



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**GUILHERME TIAGO BARBOSA**

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE FOMESAFEN NO CRESCIMENTO E  
DESENVOLVIMENTO DE TRIGO**

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2019**

**GUILHERME TIAGO BARBOSA**

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE FOMESAFEN NO CRESCIMENTO E  
DESENVOLVIMENTO DE TRIGO**

Trabalho de Conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- *Campus* Laranjeiras do Sul (PR).

Orientador: Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt (Eng. Agro.Dr., Prof.).

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2019**

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

Barbosa, Guilherme Tiago  
EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE FOMESAFEN NO  
CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE TRIGO / Guilherme  
Tiago Barbosa. -- 2019.  
31 f.

Orientador: Eng. Agro.Dr., Prof. Henrique Von Hertwig  
Bittencourt .

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR , 2019.

1. Herbicidas . 2. Fitointoxicação . 3. Carryover .  
4. Cultura do Trigo . I. , Henrique Von Hertwig  
Bittencourt, orient. II. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. III. Título.

**GUILHERME TIAGO BARBOSA**

**EFEITO RESIDUAL DE FOMESAFEN NO CRESCIMENTO E  
DESENVOLVIMENTO DE TRIGO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- *Campus* Laranjeiras do Sul (PR).

Orientador: Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt.

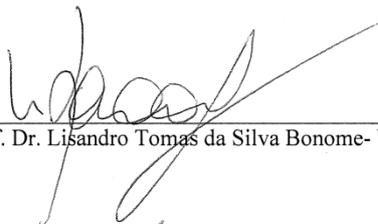
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 26/11/2019.

BANCA EXAMINADORA



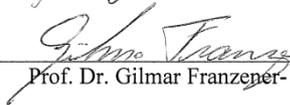
---

Prof. Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt- UFFS  
Orientador



---

Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome- UFFS



---

Prof. Dr. Gilmar Franzener- UFFS

## RESUMO

O potencial de persistência de um herbicida no solo é determinado pelas suas características físicas e químicas, da dose utilizada, das características do solo, condições de ambiente, entre outros fatores essenciais para prever problemas no desenvolvimento de culturas em sucessão. O objetivo desse experimento foi avaliar o comportamento de trigo cultivado em solo contaminado com diferentes doses do herbicida fomesafen. O experimento consistiu em um bioensaio conduzido em ambiente controlado na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, com substrato livre de contaminações por herbicidas que foi alocado em vasos de polietileno com volume de 8 dm<sup>3</sup>, sendo efetuada a aplicação do herbicida diretamente no substrato logo antes da semeadura do trigo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, onde foram testadas as doses de fomesafen de 0,0 (testemunha); 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 (dose recomendada) e 2,0 Lha<sup>-1</sup>. Foram avaliadas as variáveis: fitotoxicidade (%), estande no tempo, altura de plantas, mortalidade e massa seca da parte aérea e radicular (MS). Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade e de variância pelo teste F, todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade e a relação entre as doses do produto e as variáveis avaliadas foram submetidas à análise de regressão, ajustando os dados aos modelos com maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>). Percebeu-se que as subdoses de fomesafen no solo promoveram interferências na estatura das plantas, no acúmulo de matéria seca na parte aérea e das raízes, assim como elevados índices de fitotoxicidade causando até mesmo a morte de plantas e conseqüentemente perda de estande em todas as doses testadas. Pode-se verificar que o fomesafen teve efeitos negativos sobre o desenvolvimento do trigo, mesmo em doses reduzidas do produto, o que evidentemente também prejudicará o rendimento de grãos dessa cultura. Como os sintomas de fitotoxicidade e mortalidade foram crescentes à medida que as doses foram aumentadas, deve-se ter cuidado na prescrição da dose do fomesafen quando se deseja realizar o cultivo de trigo em sucessão, pois há grande potencial de prejuízo a cultura.

**PALAVRAS CHAVE:** Herbicida. Fitotoxicidade. Bioensaio. Carryover.

## ABSTRACT

The persistence potential of a herbicide in the soil is determined by its physical and chemical characteristics, the dose used, the soil characteristics, environmental conditions, and other key factors to predict problems in succession crop development. The aim of this experiment was to evaluate the behavior of wheat cultivated in soil contaminated with the herbicide fomesafen. The experiment consisted of a bioassay conducted in a controlled environment at the Federal University of Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, where the substrate free of herbicide contamination was allocated in 8 dm<sup>3</sup> polyethylene pots, and the herbicide applied directly to the substrate just before wheat sowing. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications, where fomesafen doses of 0.0; 0.25; 0.5; 0.75; 1.0 (recommended dose) and 2.0 Lha<sup>-1</sup> were tested. The following variables were evaluated: phytotoxicity (%), stand over time, plant height, mortality, shoot and root green mass and shoot and root dry mass. The data were submitted to normality and variance analysis by the F test, all tests were performed at 5% probability and the relationship between the product doses and the evaluated variables were subjected to regression analysis. It was observed that fomesafen subdoses in the soil promoted interference in plant height, dry matter accumulation in the shoots and roots, as well as promoted high phytotoxicity indexes causing even the death of plants and consequently loss of stand in all tested doses. It can be seen that fomesafen had negative effects on wheat development, even at low doses of the product, which of course will also impair the grain yield of this crop. As the symptoms of phytotoxicity and mortality were increasing as the doses were increased, care should be taken in prescribing the fomesafen dose when one wishes to cultivate wheat in succession as there is great potential for crop damage.

**KEY WORDS:** Herbicide. Phytotoxication. Bioassay. Carryover

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Altura de plantas de trigo (cm) conforme os dias após a emergência de plantas. ....	15
Figura 2- Matéria Seca Raiz (g) de plantas de trigo conforme a dose de Fomesafen aos 90 dias após a emergência de plantas.....	16
Figura 3- Matéria Seca Parte Aérea (g) de plantas de trigo conforme a dose de Fomesafen aos 90 dias após a emergência de plantas.....	17
Figura 4- Estande de plantas de trigo (%) conforme os dias após a emergência de plantas. ....	18
Figura 5- Fitotoxicidade de plantas de trigo (%) conforme os dias após a emergência de plantas. ....	19
Figura 6- Mortalidade Cumulativa de plantas de trigo (%) conforme os dias após a emergência de plantas. ....	20

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Escala de avaliação de controle de plantas daninhas e injúria a plantas cultivadas. ...	14
---	----

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	9
1.1. Tema .....	10
1.2. Justificativa.....	10
<b>2. Referencial Teórico</b> .....	10
2.1. Cultura do Trigo( <i>Triticum aestivum</i> L.).....	10
2.2. O herbicida Fomesafên .....	11
2.2.1 Persistência de herbicidas no solo .....	11
2.2.2MECANISMO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS INIBIDORES DA PROTOX	12
<b>3. Material e Métodos</b> .....	13
3.1. Localização do experimento.....	13
3.2. Instalação do experimento.....	13
<b>4. Resultados e discussão</b> .....	15
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	22
<b>Referências</b> .....	23
<b>Anexos</b> .....	26
ANEXO 1. Análise de solo. ....	26
ANEXO 2. Preparo do substrato. ....	26
ANEXO 3. Plantas germinadas aos sete dias após a semeadura. ....	27
ANEXO 4. Plantas aos 10 DAS com sinais de fitotoxicidade. ....	27
ANEXO 5. Testemunha sem a aplicação do herbicida (T0) aos 14 DAS. ....	28
ANEXO 6. Plantas aos 14 DAS com severos sinais de fitotoxicidade. ....	28
ANEXO 7. Plantas aos 21 dias após a emergência, vasos com poucas plantas sobreviventes (T1: 2,0 L/ha, T2: 1,0 L/ha, T3: 0,75 L/ha).....	29
ANEXO 9. Diversos vasos com mortalidade total de plantas 37 DAE. ....	30
ANEXO 10. Plantas testemunhas nas fases finais do estágio de alongamento 60 DAE. ....	30
ANEXO 11. Plantas com a presença do herbicida que melhor se desenvolveram 76 DAE (T4: 0,50 L/ha, T5: 0,25 L/ha).....	31
ANEXO 12. Início do espigamento, plantas sem a presença do herbicida, 76 DAE. ....	31

## 1. INTRODUÇÃO

O trigo comum (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae. Apresenta grande importância para a economia brasileira, pelo hábito da população consumir os diversos derivados de trigo diariamente em suas refeições, seja na forma de pães, massas, bolos, entre outros produtos. O trigo está presente na alimentação da sociedade brasileira e em diversas partes do mundo, tendo uma alta carga cultural nesse cereal.

Em relação ao cultivo do trigo no Brasil, os estados do Paraná e Rio grande do Sul lideram a produção, sendo o Paraná responsável pela produção de 59,8% do trigo brasileiro (IBGE, 2019). O trigo é amplamente cultivado na região Sul do Brasil, sendo a principal alternativa para semeadura no período de inverno, pois possibilita geração de renda, promovendo o sistema plantio direto na palha e melhorando o aproveitamento de insumos.

A cultura do trigo é comumente utilizada em sistemas de rotação ou sucessão de culturas o que de modo geral traz benefícios para os produtores devido ao aproveitamento de práticas realizadas em culturas anteriores ao trigo, como a adubação, por exemplo, ou mesmo a fixação biológica de nitrogênio no caso da soja. Entre as práticas realizadas para o controle de plantas daninhas, o emprego de herbicidas tem sido o mais comumente utilizado, devido a sua praticidade e eficiência.

Contudo, os herbicidas que são registrados para uma cultura podem ocasionar problemas em outras, principalmente quando a aplicação é feita diretamente no solo (pré-emergentes) e quando sua persistência é grande. Dessa forma pode causar fitotoxicidade ou até ocasionar mortalidade nas culturas subsequentes. Esse fenômeno é denominado “carryover”, sendo que alguns desses herbicidas, como o fomesafen, apresentam período residual longo, com meia vida de 60 a 180 dias (RODRIGUES E ALMEIDA, 2005). Por isso sua utilização pode gerar problemas para o desenvolvimento de espécies cultivadas em sucessão (MACHADO et al. 2006).

Devido ao comportamento do herbicida fomesafen no solo, pode causar fitotoxicidade em milho e sorgo cultivados em sucessão, como é especificado pelos próprios fabricantes do produto, mas poucas informações existem sobre seu efeito na cultura do trigo. Diante disso o objetivo desse experimento foi avaliar e verificar o

comportamento de trigo cultivado em solo contaminado com diferentes doses do herbicida fomesafen.

### **1.1.TEMA**

Efeito residual do herbicida Fomesafen na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)

### **1.2.JUSTIFICATIVA**

O presente trabalho se justifica pela elevada persistência do herbicida no solo, que é sinalizada pela atenção prestada ao efeito residual sobre milho e sorgo. Entretanto ocorre uma carência de informações sobre os efeitos do herbicida em outras culturas, entre elas o trigo, que também é muito utilizado em rotação com feijão e soja na região Sul, culturas nas quais o produto é utilizado.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1.CULTURA DO TRIGO(*Triticum aestivum* L.)**

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta com origem no Oriente Médio (Ásia), que é cultivada há mais de 500 anos, sendo de grande importância para os povos egípcios e babilônicos. É um dos principais alimentos da humanidade e representa aproximadamente 30% da produção mundial de grãos. O cereal é empregado na alimentação humana, na elaboração de produtos não alimentícios e também na alimentação animal, na forma de forragem, de grão ou na composição de ração (DE MORI; IGNACZAK, 2011).

O trigo pertence à família poaceae, ao gênero *Triticum*, e as principais espécies de cultivo são *Triticum monococcum*, *Triticum durum* e *Triticum aestivum*. O vocábulo *triticum*, que deu origem a palavra trigo, significa quebrado, triturado, se referindo ao trabalho realizado para separar o grão da casca que o recobre (EMBRAPA, 2014).

Em 2019 a produção brasileira de trigo atingiu 5 milhões de toneladas, crescimento de 3,9% em comparação com o ano de 2018, e a produção se concentrando na região Sul, principalmente no estado do Paraná, maior produtor brasileiro (59,8 do total) e Rio Grande do Sul, segundo maior produtor com 25,9% do total (IBGE, 2019).

A cultura do trigo é um importante componente dos sistemas de produção agrícolas, e tem uma grande relevância para o Brasil. Tendo isso em vista pode ser evidenciada a necessidade de uma triticultura mais competitiva que se consolide, possibilitando a auto-suficiência na produção, diminuição da importação e posteriormente a exportação desse cereal.

## **2.2.O HERBICIDA FOMESAFEN**

O fomesafen é um herbicida pertencente ao grupo químico dos difeniléteres e tem sua absorção pelas folhas e raízes das plantas sendo translocado principalmente pelo xilema. O fomesafen inibe a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), que atua na biossíntese de clorofila e na presença de luz produz a forma reativa do oxigênio causando ruptura da membrana plasmática das células devido à peroxidação dos lipídeos, ocorrendo assim o vazamento do conteúdo celular para os espaços intercelulares (HESS; WELLER, 2000).

Apresenta ação de contato e residual, sendo seletivo para plantas daninhas de folhas largas em pré emergência na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum*) e pós emergente na cultura da soja (*Glycine max*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). Mesmo com a sua seletividade para a cultura do feijão e da soja pode causar toxidez leve nas plantas, mas sem afetar seu rendimento (ROZANSKI, 1997).

Exibindo meia vida de 60 a 180 dias é um ácido fraco, apresentando pKa de 2,7 a 20°C e solubilidade em água de 50 mgL<sup>-1</sup> em pH7,0 e 25°C (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). É um herbicida não volátil e apresenta lenta degradação no solo em aerobiose, podendo ficar no solo por até um ano, mas em condições anaeróbicas sua degradação é mais acelerada podendo ocorrer em menos de três semanas. Tem grande resistência a lixiviação devido sua característica de adsorção aos colóides do solo, a matéria orgânica e as cargas positivas dos óxidos de ferro e alumínio (COBUCCI, 1996).

### **2.2.1 PERSISTÊNCIA DE HERBICIDAS NO SOLO**

Persistência de herbicidas pode ser definida como a habilidade de manter a integridade de sua molécula, como suas características físicas, químicas e bioativas no ambiente por um determinado período (GUIMARÃES, 1987). A adsorção, lixiviação, degradação (química ou biológica) e a absorção e decomposição pelas plantas são fatores determinantes para que ocorra a persistência de herbicidas no solo, assim como,

a interação desses fatores que determinará como ocorrerá a dissipação das moléculas e o tempo necessário para isso ocorrer (SILVA, et al. , 2007).

O efeito residual de herbicidas pode ser interessante para o controle de plantas daninhas ao longo do tempo, todavia podem causar danos para as plantas de interesse, provocando perdas na qualidade do produto e rendimento, ou mesmo levar à morte plantas cultivadas suscetíveis (KLEINSCHMITT, 2007).

Para diminuir a persistência de herbicidas podem ser tomadas medidas de manejo como a utilização de doses menores, reduzindo assim a quantidade da molécula no solo e no ambiente. Os herbicidas inibidores da Protox possuem grande capacidade de desorção no solo, favorecendo sua degradação por micro-organismos que possuem grande afinidade para utilizar as moléculas do herbicida como fonte de energia, mas para que isso ocorra é preciso que haja manutenção da umidade do solo (MEROTTO Jr.; VIDAL, 2001).

### **2.2.2 MECANISMO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS INIBIDORES DA PROTOX**

Inibidores de Protox não participam diretamente do processo de fotossíntese, mas da produção de clorofila. Na literatura podem ser encontrados trabalhos que apontam conseqüências não só na fotossíntese, mas na respiração e cadeia de transporte de elétrons (MEROTTO Jr.; VIDAL, 2001).

Ao inibir a Protox, ocorre acumulação de protoporfirina IX nas células, isso devido a um descontrole na rota metabólica de sua síntese. Com isso acaba aumentando rapidamente o protoporfirinogênio IX no citoplasma na forma de protoporfirina IX, que na presença de luz e oxigênio, causa estresse oxidativo devido a produção da forma reativa do oxigênio, causando peroxidação dos lipídios da membrana celular (FERREIRA; SILVA; FERREIRA, 2005).

Os herbicidas inibidores de Protox precisam de luz para ser ativados. As partes das plantas expostas aos produtos e à luz morrem rapidamente de 1 a 2 dias após a aplicação (OLIVEIRA Jr., 2011).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO**

O experimento foi conduzido em ambiente controlado, na estufa da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Laranjeiras do Sul-PR, no período de junho a agosto de 2019.

#### **3.2. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO**

Para a implantação do experimento foi utilizado solo em área livre de contaminação por herbicidas, sendo descartados os cinco centímetros superficiais do solo (NASCIMENTO; YAMASHITA, 2009). Onde o solo é classificado como um Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006)

Após a coleta do solo foi feita uma mistura do material coletado com substrato comercial esterilizado, na proporção de uma parte de substrato para quatro de solo, para melhorar a porosidade, estrutura do solo, assim como a retenção de umidade. Então o substrato foi alocado em vasos de polietileno com volume de 8 dm<sup>3</sup>, e realizada a adubação conforme o recomendado para a cultura e de acordo com a análise de solo (Anexo 1).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e uma semana após a adubação dos vasos foi feita a aplicação do herbicida fomesafen diretamente no substrato, onde foram testadas as doses de: 0,0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 (dose recomendada) e 2,0 L/ha<sup>-1</sup>. Em seguida foi efetuada a semeadura do trigo, cultivar TBIO Sossego, sendo dispostas 13 sementes por vaso. Os vasos foram regados a cada dois dias manualmente, de forma que o solo permanecesse próximo a capacidade de campo durante todo o experimento.

As variáveis avaliadas foram: fitotoxicidade (%), estande ao longo do tempo, altura de plantas, mortalidade, massa verde da parte aérea e radicular (MV) e massa seca da parte aérea e radicular (MS).

Para determinar a fitotoxicidade foi feita análise visual durante todo o período do experimento, através de notas percentuais (Tabela 1), de zero (ausência de injúria) a 100 (morte completa das plantas), de acordo com metodologia proposta por Frans et al. (1986).

**Tabela 1- Escala de avaliação de controle de plantas daninhas e injúria a plantas cultivadas.**

<b>Nota</b>	<b>Descrição das categorias principais</b>	<b>Controle (plantas daninhas)</b>	<b>Injúria (cultura)</b>
<b>0</b>	Ausência de efeitos	Sem danos visíveis	Nenhuma injúria
<b>10</b>		Controle muito pobre	Leve descoloração ou atrofia
<b>20</b>	Efeito leve	Controle pobre	Alguma descoloração e atrofia
<b>30</b>		Controle pobre a deficiente	Injúria mais pronunciada, mas não definitiva
<b>40</b>		Controle deficiente	Injúria moderada, geralmente recupera
<b>50</b>	Efeito moderado	Controle deficiente a moderado	Injúria mais permanente, recuperação duvidosa
<b>60</b>		Controle moderado	Injúria permanente, sem recuperação
<b>70</b>		Controle pouco satisfatório	Injúria pesada e perda de stand
<b>80</b>	Efeito severo	Controle satisfatório a bom	Quase destruídas, poucas plantas sobreviventes
<b>90</b>		Controle bom a excelente	Ocasionalmente algumas poucas sobreviventes
<b>100</b>	Efeito completo (morte)	Controle total	Destruição total da cultura

Fonte: Adaptado de Frans et al. (1986)

A altura das plantas foi medida com régua milimetrada, sempre com régua maior que as plantas, dos 14 aos 62 dias após a semeadura (DAS) com intervalo de 10 dias entre as medições. O estande foi medido através da contagem de plantas germinadas e sobreviventes ao longo de todo o experimento, assim como as plantas mortas que eram contabilizadas e arrancadas.

Aos 90 DAS às plantas foram colhidas para medir a massa verde (MV). As plantas foram pesadas em balança de precisão, após a pesagem foram alocadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de  $60 \pm 5^\circ\text{C}$ , até peso constante e posteriormente foi determinada a massa seca (MS).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade e de variância pelo teste F. Todos os testes foram efetuados com o programa estatístico Genes a 5% de probabilidade. A relação entre as doses do produto e as variáveis avaliadas foram

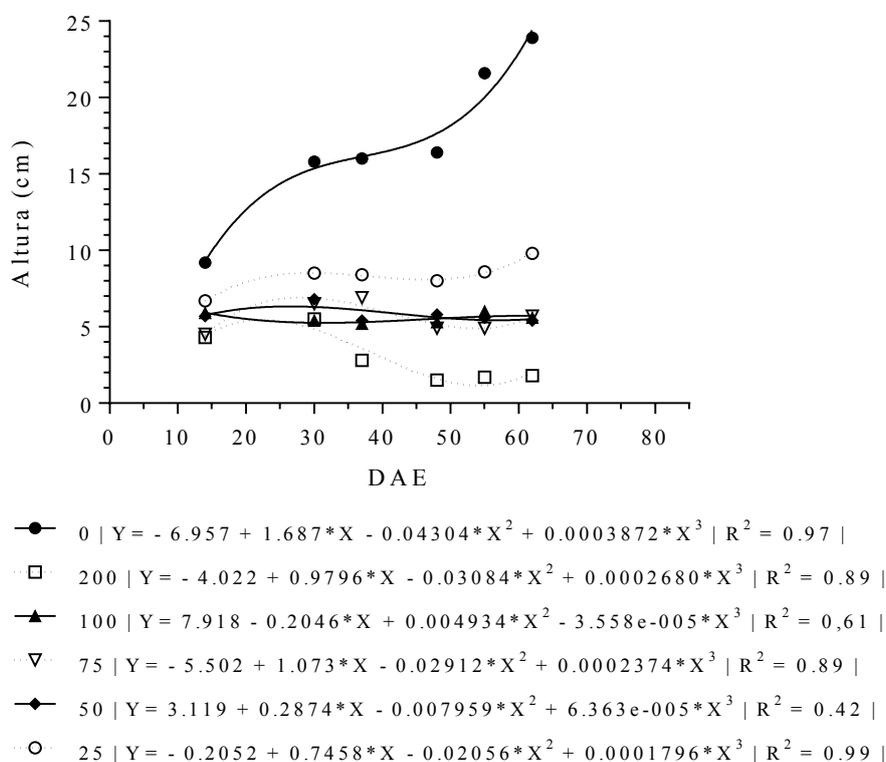
submetidas à análise de regressão, procurando ajustar modelos que permitissem a representação dos fenômenos biológicos com o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância apresentaram significância entre os tratamentos para todas as variáveis avaliadas, tendo efeitos diferenciados de acordo com a dose e as épocas avaliadas, demonstrando que o trigo apresenta sensibilidade à presença do herbicida no solo.

A altura de plantas (Figura 1) foi influenciada negativamente por Fomesafen no solo. O herbicida provocou reduções significativas na altura de plantas em comparação à testemunha em todas as avaliações realizadas. Sendo a dose de  $2,0 \text{ L/ha}^{-1}$  a que mais prejudicou o crescimento das plantas, e conforme a dose foi diminuída as plantas obtiveram um melhor desenvolvimento. É interessante ressaltar que mesmo a menor dose testada ( $0,25 \text{ L/ha}^{-1}$ ) teve grande influência negativa no crescimento das plantas de trigo.

**Figura 1- Altura de plantas de trigo (cm) conforme os dias após a emergência de plantas.**

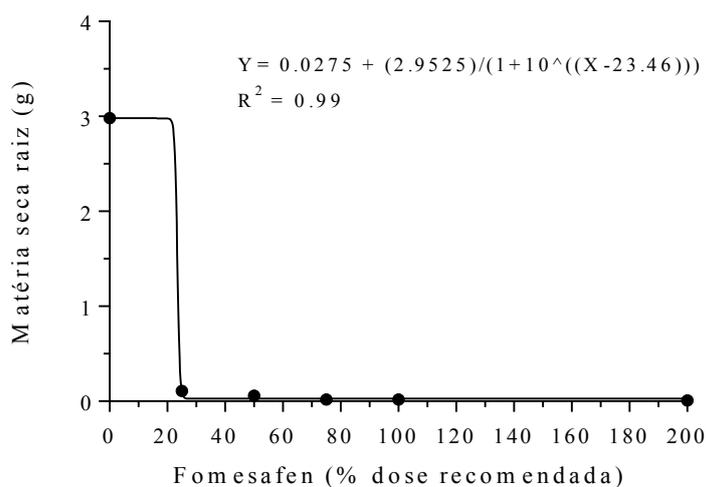


Resultados semelhantes foram encontrados por Santos (1991), que constatou redução significativa no crescimento da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em solo contaminado com subdoses de fomesafen. Também foi observado um longo período de persistência do efeito, até 100 DAA (dias após a aplicação), em todas as doses testadas. Assim como em trabalho realizado por Silva (2012), que observou que houve redução no crescimento das plantas de sorgo cultivadas em solo contaminado por fomesafen nas doses de 0,25 e 0,50 L/ha<sup>-1</sup>.

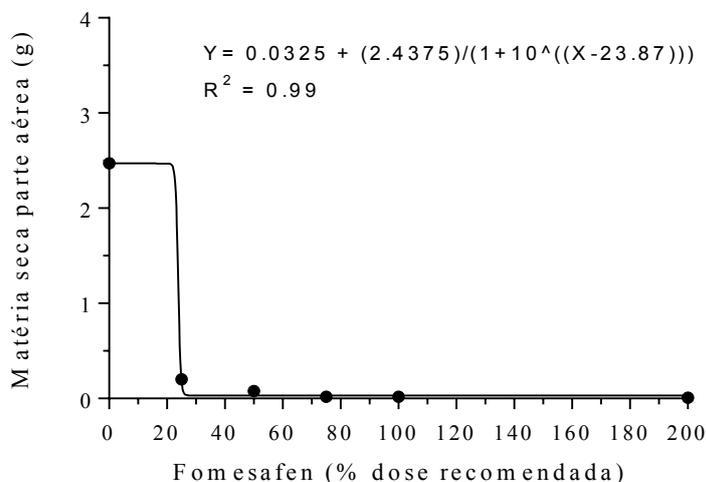
Pode-se observar que a testemunha, sem aplicação do herbicida, teve um acúmulo de matéria seca muito superior, tanto na raiz como na parte aérea, em comparação com as cultivadas em solo contaminado com fomesafen (Figura 2 e Figura 3, respectivamente). Também pode ser notado que a dose de 0,25 L/ha<sup>-1</sup> já foi suficiente para que o acúmulo de matéria chegasse muito próximo de zero.

O acúmulo de matéria seca das raízes e da parte aérea das plantas de trigo e a massa da matéria natural das plantas de trigo, tanto do sistema radicular quanto da parte aérea, apresentaram tendência similar ao observado para a matéria seca (dados de matéria natural não mostrados).

**Figura 2- Matéria Seca Raiz (g) de plantas de trigo conforme a dose de Fomesafen aos 90 dias após a emergência de plantas.**



**Figura 3- Matéria Seca Parte Aérea (g) de plantas de trigo conforme a dose de Fomesafen aos 90 dias após a emergência de plantas.**



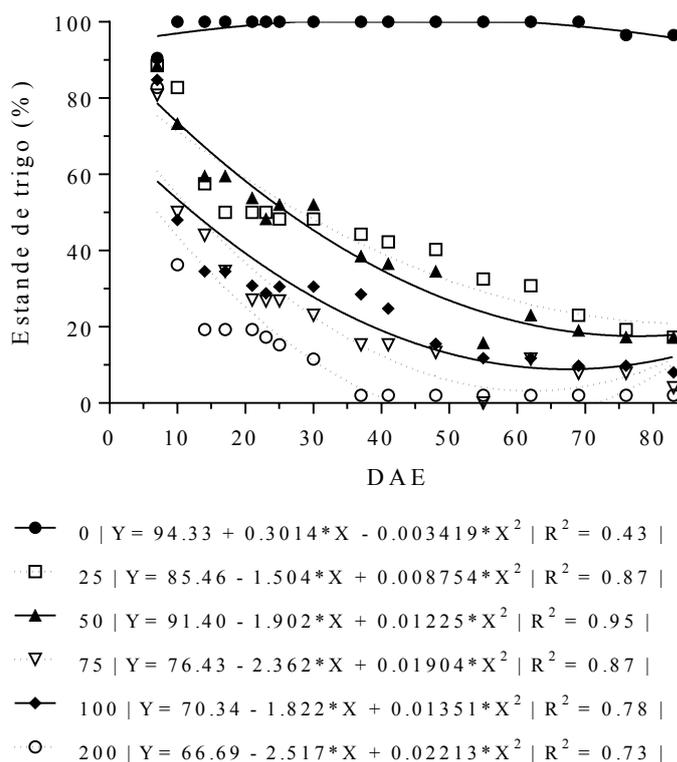
Esses resultados corroboram com os encontrados por Almeida et al. (2009) onde em experimento semelhante, o herbicida fomesafen prejudicou o crescimento e o acúmulo de matéria seca na parte aérea de plantas de milho safrinha cultivadas logo após a colheita da soja. Silva (2012) também evidenciou uma redução no acúmulo de matéria seca em plantas de sorgo causada pela presença de fomesafen no solo em todas as doses testadas em seu experimento em períodos de 20 até 183 DAA.

Não foi observado efeitos do herbicida sobre a germinação das sementes de trigo, tendo em vista que o estande até os 10 dias após a semeadura foi crescente em todas as unidades experimentais sendo alcançadas porcentagens de germinação satisfatórias (96%). O efeito do herbicida foi notado logo após a emergência das plantas, isso pode ter ocorrido devido ao herbicida atuar sobre a fotossíntese, mais especificamente sobre a produção de clorofila e necessitar de luz para ser ativado, então mesmo as sementes estando em contato com o herbicida seus efeitos só foram notados após a formação das primeiras folhas.

Em contrapartida houve diferença entre os tratamentos em cada um dos dias em que foi realizada a avaliação do estande de trigo ( $p < 0,05$ ). O maior estande foi observado no tratamento controle (0% da dose de fomesafen), decrescendo com o aumento na dose do herbicida. Os tratamentos com herbicida apresentaram redução no estande com o passar do tempo, ocorrendo maior perda de estande entre o 1º e o 2º dia de avaliações, mas perdurando até o fim do experimento (Figura 4). Nos primeiros 7

dias após a emergência o estande não diferiu entre os tratamentos, entretanto a partir dos 10 DAE o efeito prejudicial sobre o estande foi crescente com o aumento do tempo e da dose do herbicida, se estendendo até por volta dos 40 DAE. Salienta-se que ao final do experimento todas as doses de fomesafen testadas terminaram com estande abaixo de 30%.

**Figura 4- Estande de plantas de trigo (%) conforme os dias após a emergência de plantas.**

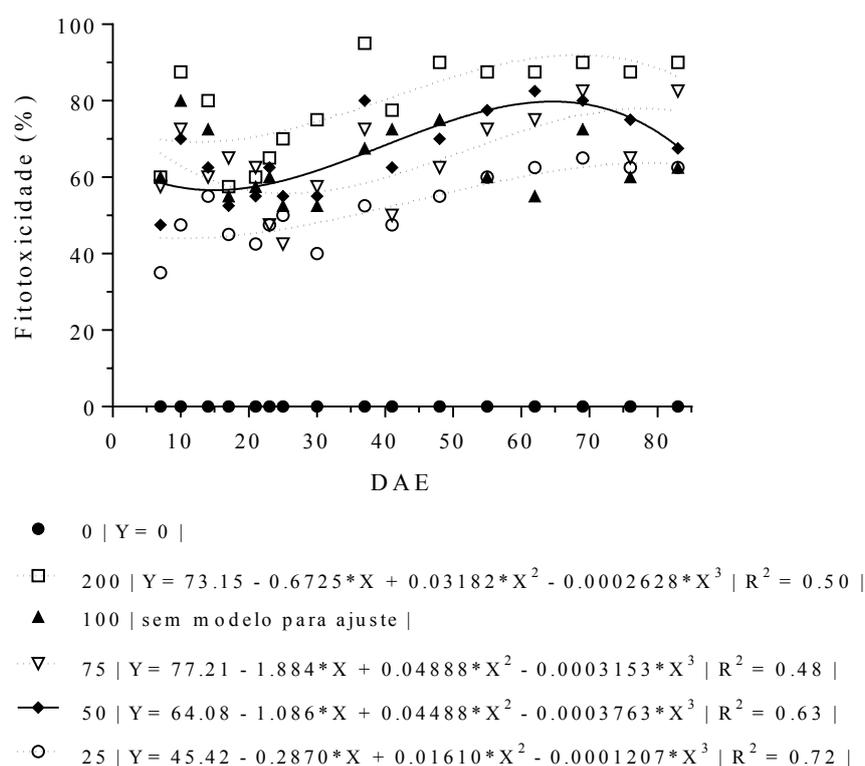


Em experimento realizado por Silva (2012), onde foram testadas subdoses do herbicida fomesafen foi constatado que o produto causou redução de estande aos 123 dias após a aplicação nas concentrações de 1,0 e 0,75 L/ha<sup>-1</sup>. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados nesse trabalho evidenciando a ampla persistência do herbicida no solo, que causou redução do estande de plantas de trigo em todo o período do experimento, sendo mais prejudicial nas doses mais elevadas, tendo em vista que esses efeitos mais severos foram devido à aplicação do herbicida logo no plantio do trigo.

Na Figura 5 está representada a intoxicação das plantas de trigo que cresceram em solo contaminado com o herbicida Fomesafen em função da época de avaliação.

Observa-se nessa figura que em todas as doses testadas foram detectados indícios de fitotoxicidade. Inicialmente a dose de 0,25 L/ha<sup>-1</sup> proporcionou menor intoxicação nas plantas e as doses de 2 e 1 L/ha<sup>-1</sup> foram as que causaram maiores danos, mas ao final do experimento tanto as doses de 0,25 como a de 1 L/ha<sup>-1</sup> terminaram muito próximas. Pôde-se constatar que conforme a dosagem do produto foi aumentada as injurias foram maiores, sendo a dose de 2 L/ha<sup>-1</sup> a que apresentou maior fitotoxicidade seguida da concentração de 0,75 L/ha<sup>-1</sup>, sendo possível visualizar que a partir dos 30 DAE a porcentagem de injúrias foi crescente para todas as subdoses e dos 60 aos 70 DAE os níveis de intoxicação foram os maiores, variando de injúria pesada e perda de estande até destruição total da cultura.

**Figura 5- Fitotoxicidade de plantas de trigo (%) conforme os dias após a emergência de plantas.**

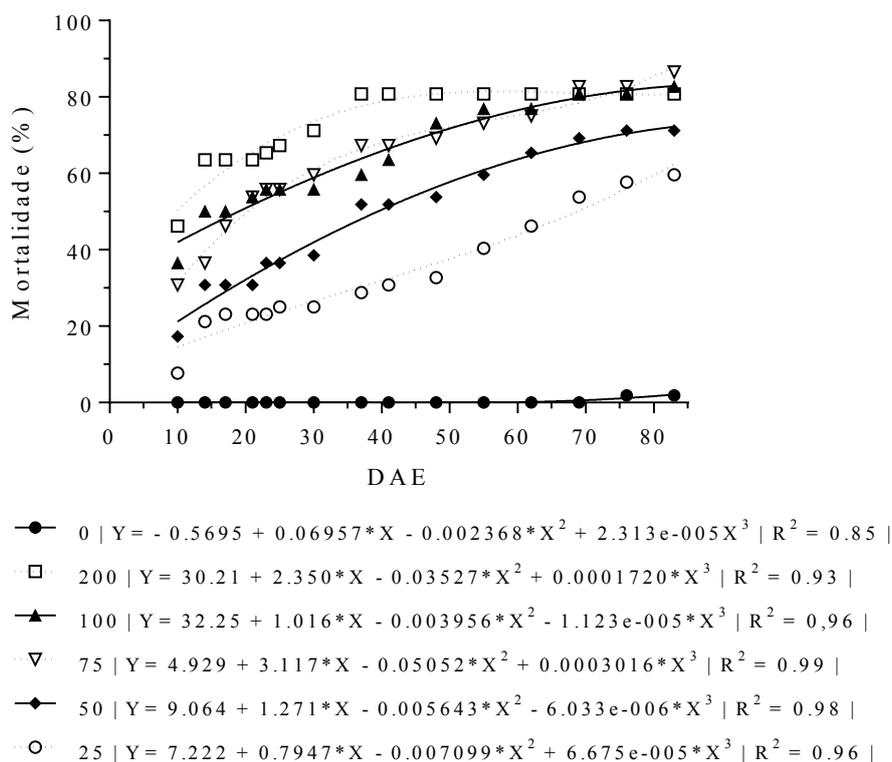


Esses resultados podem ser comparados aos encontrados por Silva (2012) onde em experimento semelhante observou que o residual de fomesafen no solo proporcionou alguns sintomas em plantas de milho 30 dias após sua emergência apresentando sintomas leves de intoxicação, tendo em vista que nesse caso o plantio do milho foi realizado 150 dias após a aplicação do herbicida.

Neste trabalho como o trigo foi semeado logo após a aplicação do herbicida as injúrias foram mais acentuadas, mesmo em pequenas concentrações. Em experimento realizado por Cobucci et al. (1998) foi registrada a ocorrência de danos por resíduos de fomesafen em milho em sucessão a cultura do feijão, onde o plantio do milho foi realizado logo após a colheita do feijão, ocasionando uma maior ocorrência de fitotoxicidade devido a presença do herbicida em maior quantidade no solo.

Na figura 6 está representada a mortalidade cumulativa conforme os dias após a emergência (DAE). Pode ser observado que a maior mortalidade ocorreu entre os 7 e os 40 DAE, com desaceleração da mortalidade a partir desse período. No entanto, destaca-se a ocorrência de elevada mortalidade em quase todas as unidades experimentais com a presença do herbicida, principalmente nas concentrações de 1,0 e 2,0 L/ha<sup>-1</sup> da dose recomendada.

**Figura 6- Mortalidade Cumulativa de plantas de trigo (%) conforme os dias após a emergência de plantas.**



A dose de 0,25 L/ha<sup>-1</sup> foi a que teve a menor mortalidade em relação às testemunhas e demais doses e conforme a dose foi aumentada também aumentou o número de plantas mortas, sendo que ao final as três maiores concentrações (0,75; 1,0 e

2,0 L/ha<sup>-1</sup>) foram as que mais tiveram plantas mortas, apresentando inclusive unidades experimentais com mortalidade de 1,0 L/ha<sup>-1</sup>.

Resultados semelhantes foram evidenciados por Silva (2012) em experimento com plantas de sorgo cultivadas em solo contaminado por fomesafen, onde ocorreu morte de plantas 123 DAE nas doses de 0,75 e 1,0 L/ha<sup>-1</sup>. A concentração de 2,0 L/ha<sup>-1</sup> foi a que mais afetou as plantas de trigo, sendo que aos 37 DAE somente um vaso possuía plantas vivas.

Já se tinha ciência do efeito residual desse herbicida, devido a sua baixa mobilidade no solo e permanência ativa mesmo após o ciclo da cultura na qual foi utilizado. Mas o grau de intoxicação de plantas depende de vários fatores como a dose aplicada, intervalo entre a aplicação e a semeadura da cultura em rotação, além das características físicas, químicas e biológicas dos solos e também qual a cultura e cultivar empregados (SILVA et al., 2007).

Nesse trabalho pode-se verificar que o fomesafen teve efeitos negativos sobre o desenvolvimento da cultura do trigo, mesmo em doses reduzidas do produto, o que evidentemente também prejudicariam o rendimento de grãos dessa cultura em campo. Em condições de campo esses prejuízos podem oscilar, dependendo das condições, do solo, clima e da cultura escolhida, além de outra variável que tem grande influência que é o sistema de plantio. No plantio convencional pode ocorrer maior persistência do herbicida no solo em comparação com o sistema de plantio direto. Isto se deve ao fato de o herbicida ter uma menor degradação em condições aeróbicas, em contrapartida em condições anaeróbicas é rapidamente degradado, apresentando tempo de meia-vida menor que três semanas (VENCILL, 2002).

No sistema de plantio direto como não é feito o revolvimento do solo e se mantêm a cobertura de palha, ocorre redução das variações de temperatura e umidade, favorecendo a diversidade e a atividade microbiana, que acentua a degradação do herbicida (WEBER et al., 1993). Além disso, o teor de umidade do solo é maior e mais constante devido à menor evaporação potencial da água do solo. Observações práticas indicaram que em solos com maior teor de umidade a persistência do fomesafen é menor, como o relatado por Cobucci et al. (1998) onde produtores que utilizam sistema de irrigação por pivô central notaram que nas bordas do pivô onde o volume de água é menor é comum a ocorrência de carryover. Então em regiões com baixo índice de chuvas ou em casos de estiagem e veranicos, a degradação do fomesafen será lenta.

Segundo Johnson e Talbert (1993) em condições anaeróbicas o fomesafen pode levar de 6 a 12 meses para degradar, o que possivelmente causará fitotoxicidade em culturas subseqüentes, como o trigo que apresentou alta sensibilidade a presença deste herbicida no solo.

Recomenda-se, por fim, que doses intermediárias entre 0 e 0,25 L/ha<sup>-1</sup> sejam avaliadas para permitir ajustar a quantidade mínima de fomesafen que ocasiona dano em trigo. Dessa forma seria possível determinar com maior segurança os intervalos entre a aplicação do produto e a semeadura de culturas sensíveis em sucessão.

## **5. CONCLUSÕES**

De modo geral os objetivos do trabalho foram alcançados e nas condições em que foi conduzido o experimento concluiu-se que o herbicida fomesafen afeta o crescimento e o desenvolvimento da cultura do trigo, sendo seus efeitos observados em todo o período do experimento.

A contaminação do solo por fomesafen interferiu no crescimento e desenvolvimento das plantas de trigo em todas as doses testadas e os sintomas de fitotoxicidade e mortalidade foram crescentes à medida que as doses foram aumentadas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H.; MORAES, L. G.; BARROSO, A. L. L.; NETO, A. M. O.; FINOTTI, T. R.; GUADANIN, E. C.; FELDKIRCHER, C.; GUERRA, N.; ALONSO, D. G.; OLIVEIRA J. R. S. O.; SANTOS, G. Efeito residual de herbicidas pós-emergentes utilizados na cultura da soja sobre o milho safrinha. X Seminário Nacional de milho safrinha- Rio Verde Goiás- GO, 2009.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2010/2011, décimo segundo levantamento, setembro 2011. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_09\\_19\\_09\\_49\\_47\\_boletim\\_setembro-2011.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011.pdf)>. Acesso em: 29 Out. 2018.

COBUCCI, T. et al. Effect of imazamox, fomesafen, and acifluorfen on residue on rotational crops. **Weed Science**, v.46, p.258-263, 1998.

COBUCCI, T. **Avaliação agrônômica dos herbicidas fomesafen e bentazon e efeito de seus resíduos no ambiente, no sistema irrigado feijão-milho**. 1996. 106 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, MG, 1996.

DE MORI, C.; IGNACSAK, J. C. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da. (Eds.) **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p.41-76.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Cnpso, 412 p., 2006.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sistema de Produção-Cultivo de Trigo. Edição 4. Abr/2014.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de ação de herbicidas. In: V Congresso Brasileiro de algodão. **Resumos...** Salvador-BA, agostoseptembro, 2005.

FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analysing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N.D. **Research Methods in Weed Science**. Third Edition. Champaign: Southern Weed Science Society. 1986, p. 29-46.

GUIMARÃES, G. L. **Impactos ecológicos do uso de herbicidas ao meio ambiente**. Série técnica IPEF. Piracicaba, v. 4, p.159-180, 1987.

HESS, F. D.; WELLER, S. C. Inhibitors of protoporphyrinogen oxidase (Diphenyl ethers and oxadiazon). In: **Herbicide action**. Indiana: Purdue University, 2000. p. 225-243.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=10&i=P&c=1612>>. Acessoem: 29 Out. 2018.

JOHNSON, D. H.; TALBERT, R. E. Imazaquin, chlorimuron, and fomesafen may injure rotational vegetables and sunflower (*Helianthus annuus*). **Weed Technology**, v. 7, 573-577, 1993.

KLEINSCHMITT, Adriana. **Transporte e retenção de triazinas em compartimentos ambientais terrestres e aquáticos em área de milho no sistema de plantio direto**. 2007. 136 f. Tese (doutorado em agronomia) – Universidade Federal do RioGrande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KRUSE, N. D. Inibidores da síntese de carotenóides. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, p.113-122. 2001.

OLIVEIRA JR, RUBEM S. **Mecanismos de ação de herbicidas**. Disponível em <[http://www.dag.uem.br/napd/up/public\\_942411\\_pFeArSpQiS00.pdf](http://www.dag.uem.br/napd/up/public_942411_pFeArSpQiS00.pdf)>. Acesso em 29 Out. 2018.

ROCHA DO NASCIMENTO, E.; MITSUO YAMASHITA, O.; **Desenvolvimento inicial de olerícolas cultivadas em solos contaminados com resíduos de 2,4-d + picloram**. *Semana: Ciências Agrárias*, vol. 30, núm. 1, 2009, pp. 47-54 Universidade Estadual de Londrina, Londrina PR, Brasil.

ROZANSKI, A. Avaliação da eficiência do herbicida fluaziflop-p-butil + fomesafen na cultura de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBIDAS E PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Cachambu, MG.

SANTOS, J. G. M. **Controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão (*phaseolus vulgaris* L.), no inverno**. 1991. 86 f. dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.

SILVA, A.; VIVAN, R.; OLIVEIRA Jr, R. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo integrado de plantas daninhas**. Viçosa: UFV. p. 155-209, 2007.

SILVA, V. P. **Eficiência e residual no solo de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do feijão**- Universidade Federal de Viçosa- Viçosa, MG, 2012. 49f.

VENCILL, W. K. **Herbicide Handbook**. Lawrence, KS Weed Science Society of America. 2002. 493 p.

WEBER, J. B.; STREK, H. J. E SARTORI, J. L. Mobility of fomesafen and atrazine in soil columns under saturated- and unsaturated-flow conditions. **Journal of Pesticide Science**, v.39, p.39-46. 1993.

## ANEXOS

## ANEXO 1. Análise de solo.

Endereço: - Laranjeiras do Sul/PR

Propriedade: Não informada

Data: 26/03/2019

Nº Identif. amostra	Gleba	Área (ha)	pH		MO g/dm³	P		Complexo Sortivo (cmol/dm³)						Saturações (%)					
			CaCl	SMP		Mehlich mg/dm³	Rem. mg/L	K	Ca	Mg	Al	H + Al	Soma de Bases (SB)	CTC pH 7,0	Bases V%	Al M%	Ca	Mg	K
02177/19	UFFS	107,00	4,87	6,11	21,49	2,81	40,1	0,08	2,89	1,44	0,1	4,57	4,39	8,96	49,0	2,0	32,2	16,1	0,7

Nº Identif. amostra	mg/dm³						Relação entre Cátions			Análise Granulométrica			Classe Textural Simplificada
	Enxofre S	Boro B	Ferro Fe	Cobre Cu	Manganês Mn	Zinco Zn	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Argila g/Kg	Silte g/Kg	Areia g/Kg	
02177/19	6,78	0,40	40,95	2,75	40,00	1,95	2,0/1	48,2/1	24,0/1	560	250	190	Argilosa

## ANEXO 2. Preparo do substrato.



Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 3. Plantas germinadas aos sete dias após a semeadura.**

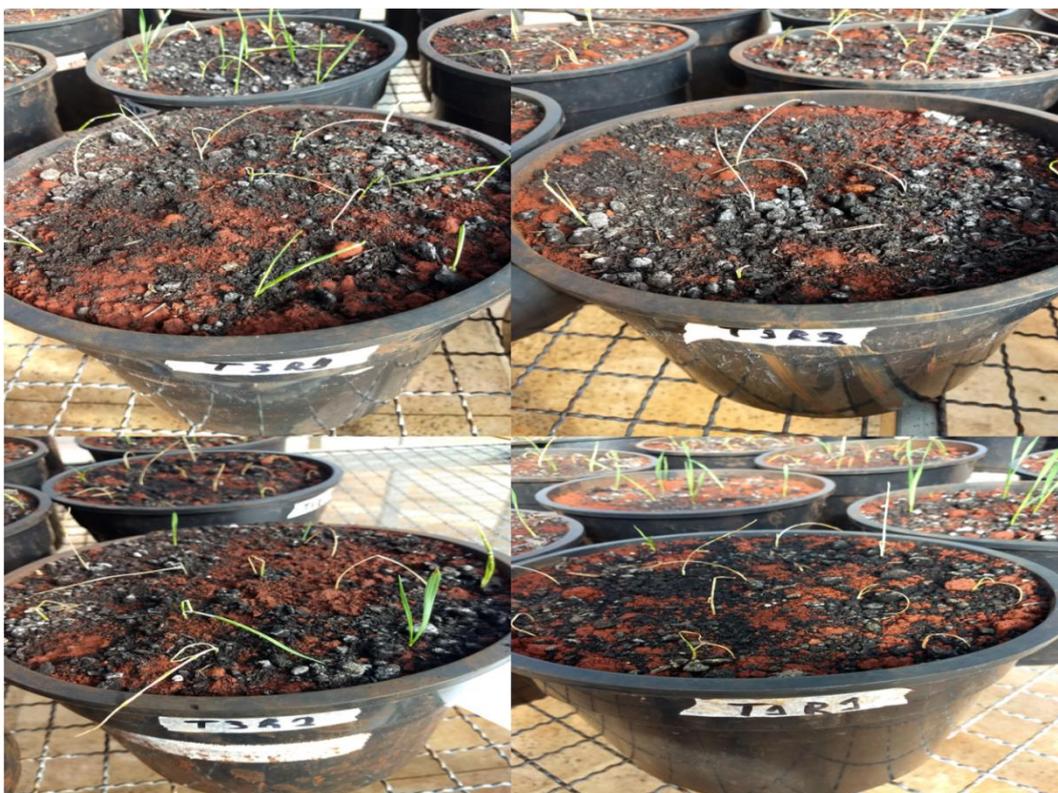
Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 4. Plantas aos 10 DAS com sinais de fitotoxicidade.**

Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 5. Testemunha sem a aplicação do herbicida (T0) aos 14 DAS.**

Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 6. Plantas aos 14 DAS com severos sinais de fitotoxicidade.**

Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 7. Plantas aos 21 dias após a emergência, vasos com poucas plantas sobreviventes (T1: 2,0 L/ha, T2: 1,0 L/ha, T3: 0,75 L/ha).**



Fonte: Próprio autor.

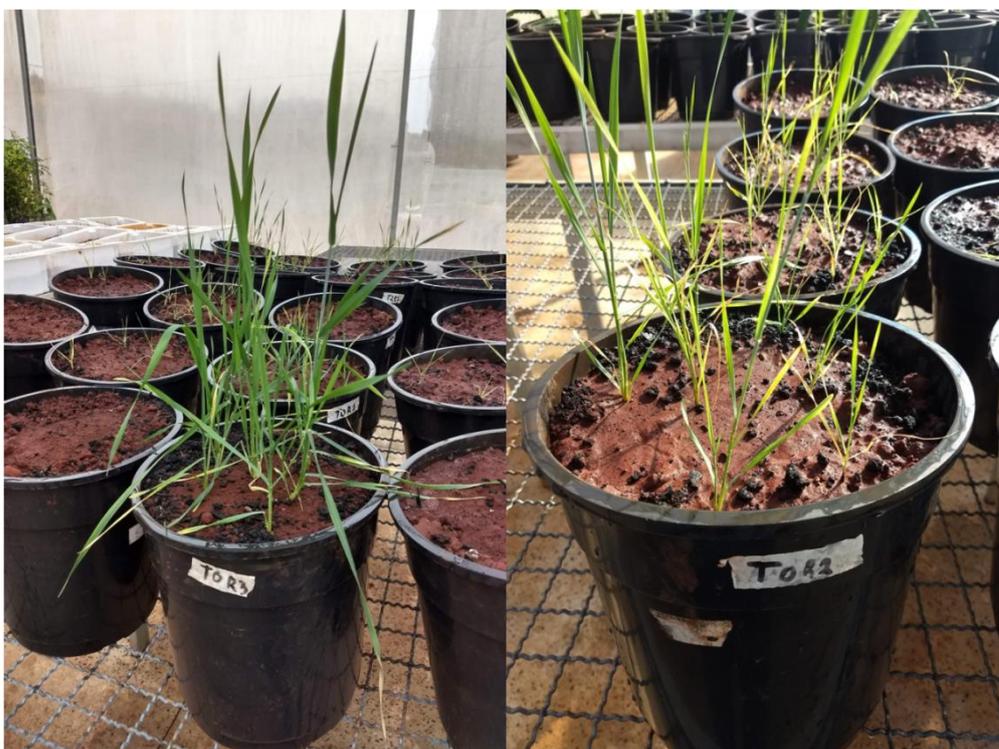
**ANEXO 8. Plantas testemunhas com tamanho muito superior as plantas cultivadas com a presença do herbicida 25 dias após a emergência.**



Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 9. Diversos vasos com mortalidade total de plantas 37 DAE.**

Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 10. Plantas testemunhas nas fases finais do estágio de alongamento 60 DAE.**

Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 11. Plantas com a presença do herbicida que melhor se desenvolveram 76 DAE (T4: 0,50 L/ha, T5: 0,25 L/ha).**



Fonte: Próprio autor.

**ANEXO 12. Início do espigamento, plantas sem a presença do herbicida, 76 DAE.**



Fonte: Próprio autor.