

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO GIOVANI SANDRIN

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO AO HERBICIDA SULFENTRAZONE
EM CONDIÇÃO DE CAMPO**

PATO BRANCO

2021

EDUARDO GIOVANI SANDRIN

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO AO HERBICIDA SULFENTRAZONE
EM CONDIÇÃO DE CAMPO**

Tolerance of bean genotypes to the herbicide sulfentrazone in field conditions

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Michelangelo Muzell Trezzi

PATO BRANCO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EDUARDO GIOVANI SANDRIN

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO AO HERBICIDA SULFENTRAZONE
EM CONDIÇÃO DE CAMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia
do *Campus* Pato Branco da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 29/novembro/2021

Michelangelo Muzell Trezzi

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco

Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco

Matheus Viecelli

Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Agronomia PPGAG-PB UTFPR - Doutorando

PATO BRANCO

2021

Dedico este trabalho aos meu pais, pelos
momentos de ausência e a minha
Tia Sirlei Dias Teixeira.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Michelangelo Muzell Trezzi, por ter sido meu orientador, por todos os ensinamentos passados, pelas orientações, conselho e pela confiança em mim depositada. Ao Matheus Viecelli pela ajuda e orientação em desenvolver esse projeto a campo e pela realização da análise estatística.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Pato Branco e a todos os professores do curso de Agronomia, pelo conhecimento, ensinamentos e experiências passadas e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

Aos meus pais, que mesmo estando longe, sempre estiveram ao meu lado me incentivando. A minha Tia, Sirlei Dias Teixeira, que me ajudou, apoiou e sempre esteve ao meu lado.

Aos amigos Raul Zucolo Irion, Carlos Coltro Scepanski, José Carlos Holub, Giovanni Ribeiro Quani, Lucas Colonelli, Rogê Afonso Fernandes, Rogê Henrique Fernandes, Rodrigo Pereira Souza, Marcelo Pronobi, Chrystian Cirullo e João Paulo Gonzatto, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período da faculdade.

RESUMO

As plantas daninhas são um dos principais entraves para se atingir elevados patamares de produtividade e qualidade de grãos na cultura do feijão. São poucos os herbicidas registrados para uso nessa espécie cultivada capazes de controlar plantas daninhas em pré-emergência. O estudo foi conduzido na Área Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco, com o objetivo de avaliar a tolerância de oito genótipos de feijão (Bico de Ouro, Moyashi, BRS Esteio, IAC Esperança, IAC Harmonia, IPR Tangará e IPR Uirapuru) ao herbicida sulfentrazone, um inibidor da enzima protoporfirinogênio-oxidase (Protox), aplicado em pré-emergência. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, em que nas parcelas estão alocadas as oito diferentes genótipos, enquanto nas subparcelas foram dispostos os tratamentos com e sem aplicação de sulfentrazone (400g i.a. ha⁻¹). Foram realizadas as seguintes determinações durante o ciclo: (a) tolerância aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA); (b) estande e altura de planta aos 7, 14, 21 e 28 DAA; (c) clorofila total aos 14, 21 e 28 DAA; (d) índice de área foliar aos 28 DAA; (e) massa seca da parte aérea (MSPA) aos 28 DAA. No momento da colheita foram determinadas o estande final (ESTF), altura final (ALTF), diâmetro do caule (DMC), número de ramos por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP), massa de mil grãos (MMG), umidade (UMG) e rendimento de grãos (RG) de feijão. Foi constatado, no experimento a campo, que os genótipos Bico de Ouro e Moyashi do gênero de feijão *Vigna* spp. apresentaram maior tolerância a aplicação do herbicida em comparação com as demais classes de feijão. Já os feijões BRS Esteio e IPR Uirapuru das classes de feijão preto, foram os menos tolerantes.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; *Vigna* spp.; protox; mecanismo de ação.

ABSTRACT

The Weeds are one of the main obstacles to achieving high levels of productivity and grain quality in bean crops. There are few herbicides registered for use in this cultivated species able to control weeds in pre-emergence. The study was conducted in the Experimental Area of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco, aiming to evaluate the tolerance of eight bean genotypes (Bico de Ouro, Moyashi, BRS Esteio, IAC Esperança, IAC Harmonia, IPR Tangará and IPR Uirapuru) to the herbicide sulfentrazone, an inhibitor of the enzyme protoporphyrinogen oxidase (Protox), applied in pre-emergence. The experiment was conducted in a randomized block design with subdivided plots, in which the eight different genotypes are placed in the plots, while in the subplots the treatments with and without sulfentrazone application (400g i.a. ha⁻¹) were placed. The following determinations were performed during the cycle: (a) tolerance at 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA); (b) stand and plant height at 7, 14, 21 and 28 DAA; (c) total chlorophyll at 14, 21 and 28 DAA; (d) leaf area index at 28 DAA; (e) dry mass of the aerial part (MSPA) at 28 DAA. At the time of harvest, the final stand (ESTF), final height (ALTF), stem diameter (DMC), number of branches per plant (NRP), number of pods per plant (NVP), mass of thousand grains (MMG), moisture (UMG) and grain yield (RG) of beans were determined. It was found, in the field experiment, that the genotypes Bico de Ouro and Moyashi of the bean genus *Vigna* spp. showed greater tolerance to the application of the herbicide compared to the other bean classes. The beans BRS Esteio and IPR Uirapuru of the black bean classes, were the least tolerant.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; *Vigna* spp.; protox; mechanism of action.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura química do sulfentrazone.....	22
Figura 2 - Mecanismo de ação do sulfentrazone.....	23
Figura 3 - Precipitação pluviométrica (mm), temperatura média, máxima e mínima (°C) durante o período de condução do experimento na safra 2019/2020. UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021.....	25
Figura 5 - (A) altura (ALT), (B) estande (EST) de diferentes genótipos de feijão aos 28 dias após a aplicação (DAA) pré-emergente de sulfentrazone (400 g i.a. ha ⁻¹). UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021.....	31
Figura 6 - (A) clorofila total (CTT), (B) área foliar (AF) e (C) massa seca da parte aérea (MSPA) dos diferentes genótipos de feijão submetidos à aplicação pré-emergente de sulfentrazone (400 g i.a. ha ⁻¹). UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies de plantas daninhas mais frequentes na cultura do feijão.....	18
Tabela 2 - Características químicas e composição textural do Latossolo Vermelho Distrófico em que foi conduzido o experimento na safra 2019/2020. UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021.....	26
Tabela 3 - Escala de avaliação de controle de plantas daninhas e injúria a plantas cultivadas.....	27
Tabela 4 – Análise de variância para a variável tolerância relativa (TR) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do sulfentrazone 400 g i.a. ha ⁻¹ ..UTFPR, campus Pato Branco, 2021.....	30
Figura 4 – Tolerância relativa (TR) dos diferentes genótipos de feijão submetidos a aplicação pré-emergente de sulfentrazone (400 g i.a. ha ⁻¹), avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). UTFPR, campus, Pato Branco-PR, 2021.....	31
Tabela 5 - Valores médios dos efeitos principais e interação das variáveis estande final (ESTF), altura final (ALTF), diâmetro do caule (DMC), número de ramos por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG), umidade de grãos (UMG) e rendimento de grãos (RG) de diferentes classes comerciais de feijão submetidos à aplicação de 400 g i.a. ha ⁻¹ de sulfentrazone em pré-emergência. UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021	35
Tabela 6 – Estande final de plantas (ESTF), altura final de plantas (ALTF) e umidade de grãos (UMG) de diferentes genótipos de feijão submetidos à aplicação de sulfentrazone em pré-emergência. UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGROFIT	Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
ETENE	Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste
PB	Município de Pato Branco
PR	Estado do Paraná
PROTOX	Protopofirinogênio oxidase
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

'	Minuto
"	Segundo
%	Percentual
°C	Graus Celsius
AF	Área foliar
ALT	Altura
ALTF	Altura final
BL	Blocos
CaCl	Cloreto de cálcio
CCT	Clorofila total
cm	Centímetros
cmolc dm ⁻³	Centimol de carga por decímetro cúbico
CO ₂	Dióxido de carbono
CTC	Capacidade de troca catiônica
DAA	Dias após a aplicação
DBA	Delineamento de blocos ao acaso
DMC	Diâmetro de caule
EST	Estande
ESTF	Estande final
G	Genótipo
g dm ⁻³	Grama por decímetro cúbico
g ha ⁻¹	Grama por hectare
g i.a. ha ⁻¹	Grama de ingrediente ativo por hectare
H	Tratamento com herbicida
H + Al	Hidrogênio + Alumínio
K	Potássio
K ₂ O	Óxido de potássio
KCl	Cloreto de potássio
Kg	Quilograma
Kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare
Kow	Coefficiente de partição octanol-água
L ha ⁻¹	Litro por hectare
m	Metros
m linear ⁻¹	Metro linear
m ²	Metros quadrados
mg dm ⁻³	Miligrama por decímetro cúbico
mg L ⁻¹	Miligrama por litro
MMG	Massa de mil grãos
MO	Matéria orgânica
MSPA	Massa seca da parte aérea
NGV	Número de grãos por vagem
NRP	Número de ramos por planta
NVP	Número de vagens por planta
P	Fósforo
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
PA	Peso da amostra

PAC	Peso da amostra corrigida
pH	Potencial Hidrogeniônico
PÓS	Pós-plantio
PPI	Pré-plantio incorporado
PPO	Protopofirinogênio oxidase
PRÉ	Pré-plantio
RG	Rendimento de grãos
SC	Suspensão concentrada
TR	Tolerância relativa
UM _{desejada}	Umidade desejada
UMG	Umidade de grãos
UM _{observada}	Umidade observada
X	Variável resposta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Geral.....	15
2.2	Específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	A cultura do feijão no Brasil.....	16
3.2	Desafio do manejo de plantas daninhas na cultura do feijão.....	17
3.3	Uso de herbicidas na cultura do feijão.....	19
3.4	Características do herbicida sulfentrazone e perspectivas para uso no feijão.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1	Avaliações iniciais.....	27
4.2	Avaliações finais.....	28
4.3	Análise estatística.....	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1	Avaliações iniciais.....	30
5.2	Avaliações finais.....	34
6	CONCLUSÕES.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	APÊNDICE A – Croqui do experimento.....	44

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) se enquadra hoje como uma das leguminosas mais importantes na dieta alimentar do brasileiro, é caracterizado por nutricionistas como um alimento quase perfeito devido ao seu alto teor de proteínas e quantidades generosas de fibras, carboidratos vitaminas do complexo B e outras necessidades dietéticas (AGRICULTURE, 2001). Segundo dados da FAO (2019), o Brasil é responsável por 10,06% do total produzido no mundo, assume o terceiro lugar no ranking mundial dos maiores produtores de feijão, com uma produção de 2,9 milhões de toneladas. Os principais estados produtores de feijão são o estado do Paraná, seguido por Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia (COELHO, 2019).

O cultivo de feijão no Brasil acontece em três épocas distintas sendo denominadas como: safra das águas, safra da seca ou safrinha e safra de inverno (PORTES, 2015). Dessa forma, a possibilidade de seu plantio e colheita serem conduzidos nessas diferentes épocas do ano está atrelada aos avanços no melhoramento genético das cultivares de feijão, possibilitando sua adaptação nas mais diversas regiões, além do fato de que as cultivares devem possuir menor sensibilidade aos estresses bióticos e/ou abióticos, associado à alta capacidade de expressão da produtividade (RIBEIRO *et al.*, 2011).

A competição é a forma mais conhecida de interferência das plantas daninhas, podendo estar presente durante todo o ciclo da cultura. No feijoeiro essas plantas daninhas provocam a competição por água, nutrientes, luz e espaço. Além de poderem ser hospedeiras intermediárias de pragas e doenças. A fase mais crítica desta competição está relacionada aos primeiros 30 dias do desenvolvimento do feijoeiro ou até a fase de pré-florescimento, podendo ocasionar perdas significativas de até 70% da produção (LOPES; FARIA, 1996).

Existem vários herbicidas registrados para a cultura do feijão, porém, são poucos que possuem seletividade total para serem aplicados diretamente sobre as plantas desta cultura em pré-emergência, com eficiência no controle de plantas daninhas de folha larga.

O sulfentrazone é um herbicida comumente utilizado na cultura da soja (*Glycine max*), para controle de espécies daninhas de folha larga. É um herbicida de

ação tanto em pré como em pós-emergência (OLIVEIRA JUNIOR, 2011), sendo o seu mecanismo de ação classificado como inibidor da enzima PROTOX (protoporfirinogênio-oxidase) (GEHRKE; CAMARGO; AVILA, 2020).

Um dos principais fatores que proporcionam resistência de plantas daninhas a herbicidas, é o manejo incorreto, principalmente da utilização consecutiva de produtos pertencentes ao mesmo mecanismo de ação (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO; SILVA, 1994). Dessa forma, o registro do sulfentrazone para cultura do feijão possibilitaria aos produtores uma nova alternativa de controle e manejo em pré-emergência de plantas daninhas de folha larga.

A partir dessas informações relatadas, este estudo propôs avaliar a tolerância de oito genótipos de feijão ao herbicida sulfentrazone aplicado em condições de pré-emergência da cultura.

Este trabalho foi desenvolvido a partir da hipótese de que existe variação de tolerância dos diferentes genótipos de feijoeiro à aplicação do herbicida sulfentrazone em pré-emergência.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a tolerância de oito genótipos de feijão, sendo seis desses genótipos do gênero Phaseolus e dois do gênero Vigna, ao herbicida sulfentrazone em condição de campo.

2.2 Específicos

Determinar o desenvolvimento e produtividade de genótipos de feijão submetidas à aplicação do herbicida sulfentrazone.

Determinar a resposta das variáveis, estande de plantas, fitotoxicidade, altura, teor de clorofila, massa seca da parte aérea, em genótipos de feijão submetidas à aplicação de sulfentrazone.

Determinar a resposta das variáveis altura final, estande final, diâmetro do caule, número de ramos, número de vagens por planta, números de grãos por vagem, massa de mil grãos umidade e rendimento de grãos, medidas no final do ciclo produtivo em genótipos de feijão submetidas à aplicação de sulfentrazone.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura do feijão no Brasil

O Brasil é um dos grandes produtores de grãos no Mundo. Com base nos dados de pesquisa apresentados pela Conab, referentes a safra 2019/2020, foi registrada uma produção recorde de grãos de feijão, atingindo 3,23 milhões de toneladas, 7% a mais do que o obtido na safra 2018/2019, com uma área plantada estimada em 2,9 milhões de hectares (CONAB, 2020). Segundo o levantamento realizado pela ETENE (Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste) as principais regiões de destaque produtoras de grãos de feijão foram Paraná com 751,8 mil toneladas, em segundo Minas Gerais com 545,6 mil toneladas, seguido por Mato Grosso com 316,8 mil toneladas, Goiás com 302,6 mil toneladas e a Bahia com uma produção de 266,2 mil toneladas (COÊLHO, 2020).

O feijão está entre a produção de grãos que mais cresce no mercado atual, sendo um dos alimentos mais antigos já cultivados pela humanidade (EMBRAPA, 2000). São plantas dicotiledôneas que pertencem a ordem Rosales, da família Fabaceae, e são cultivados em dois principais gêneros. O feijoeiro do gênero *Phaseolus*, que compreende aproximadamente 55 espécies, das quais apenas cinco são cultivadas: o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*); o feijão de lima (*P. lunatus*); o feijão Ayocote (*P. coccineus*); o feijão tepari (*P. acutifolius*); e o *P. polyanthus*. (EMBRAPA, 2000). Já o feijoeiro do gênero *Vigna* é composto por aproximadamente 160 espécies, mas apenas 4 são cultivadas, entre elas destaca-se: o feijão-caupi, também conhecido como Bico de Ouro (*Vigna unguiculata*); o feijão adzuki (*V. angularis*); o feijão mungo, também conhecido como Moyashi (*V. radiata*); e o feijão arroz (*V. umbellata*), (VIEIRA; VIEIRA; ANDRADE, 1992).

O feijoeiro do gênero *Phaseolus* possui os seus primeiros relatos de origem nas Américas com centro primário de domesticação na Mesoamérica e Sul dos Andes (SCHOONHOVEN; VOYSEST, 1991). Os feijões do gênero *Vigna* possuem antecedentes de origens Asiáticas e Africanas, entretanto, para ambos os gêneros ainda existem controvérsias quanto ao seu local exato de origem (FREIRE FILHO, 1988). Segundo Burle *et al.* (2010), o Brasil pode estar enquadrado como um centro secundário de diversificação do feijoeiro-comum, devido a grande diversidade de

pool genético domesticado encontrado e também por haver classes de feijão que são praticamente exclusivas do país, um exemplo disso são as classes carioca e jalo.

No Brasil, a cultura do feijão se enquadra como uma das leguminosas mais importantes na dieta alimentar, por fornecer uma excelente fonte proteica, carboidratos e vitaminas do complexo B (SILVA; ROCHA; CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Atualmente no ranking dos maiores produtores mundiais de feijão, a Índia assume a liderança, seguido por Myanmar, Brasil, China e Estados Unidos. Esses países são responsáveis por cerca de 42,79% do total produzido no mundo, chegando a produções de 12,3 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2019). No Brasil, os principais estados produtores de feijão são o estado do Paraná, seguido por Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia (COÊLHO, 2020).

O cultivo do feijão pode ser conduzido em três épocas distintas, possibilitando o manejo dessa espécie nos mais variados sistemas de cultivo. A primeira delas é conhecida como safra das águas, que vai do mês de outubro a dezembro, se trata de uma época muito chuvosa, com temperaturas muito elevadas. A segunda época é chamada de safra da seca, referente aos meses de dezembro a março, nessa época possui temperaturas mais amenas, porém passam por um período de seca prolongado, principalmente na fase de floração ou de enchimento da vagem. Por fim, a terceira época, conhecida como safra de inverno, é realizada a partir do mês de março, essa safra surgiu como uma alternativa no meio do cultivo de feijão, através da utilização do pivô-central no campo (PORTES, 2015).

3.2 Desafio do manejo de plantas daninhas na cultura do feijão

A cultura do feijoeiro, pode ser conduzida em diferentes épocas do ano, sob as mais diversas condições climáticas e morfológicas do solo. Essa cultura está sujeita à interferência de plantas daninhas, que afetam o seu crescimento e desenvolvimento. Essa interferência pode ocorrer principalmente por alelopatia e competição. A alelopatia se caracteriza pelos efeitos inibitórios ou estimulatórios ao desenvolvimento e/ao rendimento das plantas de feijão, através da liberação no meio, de substâncias produzidas pelo metabolismo secundário das plantas daninhas (CTSBF, 2009). Quando não manejadas de forma correta, as plantas daninhas,

através da competição, concorrem com as plantas de feijão por nutrientes do solo, água e luz. Dessa forma interferem, podendo resultar em uma baixa produção de grãos do feijão. Podem também ocasionar problemas na colheita, e ainda, podem servir como hospedeiras intermediárias de pragas e agentes fitopatogênicos na lavoura (COBUCCI; STEFANO; KLUTHCOUSKI, 1999).

Tabela 1 - Espécies de plantas daninhas mais frequentes na cultura do feijão

Nome Comum	Nome Científico	Família	Ciclo
Beldroega	<i>Portulaca oleracez L.</i>	Portulacaceae	Anual
Capim-braquiária, braquiária	<i>Brachiaria decumbens</i>	Poaceae	Perene
Capim-carrapicho, tombete	<i>Cenclurus enchinatus L.</i>	Poaceae	Anual
Capim-colchão, milhã	<i>Digitaria horizontalis</i>	Poaceae	Anual
Capim-marmelada, papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Poaceae	Anual
Capim-pé-de-galinha	<i>Eleusine indica L.</i>	Poaceae	Anual
Carrapicho-de-carneiro	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Asteraceae	Anual
Caruru-comum	<i>Amaranthus viridis L.</i>	Amaranthaceae	Anual
Corde-de-viola	<i>Richardia brasiliensis</i>	Rubiaceae	Anual
Leiteiro, amendoim-bravo	<i>Euphorbia heterophylla L.</i>	Euphorbiaceae	Anual
Maria-pretinha	<i>Solanum americanum</i>	Solanaceae	Anual
Mentraso	<i>Ageratum conyzoides L.</i>	Asteraceae	Anual
Picão-branco	<i>Galinsoga parviflora</i>	Asteraceae	Anual
Picão-preto	<i>Bidens pilosa L.</i>	Asteraceae	Anual
Poaia-branca	<i>Richardia brasiliensis</i>	Rubiaceae	Anual
Tiririca	<i>Cyperus rontundus</i>	Cyperaceae	Perene
Trapoeiraba	<i>Commelina virginica L.</i>	Commelinaceae	Perene

Fonte: Adaptado de Stone, L. F; Sartorato, A. (1994)

No panorama geral, as plantas daninhas, são divididas em dois grupos, as monocotiledôneas, comumente chamadas de “folhas estreitas” tendo maior destaque para a cultura do feijão, as daninhas da família Poaceae e Cyperaceae. As eudicotiledôneas ou mais conhecidas como “folhas largas” estão presentes em maior grupo de famílias, tais como, Asteraceae, Amaranthaceae, Fabaceae, Commelinaceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Malvaceae, Compositae e Rubiaceae (COBUCCI; STEFANO; KLUTHCOUSKI, 1999). No Brasil estão identificadas mais de 1.200 espécies daninhas, das quais algumas estão destacadas como as espécies mais frequentes na cultura do feijoeiro (Tabela 1).

Os primeiros 30 dias após a emergência da cultura são considerados o período mais crítico, em que as plantas daninhas geram maiores danos à cultura do feijão. Por se tratar de uma cultura de ciclo vegetativo curto, torna-se bastante sensível à competição com outras espécies (STONE; SARTORATO, 1994). Após o período crítico, a presença de plantas daninhas não é mais prejudicial para o rendimento de grãos da cultura, porém ainda causam danos no processo de colheita, como redução do rendimento na colheita mecanizada, aumento da umidade do grão e de impurezas, armazenamento em bancos de sementes proporcionando novos propágulos que causarão prejuízos em safras futuras (CTSBF, 2009).

3.3 Uso de herbicidas na cultura do feijão

A cultura do feijão apresenta alta sensibilidade a herbicidas, desta forma, poucos herbicidas são registrados para a cultura que sejam capazes de exercer seletividade e eficiência no controle de plantas daninhas, principalmente em espécies de folha larga. Segundo (COBUCCI; STEFANO; KLUTHCOUSKI, 1999), alguns produtos podem causar alguma injúria inicial ou maior intensidade de dano e, por esse motivo, é essencial conhecer a variedade (ciclo), o momento de aplicação, os cuidados no manejo da cultura, para que ocorra a recuperação dessas plantas sem interferência no rendimento de grãos provocada pela fitotoxicidade. De uma maneira geral, a planta precisa estar livre de danos de herbicidas no estágio V4, pois é a partir desse estágio que se evidencia um acelerado crescimento vegetativo, ocorrendo a emissão da terceira folha trifoliada e o aumento significativo do índice de área foliar. A partir disso, é crucial não haver fitotoxicidade, o que irá impactar nos estádios de desenvolvimento posteriores.

Segundo Victoria Filho (2007), a seletividade para cultivares de feijão ocorre em três formas, a primeira relacionada a seletividade fisiológica e toponômica, ou seja, refere-se a fisiologia do feijão cultivado e da profundidade de semeadura, essa etapa, ocorre nas aplicações em pré-plantio incorporado, onde o herbicida é adsorvido superficialmente ao solo, antes da semeadura do feijão, proporcionando uma diminuição da volatilização do herbicida (COBUCCI; STEFANO; KLUTHCOUSKI, 1999). Após a incorporação do herbicida, as sementes de feijão são semeadas na camada tratada do solo, onde acabam absorvendo uma

quantidade do herbicida, contudo, devido ao crescimento das raízes pivotantes, conseguem se desenvolver fora da zona tratada, não sofrendo injúria. A segunda refere-se a uma seletividade mais toponômica, aplicações em pré-emergência, realizada após a semeadura e antes da emergência da cultura e das plantas daninhas. A terceira apresenta uma seletividade mais fisiológica, aplicações em pós-emergência, onde as plantas daninhas já se encontram emergidas. Nessa etapa de seletividade, as plantas de feijão absorvem o herbicida, porém, através de seu mecanismo de degradação, acabam evitando fitotoxicidade.

O controle químico para o manejo de plantas daninhas na lavoura é o mais utilizado na cultura do feijão, e se torna economicamente viável quando se trata de áreas médias e grandes, onde não há uma disponibilidade maior de mão-de-obra. Porém, o que confere a eficiência dos herbicidas registrados para a cultura do feijão, segundo Victoria Filho, (2007), está diretamente relacionada com a época de aplicação do herbicida, com a interferência de determinadas daninhas presentes na área do cultivo e da fenologia do feijão cultivado.

As principais aplicações de herbicidas na cultura do feijão são realizadas em pré-plantio incorporado (PPI), pré-emergência (Pré) da cultura e das plantas daninhas e pós-emergência (Pós) da cultura e das plantas daninhas (CARVALHO, 2013). A maioria dos herbicidas são recomendados na modalidade de aplicação em pós-emergência, como bentazon, clethodim, imazamox, fuazilop-p-butil, fomesafen, sethoxydim e tepraloxyn. Em pré-emergência, em que os herbicidas (Pré) aplicados no solo antes da emergência das plantas daninhas, há um número menor de herbicidas registrados para o feijão, destacando-se o metolachlor, pendimethalin, trifluralin 600 (COBUCCI; STEFANO; KLUTHCOUSKI, 1999). Ambos recomendados para controle de daninhas de folha estreita.

A utilização de herbicidas aplicados em pré-emergência com potencial efeito residual prolongado no solo, é um dos fatores que acabam determinando o controle de plantas daninhas em períodos mais críticos de competição (MONQUERO et al., 2008). A aplicação pré-emergente proporciona um melhor controle de plantas daninhas por se apresentarem em estágio mais suscetíveis ao herbicida. Também, a precocidade do controle evita a competição inicial da planta daninha com a cultura do feijão e o efeito residual de herbicidas pré-emergentes no solo acaba

promovendo o controle de plantas daninhas que estão emergindo do banco de sementes (PATEL, 2018).

Existem também estudos de herbicidas com potencial para a cultura do feijão, porém não registrados, como são os casos do saflufenacil, metribuzin, saflufenacil + metribuzin, 2,4-D, flumetsulam, cloransulam-metílico e chlorimuron-etílico (SOLTANI; SHROPSHIRE; SIKKEMA, 2019), aplicados em pré-plantio como uma alternativa para o manejo de plantas daninhas resistentes ao glifosato. Porém, através das avaliações realizadas por ((SOLTANI; SHROPSHIRE; SIKKEMA, 2019), constatou-se que os herbicidas saflufenacil, metribuzin, saflufenacil + metribuzin, flumetsulam, cloransulam-metílico e chlorimuron-etílico quando aplicados uma semana antes do plantio, não apresentam boa segurança de seletividade, podendo assim, causar injúria para a cultura do feijão. Já o herbicida 2,4-D não chegou a apresentar danos a cultura e não teve interferência na produtividade. Contudo, há necessidade de realização de maior número de pesquisas que revelem herbicidas ou associações de herbicidas que ainda não estão registrados, mas que sejam alternativas promissoras para a cultura do feijão.

No caso específico do saflufenacil, herbicida inibidor da Protox, Diesel et al. (2014) avaliaram a sua seletividade para dez cultivares de feijão. Nesse estudo, a cultivar BRS Talismã se destacou pela elevada tolerância ao herbicida aplicado em pré-emergência em duas doses (14,7 e 29,4 g i.a. ha⁻¹), comparadas com as demais cultivares avaliadas. A cultivar Jalo Precoce foi a que apresentou a maior sensibilidade a aplicação do herbicida nessas mesmas doses, com redução significativa de 86,6 e 99,6%, respectivamente, do stand de plantas.

3.4 Características do herbicida sulfentrazone e perspectivas para uso no feijão

Dentre os herbicidas com registros para a cultura do feijão, existe uma limitação de produtos destinados ao controle de plantas daninhas de folha larga. O sulfentrazone é um herbicida com ação sistêmica que não possui registro para a cultura do feijão, esse herbicida é comumente utilizado na cultura da soja (*Glycine max*), para controle de daninhas de folha larga, com registros também nas culturas do abacaxi, café, cana-de-açúcar, cítrus, eucalipto e fumo. Atualmente são

encontrados cerca de 15 grupos químicos de herbicidas registrados para a cultura do feijão, segundo Agrofite (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020)). Dentre os herbicidas existe uma pequena disponibilidade com aplicação em pré-emergência da cultura.

O sulfentrazone (BORAL 500 SC®, FMC Corporation) é definido como uma suspensão concentrada (SC), do grupo químico das triazolonas. Sua nomenclatura é N-[2,4-dichloro-5-[4-(difluoromethyl)-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl]phenyl]methanesulfonamide (SIGMA-ALDRICH, 2019), cuja estrutura química está representada na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura química do sulfentrazone

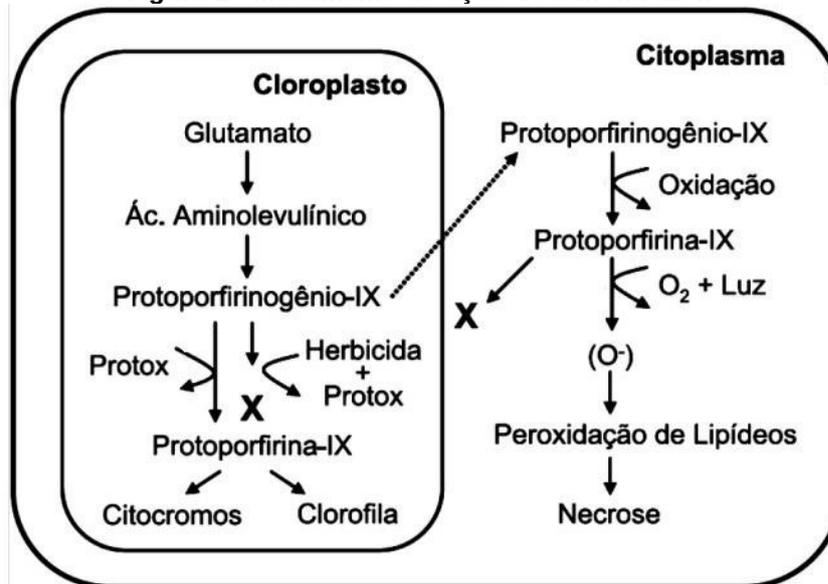


Fonte: SIGMA-ALDRICH (2019)

Este composto orgânico de massa molecular $387,19 \text{ g mol}^{-1}$ e um Kow de 9,8 é considerado um ácido fraco com constante de dissociação pKa 6,56 a pH 7, desta forma, a sua absorção é altamente dependente do pH no meio ao qual se encontra. Em solos com $\text{pH} < 6,5$ apresentam redução de solubilidade e conseqüentemente a sua disponibilidade no solo. No entanto, sua absorção pelas raízes das plantas é maior quando a molécula está presente na forma protonada. O herbicida sulfentrazone apresenta alta solubilidade em água (pH 6, 25 C°), de 110 mg L^{-1} ; 780 mg L^{-1} (pH 7) e 1600 mg L^{-1} (pH 7,5); e baixo valor do coeficiente de adsorção relativizado para carbono orgânico ($K_{oc} 43 \text{ mg L}^{-1}$). Essas características físico-químicas indicam um alto potencial de lixiviação da molécula no solo, porém, este comportamento somente é observado em solos arenosos (GEHRKE; CAMARGO; AVILA, 2020).

O sulfentrazone apresenta uma meia-vida que pode variar de 110 a 280 dias (BRUM; FRANCO; SCORZA JÚNIOR, 2013), dependendo das condições endofoclimáticas. O herbicida é absorvido pelas raízes e translocado pelo xilema (GEHRKE; CAMARGO; AVILA, 2020) e atua ao nível de cloroplastos atuando sobre a enzima protoporfirinogênio-oxidase (PPO), comumente chamada de Protox. Esta enzima é responsável pela oxidação do Protoporfirinogênio-IX em Protoporfirina-IX, desta forma, a molécula do herbicida acaba inibindo a enzima Protox (PPO), levando ao acúmulo de protoporfirinogênio IX nos cloroplastos. Com a diferença no gradiente de concentração dentro e fora dos cloroplastos, ocorre a migração do protoporfirinogênio IX, para o citoplasma, onde este composto é convertido em protoporfirina IX. A partir disso, a protoporfirina IX no citoplasma acaba interagindo com luz e outros compostos, formando o oxigênio singlete, causando uma reação em cadeia de peroxidação lipídica, e consequente ruptura das membranas e inibição da fotossíntese (GEHRKE; CAMARGO; AVILA, 2020). Plantas suscetíveis a este herbicida apresentam sintomas necróticos que acabam sendo mais severos com a presença de luz (MAZARURA, 2013).

Figura 2 - Mecanismo de ação do sulfentrazone



Fonte: GONÇALVES (2013)

O sulfentrazone é um herbicida comumente utilizado no solo, com aplicação em pré-emergência para controle de plantas daninhas eudicotiledôneas, porém

também possui o controle de algumas espécies monocotiledôneas, tais como: Tiririca (*Cyperus rotundus*), capim colchão (*Digitaria horizontalis*) e capim-mombaça (*Panicum maximum*). (MARTINS *et al.*, 2009; SIMPLICIO *et al.*, 2018).

Sua aplicação, além de ser recomendada em pré-emergência, também pode ser efetuada em pós-emergência (OLIVEIRA JUNIOR, 2011). Com base no relato de VENCILL (2002) apresentado por (HEKMAT *et al.*, 2007) a dose de sulfentrazone é dependente da quantidade de matéria orgânica disponível no solo (<1,0; 1,0-3,0; >3,0%) da textura dos agregados (grande, médio, fino) e também do pH do solo (redução da dose para solos com pH alto (7,0)).

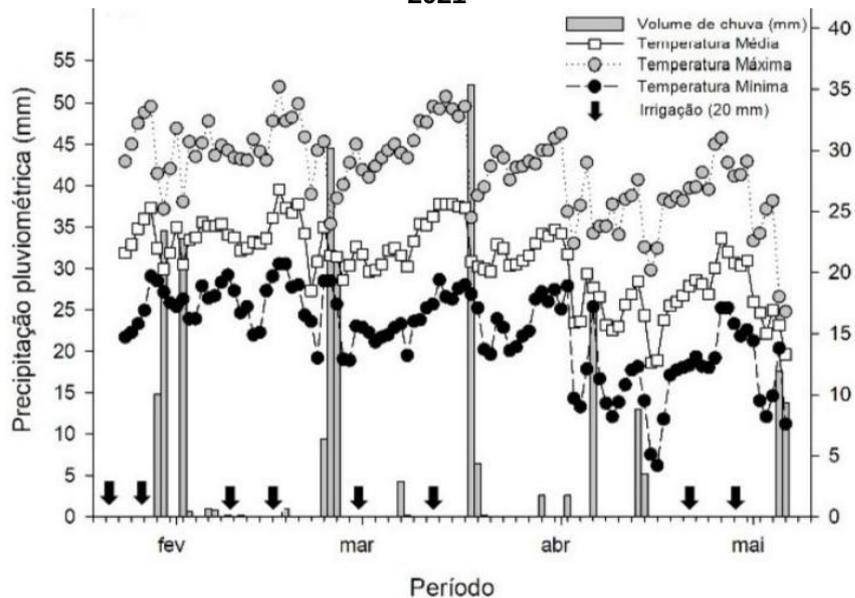
O potencial de sulfentrazone para cultura do feijão ainda é pouco estudado. Dessa forma, faz-se necessário conhecer melhor a atuação desse herbicida nessa cultura, o que possibilitaria aos produtores, a utilização de um herbicida com mecanismo de ação diferente para controle de plantas daninhas de folha larga na modalidade de pré-emergência. O sulfentrazone, poderá constituir-se em uma alternativa a ser inserida nos sistemas de produção da cultura do feijoeiro, tendo em vista que um dos principais fatores desencadeadores da resistência de plantas daninhas a herbicidas, é a utilização frequente de produtos com mesmo mecanismo de ação (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO; SILVA, 1994).

Com base em pesquisas desenvolvidas por Soltani; Shropshire e Sikkema, (2014), em Ontário, Canadá, a aplicação de sulfentrazone a campo em pré-semeadura, na dose de 140 g i.a. ha⁻¹ causou efeitos de injúria inicial maior em feijões da classe comercial preto e carioca, em relação a feijões da classe comercial rajado e roxo. Nesse estudo, porém, os danos foram mínimos a cultura, sem interferência nas variáveis altura de planta, massa seca da parte aérea, umidade de grão e rendimento de grãos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco localizada nas coordenadas 26° 17'54" Sul e 52° 6'08" Oeste a uma altitude de 765 m em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (BORTOLINI; CASSOL; BOSI, 2009). O experimento foi delimitado há uma área de aproximadamente 998,4 m². As características químicas e propriedades físicas do solo onde foi conduzido o experimento estão representados na Tabela 2. Os dados climáticos de precipitação pluviométrica e temperatura durante a condução do experimento estão registrados na Figura 3.

Figura 3 - Precipitação pluviométrica (mm), temperatura média, máxima e mínima (°C) durante o período de condução do experimento na safra 2019/2020. UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021



Fonte: IAPAR (2020)

Foram semeados a campo, no dia 14 de janeiro de 2020, oito diferentes genótipos de feijão, dois desses genótipos pertencentes ao gênero *Vigna*, o genótipo Bico de ouro (*Vigna unguiculata*) e o genótipo Moyashi (*Vigna radiata*), ambos do mesmo gênero porém de espécies diferentes e seis genótipos pertencentes ao gênero *Phaseolus*, os genótipos BRS Esteio, Pérola, IAC Esperança, IAC Harmonia,

IPR Tangará e IPR Uirapuru, todos da espécie *Phaseolus vulgaris* L. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso (DBA) com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram alocadas os oito genótipos de feijão, enquanto nas subparcelas foram dispostos os tratamentos com sulfentrazone, na dose de 400 g i.a. ha⁻¹ (BORAL 500 SC®, FMC Corporation) e sem aplicação de sulfentrazone (testemunha). Ao todo foram 16 subparcelas por bloco ou 64 subparcelas em todo o experimento.

Tabela 2 - Características químicas e composição textural do Latossolo Vermelho Distrófico em que foi conduzido o experimento na safra 2019/2020. UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021

Características químicas	Valores	Composição textural	
		Fração	Valores %
Matéria orgânica (MO)	40,21 g dm ⁻³	Argila	65,0
Fósforo (P ₂ O ₅)	20,88 mg dm ⁻³	Areia	8,1
Potássio (K ₂ O)	0,61 cmol _c dm ⁻³	Silte	26,9
Capacidade de troca de cátions (CTC)	12,29		
Potencial hidrogeniônico (pH)	5,20		
Acidez trocável (H+Al)	4,28 cmol _c dm ⁻³		

*Metodologias: MO realizada via digestão úmida, P e K extraídos com solução de Mehlich⁻¹, pH em CaCl 1:2,5 e Al trocável extraído com KCl 1 mol L⁻¹ Fonte: Autoria própria (2021)

Cada subparcela apresentava a dimensão de 4 m x 3,40 m com 5 linhas de semeadura. Foi utilizado tratamento de sementes com Standak® Top UBS (BASF Corporation), com uma densidade de semeadura de 16 sementes m⁻¹, totalizando cerca de 2560 sementes semeadas de cada genótipo.

Os blocos apresentavam 64 m de comprimento x 3,40 m de largura, com um espaçamento de 0,5 m entre blocos, exceto entre os dois blocos centrais com 1 m de distanciamento, destinado aos pivôs de irrigação. Para semeadura do feijão foi adotado 3 cm de profundidade e 0,45 m de espaçamento entre linhas. O sulfentrazone foi pulverizado no solo após a semeadura, por meio de um pulverizador agrícola a CO₂ mantido em constante pressão com um volume de aplicação de 200 L ha⁻¹. O pulverizador foi equipado com uma barra de 1,5 m de comprimento contendo 4 bicos de ponta tipo leque (110,02) a uma altura de 50 cm

em relação ao solo com uma velocidade constante de 1 m s^{-1} , totalizando um volume de calda pulverizada de 200 L ha^{-1} . As condições foram favoráveis no momento de aplicação, com uma umidade relativa do ar de 78% e temperatura média de $21,6 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.1 Avaliações iniciais

As determinações efetuadas foram: (a) tolerância relativa (TR) de plantas de feijão ao herbicida aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do sulfentrazone (DAA) - essa avaliação foi realizada por meio da atribuição de notas, que variam de zero a cem (ausência de fitotoxicidade e morte da planta, respectivamente), conforme metodologia proposta por (FRANS *et al.*, 1986) (Tabela 3). (b) Altura de planta (ALT) aos dias 7, 14, 21 e 28 DAA - com o auxílio de uma régua; (c) Estande de planta (EST) aos 7, 14, 21 e 28 DAA - foi realizado a contagem de todas as plantas emergidas em uma área útil de $3 \text{ m} \times 3$ linhas centrais em cada subparcela; (d) clorofila total (CCT) aos 14, 21 e 28 DAA - mensurada por meio de um clorofilômetro digital; (e) área foliar (AF) aos 28 DAA - obtido destacando-se as folhas dos caules e obtendo-se imagens por meio de câmara fotográfica, seguindo-se da mensuração da área com auxílio do programa ImageJ; (f) massa seca da parte aérea (MSPA) aos 28 DAA - obtido posteriormente a secagem das plantas em estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 h e posteriormente mensurado por meio de uma balança.

Tabela 3 - Escala de avaliação de controle de plantas daninhas e injúria a plantas cultivadas

Nota	Injúrias
0	Nenhuma injúria
10	Leve e descoloração ou atrofia
20	Alguma descoloração e atrofia
30	Injúria pronunciada, porém não definitiva
40	Geralmente recupera-se
50	Injúria mais permanente, recuperação duvidosa
60	Injúria permanente, sem recuperação
70	Injúria pesada e perda de stand
80	Planta quase destruída
90	Sobrevivem algumas plantas
100	Destruição total da cultura

Fonte: Adaptado de Frans *et al.* (1986)

4.2 Avaliações finais

O experimento foi conduzido entre janeiro e maio de 2020, as determinações finais foram efetuadas relacionando as variáveis medidas no final do ciclo produtivo: (a) altura final (ALTF); (b) estande final (ESTF); (c) diâmetro do caule (DMC), mensurado por meio de um paquímetro; (d) número de ramos por planta (NRP); (e) número de vagens por planta (NVP); (f) números de grãos por vagem (NGV); (g) massa de mil grãos (MMG); (h) umidade de grãos (UMG) e (i) rendimento de grãos (RG).

A avaliação do ESTF foi realizada do mesmo modo descrito para as avaliações iniciais. As avaliações de ALTF, DMC, NRP, NVP e NGV foram determinadas através da avaliação de 10 plantas coletadas aleatoriamente dentro da área útil de cada subparcela. A MMG foi determinada através da média da massa de 400 grãos obtidos de cada planta amostrada. A UMG foi determinada por meio do equipamento medidor de umidade de grãos portátil G610i (Gehaka Ltda., São Paulo, SP, Brasil). Por fim, para o determinar o RG o peso da amostra (PA) colhida de cada subparcela e ausente de impurezas foi determinada através da equação 1.

$$PA_c = PA (100 - UM_{observada}) / (100 - Um_{desejada}) \quad (1)$$

Onde “PAC” representa o peso da amostra corrigida, “PA” representa o peso da amostra (kg), “UMobservada” indica a umidade observada no medidor de umidade e “UMdesejada” representa o valor de 13%. Em seguida o valor de “PAC” (kg) obtido em 09 metros (m linear⁻¹) e posteriormente extrapolado por hectare (kg ha⁻¹).

4.3 Análise estatística

Para realização da análise estatística foi utilizado o software estatístico R (RSTUDIO TEAM, 2016). A análise de normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias foi analisada pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. As variáveis AF, ESTF e ALT foram transformadas pela raiz

quadrada do arco-seno (x). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p \leq 5\%$) com o auxílio do pacote ExpDes.pt, utilizando a função "psub2.dbc", em que foi testada a significância dos fatores isolados, genótipos (G) e presença ou ausência de herbicida (H), bem como a interação entre estes (G X H) (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2019). As variáveis foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

Os gráficos foram elaborados com o auxílio do software SigmaPlot 12.0. (Systat Software, San Jose, CA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizada a ANOVA, para os dados provenientes das avaliações iniciais foram geradas figuras, enquanto que os dados das avaliações finais foram apresentados em formato de tabela.

5.1 Avaliações iniciais

A variável TR (Tabela 4) foi apresentada de modo distinto das demais variáveis, visto que a aplicação do herbicida impactou em diferença significativa em todas os genótipos independentemente da data de avaliação (Figura 4).

Tabela 4 – Análise de variância para a variável tolerância relativa (TR) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do sulfentrazone 400 g i.a. ha⁻¹.UTFPR, campus Pato Branco, 2021

FV ^{1/}	GL	QME			
		TL7	TL14	TL21	TL28
Genótipo	7	210,60*	975,03*	2244,64*	1157,46*
Bloco	3	15,36 ^{ns}	27,97 ^{ns}	85,43 ^{ns}	36,87 ^{ns}
Erro	21	16,55	33,55	127,08	45,32
CV(%)		4,80	10,80	18,20	12,50

^{1/}Abreviações: FV: fonte de variação, GL: graus de liberdade, QME: quadrado médio, TL: tolerância relativa

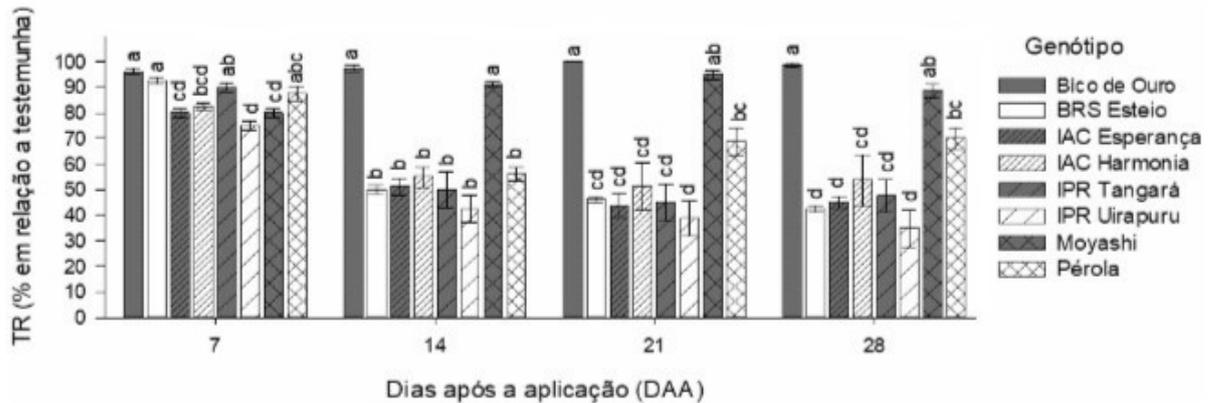
*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F
Fonte: Autoria própria (2021)

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que foi significativa a interação entre genótipo (G) e herbicida (H) para altura de plantas (ALT) e estande (EST) (Figura 5). Para conteúdo de clorofila total (CTT), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) foi significativo apenas os efeitos isolados de genótipo e herbicida (Figura 6).

Para as avaliações de tolerância relativa (TR), representada na Figura 4, observa-se que na aplicação de 400 g i.a ha⁻¹ de sulfentrazone, a tolerância aos 14 DAA do feijão Bico de Ouro (97,50%) e Moyashi (91,25%) foram superiores quando

comparada com os outros genótipos que variaram de 42% a 56% de tolerância. Esses dois genótipos apresentaram maior tolerância e não manifestaram acréscimo de fitotoxicidade, quando comparados os valores dos 14 DAA aos 21 e 28 DAA.

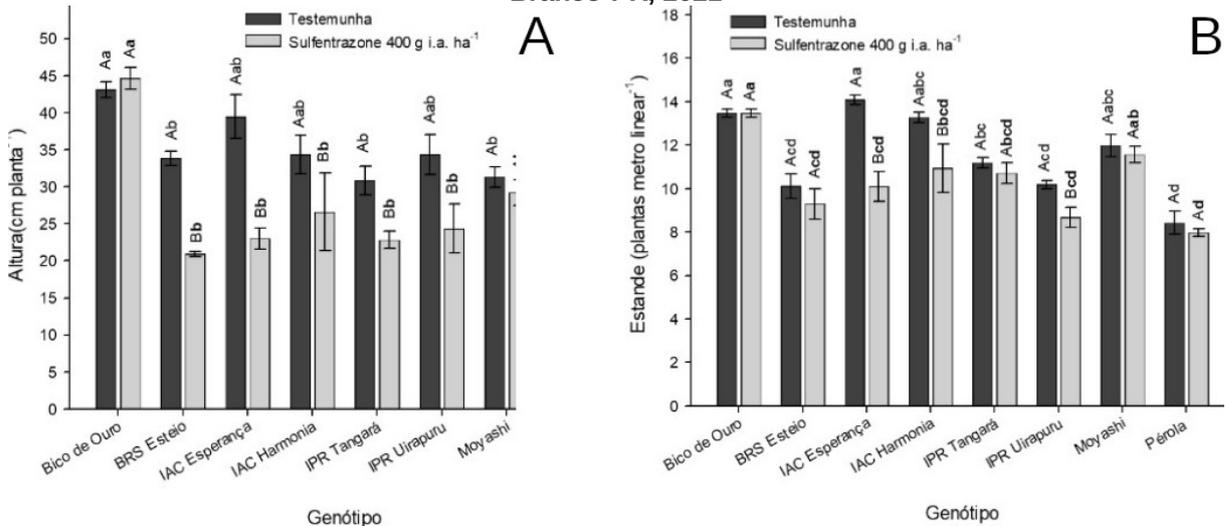
Figura 4 – Tolerância relativa (TR) dos diferentes genótipos de feijão submetidos a aplicação pré-emergente de sulfentrazone (400 g i.a. ha⁻¹), avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). UTFPR, campus, Pato Branco-PR, 2021



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si dentro de cada data de avaliação, através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2021)

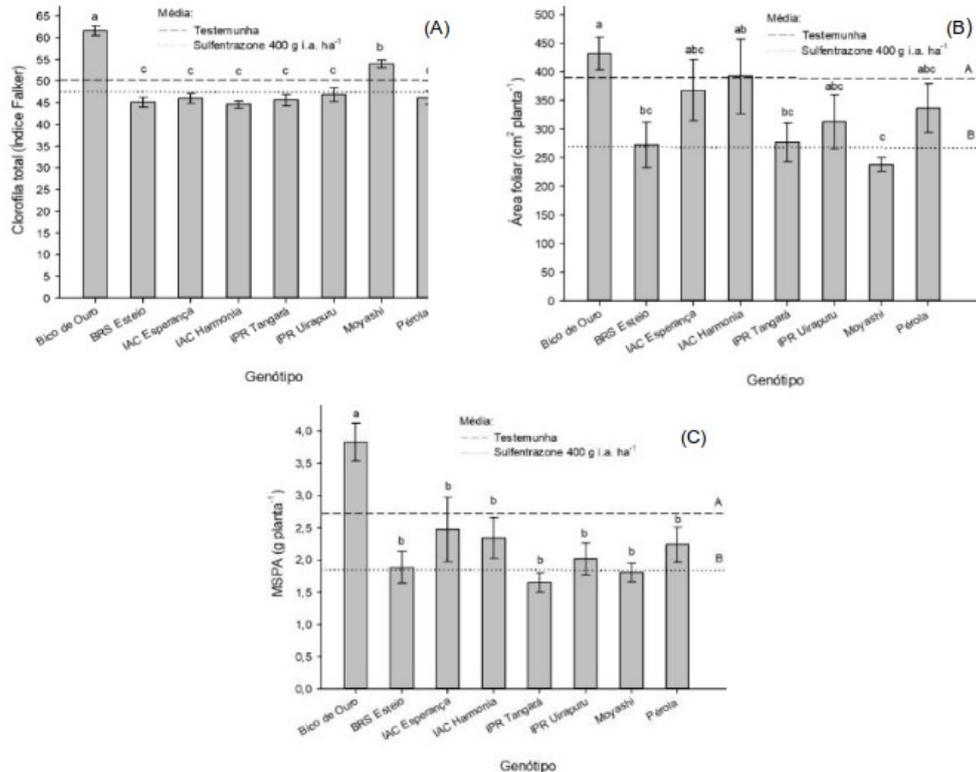
Figura 5 - (A) altura (ALT), (B) estande (EST) de diferentes genótipos de feijão aos 28 dias após a aplicação (DAA) pré-emergente de sulfentrazone (400 g i.a. ha⁻¹). UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021



Letras maiúsculas comparam médias com e sem herbicida dentro do mesmo genótipo, enquanto que letras minúsculas comparam genótipos com ou sem herbicida, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 6 - (A) clorofila total (CTT), (B) área foliar (AF) e (C) massa seca da parte aérea (MSPA) dos diferentes genótipos de feijão submetidos à aplicação pré-emergente de sulfentrazone (400 g i.a. ha⁻¹). UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021



Letras maiúsculas comparam médias com e sem Herbicida, enquanto que letras minúsculas comparam genótipos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2021)

O feijão Pérola da classe comercial carioca demonstrou TR superior ao comparar-se com as demais classes de feijão-comum, classe comercial preto (BRS Esteio e IPR Uirapuru) e especial (IAC Harmonia e IAC Esperança). Estudos de Brusamarello *et al.* (2021) demonstraram que para a variável tolerância, não houve interação entre doses do herbicida e cultivar. Entre os herbicidas que não apresentaram interação estão o saflufenacil (14,1, 20,5 e 30 g i.a. ha⁻¹) e sulfentrazone (400, 600 e 800 g i.a. ha⁻¹) com aplicação em pré-emergência em oito diferentes cultivares de feijão. Já Taziar *et al.* (2016) observou que a tolerância do feijão não foi prejudicada com a aplicação do sulfentrazone nas doses de 140, 210, 280 e 420 g i.a. ha⁻¹ para as cultivares de feijão vermelho (Kidney) e feijão vermelho Mexicano (Small red Mexican), já o feijão Adzuki obteve a menor tolerância com a aplicação do herbicida para doses acima de 210 g i.a. ha⁻¹. Segundo Hekmat *et al.* (2007) as cultivares feijão marrom (Brown) e feijão carioca (Pinto) foram as que

apresentaram a maior tolerância com a aplicação do sulfentrazone (420 e 840 g i.a. ha⁻¹) em pré-emergência.

Os genótipos Bico de Ouro e Moyashi não apresentaram diferenças de ALT aos 28 DAA quando comparados com a testemunha, já o feijão BRS Esteio, IAC Esperança e IPR Uirapuru tiveram uma redução de ALT entre 29% e 42%. Com a aplicação do sulfentrazone na dose de 420 g i.a. ha⁻¹, Taziar *et al.* (2016) observaram redução da altura do feijão branco (White) e do feijão Adzuki em 29% e 34%, respectivamente. Em estudos avaliando o herbicida flumioxazin pré-emergente inibidor da PPO, Soltani, Bowley e Sikkema (2005), observaram uma redução de altura do feijão preto (Black) de 23% e do feijão branco (White) de 28% enquanto outros cultivares como o feijão vermelho (Kidney) e rajado (Cranberry) não tiveram essa variável afetada. Não se observou diferença significativa de EST quando aplicado o herbicida sobre os genótipos Bico de Ouro, BRS Esteio, IPR Tangará, Moyashi e Pérola.

Com a aplicação de sulfentrazone, os feijões IAC Esperança, IAC Harmonia e IPR Uirapuru apresentaram uma diminuição de EST aos 28 DAA na ordem de 28%, 18% e 15%, respectivamente, em relação à testemunha. O EST aos 28 DAA sofreu uma redução de 11% pela aplicação de sulfentrazone independentemente dos genótipos. Taziar *et al.* (2016) observaram redução da densidade de plantas em 28% do feijão branco (White) e 51% do feijão adzuki, com aplicação do herbicida sulfentrazone na dose de 420 g i.a. ha⁻¹.

O teor de CTT das plantas de feijão foi dependente da aplicação de sulfentrazone (400 g i.a. ha⁻¹) e também dos genótipos (Figura 6). Os genótipos Bico de Ouro e Moyashi apresentaram a maior média em comparação com os demais, que não apresentaram diferença significativa entre si. Para a variável CTT houve uma redução média de 5% em todos os genótipos que receberam a aplicação de sulfentrazone.

Para as comparações do AF, o genótipo Bico de Ouro obteve o maior índice, quando comparado com os demais genótipos, não apresentando diferença significativa somente em relação ao genótipo IAC Harmonia. Importante destacar que o genótipo Moyashi apresentou o menor valor para essa variável, dentre os genótipos. Não apresentaram diferenças significativas entre si, BRS Esteio e IPR

Tangará. Todos os genótipos que receberam a aplicação de sulfentrazone apresentaram redução média de 31% para a variável AF.

A MSPA do genótipo Bico de Ouro foi maior em comparação com os demais genótipos, enquanto que IPR Tangará apresentou menor MSPA, não diferindo de Moyashi e BRS Esteio. Observa-se pelos dados que houve uma redução média de 33% de todos os genótipos que receberam a aplicação do sulfentrazone.

5.2 Avaliações finais

O efeito de interação entre genótipo (G) e herbicida (H) foi significativo para as variáveis estande final (ESTF), altura final (ALTF) e umidade de grãos (UMG). Os desdobramentos das interações estão representados na Tabela 6.

Para as variáveis diâmetro do caule (DMC), número de ramos por planta (NRP) e número de vagens por planta (NVP), os tratamentos com a aplicação de sulfentrazone (400 g i.a. ha⁻¹) sofreram acréscimo de 6%, 7% e 9%, respectivamente, em relação a testemunha (Tabela 5). Isso ocorreu em função de que o principal efeito negativo da aplicação do sulfentrazone foi a diminuição do estande de plantas (EST), havendo um efeito compensatório do feijão em incrementar as variáveis DMC, NRP e NVP, pelo fato desses genótipos possuírem uma área maior para se desenvolver.

Não houve diferenças significativas para número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) dos genótipos quando aplicado ou não sulfentrazone (Tabela 5). Hekmat et al. (2007) observou que as aplicações nas doses de 420 g i.a. ha⁻¹ e 840 g i.a. ha⁻¹ do herbicida sulfentrazone para as diferentes classes comerciais de feijão não tiveram efeito sobre a variável altura de planta (ALT). Já estudos de (SOLTANI; BOWLEY; SIKKEMA, 2005) observaram que a aplicação do herbicida flumioxazin em pré-emergência na dose de 140 g i.a. ha⁻¹ sofreram uma redução na altura de plantas de feijão preto (Black), rajado (Cranberry), vermelho (Kidney) e branco (White) entre 23 a 28%.

Observa-se que o genótipo Bico de Ouro apresentou as maiores médias de ESTF, ALTF, DMC e NGV quando comparado com os demais genótipos (Tabela 5). Isso devido as suas características morfológicas (BEZERRA *et al.*, 2009).

Tabela 5 - Valores médios dos efeitos principais e interação das variáveis estande final (ESTF), altura final (ALTF), diâmetro do caule (DMC), número de ramos por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG), umidade de grãos (UMG) e rendimento de grãos (RG) de diferentes classes comerciais de feijão submetidos à aplicação de 400 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone em pré-emergência. UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021

Efeitos principais ^{2/}	Avaliação								
	ESTF ^{1/} pl m ⁻¹	ALTF cm pm ⁻¹	DMC mm	NRP ramo pl ⁻¹	NVP vagem pl ⁻¹	NGV grão vagem ⁻¹	MMG g mil grãos ⁻¹	UMG %	RG kg ha ⁻¹
Herbicida	*	*	*	*	*	NS	*	*	NS
Testemunha	10,8	56,6	6,1b	5,0b	11,6b	5,5a	257,0b	16,3	1540,9a
Sulfentrazone	9,3	53,6	6,5a	5,4a	12,7a	5,5a	286,3a	19,6	1584,6a
Genótipo	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Bico de ouro	13,0	84,8	7,8a	3,6d	4,1e	8,8a	172,3e	12,9	848,7c
BRS Esteio	8,3	49,8	6,3b	5,0cd	13,9bc	5,9b	245,4d	15,3	2754,2a
IAC Esperança	11,0	51,6	4,8b	4,0cd	8,4d	2,6c	408,8a	21,4	973,1c
IAC Harmonia	11,8	40,6	5,4cd	5,2c	11,1cd	2,6c	424,3a	19,9	898,0c
IPR Tangará	8,5	52,9	6,2b	6,9abc	16,2ab	5,1b	278,8bc	19,2	1936,5b
IPR Uirapuru	8,3	53,9	6,5b	5,4bc	12,8bc	5,7b	263,4cd	17,7	2182,9b
Moyashi	11,8	44,7	6,0bc	4,4cd	12,3c	7,9a	82,3f	16,6	691,7c
Pérola	7,5	62,9	7,4a	7,3a	18,8a	5,6b	298,1b	20,5	2216,8ab
Interação	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
H x G									

1/ Abreviações: DAA: dias após a aplicação do herbicida, H: tratamento herbicida, G: tratamento genótipo, NS: não significativo em p≤0.5;

2/ Significativo a p≤0,05 (*) através do teste F, com ANOVA determinada pelo teste de Satterthwaite Tipo III. Os efeitos da interação, quando significativa, estão desdobrados na Tabela 6;

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferenciam significativamente através do teste de Tukey (p≤0.5)

Fonte: Autoria própria (2021)

Entretanto, apresentou as menores médias para as variáveis NRP e NVP dentre os genótipos. Indicando que o alto potencial de desenvolvimento no estágio vegetativo não representa vantagens significativas com relação as características reprodutivas dessa espécie, ou seja, para esse genótipo em questão, houve efeito compensatório pelo fato de apresentar maior NGV, porém menor NVP. Esse efeito

também é observado no feijão Moyashi (mesma classe), que apresentou alto valor para a variável NGV, não diferindo do feijão Bico de Ouro, porém apresentou as menores médias para as variáveis MMG e RG.

O genótipo Pérola apresentou as maiores médias de NRP e NVP, não apresentando diferença significativa do IPR Tangará. Isso pode ser explicado pelo fato de que esses genótipos pertencem à classe de feijão carioca, a qual possui o domínio da produção, cerca de 52% da área cultivada no Brasil (VALE *et al.*, 2015), em comparação com as demais classes de feijão-comum, sendo essa a mais consumida. Por essa razão, a classe de feijão carioca, invariavelmente é alvo dos programas de melhoramento genético. Pérola também mostrou ser superior em relação a TR, em comparação às demais classes de feijão-comum nas avaliações apresentadas na Figura 4.

Tabela 6 – Estande final de plantas (ESTF), altura final de plantas (ALTF) e umidade de grãos (UMG) de diferentes genótipos de feijão submetidos à aplicação de sulfentrazone em pré-emergência. UTFPR, campus Pato Branco-PR, 2021

Genótipo	ESTF ^{1/}		ALTF		UMG	
	T	S	T	S	T	S
Bico de Ouro	13,1 ^{Aa}	13,0 ^{Aa}	81,9 ^{Aa}	87,7 ^{Aa}	13,9 ^{Aab}	12,0 ^{Ad}
BRS Esteio	9,4 ^{Ab}	7,2 ^{Bd}	53,0 ^{Abc}	46,7 ^{Acd}	12,9 ^{Bb}	17,7 ^{Abcd}
IAC Esperança	13,2 ^{Aa}	8,9 ^{Bcd}	58,5 ^{Ab}	44,8 ^{Bcd}	18,7 ^{Bab}	24,1 ^{Aa}
IAC Harmonia	12,8 ^{Aa}	10,7 ^{Bbc}	44,1 ^{Ac}	37,2 ^{Ad}	16,6 ^{Bab}	23,2 ^{Aab}
IPR Tangará	9,1 ^{Ab}	7,8 ^{Ad}	54,2 ^{Abc}	51,6 ^{Ac}	15,2 ^{Bab}	23,3 ^{Aab}
IPR Uirapuru	9,1 ^{Ab}	7,4 ^{Bd}	56,5 ^{Abc}	51,3 ^{Ac}	15,8 ^{Bab}	19,7 ^{Aabc}
Moyashi	12,1 ^{Aa}	11,6 ^{Aab}	46,3 ^{Abc}	43,2 ^{Acd}	17,7 ^{Aab}	15,5 ^{Acd}
Pérola	7,4 ^{Ab}	7,5 ^{Ad}	58,8 ^{Bb}	66,9 ^{Ab}	19,6 ^{Aa}	21,4 ^{Aab}
Média	10,8	9,3	56,6	53,7	16,3	19,6

1/Abreviações: ESTF: estande final (pl m⁻¹), ALTF: altura final (cm pm⁻¹), UMG: umidade de grãos

(%), T: testemunha, S: tratamento com aplicação de sulfentrazone (400 g i.a. ha⁻¹)

Fonte: Autoria própria (2021)

Observa-se que um dos representantes da classe especial, IAC Harmonia apresentou a maior média de MMG e menor média de ALTF. O outro representante dessa classe, IAC Esperança apresentou também uma das maiores médias de MMG e a maior média de UMG, somente para DMC que aprestou a menor média.

Ambos apresentaram a menor média de NGV em relação aos outros genótipos, não diferindo entre si. Importante destacar que o componente de rendimento MMG de ambos os genótipos é um fator determinado geneticamente.

Em se tratando da classe feijão preto, o genótipo BRS Esteio apresentou a maior média de RG enquanto o IPR Uirapuru apresentou comportamento de valores intermediários para todas as variáveis quando comparado a todos os outros genótipos.

A variável ESTF sofreu um decréscimo de 9% em relação ao EST aos 28 DAA. Já para a variável ALTF foi observado um acréscimo de 44% em comparação a ALT aos 28 DAA (Figura 5), independentemente dos genótipos. O estande final de plantas (ESTF) foi reduzido em 14% pela aplicação do sulfentrazone em relação à testemunha, independentemente dos genótipos. Esse valor não foi muito superior em comparação ao observado para EST aos 28 DAA, que foi de 11% (Figura 5). O feijão IAC Harmonia, IPR Uirapuru, BRS Esteio e IAC Esperança apresentaram uma diminuição do EST entre 16% a 33%, em relação à testemunha. Para os demais genótipos é possível observar que a variável ESTF não foi afetada pela aplicação do sulfentrazone.

Na comparação dos tratamentos entre testemunha e aplicação de sulfentrazone para altura final de plantas (ALTF) observou-se redução de 5% pela aplicação de sulfentrazone independentemente dos genótipos, diferente do observado para ALT aos 28 DAA (Figura 5). O feijão IAC Esperança apresentou a maior redução de 23% da ALTF quando aplicado sulfentrazone em relação à testemunha. Já o feijão Pérola apresentou um acréscimo de 12% quando aplicado sulfentrazone em relação à testemunha. Para os demais genótipos esse efeito não foi significativo.

Para a variável umidade de grãos (UMG), houve um acréscimo de 17%, quando aplicado sulfentrazone (400 g i.a. ha⁻¹) em relação à testemunha (Tabela 6). Os genótipos Bico de Ouro, Moyashi e Pérola não apresentaram diferença significativa em relação à testemunha e à aplicação de sulfentrazone para essa variável. Essa variável apresentou efeito significativo para interação pois houve um atraso na maturação dos genótipos de feijão, decorrente da aplicação do herbicida.

A aplicação do herbicida sulfentrazone (400 g i.a. ha⁻¹) em pré-emergência dos diferentes genótipos de feijão, teve efeito negativo para as variáveis

apresentadas nas avaliações iniciais TR, ALT e EST aos 28 DAA. E também para as variáveis analisadas no final do ciclo ESTF, ALTF e UMG. Os genótipos que apresentaram maior nível de tolerância para essas variáveis foram: Bico de Ouro > Moyashi > Pérola > IPR Tangará > IAC Harmonia > IAC Esperança > BRS Esteio > IPR Uirapuru.

Os genótipos Bico de Ouro (*Vigna unguiculata*) e Moyashi (*Vigna radiata*), apresentaram maior tolerância ao sulfentrazone em comparação aos genótipos da espécie *Phaseolus vulgaris* L. (demais genótipos).

Com base no trabalho realizado, avaliando diferentes parâmetros do ciclo da planta de feijoeiro foi possível observar que o sulfentrazone é um herbicida promissor na cultura do feijão, que pode tornar-se uma alternativa de herbicida com aplicação em pré-emergente para essa cultura. A partir dos resultados já obtidos, considera-se a necessidade do desenvolvimento de novos trabalhos avaliando diferentes dosagens, bem como estudar a relação dose de herbicida/composição química e estrutura física do solo.

Para os genótipos Bico de Ouro, Moyashi. e Pérola, os resultados obtidos fornecem uma margem de segurança quanto a aplicação de 400 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone em relação ao nível de tolerância desses genótipos, porém, ainda é promissora a aplicação deste herbicida nas condições edafoclimáticas avaliadas.

6 CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada a campo, o sulfentrazone aplicado em pré-emergência na dose de 400 g i.a. ha⁻¹ causou injúrias em genótipos de feijoeiro-comum. Os genótipos Bico de Ouro (*Vigna unguiculata*) e Moyashi (*Vigna radiata*), foram mais tolerantes ao sulfentrazone, enquanto os genótipos BRS Esteio e IPR Uirapuru da classe de feijão preto, foram os menos tolerantes à aplicação do herbicida.

Dentre as cultivares de feijão carioca avaliadas, o genótipo Pérola apresentou uma tolerância intermediária à aplicação do sulfentrazone, enquanto que o genótipo IPR Tangará foi menos tolerante. Para as classes de feijão especial, o IAC Harmonia apresentou maior tolerância em comparação com o IAC Esperança.

A aplicação do sulfentrazone não impactou no rendimento final de nenhum genótipo, com destaque para BRS Esteio e Pérola que apresentaram as maiores médias para essa variável.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURE, I. C. for T. Common bean: the nearly perfect food. **CIAT in Focus**, International Center for Tropical Agriculture. , p. 8, 2001.
- BEZERRA, A. A. de C. *et al.* Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1239–1245, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001000005>. Acesso em: 8 nov. 2021.
- BORTOLINI, D.; CASSOL, L. C.; BOSI, C. Dinâmica do calcário 34 meses após sua aplicação em área sob plantio direto consolidado. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/594>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- BRUM, C. S.; FRANCO, A. A.; SCORZA JÚNIOR, R. P. Degradação do herbicida sulfentrazone em dois solos de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 558–564, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500014>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- BRUSAMARELLO, A. P. *et al.* Tolerance of Brazilian bean cultivars to protoporphyrinogen oxidase inhibiting-herbicides. **Journal of Plant Protection Research**, v. 61, n. 2, p. 117–126, 2021. <https://doi.org/10.24425/jppr.2021.137018>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- BURLE, M. L. *et al.* Microsatellite diversity and genetic structure among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Brazil, a secondary center of diversity. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 121, n. 5, p. 801–813, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1350-5>.
- CARVALHO, L. B. D. **Plantas daninhas**. 1. ed. Lages: [s. n.], 2013.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. da. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta daninha**, v. 12, p. 13–20, 1994. <https://doi.org/10.1590/S0100-83581994000100003>. Acesso em: 12 out. 2021.
- COBUCCI, T.; STEFANO, J. G. D.; KLUTHCOUSKI, J. Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto. **Embrapa Arroz e Feijão**, v. 35, p. 57, 1999.
- COÊLHO, J. D. Produção de grãos: feijão, milho e soja. **Caderno Setorial ETENE**, v. 4, p. 12, 2019. .
- COÊLHO, J. D. Produção de grãos: feijão, milho e soja. **Caderno Setorial ETENE**, v. 5, p. 9, 2020. .
- CONAB, C. N. de A. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Safra 2019/2020**, v. 7, p. 168, 2020. .
- CTSBF. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. [S. l.: s. n.], 2009.

DIESEL, F.; *et al.* Tolerance of dry bean cultivars to saflufenacil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 352–360, ago. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000400005>. Acesso em: 4 nov. 2021.

EMBRAPA. Origem e história do feijoeiro comum e do arroz. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão**, 2000. .

FAOSTAT. Crops and livestock products. 2019. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 4 nov. 2021.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: experimental designs package R version 12.0. 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/>. Acesso em: 19 nov. 2021.

FRANS, R. *et al.* Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. **Research Methods in Weed Science**, n. 3th ed, p. 29–46, 1986. .

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do Caupi. **Embrapa Meio-Norte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, , p. 27–46, 1988. .

GEHRKE, V. R.; CAMARGO, E. R.; AVILA, L. A. Sulfentrazone: environmental dynamics and selectivity. **Planta Daninha**, v. 38, 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100032>. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pd/a/v4PbQx7TzWDP3dtRg5M5LWy/abstract/?lang=en>. Acesso em: 4 nov. 2021.

GONÇALVES, M. F. Aplicação do herbicida sulfentrazone em mudas de café após implantação. **Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais**, , p. 34, 2013. .

HEKMAT, S. *et al.* Responses of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to sulfentrazone. **Crop Protection**, v. 26, n. 4, p. 525– 529, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.05.002>. Acesso em: 9 out. 2021.

IAPAR. Precipitação pluviométrica (mm), temperatura média, máxima e mínima (°C) durante o período de condução do experimento na safra 2019/2020. **Instituto de pesquisa científica - Pato Branco-PR**, 2020. .

LOPES, L. H. de O.; FARIA, C. M. B. de. Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum. , p. 18, 1996. .

MARTINS, D. *et al.* Controle de tiririca com sulfentrazone e diclosulam e viabilidade de tubérculos em diferentes profundidades de solo. **Bragantia**, v. 68, p. 357–366, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000200009>. Acesso em: 4 nov. 2021.

MAZARURA, U. Effect of sulfentrazone application method and time, on weed control and phytotoxicity in flue-cured tobacco. **Asian Journal of Agriculture and Rural Development**, v. 3, 2013. .

MONQUERO, P. A. *et al.* Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta Daninha**, v. 26, p. 185–193, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100019>. Acesso em: 8 out. 2021.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. **Plantas Daninhas e Seu Manejo**, v. 7, p. 141–191, 2011. .

PATEL, F. Eficiência agronômica e persistência de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja. **Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, , p. 155, 2018. .

PORTES, T. de A. Como surgiu o feijão de terceira safra ou feijão de inverno? um pouco de história. 2015. **Revista Cultivar**. Disponível em: https://revistacultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/02-10-10_feijao.pdf. Acesso em: 4 nov. 2021.

RIBEIRO, F. *et al.* Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. 2011. Disponível em: [https://www.semanticscholar.org/paper/Recomenda%C3%A7%C3%B5es-t%C3%A9cnicas-para-o-cultivo-do-\(Phaseolus-Ribeiro-Peloso/7da87390629fe1156ea0218be41a08fe5053de21](https://www.semanticscholar.org/paper/Recomenda%C3%A7%C3%B5es-t%C3%A9cnicas-para-o-cultivo-do-(Phaseolus-Ribeiro-Peloso/7da87390629fe1156ea0218be41a08fe5053de21). Acesso em: 4 nov. 2021.

RSTUDIO TEAM. RStudio: integrated development for R. 2016. **RStudio**. Disponível em: <https://rstudio.com/>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. **Common beans: research for crop improvement**. [S. l.: s. n.], 1991. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54389>. Acesso em: 4 nov. 2021.

SIGMA-ALDRICH. Sulfentrazone PESTANAL , analytical standard 122836-35-5. 2019. **MERCK**. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sial/34554>. Acesso em: 16 nov. 2021.

SILVA, A.; ROCHA, L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. Caracterização físico química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 20, 2010. .

SIMPLICIO, F. J. T. *et al.* Herbicide sulfentrazone in the control of weed plants in initial posts-emergency of sugarcane crop. **Applied Research & Agrotechnology**, , p. 99, 2018. <https://doi.org/10.5935/PAeT.V11.N1.12>. Acesso em: 5 nov. 2021.

SOLTANI, N.; BOWLEY, S.; SIKKEMA, P. H. Responses of dry beans to flumioxazin. **Weed Technology**, v. 19, n. 2, p. 351–358, 2005. <https://doi.org/10.1614/WT-04-146R1>. Acesso em: 3 nov. 2021.

SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P. H. Response of fry bean to sulfentrazone plus imazethapyr. **International Journal of Agronomy**, v. 2014, p. 6, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/287908>. Acesso em: 12 out. 2021.

SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P. H. Sensitivity of dry bean to herbicides applied preplant for glyphosate-resistant horseweed control in a strip-tillage cropping system. **Weed Technology**, v. 33, n. 1, p. 178–184, 2019. <https://doi.org/10.1017/wet.2018.107>. Acesso em: 9 out. 2021.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. O cultivo do feijão: recomendações técnicas. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão**, , p. 83, 1994. .

TAZIAR, A. *et al.* Response of four dry bean market classes to pre-emergence applications of pyroxasulfone, sulfentrazone and pyroxasulfone plus sulfentrazone. **American Journal of Plant Sciences**, v. 7, p. 1217–1225, 2016. <https://doi.org/10.4236/ajps.2016.78117>. Acesso em: 12 out. 2021.

VALE, N. M. do *et al.* Escolha de genitores quanto à precocidade e produtividade de feijão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 141–148, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200006>. Acesso em: 4 nov. 2021.

VICTORIA FILHO, R. Manejo da cultura do feijoeiro visando ao controle de plantas daninhas. **VI Seminário Sobre Pragas, Doenças e Plantas Daninhas do Feijoeiro**, , p. 59–67, 2007. .

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; ANDRADE, G. A. de. Comparações agronômicas de feijões dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus* com o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 841–850, 1992. .

APÊNDICE A – Croqui do experimento



*Com - Parcelas com a aplicação do sulfentrazone
 **Sem - Parcelas sem a aplicação do sulfentrazone