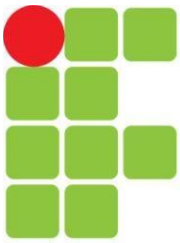

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

BACHARELADO EM AGRONOMIA

SELEÇÃO DE ESPÉCIES BIOINDICADORAS DE RESÍDUOS DE FLUMIOXAZINA E SAFLUFENACIL NO SOLO

BRUNO FOGANHOLI DE SOUSA JONAS

Rio Verde, GO

2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE

BACHARELADO EM AGRONOMIA

SELEÇÃO DE ESPÉCIES BIOINDICADORAS DE RESÍDUOS DE FLUMIOXAZINA E SAFLUFENACIL NO SOLO

BRUNO FOGANHOLI DE SOUSA JONAS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Jakelaitis

Rio Verde – GO

Setembro, 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Jonas, Bruno Foganholi de Sousa
J76s
Seleção de espécies bioindicadoras de resíduos de flumioxazina e saflufenacil no solo / Bruno Foganholi de Sousa Jonas;orientador Dr. Adriano Jakelaitis. -- Rio Verde, 2020.

25 p.

1. bioensaio. 2. bioindicador. 3. herbicidas. 4. carryover. I. Jakelaitis, Dr. Adriano, orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

BRUNO FOGANHOLI DE SOUSA JONAS

SELEÇÃO DE ESPÉCIES BIOINDICADORAS DE RESÍDUOS DE FLUMIOXAZINA E SAFLUFENACIL NO SOLO

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 01 de outubro de 2020, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. Pablo da Costa Gontijo
IF Goiano – campus Rio Verde

Me. Carlos Henrique de Lima e Silva
IF Goiano – campus Rio Verde

Prof. Dr. Adriano Jakelaitis
IF Goiano – campus Rio Verde

Rio Verde – GO
Setembro, 2020

INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

[ ] Tese	[ ] Artigo Científico
[ ] Dissertação	[ ] Capítulo de Livro
[ ] Monografia – Especialização	[ ] Livro
[X] TCC - Graduação	[ ] Trabalho Apresentado em Evento

[ ] Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Bruno Foganholi de Sousa Jonas
Matrícula: 2016102200240051
Título do Trabalho: Seleção de espécies bioindicadoras de resíduos de flumioxazina e saflufenacil no solo.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: [X] Não [ ] Sim, justifique: _____

_____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:
08/10/2020 O documento está sujeito a registro de patente? [ ] Sim O [X] Não
documento pode vir a ser publicado como livro? [X] Sim [ ] Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 08/10/2020.

Bruno Foganholi de Sousa Jonas

_____
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

_____
Assinatura do orientador-Adriano Jakelaitis

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 14/2020 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao primeiro dia do mês de outubro de 2020, às 16 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Adriano Jakelaitis (orientador), Pablo da Costa Gontijo (membro), Carlos Henrique de Lima e Silva (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Seleção de espécies bioindicadoras de resíduos de flumioxazina e saflufenacil no solo” do estudante Bruno Foganholi de Sousa Jonas, Matrícula nº 2016102200240051 do Curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Adriano Jakelaitis

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Pablo da Costa Gontijo

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Carlos Henrique de Lima e Silva

Membro

Observação:

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Carlos Henrique de Lima e Silva, 2020102320140080 - Discente**, em 02/10/2020 09:59:08.
- **Pablo da Costa Gontijo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 01/10/2020 22:30:15.
- **Adriano Jakelaitis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 01/10/2020 18:07:47.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/10/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 194127
Código de Autenticação: efbeff7954

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar forças para seguir nessa caminhada. Em seguida e não menos importante, agradeço a minha família, principalmente aos meus pais, Aline Foganholi de Sousa e Robson Alexandre Jonas, e avós por proporcionarem todas as condições para que eu pudesse estudar e adquirir conhecimento.

Agradeço à minha namorada Jéssica Lauanda Stirle, por estar sempre ao meu lado me apoiando, incentivando e ajudando, e por ter me ajudado na coleta de amostras e dados deste experimento.

Agradeço ao Prof. Dr. Adriano Jakelaitis, pelas orientações, sugestões, disponibilização de insumos e equipamentos, e principalmente seu tempo e conhecimento para me ajudar a produzir este trabalho.

Agradeço aos integrantes do Laboratório de Plantas Daninhas, Carlos Henrique de Lima e Silva, doutorando, e Victor Garcia Leão, aluno de iniciação científica, por me ajudarem na instalação, condução e avaliações deste experimento.

RESUMO

JONAS, Bruno Foganholi de Sousa. **Seleção de espécies bioindicadoras de resíduos de flumioxazina e saflufenacil no solo.** 2020. 25p Monografia (Curso de Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2020.

Herbicidas com atividade residual têm sido utilizados como estratégia de controle de plantas daninhas no período crítico de competição das culturas. Contudo, é necessário monitorar o comportamento dessas substâncias no solo, visto que podem prejudicar cultivos subsequentes. O bioensaio é um método simples, barato, rápido e altamente sensível para detectar resíduos de herbicidas no solo, até mesmo em baixas concentrações. O objetivo deste trabalho foi selecionar espécies vegetais como bioindicadoras da atividade residual dos herbicidas saflufenacil e flumioxazina no solo. Foram avaliadas as espécies *Panicum maximum* cv. Tamani, *Sorghum bicolor*, *Crambe abyssinica*, *Vigna angularis*, *Cucumis sativus* e *Beta vulgaris* em combinação fatorial com seis doses do herbicida flumioxazina (0; 2,5; 5; 10; 25 e 50 g. ha^{-1}) ou sete doses do herbicida saflufenacil (0; 2,5; 5; 10; 25; 50 e 100 g. ha^{-1}), delineados em blocos ao acaso, com cinco repetições. Para o herbicida saflufenacil as espécies mais sensíveis foram a *B. vulgaris*, *C. abyssinica* e *C. sativus*. Para o herbicida flumioxazina as espécies mais sensíveis foram *B. vulgaris* e *C. abyssinica*. Considerando que as espécies adequadas para bioensaios são de fácil cultivo, rápido crescimento, sensíveis em baixas doses e de fácil visualização dos sintomas de fitointoxicação, a beterraba foi a que melhor apresentou estas características para ambos os herbicidas.

Palavras-chave: bioensaio, bioindicador, herbicidas, *carryover*.

ABSTRACT

Herbicides with residual activity have been used as a weed control strategy in the critical period of crop competition. However, it is necessary to monitor the behavior of these substances in the soil, as they can harm subsequent crops. The bioassay is a simple, inexpensive, fast and highly sensitive method for detecting herbicide residues in the soil, even at low concentrations. The objective of this work was to select plant species as bioindicators of the residual activity of the herbicides saflufenacil and flumioxazin in the soil. The species *Panicum maximum* cv. Tamani, *Sorghum bicolor*, *Crambe abyssinica*, *Vigna angularis*, *Cucumis sativus* and *Beta vulgaris* in a factorial combination with six doses of the herbicide flumioxazin (0; 2.5; 5; 10; 25 and 50 g. ha^{-1}) or seven doses of the herbicide saflufenacil (0; 2.5; 5; 10; 25; 50 and 100 g. ha^{-1}), outlined in randomized blocks, with five replications. The species most sensitive to the herbicide saflufenacil were *B. vulgaris*, *C. abyssinica* and *C. sativus* and flumioxazin *B. vulgaris* and *C. abyssinica*. Considering that the species suitable for bioassays are easy to grow, fast growing, sensitive in low doses and easy to visualize the symptoms of phytointoxication, beet was the one that best presented these characteristics for both herbicides.

Keywords: bioassay, bioindicator, herbicide, *carryover*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 09
2. REVISÃO DE LITERATURA..... 10
3. MATERIAL E MÉTODOS..... 12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....14
5. CONCLUSÃO.....22
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....22

1 INTRODUÇÃO

A utilização de herbicidas dentro do cronograma de tratos culturais de uma lavoura é indispensável para garantir altas produtividades, e evitar a competição por recursos como água, luz e nutrientes entre a espécie cultivada e as plantas daninhas que ocupam o mesmo espaço. Essa competição interespecífica traz prejuízos mútuos aos organismos envolvidos, mais evidentes na cultura de interesse econômico, que culmina em redução de produtividade (Franco et al., 2017).

Nesse contexto, os herbicidas aplicados em pré-emergência com persistência no solo tem sido uma importante ferramenta para evitar a infestação de plantas daninhas ao longo do ciclo em que a lavoura se encontra no período crítico de interferência, quando a cultura está sujeita à significativas reduções na produtividade (Monquero et al., 2008). Contudo, a depender das características do solo e da substância utilizada, esses herbicidas podem permanecer ativos por um período maior que o esperado, ocasionando o fenômeno conhecido como *carryover*, comprometendo outras espécies cultivadas em sucessão (Mendes et al., 2017).

Para o monitoramento de resíduos de herbicidas no solo antes da utilização da área para cultivo, diversos métodos podem ser aplicados, porém o mais utilizado são os bioensaios. É considerado um método simples, rápido e de baixo custo, consistindo basicamente na utilização de espécies vegetais sensíveis a tais substâncias e posterior avaliação dos sintomas de intoxicação apresentados, como a fitointoxicação e reduções na altura e massa seca de parte aérea (Melo et al., 2010; Oliveira et al., 2018).

A realização do bioensaio exige a seleção de uma espécie vegetal que atenda aos requisitos de facilidade de cultivo, sensibilidade a um herbicida específico e apresentação de sintomas de fácil visualização (Barcellos Júnior et al., 2019). Com relação aos herbicidas é importante o conhecimento de suas características físico-químicas como a solubilidade, tempo em que a metade do composto é degradado (meia vida), e mecanismo de ação.

O flumioxazina é um produto não-iônico, possui solubilidade em água de 1,79 mg L^{-1} a 25°C e pressão de vapor de 2,41 x 10^{-6} mmHg a 22°C, sua meia vida no solo é de aproximadamente 22 dias (Carbonari et al., 2010). O saflufenacil é um ácido moderado com pKa de 4,3, solubilidade em água em pH 5 e 7 de 30 mg L^{-1} e 2100 mg L^{-1} respectivamente, e meia vida no solo entre 7 a 35 dias (Diesel et al., 2019). Os dois herbicidas possuem como mecanismo de ação a inibição da enzima PROTOX, que resulta no surgimento de um composto fotodinâmico que interage com o O_2, causando estresse oxidativo e rompimento de membranas (Marchi et al., 2008; Patel, 2018).

Neste estudo, objetivou-se selecionar espécies vegetais bioindicadoras da atividade residual dos herbicidas saflufenacil e flumioxazina no solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Em plantas pulverizadas com flumioxazina e saflufenacil, a protoporfirina IX é acumulada fora dos plastídios, interagindo com o oxigênio e a luz, formando oxigênio singleto, danificando o tecido foliar pela peroxidação lipídica. Estes herbicidas são inibidores da protoporfirinogeno oxidase (PPO), e quando aplicados em pós-emergência, apresentam como sintomas clorose e, em seguida, necrose que surgem um a três dias após a aplicação. Por outro lado, quando aplicados em pré-emergência, o tecido da planta susceptível é danificado por contato com o herbicida, no momento em que a plântula emerge (Oliveira et al., 2018).

O herbicida flumioxazin {7-fluoro-6-[(3,4,5,6-tetraidro) ftalimida]-4(2- propinil)-1,4-benzoxazino-3-(2H)-ona} pertence ao grupo químico N-ftalamidas, possuindo ação sobre a rota de síntese da clorofila, especialmente acumulando porfirinas (WSSA, 2001). Apresenta baixa solubilidade em água (0,6 a 1,2 mg L^{-1} a 20 °C), é fortemente sorvido pelos colóides do solo, apresenta pequena taxa de lixiviação e curto efeito residual (OLIVEIRA, 1995).

Flumioxazina é utilizado no controle de plantas daninhas dicotiledôneas como o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), corda de viola (*Ipomoea grandifolia*), caruru rasteiro (*Amaranthus deflexus*) e pode afetar culturas sensíveis quando disponível no solo (Patel, 2018). Aplicado em pré-emergência na cultura da soja, não ocasionou danos significativos ao sorgo granífero cultivado em sucessão (Dan et al., 2010). Porém, Dan et al. (2011) relataram que o milheto cultivado em áreas tratadas com flumioxazina, demonstrou sintomas de intoxicação, em semeaduras feitas aos 0 e 40 dias após aplicação (DAA), mas acima dos 80 DAA não apresentou sintomas. Quando aplicado até 30 dias antes da semeadura, na dose de 125 g ha^{-1}, provocou redução da biomassa do milho em solos de textura média e muito argilosa, enquanto que a partir dos 60 DAA não se observaram sintomas de intoxicação (Alonso et al., 2013).

Associações de flumioxazina com chlorimuron-ethyl, imazaquin, imazethapyr e sulfentrazone foram eficazes no controle de *E. heterophylla*, sem afetar o rendimento da soja (Sanchotene et al., 2017). A associação de imazetapir + flumioxazina (106 + 50 g ha^{-1}, respectivamente) foi eficiente no controle de milho voluntário e capim-amargoso em pré-emergência (Coradin et al., 2019). O feijão-caupi não apresentou tolerância ao flumioxazina ou a misturas que contenham este herbicida, a aplicação em pré emergência provocou 100 % de

mortalidade das plantas (Ribeiro Júnior et al., 2018). A mistura comercial entre imazetapir e flumioxazina demonstrou alta eficiência no controle de plantas daninhas monodicotiledôneas e dicotiledôneas, com destaque para o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), demonstrando controle acima de 80 % até 28 DAA em solo com palhada (Andrade, 2019).

Ao verificar o efeito da aplicação em pré-emergência de imazaquin, diclosulam, sulfentrazone e flumioxazina na cultura da soja sobre posterior cultivo de girassol, constataram-se que o flumioxazina apresentou menor tempo de atividade residual, cerca de 70 dias, e não afetou o cultivo de girassol, semeado entre 100 a 140 dias após o plantio da soja (Dan et al., 2012).

O herbicida saflufenacil foi comercialmente introduzido no Brasil em 2013, sendo recomendado para a dessecação de culturas, controle em pré-plantio e como herbicida pré-emergente, para o controle da maioria das plantas daninhas eudicotiledôneas (Grossmann et al. 2011). É muito utilizado no controle de algumas plantas daninhas altamente infestantes como a buva (*Conyza* spp.), corda de viola (*Ipomea* spp.) e caruru (*Amaranthus* spp.) (Diesel et al., 2012). Este herbicida aplicado em pré-emergência em culturas monocotiledôneas (trigo, aveia e cevada) ocasionou lesões mínimas (abaixo de 1%), nas doses de 50 e 100 g i.a. ha^{-1} (Sikkema et al., 2008). Saflufenacil aplicado em pré-emergência na cultura do arroz (140 g ha^{-1}) não provocou sintomas de intoxicação e redução de produtividade, e aos 90 DAA proporcionou controle de 78 % para plantas daninhas dicotiledôneas (Munhos, 2019).

Em plantas dicotiledôneas, Soltani et al. (2010), constataram que sete espécies de leguminosas, dentre elas o feijão azuki (*Vigna angularis*), *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus*, ervilha (*Lathyrus odoratus* L. "Durango") e soja (*Glycine max* L.) foram severamente afetadas pela aplicação em pré-emergência de saflufenacil nas doses de 100 e 200 g i.a. ha^{-1}. Isso pode ser explicado pelo fato de espécies dicotiledôneas apresentarem taxa de translocação mais elevadas, e monocotiledôneas metabolizarem mais facilmente essas moléculas (Grossmann et al., 2011).

Doses acima de 50 g ha^{-1} de saflufenacil proporcionaram controle efetivo do leiteiro, corda de viola e trapoeraba em lavoura de algodão até os 30 DAA, sem causar intoxicação na cultura de interesse, aplicando-se 10 dias antes do plantio (Constantin et al., 2011).Diesel et al. (2016) definiram o intervalo mínimo de 15 dias entre a aplicação de saflufenacil (29 g i.a. ha^{-1}) e a semeadura de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) para que o rendimento de grãos não fosse prejudicado.

A aplicação em pré emergência de herbicidas, ainda que muito utilizada, exige monitoramento do comportamento e persistência dessas substâncias no solo e os bioensaios são

considerados métodos simples, práticos e baratos para esta finalidade. A espécie selecionada como bioindicadora deve apresentar características favoráveis para o uso desta técnica, como facilidade de cultivo, rápido crescimento e sensibilidade ao herbicida.

Para constatação de resíduos de saflufenacil no solo, Diesel et al. (2019) observaram que a beterraba é mais sensível em comparação ao pepino, em bioensaio realizado para determinar a persistência desse herbicida em Latossolo. Em estudo com 12 espécies, incluindo monocotiledôneas e dicotiledôneas, Faria et al. (2018) verificaram que a beterraba se mostrou a espécie mais sensível ao tembotrione em baixas concentrações no solo e destacaram suas características desejáveis à realização do bioensaio, sendo espécie de rápido crescimento, e apresentando sintomas de fácil visualização. O pepino demonstrou alta sensibilidade quando utilizado em bioensaios para monitoramento de resíduos de ethoxysulfuron (Oliveira et al., 2018), mesotrione (Mendes et al., 2015), trifloxysulfuron-sodium e pyrithiobac-sodium (Guerra et al., 2011) e hexazinone, diuron e sulfometuron (Inoue et al., 2012). Para avaliar a persistência dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazina e saflufenacil no solo, o pepino foi escolhido por demonstrar melhor desempenho como planta bioindicadora (Patel, 2018) e pelo mesmo motivo em ensaio de avaliação da lixiviação e resíduo de saflufenacil, após períodos de seca (Monquero et al., 2012).

Savaris et al. (2019) utilizaram o pepino no monitoramento de amicarbazone e indaziflam em dois tipos de solo com texturas diferentes, sendo argiloso e arenoso, em seis períodos de semeadura após aplicação, o indaziflam causou a morte do pepino em todos os períodos analisados, sendo o maior período de 0 a 100 DAA. Porém em outro estudo, Dias et al. (2019) apontaram o tomate e pepino como plantas promissoras para a utilização em bioensaios com este herbicida.

Outras espécies recomendadas para monitoramento de herbicidas são o milheto e o sorgo, sendo o sorgo apontado como adequado para o metribuzin (Mendes et al.,2015) e para detecção de indaziflam (Braga, 2017). Melo et al. (2010) já haviam constatado alta persistência de sulfentrazone em três tipos de solos, usando como bioindicador o sorgo, o qual apresentou sintomas de intoxicação severos, quando semeado aos 60 DAA.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos durante o mês de maio de 2020, em casa de vegetação climatizada (Van der Hoeven, modelo Double Poly Pad Fan), com temperaturas

variando de 18 a 29°C, localizada nas dependências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, GO (17° 48' 28.2" Sul e 50° 54' 09.9" Oeste).

O substrato foi preparado a partir de uma mistura de areia e Latossolo Vermelho distroférrico, obtido em área sem histórico de aplicação de herbicidas no município de Rio Verde. A composição físico-química do solo foi de pH 4,9 (SMP), Ca de 1,46 cmolc dm^{-3}, Mg de 0,61 cmolc dm^{-3}, Al_3+ de 0,05 cmolc dm^{-3}, CTC de 4,20 cmolc dm^{-3} e K de 0,27 cmolc dm^{-3} e P (Melich) de 0,82 mg dm^{-3}, matéria orgânica de 3,51 g dm^{-3}, B 0,14 mg dm^{-3}, Cu 3,08 mg dm^{-3}, Mn 68,87 mg dm^{-3}, Fe 45,38 mg dm^{-3} e Zn 0,87 mg dm^{-3}, saturação por bases de 55,7%, saturação por alumínio de 2,1%, argila de 47%, silte 8% e areia de 45%.

Durante o processo de homogeneização do substrato foram adicionados três parte de solo, uma parte de areia e 180 g de calcário, 30 g de superfosfatosimples, 10 g de cloreto de potássio e 20 g de ureia. Foram utilizados potes plásticos descartáveis de 250 cm^3 preenchidos com o substrato até aproximadamente 0,5 cm da borda, sendo cada pote uma parcela. Após o preparo, os potes plásticos foram devidamente acomodados em bancada de metal e a semeadura dos bioindicadores foi realizada no dia 04/05/2020. Foram semeadas cinco sementes de cada espécie em cada pote e aos 7 dias após emergência (DAE) foi realizado o desbaste, mantendo-se duas plantas por pote.

O delineamento usado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial, com cinco repetições. O primeiro fator foi constituído de seis espécies vegetais: *Panicum maximum* cv. Tamani (capim-colonião), *Sorghum bicolor* (sorgo), *Crambe abyssinica* (crambe), *Vigna angularis* (feijão azuki), *Cucumis sativus* (pepino) e *Beta vulgaris* (beterraba) para ambos os herbicidas. O segundo fator foi constituído de doses, sendo seis doses (0; 2,5; 5; 10; 25 e 50 g. ha^{-1}) de flumioxazina (Sumyzin 500 SC) e sete doses (0; 2,5; 5; 10; 25; 50 e 100 g.ha^{-1}) para o saflufenacil (Heat, 700 g.kg^{-1} i. a., WG).

Após a semeadura foi realizada a aplicação dos herbicidas, utilizando-se um pulverizador pressurizado a CO_2, com pressão entre 2,5 bar, equipado com barra de 4 pontas TT 110.02 espaçadas em 0,5 m entre si. O volume de calda usado foi o de 232 L.ha^{-1} e as condições climáticas no momento da aplicação foram de umidade relativa de 53,4%, velocidade do vento de 0,8 m.s^{-2} e temperatura do ar de 28,6 °C.

A irrigação nos potes plásticos foi realizada uma vez ao dia, mantendo o solo sempre próximo a capacidade de campo, e para o melhor desenvolvimento das plantas foi feita a fertilização com 10 mL por pote plástico de solução de 2 g L^{-1} de fertilizante comercial Forth Jardim® da marca Tecnutri do Brasil, contendo N: 13; P_2O_5: 5; K_2O: 13; B: 0,04; Ca: 1; Cu: 0,05; S: 5; Fe: 0,2; Mg: 1; Mn: 0,08; Mo: 0,005 e Zn: 0,15%.

Aos 25 dias após aplicação dos herbicidas (DAA) foram determinadas a porcentagem de fitointoxição, atribuindo notas de 0 a 100, onde 0 significa ausência de sintomas e 100 a morte total das plantas (SBCPD, 1995), a altura de plantas (AP) e a massa seca de parte aérea (MSPA). A AP foi realizada com auxílio de régua milimetrada, sendo expresso os resultados em centímetros. Para a MSPA, as plantas foram cortadas na região do coleto, acondicionadas em sacos de papel e levadas para secar em estufa de circulação de ar forçada, por 72 horas à 65 °C. Após esse intervalo, as amostras foram pesadas em balança analítica (0,0001g).

As médias referentes à AP e MSPA obtidas pela testemunha de cada espécie (dose zero), dentro de cada dose foram transformadas, atribuindo-se índice igual a 1. Os resultados de porcentagem de fitointoxicação, AP e MSPA dos bioindicadores foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e de regressão. Os modelos de regressão foram escolhidos considerando-se a significância dos coeficientes de regressão e o significado biológico. Para os contrastes entre espécies foi usado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o herbicida saflufenacil foi observado interação significativa entre doses e espécies para a fitointoxicação (Tabela1). Nas menores doses, abaixo de 10 g ha^{-1} houve menor sensibilidade ao herbicida para sorgo e feijão azuki e maior sensibilidade para crambe, pepino e beterraba. Nas doses de 50 g ha^{-1} e acima desta, os resultados de fitointoxicação foram semelhantes para todas as espécies, com resultados superiores a 87%.

Em relação as doses foi observado para todas as espécies que os valores de fitointoxicação foram ajustados à equação de regressão não-linear do tipo sigmoide de três parâmetros (Tabela 1) modelo y = a / (1 + exp(-x-x0 / b)), em que: y = variável resposta; x = dose do herbicida; e *a*, *x0* e *b* = parâmetros da equação, sendo *a* a diferença entre os pontos máximo e mínimo da curva, *x0* é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e *b* a declividade da curva. Assim, quanto menor o valor de *x0* maior o potencial de fitointoxicação para a espécie vegetal, sendo observado menores valores para pepino, crambe e beterraba e maiores valores para feijão azuki e sorgo (Tabela 1), caracterizando para os dois últimos maior tolerância.

Tabela 1. Fitointoxicação dos bioindicadores aos 25 dias após a aplicação em função das doses de saflufenacil.

Espécies	Doses (g ha^{-1})							Equação	R^2
	0	2,5	5	10	25	50	100		
Capim tamani	0,0 a[1/]	34,0 bcd	48,0 b	52,0 b	68,0 a	87,6 a	88,0 a	$\hat{Y} = 81{,}0707/1 + \exp(-(x - 5{,}6967)/4{,}2990))$	0,932*
Sorgo	0,0 a	16,0 ab	19,0 a	38,0 ab	66,0 a	94,0 a	86,0 a	$\hat{Y} = 89{,}2123/1 + \exp(-(x - 14{,}8668)/7{,}5081)$	0,985*
Crambe	0,0 a	45,0 cd	93,0 c	96,0 c	100,0 b	100,0 a	100,0 a	$\hat{Y} = 98{,}6139/1 + \exp(-(x - 2{,}6447)/0{,}7334)$	0,998*
Feijão azuki	0,0 a	0,0 a	4,0 a	20,0 a	100,0 b	100,0 a	100,0 a	$\hat{Y} = 100{,}2344/1 + \exp(-(x - 13{,}2794)/2{,}3742)$	0,999*
Pepino	0,0 a	52,0 d	84,0 c	97,2 c	98,0 b	100,0 a	100,0 a	$\hat{Y} = 98{,}2567/1 + \exp(-(x - 2{,}5123)/0{,}9688)$	0,993*
Beterraba	0,0 a	28,0 bc	96,0 c	100,0 c	100,0 b	100,0 a	100,0 a	$\hat{Y} = 99{,}9784/1 + \exp(-(x - 3{,}0691)/0{,}6016)$	1,000*

[1/]Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo pelo teste F.

A aplicação de saflufenacil no solo reduziu a altura dos bioindicadores, principalmente a partir da dose de 25 g ha^{-1}, onde as espécies crambe, feijão azuki, beterraba e pepino foram as mais afetadas (Tabela 2) no índice de altura. Os dados de altura foram ajustados à equação de regressão não-linear exponencial decrescente de dois parâmetros y = a*exp(-b*x) em que: y = variável resposta; x = dose do herbicida; e *a* e *b* = parâmetros da equação, sendo *a* é o valor máximo estimado para a variável resposta e *b* a declividade da curva. Desta forma, as maiores quedas no índice de altura foram para pepino, beterraba e crambe, respectivamente (Tabela 2).

O capim tamani e o sorgo foram menos afetados pelo herbicida saflufenacil do que as demais espécies, principalmente nas doses acima de 25 g ha^{-1}. O comportamento representado por ambas as espécies em função das doses ajustou-se ao modelo linear decrescente com queda nos índices de altura de 7 e 0,4% para capim tamani e sorgo, respectivamente, para cada aumento de um g ha^{-1} do herbicida aplicado (Tabela 2).

Interação significativa entre doses e espécies foi observada para a MSPA e queda exponencial verificada para todas as espécies em função das doses de saflufenacil (Tabela 3). Maiores valores de declividade da curva exponencial foram observados para crambe (0,21), beterraba (0,201) e pepino (0,125) demonstrando maior efeito herbicida sobre estas espécies.

Para sorgo, capim tamani e feijão azuki os valores foram 0,018, 0,016 e 0,08, respectivamente, demonstrando sensibilidade para esta variável somente em doses acima de 50 g ha^{-1} (Tabela 3). Resultados semelhantes para este herbicida quanto a sensibilidade da beterraba foram constatados por Diesel et al. (2012) e Barcellos Júnior et al. (2019) as quais concluem que esta espécie pode ser considerada como bioindicadora da presença do saflufenacil na solução do solo para estudos da dinâmica ambiental desse herbicida.

A sensibilidade de pepino e da beterraba ao saflufenacil foi reportada por Robinson e McNaughton (2012) que avaliando sintomas causados pelo herbicida proveniente de resíduos no solo, em espécies semeadas um ano após a aplicação do herbicida, observaram redução de massa seca destas espécies em doses mais baixas, quando comparado com outros bioindicadores. A sensibilidade da beterraba ao saflufenacil pode ser explicada devido a redução da enzima glutationa S-transferase, manifestada quando a espécie é tratada com o herbicida (Wei et al., 2010). A glutationa S-transferase no citosol ativa o tripeptídeo glutationa, responsáveis pela conjugação com herbicidas, inativando sua ação (Edwards et al., 2000).

Tabela 2: Índice de altura dos bioindicadores aos 25 dias após a aplicação em função das doses de saflufenacil.

Espécies	Doses (g ha^{-1})							Equação	R^2
	0	2,5	5	10	25	50	100		
Capim tamani	1,00 a	0,72 ab	0,75 bc	0,89 b	0,54 b	0,45 b	0,48 b	$\hat{Y} = 0{,}8736 - 0{,}0733x$	0,854*
Sorgo	1,00 a	1,02 bc	0,98 c	0,87 b	0,74 b	0,36 ab	0,63 b	$\hat{Y} = 0{,}9319 - 0{,}0048x$	0,722*
Crambe	1,00 a	0,66 ab	0,40 ab	0,21 a	0,00 a	0,00 b	0,00 a	$\hat{Y} = 0{,}9974\exp(-0{,}1685x)$	0,999*
Feijão azuki	1,00 a	1,04 bc	0,98 c	0,89 b	0,00 a	0,00 b	0,00 a	$\hat{Y} = 1{,}1690\exp(-0{,}0579x)$	0,944*
Pepino	1,00 a	0,58 a	0,40 ab	0,15 a	0,06 a	0,00 b	0,00 a	$\hat{Y} = 0{,}9893\exp(-0{,}1915x)$	0,977*
Beterraba	1,00 a	1,16 c	0,32 a	0,00 a	0,00 a	0,00 b	0,00 a	$\hat{Y} = 1{,}1652\exp(-0{,}1787x)$	0,912*

[1/]Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo pelo teste F.

Tabela 3: Massa seca dos bioindicadores aos 25 dias após a aplicação em função das doses de saflufenacil.

Espécies	Doses (g ha^{-1})							Equação	R^2
	0	2,5	5	10	25	50	100		
Capim tamani	1,00 a	0,66 a	0,64 ab	1,13 b	0,54 bc	0,29 a	0,27 a	$\hat{Y} = 0{,}8881\exp(-0{,}0158x)$	0,786*
Sorgo	1,00 a	1,04 a	0,93 b	0,86 b	0,68 c	0,17 a	0,45 a	$\hat{Y} = 1{,}0207\exp(-0{,}0177x)$	0,875*
Crambe	1,00 a	0,67 a	0,32 a	0,10 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	$\hat{Y} = 1{,}0231\exp(-0{,}2100x)$	0,996*
Feijão azuki	1,00 a	1,05 a	0,89 b	0,84 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	$\hat{Y} = 1{,}1500\exp(-0{,}0610x)$	0,953*
Pepino	1,00 a	0,67 a	0,49 ab	0,32 a	0,06 ab	0,00 a	0,00 a	$\hat{Y} = 0{,}9693\exp(-0{,}1254x)$	0,996*
Beterraba	1,00 a	0,97 a	0,27 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	$\hat{Y} = 1{,}1102\exp(-0{,}2010x)$	0,943*

[1/]Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo pelo teste F.

O feijão azuki foi pouco responsivo para a detecção de baixas concentrações do herbicida safluenacil no solo e apresentou sensibilidade somente nas maiores doses (> 25 g ha^{-1}), corroborando com os resultados de Soltani et al. (2010) que constataram que este feijão foi severamente afetado na dose de 100 g ha^{-1} . O capim tamani e o sorgo demonstraram comportamento semelhante entre si, apresentando-se menos sensíveis ao saflufenacil, o qual justifica-se pela seletividade que a maioria das espécies da família *Poacceae* possuem ao herbicida.

Para o herbicida flumioxazina foi observada interação significativa entre doses e espécies para fitointoxicação (Tabela 4), sendo o crambe, capim tamani e beterraba as espécies mais sensíveis, principalmente a partir da dose de 5 g ha^{-1}. A partir da dose de 25 g ha^{-1}, o sorgo e feijão azuki demonstraram intoxicação mais severa, demonstrando tolerância ao herbicida em doses mais baixas. Para todas as espécies testadas, os efeitos das doses foram explicadas pelo modelo de regressão não-linear do tipo sigmoide de três parâmetros, na qual confirma-se maior sensibilidade ao flumioxazina para as espécies crambe, capim tamani e beterraba, que apresentaram baixos valores de *x0* sendo 0,966; 1,863; e 3,40 g ha^{-1}, respectivamente. Maior valor foi encontrado para o sorgo que apresentou *x0* de 23,478 g ha^{-1}, demonstrando que é uma espécie imprópria para a utilização em bioensaios com este herbicida, pois é pouco responsiva nas menores doses e extremamente sensível nas maiores.

A fitointoxicação foi a melhor variável para constatar a sensibilidade das plantas ao flumioxazina pois se ajustou mais adequadamente ao modelo estatístico. Por pertencer ao grupo dos inibidores da PROTOX, os sintomas de intoxicação são visíveis, com destaque para a clorose e necrose nas folhas (Barcellos Júnior et al., 2019). A fitointoxicação foi também a variável recomendada para a constatação da presença de resíduo de 2,4 D no solo e a beterraba se mostrou a espécie mais sensível a este herbicida (Santos et al., 2013).

Foram observadas interações significativas entre doses de flumioxazina e espécies para as variáveis índice de altura e massa seca (Tabelas 5 e 6). A partir da dose de 10 g ha^{-1} ficou mais evidente as diferenças entre espécies para o índice de altura destacando-se maiores valores para pepino, sorgo e feijão azuki (Tabela 5). Para esta variável, nas maiores doses, os menores valores foram encontrados para capim tamani, crambe e beterraba. Entre espécies observa-se maior tolerância para esta variável em função das doses para sorgo e pepino que apresentaram comportamento linear decrescente com redução de 0,99 e 1,15%, respectivamente, com o acréscimo unitário das doses. As demais espécies tiveram redução exponencial com o aumento das doses, com maiores valores de declividade da curva exponencial para crambe (0,17), beterraba (0,17), capim tamani (0,07) e feijão azuki (0,03).

Tabela 4. Fitointoxicação dos bioindicadores aos 25 dias após a aplicação em função das doses de flumioxazina.

Espécies	Doses (g ha^{-1})						Equação	R^2
	0	2,5	5	10	25	50		
Capim tamani	0,0 a	83,0 c	80,0 c	92,0 c	100,0 c	100,0 a	$\hat{Y} = 93{,}0025/1 + \exp(-(x - 1{,}8634)/0{,}3010))$	0,981*
Sorgo	0,0 a	0,0 a	8,0 ab	13,0 a	50,0 a	89,0 a	$\hat{Y} = 90{,}7120/1 + \exp(-(x - 23{,}4780)/6{,}8125)$	0,987*
Crambe	0,0 a	96,6 c	89,0 c	94,8 c	100,0 c	100,0 a	$\hat{Y} = 96{,}0800/1 + \exp(-(x - 0{,}9660)/0{,}0646)$	0,995*
Feijão azuki	0,0 a	5,0 a	2,0 a	10,0 a	78,0 b	100,0 a	$\hat{Y} = 100{,}1085/1 + \exp(-(x - 19{,}5286)/4{,}3463)$	0,999*
Pepino	0,0 a	7,0 a	23,0 b	64,0 b	86,0 bc	97,2 a	$\hat{Y} = 91{,}5023/1 + \exp(-(x - 7{,}9046)/2{,}3724)$	0,995*
Beterraba	0,0 a	38,0 b	73,0 c	100,0 c	99,0 c	99,0 a	$\hat{Y} = 99{,}1486/1 + \exp(-(x - 3{,}4060)/1{,}3436)$	0,999*

[1/]Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo pelo teste F.

Tabela 5. Índice de altura dos bioindicadores aos 25 dias após a aplicação em função das doses de flumioxazina.

Espécies	Doses (g ha^{-1})						Equação	R^2
	0	2,5	5	10	25	50		
Capim tamani	1,00 a	0,37 ab	0,78 a	0,57 bc	0,00 a	0,00 a	$\hat{Y} = 0{,}8736\exp(-0{,}0733x)$	0,859*
Sorgo	1,00 a	0,91 c	0,89 a	0,86 c	0,77 c	0,45 b	$\hat{Y} = 0{,}9671 - 0{,}0099x$	0,984*
Crambe	1,00 a	0,17 a	0,54 a	0,30 ab	0,00 a	0,00 a	$\hat{Y} = 0{,}8488\exp(-0{,}1714x)$	0,834*
Feijão azuki	1,00 a	0,91 c	0,95 a	0,89 c	0,27 ab	0,16 ab	$\hat{Y} = 1{,}0665\exp(-0{,}0386x)$	0,958*
Pepino	1,00 a	1,01 c	0,77 a	0,80 c	0,63 b	0,45 b	$\hat{Y} = 0{,}9386 - 0{,}0115x$	0,931*
Beterraba	1,00 a	0,80 bc	0,53 a	0,00 a	0,04 a	0,16 ab	$\hat{Y} = 1{,}0670\exp(-0{,}1709x)$	0,951*

[1/]Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo pelo teste F.

Tabela 6. Índice de massa seca dos bioindicadores aos 25 dias após a aplicação em função das doses de flumioxazina.

Espécies	Doses (g ha^{-1})						Equação	R^2
	0	2,5	5	10	25	50		
Capim tamani	1,00 a	0,24 a	0,63 c	0,76 b	0,00 a	0,00 a	$\hat{Y} = 1{,}0343\exp(-0{,}0497x)$	0,638*
Sorgo	1,00 a	0,81 bc	0,78 ab	0,75 b	0,64 a	0,36 a	$\hat{Y} = 0{,}8887 - 0{,}0106x$	0,956*
Crambe	1,00 a	0,15 ab	0,51 a	0,21 ab	0,00 a	0,00 a	$\hat{Y} = 0{,}8931\exp(-0{,}2361x)$	0,855*
Feijão azuki	1,00 a	1,00 c	1,00 bc	0,77 b	0,22 a	0,09 a	$\hat{Y} = 1{,}1146\exp(-0{,}0475x)$	0,971*
Pepino	1,00 a	0,98 c	0,74 a b	0,59 ab	0,43 a	0,23 a	$\hat{Y} = 0{,}8895 - 0{,}0148x$	0,920*
Beterraba	1,00 a	0,90 c	0,33 a b	0,00 a	0,03 a	0,04 a	$\hat{Y} = 1{,}0925\exp(-0{,}1960x)$	0,953*

[1/]Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo pelo teste F.

Para o índice de massa seca, o comportamento em função das doses para cada espécie assemelhou-se ao observado para o índice em altura com destaque para sorgo e pepino, que apresentaram queda linear nos valores demonstrando maior tolerância em relação as demais espécies, que apresentaram diminuição exponencial (Tabela 6). Das espécies que se apresentaram mais sensíveis e com maiores valores de declividade da curva exponencial foram crambe (0,23), beterraba (0,20), capim tamani (0,04) e feijão azuki (0,04). Em doses igual ou superior a 25 g ha^{-1}, os índices para todas as espécies foram estatisticamente iguais (Tabela 6).

Ao analisar a dose necessária em proporcionar 50% de resposta (C_{50}) para as variáveis, a beterraba e o crambe apresentaram os menores valores para os dois herbicidas, ficando abaixo de 5 % da dose comercial de 100 g ha^{-1} de flumioxazina e saflufenacil, o que sugere maior sensibilidade dessas espécies (Tabela 7).

Tabela 7. Dose necessária em proporcionar 50% de resposta (C50) para as variáveis fitointoxicação, índice de altura (IA) e índice de matéria seca da parte aérea (IMS).

Espécies	Saflufenacil		
	C_{50} /1 (g ha^{-1})		
	Fitointoxicação	IA	IMS
Capim tamani	5,69	7,60	36,31
Sorgo	14,86	89,80	40,23
Crambe	2,64	4,09	3,43
Feijão azuki	13,27	14,65	13,65
Pepino	2,51	3,56	5,27
Beterraba	3,06	4,73	3,96
	Flumioxazina		
Capim tamani	1,86	7,42	14,60
Sorgo	23,47	47,15	36,58
Crambe	0,96	3,08	2,45
Feijão azuki	19,52	19,58	16,87
Pepino	7,90	38,09	26,38
Beterraba	3,40	4,43	3,98

/1 Dose necessária para proporcionar 50% de intoxicação ou redução de 50% nos índices de altura e massa seca.

Para o herbicida saflufenacil, além da beterraba e do crambe, o pepino apresentou baixos valores de C_{50} para todas as variáveis, sendo indicado também como bioindicador para este

herbicida. Diesel et al. (2012) constataram maior sensibilidade do pepino e da beterraba ao saflufenacil, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa. Por outro lado, Barcellos Junior et al. (2019), relataram que além da beterraba, o pepino foi a espécie que apresentou baixo C_{50} para o saflufenacil em relação a fitointoxicação, porém não foi indicada como sensível ao herbicida, pois o saflufenacil não causou grandes reduções na matéria seca da parte aérea e na matéria seca total do pepino, não sendo suficiente para promover a morte da planta.

Os maiores valores de C_{50} foram observados para o sorgo e feijão azuki, respectivamente, para os dois herbicidas, o que reforça a tolerância dessas espécies à baixas concentrações de flumioxazina e saflufenacil no solo, não sendo adequadas para a utilização em bioensaios.

5 CONCLUSÃO

Para o herbicida saflufenacil as espécies mais sensíveis foram a beterraba, o crambe e o pepino.

Para o flumioxazina as espécies mais sensíveis foram a beterraba e o crambe.

Dentre estas espécies, a beterraba pode ser indicada preferencialmente como bioindicadora de ambos os herbicidas pela facilidade de cultivo, crescimento rápido, sensibilidade em baixas doses e permite rápida visualização dos sintomas de intoxicação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALONSO, D. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. Potencial de carryover de herbicidas com atividade residual usados em manejo outonal. **Buva: Fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba: Omnipax, p. 91-104, 2013.

ANDRADE, D. N. et al. Alternativas herbicidas para o controle em pré-emergência de capim amargoso. 2019.

BASF Agricultural Products. **Bula do herbicida Heat®.** Disponível em: https://agriculture.basf.com/br/pt/protecao-de-cultivos-e-sementes/produtos/heat.html Acesso em: 6 jun.2020.

CARBONARI, C. A.; GOMES, G. L. G. C.; VELINI, E. D. Efeitos de períodos sem a ocorrência de chuva na eficácia do flumioxazin aplicado no solo e na palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 3, p. 81-88, 2010.

CONSTANTIN, J. et al. Desempenho de heat aplicado em dessecação antecedendo a semeadura da cultura do algodoeiro para controle de corda-de-viola, trapoeraba e leiteiro. In: **Embrapa Algodão-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011., 2011.

DA SILVA, A. et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, n.3, p.345-354, 1999.

DE ALMEIDA DAN, H. et al. Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 40, n. 4, p. 388-393, 5 nov. 2010.

DE ALMEIDA DAN, H. et al. Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

DE ALMEIDA DAN, H. et al. Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1929-1935, 2012.

DE OLIVEIRA, M. F. **Adsorção, lixiviação e persistência de flumioxazin e metribuzin em diferentes solos.** UFV, 1995.

DE OLIVEIRA, T. L. et al. Seleção de espécies bioindicadoras do herbicida ethoxysulfuron. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.

DIAS, M. A. N.; MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M. Vigor de sementes de milho associado à mato-competição. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 93-101, 2010.

DIESEL, F. et al. Seleção de espécies da família Cucurbitaceae e Chenopodiaceae para indicação da presença de saflufenacil no solo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 22, 2012.

DIESEL, F. et al. Seletividade temporal do herbicida saflufenacil à cultura do feijão em latossolo vermelho distroférrico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 421-428, 2016.

DIESEL, F. et al. Bioassay for Determining Persistence of the Herbicide Saflufenacil in an Oxisol. **Planta Daninha**, v.37, 2019.

EDWARDS, R.; DIXON, D. P.; WALBOT, V. Plant glutathione S-transferases: enzymes with multiple functions in sickness and in health. **Trends in plant science**, v. 5, n. 5, p. 193-198, 2000.

FARIA, A. T. et al. Selection of Indicator Species of the Tembotrione Sorption in Soils with Different Attributes**. Planta Daninha**, v. 36, 2018.

FRANCO, J. J. et al. Competitividade relativa de biótipos de capim pé-de-galinha com a cultura da soja. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 271-277, 2017.

GROSSMANN, K. et al. Saflufenacil (KixorTM): biokinetic properties and mechanism of selectivity of a new protoporphyrinogen IX oxidase inhibiting herbicide. **Weed Science**, v. 59, n. 3, p. 290-298, 2011.

GUERRA, N. et al. Seleção de espécies bioindicadoras para os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyrithiobac-sodium**. Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 37-48, 2011.
INOUE, M. H. et al. Seleção de bioindicadores para herbicidas residuais aplicados em pré-emergência. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 173-182, 2012.

JUNIOR, L. F. R. et al. Tolerância inicial de feijão-caupi a herbicidas aplicados em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 3, p. 603-1-8), 2018.

JÚNIOR, L. H. B. et al. Espécies indicadoras de resíduos de saflufenacil em solos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.18, n. 2, p. 653-1-7, 2019.

MELO, C. A. D. et al. Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta Daninha,** Viçosa, v.28, n.4, p.835-842, 2010.

MENDES, K. F. et al. Seleção de plantas indicadoras para o monitoramento do mesotrione e metribuzin em solo argiloso. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, MT, v. 13, n. 1, p. 53-59, 2015.

MENDES, K. F.; DIAS, R. C.; REIS, M. R. Carryover e persistência de herbicidas em solos. **Boletim Técnico, Viçosa: SBCPD Comitê de Qualidade Ambiental**, 2017.

MONQUERO, P. A. et al. Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 185-193, 2008.

MONQUEIRO, P. A. et al. Lixiviação de saflufenacil e residual após períodos de seca**. Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 415-423, 2012.

MUNHOS, T. F. et al. Seletividade de latifolicidas aplicados em pré-emergência do arroz irrigado brs pampeira. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019. Balneário Camboriú, SC. Inovação e desenvolvimento na orizicultura: anais eletrônicos. Itajaí: Epagri/Sosbai, 2019., 2019.

PATEL, F. **Eficiência agronômica e persistência de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

RIBEIRO, S. R. S. et al. Avaliação de residual de herbicidas pré-emergentes em algodão**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Fitossanidade**. 2019.

ROBINSON, D. E.; MCNAUGHTON, K. E. Saflufenacil carryover injury varies among rotational crops. **Weed Technology**, v. 26, n. 2, p. 177-182, 2012.

SANCHOTENE, D. M. et al. Desempenho de diferentes herbicidas pré-emergentes para controle de euphorbia heterophylla na cultura da soja, 2017.

SANTOS, D. P. D. et al. Determinação de espécies bioindicadoras de resíduos de herbicidas

auxínicos. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 354-362, 2013.

SAVARIS, Q. M. et al. Determination of Residual Effect of Indaziflam and Amicarbazone in Two Soils Through Bioassay**. Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 3, p. 617-1-7), 2019.

SILVA, F. M. L. et al. Atividade residual de 2, 4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas**. Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 29-36, 2011.

SILVA, A.A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JR., R.S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.A.; SILVA, F.J. (Ed). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, p.189-248, 2007.

SIKKEMA, P. H.; SHROPSHIRE, C.; SOLTANI, N. Tolerance of spring barley (Hordeum vulgare L.), oats (Avena sativa L.) and wheat (Triticum aestivum L.) to saflufenacil. **Crop Protection**, v.27, p.1495–1497, 2008

SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P. Sensitivity of Leguminous Crops to Saflufenacil. **Weed Technology**, v. 24, n. 2, p. 143-146, 2010.

VELINI, D. E.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. [Procedures for installation, evaluation and analysis of experiments with herbicides]. **SBCPD**, Londrina, BR, 1995.

WEI, D. I. N. G. et al. Effect of chlorimuron-ethyl on biochemical mechanism in tolerant sugar beet. **Agricultural Sciences in China**, v. 9, n. 12, p. 1771-1776, 2010.

WSSA, **Weed Science Society of America**, 2001.