante da combinação de dois ou mais defensivos é equivalente à soma dos efeitos de fitotoxicidade de cada produto aplicado isoladamente (Queiroz et al. 2008).

A mistura entre herbicidas sistêmicos e de contato é um exemplo de efeito antagônico. Tal efeito ocorre porque a ação do herbicida de contato pode ocorrer mais rapidamente, impedindo que o herbicida sistêmico tenha efeito, resultando em uma redução na eficácia do controle das plantas daninhas (Bethke et al., 2013).

Um exemplo de sinergismo ocorre entre os inibidores da síntese de carotenoides e do fotossistema II. Quando há uma interrupção no fluxo de elétrons, a ausência de carotenoides para dissipar o excesso de energia potencializa o controle das plantas daninhas (Kruse et al., 2001).

O efeito aditivo por sua vez pode ser a combinação de glifosato e atrazina. Ambos são herbicidas amplamente utilizados com diferentes modos de ação. Quando aplicados juntos, o efeito aditivo ocorre, o que significa que a fitotoxicidade total resultante da combinação é igual à soma dos efeitos de fitotoxicidade de cada herbicida aplicado isoladamente. Essa combinação pode resultar em um controle mais eficaz das plantas daninhas, pois atuam em diferentes vias metabólicas, aumentando a eficácia do controle com um custo menor e reduzindo a chance de resistência das plantas daninhas (Takano et al., 2013).

Segundo Gazziero (2015), de 500 respostas recebidas de 17 estados brasileiros, sendo elas de produtores rurais e de assistências técnicas privadas, cooperativas ou oficiais, 97% adotam práticas envolvendo mistura de tanque em suas propriedades,

porém, 72% dos mesmos afirmaram que desconhecem ou não tem informações suficientes sobre o assunto, isso reflete em problemas na aplicação de defensivos, sendo que 71% responderam que já os tiveram. Portanto, é evidente a necessidade da realização de mais pesquisas e da regulamentação em relação ao assunto.

Na cultura do trigo, produtos pertencentes ao grupo químico dos inseticidas são de suma importância desde a implementação do cultivo até a pós-colheita, já que as pragas são um problema frequente até no armazenamento dos grãos. Por conta disso, os mesmos são utilizados em grande escala durante a safra, sendo no tratamento de sementes ou em pulverizações aéreas durante o ciclo da cultura (Silva et al., 2004).

Devido a esse elevado número de pragas presente em todos os estágios de desenvolvimento da planta, viu-se a necessidade de inseticidas que atuam contra uma ampla gama de insetos, fazendo assim com que a utilização da classe dos piretróides aumentasse. Estes inseticidas surgiram através do *piretrum*, que é composto por algumas substâncias obtidas no processo de maceração da flor do crisântemo, a qual tem um efeito repelente a insetos (Santos et al., 2007)

Apesar de sua grande importância no mercado global de produtos agrícolas, os piretróides possuem características negativas em relação ao meio ambiente, como: a contaminação de alimentos, alta toxicidade para abelhas e a contaminação do solo (Sánchez-Bayo et al., 2016; Trevizan et al., 2000; Gan et al., 2005;). Porém, estudos em relação aos efeitos que esses produtos podem causar em enzimas presentes em vários seres vivos como a Glutathione S-Transferase ainda são escassos e necessitam de uma melhor investigação (Islam et al., 2019)

Além do controle de pragas, o manejo de plantas daninhas no campo é tratado como essencial e deve ser realizado desde a pré-emergência das mesmas. Para isso, o método mais adotado é o controle com a aplicação de herbicidas, sendo os pertencentes a classe de inibidores da ALS os mais utilizados devido a: alta seletividade em relação a cultura, alta eficiência mesmo em doses mais baixas e amplo espectro de plantas daninhas (Silva et al., 2007).

No Brasil, há um número reduzido de herbicidas registrados para o controle de plantas daninhas na cultura do trigo, portanto, o Pyroxulam surgiu como uma boa alternativa, sendo muito utilizado devido ao seu controle de *Lolium multiflorum* (avevém), uma espécie muito problemática para a cultura, além de espécies como: *Avena strigosa* (aveia-preta); *Avena sativa* (aveia-branca); *Glycine max* (soja voluntária) e

*Raphanus raphanistrum* (nabo), que são economicamente importantes dentro do ciclo do trigo (ZOBIOLE et al., 2018; ARDUIM, et al., 2012)

Essa classe tem como característica inibir a síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, como por exemplo: a leucina, a valina e a isoleucina. Desse modo, conseguem inibir a divisão celular que iria ocorrer posteriormente, além de provocar um acúmulo de cetobutirato, composto que é tóxico em grandes quantidades, causando assim a morte da planta (Oliveira Junior et al., 2011).

Se tratando da aplicação desses herbicidas na cultura do trigo, a metabolização destes produtos é essencial para que a sua seletividade em relação à cultura de interesse não seja afetada. (Mueller et al., 1990; Matzenbacher et al., 2015). Para que esse processo possa ocorrer é necessária a catalisação de enzimas chamadas transferases, que têm a capacidade de transformar o produto em um complexo mais solúvel em água e menos tóxico para a planta. Nesse sentido, a glutathione S-transferase tem um papel essencial, protegendo o organismo contra danos oxidativos e a fitotoxicidade de compostos xenobióticos (Borah et al., 2017).

Entretanto, alguns produtos como os piretróides podem prejudicar a atividade catalítica desta enzima, de modo que a mesma não consiga exercer de maneira eficaz a conjugação dos compostos considerados tóxicos para as plantas, podendo assim afetar o desenvolvimento da cultura (Ribeiro et al, 2022).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito das misturas entre herbicidas e inseticidas no desenvolvimento do trigo e na atividade catalítica da enzima antioxidante Glutationa S-Transferase (GST) em plantas de trigo.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Avaliar o efeito da mistura de tanque entre o herbicida e os inseticidas;
2. Avaliar diferentes intervalos de aplicação entre o herbicida e os inseticidas;
3. Avaliar a fitotoxicidade na cultura;
4. Avaliar o efeito das aplicações na atividade catalítica da Glutationa S-Transferase.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação. As unidades amostrais foram representadas por vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 5 litros, contendo solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro (Embrapa, 1999), coletado na camada de 0 a 20 cm, cuja análise química foi realizada pelo Laboratório de Fertilidade e Química do solo.

**Tabela 1.** Parâmetros químicos para fins de fertilidade de amostra (0-20 cm) de Latossolo Vermelho distrófico.

Latossolo Vermelho-Escuro									
P Resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	Ca/Cl <sub>2</sub>				mmolc/dm <sup>3</sup>			%
12	24	4,8	1,2	9	4	26	14,2	40,2	35

A cultivar de trigo selecionada foi a TBIO PONTEIRO, adquirida através da empresa Lagoa Bonita Sementes, sendo semeadas 8 sementes por vaso. Os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação e submetidos à irrigação durante todo o período experimental, a fim de se manter a umidade do solo em torno de 80% da capacidade de campo.

A aplicação dos tratamentos foi realizada quando a planta apresentou duas folhas abertas, correspondente a etapa 1.2 da escala decimal de desenvolvimento dos cereais (Zadoks et al., 1974). Foram realizados dois experimentos envolvendo os seguintes inseticidas piretróides: deltametrina (5 g i.a ha<sup>-1</sup>) e acetamiprido + fenpropatrina (30 g i.a ha<sup>-1</sup> + 45 g i.a ha<sup>-1</sup>) isolados ou associados ao uso do herbicida pyroxsulam na dose 18 g i.a ha<sup>-1</sup>. Os produtos foram aplicados em mistura de tanque e em diferentes momentos (dias) entre inseticida e herbicida (Tabela 2). O delineamento para cada inseticida foi inteiramente casualizado com 7 tratamentos cada e 4 repetições.

Foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub>, com pressão de 30 lb/pol<sup>2</sup>, equipado com barra com dois bicos do tipo leque, XR 110.03, espaçados entre si de 0,50 m, com consumo de 200 L. ha<sup>-1</sup> de calda. Por ocasião da aplicação, no período da manhã, o substrato do vaso estava úmido, e as condições meteorológicas de temperatura,

umidade relativa do ar e velocidade do vento foram: temperatura de 25°C, umidade relativa do ar em 60% e velocidade do vento de 3m/s.

**Tabela 2.** Tratamentos utilizados nos experimentos com inseticida e herbicida aplicados em diferentes tempos.

Inseticida	Herbicida	Aplicação
Deltrametrina	-	Inseticida isolado
Deltametrina	Pyroxsulam	Inseticida/7 dias/ herbicida
Deltametrina	Pyroxsulam	Inseticida / 3 dias / herbicida
Deltametrina	Pyroxsulam	Inseticida + Herbicida no mesmo dia
Deltametrina	Pyroxsulam	Herbicida / 7 dias / inseticida
Deltametrina	Pyroxsulam	Herbicida / 3 dias / inseticida
-	Pyroxsulam	Herbicida isolado
Testemunha total		Sem agrotóxico
Inseticida	Herbicida	Aplicação
Acetamiprido + Fenpropatrina	-	Inseticida isolado
Acetamiprido + Fenpropatrina	Pyroxsulam	Inseticida/7 dias/ herbicida
Acetamiprido + Fenpropatrina	Pyroxsulam	Inseticida / 3 dias / herbicida
Acetamiprido + Fenpropatrina	Pyroxsulam	Inseticida + Herbicida no mesmo dia
Acetamiprido + Fenpropatrina	Pyroxsulam	Herbicida / 7 dias / inseticida
Acetamiprido + Fenpropatrina	Pyroxsulam	Herbicida / 3 dias / inseticida
-	Pyroxsulam	Herbicida isolado
Testemunha total		Sem agrotóxico

#### 4.1 AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE, ALTURA E MASSA SECA

Os efeitos dos tratamentos sobre a cultura foram avaliados aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA), de acordo com os sintomas visuais de fitotoxicidade, numa escala de 0% (zero) a 100%, em que 0 (zero) equivale a nenhum dano visível na planta e 100%, à morte da planta (FRANS, 1972).

Aos 30 dias após aplicação (DAA) a altura das plantas foi medida com uma régua e foi coletada uma planta por vaso para que após 48 horas à 50°C em estufa de secagem fosse possível realizar a determinação da biomassa seca da parte aérea.

Os dados foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, as médias qualitativas foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e para as médias quantitativas, ajustadas curvas de regressão.

#### **4.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CATALÍTICA E QUANTIDADE DE PROTEÍNAS TOTAIS**

Amostras da parte aérea das plantas de cada tratamento descrito anteriormente foram coletadas após 24, 48 e 72 horas, em duplicata. Foram pesadas, armazenadas em sacos de papel e mantidas em ultra freezer (-80°C). A extração de proteínas foi adaptada de metodologias descritas por Cataneo *et al.* (2003) e Wu *et al.* (1996) com modificações. As amostras foram maceradas com nitrogênio líquido em almofariz e homogeneizadas em 20 mL de tampão TRIS-HCl 50 mmol L<sup>-1</sup> pH 7,0 gelado, contendo 20% de glicerol (v/v), 1 mmol L<sup>-1</sup> de ácido ascórbico, 1 mmol L<sup>-1</sup> de ditioneitol (DTT), 1 mmol L<sup>-1</sup> de EDTA, 1 mmol L<sup>-1</sup> de glutathione reduzida e 5 mmol L<sup>-1</sup> de MgCl<sub>2</sub>. Foram armazenadas em tubos de centrifugação Falcon® e centrifugadas a 4°C por 12 minutos a 12.000 g. Os sobrenadantes foram coletados, transferidos de tubo e centrifugados novamente por 15 minutos a 14.000 g. Os sobrenadantes restantes foram armazenados em freezer (-20°C).

Os sobrenadantes obtidos após as centrifugações foram usados para determinação de proteínas totais pelo método de Bradford (1976) e análise de atividade enzimática de Glutathione-S-transferase (GST) pelo método de Hemingway (1998), conforme Brasil (2006). Ambas as análises foram realizadas espectrofotometricamente em microplacas de 96 poços (Corning®) em leitor de placas Tecan Infinite® 200 PRO.

Para determinação de proteínas totais, 10 µL de cada amostra foram distribuídos em uma microplaca, em triplicata. O controle (“branco”) foi feito com 10 µL do mesmo tampão usado para homogeneizar as amostras na etapa de extração, também em triplicata. 300 µL do reativo de Bradford (ACS Científica®) foram adicionados em cada poço, a placa foi incubada por 4 minutos e a leitura realizada a 620 nm no leitor de placas. Para determinar a concentração de proteínas nas amostras, foi feita uma curva de calibração com concentrações conhecidas da proteína padrão albumina sérica bovina (BSA). Os resultados foram padronizados pela massa úmida de cada amostra e expressos em mg mL<sup>-1</sup> de proteína.

A atividade da Glutathione-S-transferase (GST) foi determinada distribuindo 15 µL de amostra, em triplicata, seguido de 195 µL de uma solução de trabalho contendo 10 mM de glutathione reduzida (GSH) em tampão fosfato de potássio 100 mM pH 6,5 e 21

mM de CDNB (1-Cloro-2,4-dinitrobenzeno) em metanol. Esta solução de trabalho é constituída de 20 mL da solução de glutathione adicionada de 1 mL de CDNB. A reação tem início imediatamente após a adição desta solução às amostras. As leituras foram feitas a 340 nm no tempo zero, e em intervalos de 1 minuto, por 28 minutos totais. Os valores de absorbância foram plotados e descontados do valor de absorbância do branco (15  $\mu$ L de tampão + 195  $\mu$ L da solução trabalho). Na porção linear, dois pontos foram escolhidos (10 e 20 min) para o cálculo de variação da absorbância por minuto ( $\Delta A_{340/\text{min}}$ ).

O cálculo de atividade foi realizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Atividade GST} = (\Delta A_{340/\text{min}} \times 0,21) / (0,0096 \times 1000 \times 0,6 \times 0,015)$$

Onde:

$\Delta A_{340/\text{min}}$  = variação da absorbância entre dois pontos distintos dividida pelo tempo (10 min)

0,21 = volume final da reação (mL)

0,0096 = coeficiente de extinção molar do produto da reação ( $\mu\text{mol cm}^{-1}$ )

0,6 = caminho óptico (altura do volume da reação no poço da microplaca, em cm)

0,015 = volume de amostra (mL)

Os resultados de atividade de GST foram expressos em  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína (ou  $\text{nmol}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína), dividindo-se o valor da atividade obtido pela concentração de proteínas totais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante as avaliações visuais de fitotoxicidade em relação aos dias após aplicação estão expressos na tabela 3 para o inseticida deltametrina e na tabela 4 para o inseticida acetamiprido + fenpropatrina.

Primeiramente, notou-se que aos 7 e 14 DAA não houve diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha, mas aos 21 DAA o tratamento envolvendo a mistura de tanque entre deltametrina e pyroxsulam apresentou maior fitotoxicidade com 7,5%. Já aos 28 DAA três tratamentos apresentaram maior fitotoxicidade, sendo eles: deltametrina; deltametrina sendo aplicada 7 dias antes do pyroxsulam; e a mistura de tanque entre deltametrina e pyroxsulam, com 6,25%, 7,5% e 7,5% respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 3.** Fitotoxicidade nas plantas de trigo aos 7, 14, 21 e 28 DAA com o inseticida deltametrina em associação com o herbicida pyroxsulam.

Tratamentos	Fitotoxicidade (%)			
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Deltametrina	1,25 aB	3,75 aAB	5,00 abcAB	6,25 aA
Deltametrina + Pyrox - 7 dias	2,50 aA	5,00 aA	6,25 abA	7,50 aA
Deltametrina + Pyrox - 3 dias	0,00 aA	0,00 aA	1,25 bcA	2,50 abA
Deltametrina + Pyrox	1,25 aB	5,00 aAB	7,50 aA	7,50 aA
Pyrox + Deltametrina - 7 dias	2,50 aA	3,75 aA	3,75 abcA	3,75 abA
Pyrox + Deltametrina - 3 dias	0,00 aA	1,25 aA	3,75 abcA	3,75 abA
Pyroxsulam	0,00 aA	0,00 aA	0,00 cA	0,00 bA
Controle	0,00 aA	0,00 aA	0,00 cA	0,00 bA
CV	93,14%			
DMS (5%)	Trat=3,68; Período=6,16			
F	F(Trat)=7,84**;F(Período)=11,25**;F(TxP)=0,72 <sup>ns</sup>			

Trat=Tratamento. \*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; Médias transformadas por  $arc\ sen\ \sqrt{x/100}$  Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Da mesma maneira, na tabela 4 nenhuma das aplicações com o inseticida fenpropatrina + acetamiprido e o herbicida pyroxsulam demonstrou diferença estatística

em relação ao controle aos 7 e 14 DAA, porém nas avaliações aos 21 e 28 DAA o tratamento em que o inseticida fenpropratrina + acetamiprido aplicado 7 dias antes do herbicida pyroxsulam apresentou maior fitotoxicidade que nos demais tratamentos, com 12,5%.

**Tabela 4.** Fitotoxicidade nas plantas de trigo aos 7, 14, 21 e 28 DAA com o inseticida fenpropratrina + acetamiprido em associação com o herbicida pyroxsulam.

Tratamentos	Fitotoxicidade (%)			
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Fenpropratrina	0,00 aA	1,25 aA	1,25 bA	2,50 bA
Fenpro+Pyrox 7 dias	5,00 aB	7,50 aAB	12,50 aA	12,50 aA
Fenpro+Pyrox 3 dias	0,00 aA	1,25 aA	2,50 bA	6,25 abA
Fenpro+Pyrox	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA	0,00 bA
Pyrox+Fenpro - 7 dias	2,50 aA	3,75 aA	6,25 abA	6,25 abA
Pyrox+Fenpro - 3 dias	1,25 aA	2,50 aA	3,75 bA	3,75 bA
Pyroxsulam	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA	0,00 bA
Controle	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA	0,00 bA
CV	109,43%			
DMS (5%)	Trat=6,43; Período=7,62			
F	F(trat)=5,51**; F(Período)=15,66**; F(TxP)=0,73ns			

Trat=Tratamento. \*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; Médias transformadas por  $arc\ sen\ \sqrt{x/100}$  Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Além da fitotoxicidade, foram avaliados os parâmetros de altura e de massa seca das plantas de trigo. Com relação ao uso de deltrametrina, não houve nenhuma diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha (Tabela 5).

**Tabela 5.** Altura (cm) e massa seca (g) da parte aérea das plantas de trigo com o inseticida deltrametrina em associação com o herbicida pyroxsulam.

Tratamentos	Altura (cm)	Massa seca (g)
Deltrametrina	29,37 a	1,21 a
Deltrametrina + Pyrox - 7 dias	30,00 a	1,00 a
Deltrametrina + Pyrox - 3 dias	29,12 a	1,19 a
Deltrametrina + Pyrox	29,12 a	1,32 a
Pyrox + Deltrametrina - 7 dias	33,12 a	1,26 a
Pyrox + Deltrametrina - 3 dias	31,12 a	1,29 a
Pyroxsulam	30,87 a	1,03 a
Controle	32,00 a	1,30 a
CV	6,20%	26,37%
DMS (5%)	4,44	0,74
F	2,36 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>

\*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; Médias transformadas por  $arc\ sen\ \sqrt{x/100}$  Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Já na tabela 6, no tratamento fenpropratrina + acetamiprido aplicado com um intervalo de 7 dias em relação a aplicação do pyroxsulam apresentou diferença estatística em relação ao controle, tanto na altura como na massa seca, apresentando valores inferiores em ambos os parâmetros, sendo eles: 24,62cm e 0,89g e a testemunha com 33,50cm e 1,40g.

**Tabela 6.** Altura (cm) e massa seca (g) da parte aérea das plantas de trigo com o inseticida fenpropratrina + acetamiprido em associação com o herbicida pyroxsulam.

Tratamentos	Altura (cm)	Massa seca (g)
Fenpropratrina	32,00 ab	1,28a
Fenpro+Pyrox 7 dias	24,62 b	0,89 b
Fenpro+Pyrox 3 dias	29,87 ab	1,08 ab
Fenpro+Pyrox	34,00 a	1,11 ab
Pyrox+Fenpro - 7 dias	28,12 ab	1,25 ab
Pyrox+Fenpro - 3 dias	30,00 ab	1,12 ab
Pyroxsulam	29,62 ab	1,23 ab
Controle	33,50 a	1,40 a
CV	12,41%	15,91%
DMS (5%)	8,78	0,43
F	2,62*	2,70*

\*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; Médias transformadas por  $arc\ sen\ \sqrt{x/100}$  Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os dados encontrados em relação a quantidade de proteínas totais nos intervalos de 24, 48 e 72h após as aplicações dos tratamentos estão apresentados nas tabelas 7 e 8. Na tabela 7 observou-se que ao se aplicar o inseticida e o herbicida deixando um intervalo de 7 dias entre as aplicações, independente da ordem em que os mesmos foram aplicados, existe uma diferença estatística entre esses dois tratamentos e a testemunha no intervalo de 48h após a aplicação. O tratamento em que o inseticida foi aplicado 7 dias antes do herbicida apresentou 0,26 mg/ml, quando o inseticida foi aplicado 7 dias após o herbicida o valor encontrado foi de 0,27 mg/ml enquanto que a testemunha apresentou 0,87 mg/ml de proteínas totais em suas folhas.

**Tabela 7.** Proteínas totais (mg/mL) padronizada pela massa úmida de cada amostra com o inseticida deltametrina em associação com o herbicida pyroxsulam.

Proteínas totais (mg/mL) padronizada			
Tratamentos	24h	48h	72h
Deltametrina	0,55 aA	0,71 aA	0,68 aA
Deltametrina + Pyrox - 7 dias	0,33 aAB	0,26 bB	0,55 aA
Deltametrina + Pyrox - 3 dias	0,47 aA	0,57 abA	0,52 aA
Deltametrina + Pyrox	0,40 aA	0,58 abA	0,46 aA
Pyrox + Deltametrina - 7 dias	0,34 aA	0,27 bA	0,38 aA
Pyrox + Deltametrina - 3 dias	0,52 aA	0,60 abA	0,44 aA
Pyroxsulam	0,52 aA	0,70 aA	0,46 aA
Controle	0,69 aA	0,87 aA	0,49 aB
CV	22,36%		
DMS (5%)	Trat=0,3845; Período=0,2899		
F	F(trat)=6,43**; F(período)=2,91ns; F(TxP)=1,75ns		

Trat=Tratamento. \*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; Médias transformadas por  $arc\ sen\ \sqrt{x/100}$  Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Nos tratamentos envolvendo o inseticida fenprotrina + acetamiprido não houve diferença estatística em relação a testemunha com relação a proteínas totais no intervalo de 24 e 72 h, já em 48 h o controle apresentou maior concentração com relação ao tratamento envolvendo a associação herbicida e inseticida no intervalo de 7 dias (Tabela 8).

**Tabela 8.** Proteínas totais (mg/mL) padronizada pela massa úmida de cada amostra com o inseticida fenpropratrina + acetamiprido em associação com o herbicida pyroxsulam.

Proteínas totais (mg/mL) padronizada			
Tratamentos	24h	48h	72h
Fenpropratrina	0,62 aA	0,66 abA	0,42 aA
Fenpro+Pyrox 7 dias	0,38 aA	0,43 abA	0,47 aA
Fenpro+Pyrox 3 dias	0,41 aA	0,68 abA	0,50 aA
Fenpro+Pyrox	0,42 aA	0,60 abA	0,43 aA
Pyrox+Fenpro - 7 dias	0,25 aB	0,31 bAB	0,58 aA
Pyrox+Fenpro - 3 dias	0,53 aA	0,50 abA	0,53 aA
Pyroxsulam	0,62 aA	0,60 abA	0,45 aA
Controle	0,60 aA	0,71 aA	0,70 aA
CV	22,21%		
DMS (5%)	Trat=0,2219; Período=0,1025		
F	F(trat)=3,59**; F(período)=2,10ns; F(TxP)=1,61ns		

Trat=Tratamento. \*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; Médias transformadas por  $arc\ sen\ \sqrt{x/100}$  Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Por fim, foi determinada a atividade da Glutathione-S-transferase (GST) em cada tratamento levando em consideração os intervalos de 24, 48 e 72h após a aplicação dos tratamentos (Tabelas 9 e 10). Após 24 e 48h o inseticida deltametrina aplicado 7 antes do herbicida pyroxsulam é o único tratamento que se diferenciou estatisticamente ao ser comparado com a testemunha apresentando 0,071 e 0,101 umol/min/mg de proteína respectivamente, enquanto que os valores obtidos no controle foram 0,026 e 0,022 umol/min/mg de proteína nos mesmos períodos de tempo.

**Tabela 9.** Atividade da Glutathione S-Transferase expressa em  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína com o inseticida deltametrina em associação com o herbicida pyroxsulam.

umol/min/mg de proteína			
Tratamentos	24h	48h	72h
Deltametrina	0,030 bA	0,024 bA	0,036 bA
Deltametrina + Pyrox - 7 dias	0,071 aB	0,101 aA	0,051 abB
Deltametrina + Pyrox - 3 dias	0,058 abA	0,057 bA	0,071 aA
Deltametrina + Pyrox	0,054 abA	0,057 bA	0,077 aA
Pyrox + Deltametrina - 7 dias	0,044 abA	0,060 bA	0,045 abA
Pyrox + Deltametrina - 3 dias	0,047 abB	0,053 bAB	0,078 aA
Pyroxsulam (1)	0,049 abAB	0,044 bB	0,076 aA
Controle	0,026 bA	0,022 bA	0,039 abA
CV	22,17%		
DMS (5%)	Trat=0,0392; Período=0,0296		
F	F(trat)=10,84**;F(periodo)=4,17*;F(TxP)=2,70*		

Trat=Tratamento. \*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; Médias transformadas por  $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$  Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na associação de fenpropatrina + acetamiprido com o herbicida, no intervalo de 48h não foi notada nenhuma diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha, porém, no intervalo de 72h, três tratamentos se diferenciaram da testemunha, sendo eles: fenpropatrina + acetamiprido aplicado com 3 dias de antecedência ao pyroxsulam; a mistura de tanque entre fenpropatrina + acetamiprido e pyroxsulam; e o pyroxsulam isolado, apresentando os seguintes valores: 0,078, 0,087 e 0,084  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína respectivamente, sendo os três superiores ao valor apresentado pela testemunha, que foi de 0,052  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína.

**Tabela 10.** Atividade da Glutathione S-Transferase expressa em  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína com o inseticida fenpropratrina + acetamiprido em associação com o herbicida pyroxsulam.

Tratamentos	$\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ proteína		
	24h	48h	72h
Fenpropratrina	0,025 aA	0,028 aA	0,038 bcA
Fenpro+Pyrox 7 dias	0,054 abA	0,060 aA	0,054 abcA
Fenpro+Pyrox 3 dias	0,062 abA	0,055 aA	0,078 abA
Fenpro+Pyrox	0,059 abA	0,054 aA	0,087 aA
Pyrox+Fenpro - 7 dias	0,072 aA	0,049 aAB	0,032 cB
Pyrox+Fenpro - 3 dias	0,060 abA	0,058 aA	0,052 abcA
Pyroxsulam	0,043 abB	0,057 aAB	0,084 aA
Controle	0,046 bA	0,027 aA	0,052 cA
CV	24,50%		
DMS (5%)	Trat=0,0254; Período=0,0117		
F	F(trat)=5,11**;F(período)=272ns;F(TxP)=2,06 <sup>ns</sup>		

Trat=Tratamento. \*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; Médias transformadas por  $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$  Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No trabalho conduzido por Ribeiro et al. (2022), observou-se que ao se aplicar inseticidas como deltametrina e fenpropratrina a atividade catalítica da enzima Glutathione S-Transferase é reduzida. Porém, esses resultados não corroboram com os encontrados no presente trabalho, uma vez que a atividade catalítica obtida nos tratamentos em que a deltametrina e a fenpropratrina presentes não demonstraram valores inferiores a testemunha.

Entretanto, quando analisada a fitotoxicidade causada na cultura, os tratamentos envolvendo a aplicação dos inseticidas piretróides 7 dias antes da aplicação do herbicida pyroxsulam foram os que apresentaram maiores danos, sendo observado sintomas nítidos de clorose, com a possibilidade da planta ainda se recuperar nesses casos. Porém, ao observar a altura e a massa seca, somente a fenpropratrina + acetamiprido demonstrou valores bem inferiores a testemunha, demonstrando uma redução de porte, o que pode levar a uma perda da produtividade no futuro.

Para Carvalho et al. (2009), a fitotoxicidade pode ser compreendida como a ultrapassagem da capacidade máxima de proteção proporcionada pelos mecanismos de seletividade ou, considerando o metabolismo como o principal mecanismo, como a excedência da capacidade intrínseca da espécie em detoxificar uma molécula específica. Visto que o metabolismo de herbicidas implica em um consumo de energia, os sintomas de fitotoxicidade representam um segundo dispêndio energético que não deve ser encarado como uma resposta fisiológica natural, podendo, portanto, resultar em perdas de rendimento das culturas.

Conforme delineado por Jablonkai (2015), o processo de metabolismo nas plantas pode seguir um processo de três fases. Na fase 1, é através da ação do citocromo P450 que ocorre a conversão de moléculas hidrofóbicas em hidrofílicas, existem vários casos nos quais diferentes enzimas P450 conferem seletividade a certos herbicidas em plantas cultivadas (Nandula, 2017).

Na fase 2, a conjugação da glutatona é a mais destacada, Cobb e Reade (2011) observaram que as plantas cultivadas apresentam uma atividade mais elevada da GST em comparação com as plantas daninhas suscetíveis, sugerindo que essa diferença de seletividade entre elas pode ser atribuída a esse fator.

Já na última fase desse processo, o que ocorre é o sequestro de herbicidas, em que Cobb e Reade (2011) estabelecem uma relação entre o sequestro e a conjugação das moléculas, que inicialmente sofrem glicosilação, com o ácido malatiônico, desempenhando o papel de marcador das moléculas destinadas à compartimentalização.

Dessa forma, a interação entre os produtos aplicados deve estar correlacionada ao metabolismo diferencial do herbicida, entretanto, para que se possa comprovar a perda de seletividade do mesmo deve ser realizado um trabalho buscando avaliar a produtividade da cultura.

## 6. CONCLUSÃO

Para os resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que:

1. A mistura de tanque entre os produtos não demonstrou diferença significativa aos demais tratamentos com relação aos parâmetros avaliados.
2. O intervalo de aplicação em que o inseticida foi aplicado 7 dias antes ao herbicida foi o que mais apresentou fitotoxicidade no trigo, tanto para Deltrametrina como para Fenpropratrina + Acetamiprido.
3. A atividade da enzima Glutathione S-Transferase não teve redução em seus valores nos tratamentos envolvendo os inseticidas pertencentes aos grupos dos piretóides.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arduim, G.S, et al. Eficiência do herbicida pyroxsulam no controle de diferentes plantas daninha na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). **XXVIII CBCPD Campo Grande-MS - Resumos 2012**. Acesso em: 03 de outubro de 2024. Disponível em: <https://www.sbcpd.org/uploads/trabalhos/eficiencia-do-herbicida-pyroxsulam-no-controle-de-diferentes-plantas-daninha-na-cultura-do-trigo-triticum-aestivum-l.-204.pdf>

Balci, N *et al.* Purification and characterization of glutathione S-transferase from blueberry fruits (*Vaccinium arctostaphylos* L.) and investigated of some pesticide inhibition effects on enzyme activity. *Heliyon* **2019, 5, e01422**. Acesso em:01 de março de 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31011639/>

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, n. Planta daninha, 2020 38, p. e020202353, 2020**. Acesso em: 05 de março de 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/LQfwFVSWmcVKXH7CLZWC4qB/?lang=en>

Bethke, R.K *et al.* Evaluation of the interaction between glyphosate and glufosinate. **Weed Science, v.61, n.1, p.41-47, 2013**. Acesso em: 06 de maio de 2024. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/evaluation-of-the-interaction-between-glyphosate-and-glufosinate/C0155C419570E6093F9D0FEEB9CAC5AC>

Borah, H *et al.* Reação de glutatona catalisada por glutatona -S -transferase para biossensor eletroquímico de temefós, fenobucarbe e dimetoato. **Methods. 2017, 9, 4044**. Acesso em 08 de maio de 2023. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/ay/c7ay01258f>

Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976**. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Metodologia para qualificação de atividades de enzimas relacionadas com a resistência a inseticidas em *Aedes aegypti*. **Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 12 p.** Disponível em: [https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_novo\\_protocolo\\_dengue.pdf](https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual_novo_protocolo_dengue.pdf). Acesso em: 7 nov. 2023.

Carvalho, S.J.P *et al.* Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agrícola, v.66, n.1, p.136-142, 2009.** Acesso em 22 de abril de 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/Cph39SfB3MZ7NgRskLS9T9M/#>

Castro, V. L. S. S. Uso de misturas de agrotóxicos na agricultura e suas implicações toxicológicas na saúde. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol., v. 4, n. 1-3, p. 87-94, 2009.** Acesso em 03 de maio de 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/576992/uso-de-misturas-de-agrotoxicos-na-agricultura-e-suas-implicacoes-toxicologicas-na-saude>

Cataneo, A.C *et al.* Atividade de glutatona S-transferase na degradação do herbicida glyphosate em plantas de milho (*Zea mays*). **Planta Daninha, v. 21, n. 2, p. 307-312, 2003.** FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582003000200017>.

Cobb, A. H.; READE, J. P. H. Herbicide selectivity and metabolism. In: COBB, A. H.; READE, J. P. H. **Herbicides and Plant Physiology. 2. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2011. p. 70-86.** Acesso em 22 de abril de 2024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/270980449\\_Herbicides\\_and\\_Plant\\_Physiology\\_2nd\\_edition\\_By\\_A\\_H\\_Cobb\\_and\\_J\\_P\\_H\\_Reade\\_UK\\_Wiley-Blackwell\\_2010\\_pp\\_296\\_4500\\_paperback\\_ISBN\\_978-1-4051-2935-0](https://www.researchgate.net/publication/270980449_Herbicides_and_Plant_Physiology_2nd_edition_By_A_H_Cobb_and_J_P_H_Reade_UK_Wiley-Blackwell_2010_pp_296_4500_paperback_ISBN_978-1-4051-2935-0)

CONAB. **Análise Mensal Trigo. Julho, 2023.** Acesso em: 13 de maio de 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/21204-trigo-analise-mensal-julho-2023>

Frans, R. W. Measuring plant response. In: WILKINSON, R.E.(Ed.). Research methods in weed science. **PuertoRico: WeedScienceSociety,1972. p.28-41.** Acesso em: 13 de março de 2023. Disponível em: [http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000032&pid=S1413-7054200400040000100003&lng=pt](http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000032&pid=S1413-7054200400040000100003&lng=pt)

Gan J *et al.* Distribution and persistence of pyrethroids in runoff sediments. *J Environ Qual.* 2005 Apr 20;34(3):836-41. Acesso em: 24 de maio de 2023. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq2004.0240g>

Gazzeiro, D. L. P.. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. *Planta Daninha*, v. 33, n. *Planta daninha*, 2015 33(1), p. 83–92, jan. 2015. Acesso em: 05 de março de 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/ZWy9dmvvYsbHqbJ7C3fFF3D/?lang=pt#ModalHowcite>

Hemingway, J.; BROGDON, W. Techniques to detect insecticide resistance mechanisms (field and laboratory manual). **WHO/CDC/CPC/MAL/986. 1998. Geneva, Switzerland: World Health Organization.** Acesso em: 22 de abril de 2024. Disponível em:

[https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/83780/WHO\\_CDS\\_CPC\\_MAL\\_98.6.pdf](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/83780/WHO_CDS_CPC_MAL_98.6.pdf)

Islam, S *et al.* Identificação genômica ampla da família de genes da glutathione S-transferase em pimenta, sua classificação e perfil de expressão sob diferentes condições anatômicas e ambientais. *Sci Rep* 9 , 9101 (2019). Acesso em: 24 de maio de 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45320-x>

Jablonkai, I. Herbicide metabolism in weeds - selectivity and herbicide resistance. **In: PRICE, A.; KELTON, J.; SARUNAITÉ, L. Herbicides, Physiology of Action, and Safety. Croatia: InTech, 2015. p. 223-251.** Acesso em: 22 de abril de 2024. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/49345>

Kreuz K; TOMMASINI R; MARTINOIA E. Enzimas antigas para um novo emprego (desintoxicação de herbicidas em plantas). *Plant Physiol.* 1996 junho;111(2):349-353. doi: 10.1104/pp.111.2.349. PMID: 12226292; PMCID: PMC157843. Acesso em: 05 de março de 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12226292/>

Kruse, N. D. *et al.* Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. *Ciência Rural*, v. 31, n. 4, p. 569–575, jul. 2001. Acesso em: 06 de maio de 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/R5RsSxB5HKzTQDwdFcvLHBf/#ModalHowcite>

Matzenbacher, F. O *et al.* Antagonism is the predominant effect of herbicide mixtures used for imidazolinone-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control. *Planta Daninha*, p. 587-597, 2015. Acesso em: 08 de maio de 2023. Disponível em: <https://awsjournal.org/article/antagonism-is-the-predominant-effect-of-herbicide-mixtures-used-for-imidazoli-resistant-barnyardgrass-echinochloa-crus-galli-control/>

Morgan, M. K *et al.* Pyrethroid Insecticides and their environmental degradates in repeated duplicate-diet solid food samples of 50 adults. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* **2018**, **28**, **40**. Acesso em: 01 de março de 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27966670>

Mueller, T. C.; BARRETT, M.; WITT, W. W. A basis for the antagonistic effect of 2,4- D on haloxyfop-methyl toxicity to johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Science*, v. **38**, p.103–107, **1990**. Acesso em: 08 de maio de 2023. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/basis-for-the-antagonistic-effect-of-24d-on-haloxyfopmethyl-toxicity-to-johnsongrass-sorghum-halepense/182246E005D908431EC5F966529163B3>

Nandula, V.K. Recent Advances in Deciphering Metabolic Herbicide Resistance Mechanisms. In: **JUGULAM, M. (Ed.) Biology, Physiology and Molecular Biology of Weeds. Boca Raton: CRC Press, 2017. p. 154-165.** Acesso em: 22 de abril de 2024. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781315121031-8/recent-advances-deciphering-metabolic-herbicide-resistance-mechanisms-vijay-nandula>

Oliveira Jr, Rubem Silvério. et al. (2011) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Acesso em: 23 de fevereiro de 2023. Disponível em: <https://docplayer.com.br/68394126-Rubem-silverio-de-oliveira-jr-jamil-constantin-miriam-hiroko-inoue-editores-biologia-e-manejo-de-plantas-daninhas.html>

Queiroz, A. A.; SANTOS MARTINS, J.A.; RODRIGUES DA CUNHA, J.P.A, 2008. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. *Bioscience Journal* [online], vol. 24, nº 4. Acesso em 03 de maio de 2023. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6923>

Ribeiro, E. B. et al.. Atividade inibitória de pesticidas piretroides sobre a glutatona S-transferase. *Química Nova*, v. **45**, n. **Quím. Nova**, **2022 45(2)**, **2022**. Acesso em: 26 de fevereiro de 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/cQYP8w8xkZrkZrH9TY9jFq/>

Roman, E.S.; VARGAS L.; RODRIGUES, O. Manejo e controle de plantas daninhas em trigo. **Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 12 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online,63)**. Acesso em: 23 de fevereiro de 2023. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do63.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do63.htm)

Salvadori, José Roberto et al. Pragas da cultura do trigo. **Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2022. PDF (63 p.).— (Documentos / Embrapa Trigo, ISSN 1518-6512 ; 200).** Acesso em: 01 de março de 2023. Disponível em: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Documentos\\_200\\_online\\_final.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Documentos_200_online_final.pdf)

Sánchez-Bayo, F.; GOKA, K.; HAYASAKA, D.; Contamination of the Aquatic Environment with Neonicotinoids and its Implication for Ecosystems. **Front. Environ. Sci. 2016, 4, 1.** Acesso em: 24 de maio de 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2016.00071/full>

Santos, M.A.T; et al. Piretróides – Uma visão geral. **Alim. nutr., Araraquarav.18, n.3, p. 339-349, jul./set. 2007.** Acesso em: 22 de maio de 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/49599762\\_Piretroides\\_-\\_uma\\_visao\\_geral](https://www.researchgate.net/publication/49599762_Piretroides_-_uma_visao_geral)

Silva, A. A.; SILVA, J. A. (Eds.). Tópicos em manejo de plantas daninhas. **Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.** Acesso em: 24 de maio de 2023. Disponível em: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/SP15389.pdf>

Silva, M.T.B.; COSTA, E.C.; BALARDIN, R.S. Reação de cultivares e eficiência do controle químico de pulgões vetores do Barley yellow dwarf virus em trigo. **Ciência Rural, v.34, p.1333- 1340, 2004.** Acesso em: 22 de maio de 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/pYHk8tQkW66Cs64j3zWzD8p/?lang=pt>

Sowell, Andrew; SWEARINGEN, Brian. **Wheat Outlook: July 2023. USDA, 2023.** Acesso em 06 de maio de 2024. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/106895/whs-23g.pdf?v=8451.5>

Takano, H. K. *et al.* Efeito da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2013.** Acesso em: 06 de maio de 2024. Disponível em: <https://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/207>

Trevizan, L. R. P.; BAPTISTA, G. C.; Resíduos de deltametrina em grãos de trigo e em seus produtos processados, determinados por cromatografia gasosa. **Sci. Agric. 2000, 57, 199.** Acesso em: 24 de maio de 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/26365281\\_Residuos\\_de\\_deltametrina\\_em\\_graos\\_de\\_trigo\\_e\\_em\\_seus\\_produtos\\_processados\\_determinados\\_por\\_cromatografia\\_gasosa](https://www.researchgate.net/publication/26365281_Residuos_de_deltametrina_em_graos_de_trigo_e_em_seus_produtos_processados_determinados_por_cromatografia_gasosa)

Wu, J.; OMOKAWA, H.; HATZIOS, K. K. Glutathione S-Transferase activity in unsafened and fenclorim-safened rice (*Oryza sativa*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 54, n. 3, p. 220-229, 1996. <http://dx.doi.org/10.1006/pest.1996.0026>.

Zadoks, J. C., et al. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research, Oxford**, v. 14, p. 415-421, 1974. Acesso em: 13 de março de 2023. Disponível em: <https://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/zadoks.pdf>

Zobiolo, L. H. S. et al. Pyroxsulam: Sulfonamide Herbicide for Weed Control in Wheat in Brazil. **Planta Daninha**, v. 36, p. e018155253, 2018. Acesso em 03 de outubro de 2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pd/a/Cj9LQ5NVKvPRCYvzBP8q8j/?lang=en>