UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

**SILVIO APARECIDO MARCUSSI**

# SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DE PYROXASULFONE E FLUMIOXAZINA, EM MISTURA E ISOLADOS, NA CULTURA DO MILHO E EFEITO *CARRYOVER* NA CULTURA DO FEIJÃO

**Botucatu**

**2020**

**SILVIO APARECIDO MARCUSSI**

# SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DE PYROXASULFONE E FLUMIOXAZINA, EM MISTURA E ISOLADOS, NA CULTURA DO MILHO E EFEITO *CARRYOVER* NA CULTURA DO FEIJÃO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientador: Dr. Caio Antonio Carbonari

Coorientador: Dr. Edivaldo Domingues Velini

**Botucatu**

**2020**

M322s

Marcussi, Silvio Aparecido

SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DE PYROXASULFONE E FLUMIOXAZINA, EM MISTURA E ISOLADOS, NA CULTURA DO MILHO E EFEITO CARRYOVER NA CULTURA DO FEIJÃO / Silvio Aparecido Marcussi. -- Botucatu, 2020

67 p. : il., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu

Orientador: Caio Antonio Carbonari

Coorientador: Edivaldo Domingues Velini

1. Proteção de Plantas. 2. Herbicidas. 3. Plantas Daninhas. 4. Controle Quimico. 5. Zea mays. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**Câmpus de Botucatu**

FCA
Faculdade de Ciências Agronômicas
UNESP | BOTUCATU

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **SELETIVIDADE E EFICIÊNCIA DE PYROXASULFONE E FLUMIOXAZINA, EM MISTURA E ISOLADOS, NA CULTURA DO MILHO E EFEITO *CARRYOVER* NA CULTURA DO FEIJÃO**

**AUTOR: SILVIO APARECIDO MARCUSSI**
**ORIENTADOR: CAIO ANTONIO CARBONARI**
**COORIENTADOR: EDIVALDO DOMINGUES VELINI**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI (Participaçao Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO (Participaçao Virtual)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Pesquisador Dr. GILBERTO FERNANDO VELHO (Participaçao Virtual)
Estação Experimental / OuroFino Agrociência

Botucatu, 27 de novembro de 2020

Aos meus amados pais, esposa e filho,

Maria do Carmo e Benedito Marcussi,

Vania M. E. Marcussi e Miguel E. Marcussi

dedico

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida.

Aos meus queridos pais Maria do Carmo e Benedito Marcussi pelo apoio incondicional.

A minha esposa Vania M. E. Marcussi pela paciência e carinho.

Ao meu filho Miguel E. Marcussi por ser a razão de meus esforços.

Aos Professores Dr. Caio Carbonari e Dr. Edivaldo Velini, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de professor.

Aos Amigos Renan Nascentes e Saulo Simões por todo suporte e conselhos.

À IHARA, pela oportunidade, concessão e confiança em todo processo de execução do mestrado.

“Sonhamos grande. Acreditamos que a capacidade humana é ilimitada e nos desafiamos sempre”.

**Crenças e Valores IHARA - Sr. Kazuo Inamori**

## RESUMO

A cultura do milho possui grande representatividade na agricultura brasileira e está entre as plantas de maior valor comercial. Porém, fatores limitantes impedem que a cultura expresse todo o seu potencial produtivo. A convivência com plantas daninhas pode, além de reduzir a produtividade, causar depreciação da qualidade dos grãos e sementes, diminuindo sua rentabilidade. No manejo de plantas daninhas, o controle químico prevalece com a aplicação de herbicidas e uma forma de aplicação utilizada é em pré-emergência. Este tipo de aplicação possui residual no solo que impedem uma interferência inicial, evitando perdas pela presença das plantas daninhas. No entanto, pode ocorrer fitotoxidade na cultura de interesse e também na cultura subsequente implantada, efeito este chamado *carryover*. Para tanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de pyroxasulfone e flumioxazin isolados e em mistura, em pré-emergência no controle de plantas invasoras na cultura do milho e avaliação de possíveis efeitos *carryover* sobre a cultura do feijão. O trabalho foi desenvolvido em três experimentos durante a safra 2018/19 na área da Centro de Pesquisa da Iharabras, situada em Sorocaba-SP. Foram avaliadas quatro doses da associação de flumioxazin + pyroxasulfone: (40 + 60); (60 + 90); (80 + 120) e (100 + 150) todos em g i.a. $ha^{-1}$; quatro doses do pyroxasulfone: 60; 90; 120 e 150 (g i.a. $ha^{-1}$); quatro doses do flumioxazin: 40; 60; 80 e 100 (g i.a. $ha^{-1}$) e duas testemunhas, sendo uma absoluta e uma capinada, totalizando 14 tratamentos distribuídos em blocos casualizados em quatro repetições. No trabalho foram abordados dois capítulos; o primeiro constituído de 2 experimentos para avaliação do controle das plantas daninhas (*Eleusine indica, Urochloa plantaginea, Digitaria horizontalis, Euphorbia heterophylla, Ipomoea grandifolia* e *Bidens pilosa*) e o segundo para a seletividade dos herbicidas para a cultura do milho. O segundo capítulo trata-se de um experimento para a verificação de efeito residual dos tratamentos no cultivo de feijão (*carryover*). Nos três experimentos as avaliações de fitotoxidade foram feitas por meio de notas de fitointoxicação variando de “0” a “100” visualmente e apenas no experimento 3, foi avaliada a produtividade da cultura do milho e do feijão. A análise dos dados revelou que no primeiro experimento houve controle das plantas daninhas avaliadas, tanto pelos herbicidas isolados bem como em associação. No segundo experimento, os herbicidas avaliados mostraram-se seletivos tanto aplicados isolados como em associação. Para a avaliação na cultura do feijão (experimento 3) não houve

redução de produtividade para nenhum herbicida aplicado, indicando que não há *carryover* para esta cultura.

**Palavras-chave**: *Zea mays. Phaseolus vulgaris.* Herbicida. Fitoxidade.

**ABSTRACT**

The corn crop has great representativeness in Brazilian agriculture and is among the most commercially efficient plants. However, limiting factors prevent the culture from expressing its full productive potential. Living with weeds can, in addition to reducing productivity, cause a depreciation in the quality of grains and seeds, reducing their profitability. In the management of weeds, chemical control prevails with the application of herbicides and one form of application used is in pre-emergence. This type of application has residual in the soil that prevent an initial interference, avoiding losses due to the presence of weeds. However, a possible phytotoxicity may occur in the culture of interest and also in the subsequent implanted culture, an effect called carryover. To this end, the objective of the work was to evaluate the pyroxasulfone and flumioxazin alone and in mixture application effect, in pre-emergence in the invasive plants control in the corn crop and evaluation of possible carryover effects on the bean crop. The project was developed in three experiments during the 2018/19 harvest in the Experimental Station IHARA area, located in Sorocaba-SP. Four doses of the combination of flumioxazin + pyroxasulfone were evaluated: (40 + 60); (60 + 90); (80 + 120) and (100 + 150) all in g a.i. ha-1; four doses of pyroxasulfone: 60; 90; 120 and 150 (g a.i. ha-1); four doses of flumioxazin: 40; 60; 80 and 100 (g a.i. ha-1) and two controls, one absolute and one weeding, totaling 14 treatments and four repetitions. In the work, two chapters were addressed, the first of which consists of 2 experiments to evaluate weed control (*Eleusine indica, Urochloa plantaginea, Digitaria horizontalis, Euphorbia heterophylla, Ipomoea grandifolia* and *Bidens pilosa*) and second for the herbicides selectivity for maize. The second chapter is an experiment to verify the residual effect of treatments on bean cultivation (carryover). In the three experiments, phytotoxicity assessments were made by means of phytointoxication grades classified from “0” to “100” visually and only in experiment 3, the productivity of the bean culture was evaluated. The data provided to the control that occurred in the first experiment was of the weeds evaluated, both by the herbicides and the control as well as in association. In the second experiment, the herbicides evaluated before selecting the concession granted as in association. For the evaluation in the bean crop (experiment 3) there was no reduction in productivity for any indicated herbicide, indicating that there is no transport for this crop.

**Keywords**: *Zea mays. Phaseolus vulgaris.* Herbicide.

## LISTA DE FIGURAS - CAPÍTULO 1

Figura 1 - Mapa planialtimétrico do Centro de pesquisa da Ihara em Sorocaba-SP, com demarcações de quadra e indicativo da Q55 (Sorocaba, 2020). ..... 299

Figura 2 - Dados de temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento (Sorocaba, 2020). ..... 29

Figura 3 - Precipitação pluviométrica diária e acumulada durante a condução do experimento (Sorocaba, 2020). ..... 30

Figura 4 - Controle (%) de Bidens pilosa (A), Euphorbia heterophylla (B), Ipomoea grandifolia (C), observado e interação esperada em resposta à mistura de flumioxazin com pyroxasulfone avaliado aos 14, 21, 35, 50, 65 e 95 dias após a aplicação. ..... 37

Figura 5 - Controle de Urochloa plantaginea (A), Digitaria horizontalis (B), Eleusine indica (C) e interação esperada em resposta à mistura de flumioxazin com pyroxasulfone aos 14, 21, 35, 50, 65 e 95 dias após a aplicação. ..... 41

## LISTA DE FIGURAS - CAPÍTULO 2

Figura 1 - Mapa planialtimétrico do Centro de pesquisa da Ihara em Sorocaba-SP, com demarcações de quadra e indicativo da Q55 (Sorocaba, 2020). ..... 52

Figura 2 - Dados de temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento (Sorocaba, 2020). ..... 52

Figura 3 - Precipitação pluviométrica diária e acumulada durante a condução do experimento (Sorocaba, 2020). ..... 53

## LISTA DE TABELAS - CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Descrição da análise de solo utilizada no experimento. ..... 288
Tabela 2 - Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos. ..... 31
Tabela 3 - Percentual de controle de Picão Preto (Bidens pilosa) em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 344
Tabela 4 - Percentual de controle Leiteiro (Euphorbia heterophylla) em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 35
Tabela 5 - Percentual de controle de Corda-de-viola (Ipomoea grandifolia) em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 36
Tabela 6 - Percentual de controle de Urochloa plantaginea em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 38
Tabela 7 - Percentual de controle de Capim-colchão (Digitaria horizontalis) em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 39
Tabela 8 - Percentual de controle de Pé-de-galinha (Eleusine indica) em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 40
Tabela 9 - Percentual de fitotoxidade de plantas de milho em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 42
Tabela 10 - Stand de plantas por metro, comprimento de raiz (cm) e produtividade (kg $ha^{-1}$) de plantas de milho em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 43
Tabela 11 - Altura de plantas de milho em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 444

## LISTA DE TABELAS CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Descrição da análise de solo utilizada no experimento. ..... 52
Tabela 2 - Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos. ..... 54
Tabela 3 - Fitotoxidade de plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 56
Tabela 4 - Stand de plantas (1 m), de plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 57
Tabela 5 - Massa fresca de raiz plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 58
Tabela 6 - Massa fresca de parte área de plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 59
Tabela 7 - Altura de plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 59
Tabela 8 - Comprimento de raiz de feijão em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos. ..... 60

**SUMÁRIO**

**INTRODUÇÃO GERAL** ..... **21**

**CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE PYROXASULFONE E FLUMIOXAZIN EM APLICAÇÃO ISOLADA E ASSOCIAÇÃO, NO CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS E SELETIVIDADE NA CULTURA DO MILHO** ..... **24**

1.1 INTRODUÇÃO ..... **25**

1.2 MATERIAL E MÉTODO ..... **28**

1.2.1 AVALIAÇÕES REALIZADAS ..... 32

1.2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA ..... 33

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... **33**

REFERÊNCIAS ..... **45**

**CAPÍTULO 2 - EFEITO *CARRYOVER* DO PYROXASULFONE E FLUMIOXAZIN EM APLICAÇÃO ISOLADA E ASSOCIAÇÃO NA CULTURA DO FEIJOEIRO** ..... **48**

2.1 INTRODUÇÃO ..... **49**

2.2 MATERIAL E MÉTODOS ..... **51**

2.2.1 AVALIAÇÕES REALIZADAS ..... 54

2.2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA ..... 55

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... **55**

REFERÊNCIAS ..... **61**

**CONSIDERAÇÕES FINAIS** ..... **65**

**REFERÊNCIAS** ..... **66**

## INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura vem crescendo muito nos últimos anos, resultados de altos investimentos tecnológicos que possibilitaram a obtenção de elevados índices de produtividade. Dentre os fatores que interferem nas culturas agrícolas de importância econômica está a competição com as plantas daninhas, que tem um impacto considerável no custo de produção, quando seu controle não é realizado de modo efetivo (PITELLI, 1985). O sucesso do controle de plantas daninhas é obtido a partir da máxima eficácia de controle, com alta seletividade para a cultura economicamente viável e com o mínimo impacto ao ambiente. Entre as grandes culturas que podem sofrer com a interferência de plantas daninhas pode-se citar o milho.

O milho *(Zea mays* L.), devido ao seu potencial produtivo, valor nutricional e composição química, destaca-se como um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Na safra 2019/20 a área plantada de milho no Brasil foi de 18,4milhões de hectares, considerando-se a primeira, segunda e terceira safras, e produção de cerca de 100,6 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

A convivência de plantas daninhas com lavouras pode reduzir a produtividade das culturas, obrigando o produtor de milho a utilizar práticas de manejo que significam elevação nos custos de produção (BALBINOT JUNIOR, FLECK, 2005).

Plantas de milho apresentam elevada capacidade em absorver e utilizar água e nutrientes, além de possuírem elevada capacidade de utilização de radiação solar. Todavia, a presença de plantas daninhas desde a fase inicial de desenvolvimento da cultura pode acarretar perdas, inclusive totais (RAJCAN, SWANTON, 2001). Segundo Ford e Pleasant (1994), a redução média de produtividade de grãos em seis genótipos de milho, sob interferência com plantas daninhas, foi de 70% em relação ao tratamento sem a presença das mesmas.

Apesar de o controle químico apresentar vantagens sobre os demais métodos de controle de plantas daninhas, deve-se ressaltar que este só pode ser praticado com o uso de herbicidas seletivos para a cultura. Segundo Velini et al. (2000), para ser recomendado de forma definitiva e indiscriminada, para determinada cultura, um herbicida deve demonstrar seletividade às cultivares mais comuns desta cultura. Estes autores definem a seletividade como a capacidade de um determinado herbicida

eliminar as plantas daninhas encontradas em uma cultura, sem reduzir-lhe a produtividade.

A sucessão de culturas é uma prática muito utilizada no Brasil no plantio de soja, milho e feijão. Brandt et al. (2006) comentam que esta prática se torna viável pelo beneficio que uma cultura traz à outra, acarretando um acréscimo na produtividade.

O uso de herbicidas com longo efeito residual no solo tem como vantagem proporcionar o controle de plantas daninhas por maior tempo e reduzir o número de aplicações e o custo de produção. Todavia, a persistência destes herbicidas no solo pode causar efeitos tóxicos, conhecidos como *carryover*, às culturas cultivadas em sucessão na mesma área, levando à redução do crescimento, da produtividade e da qualidade dos produtos colhidos (ARTUZI; CONTIEIRO, 2006; SOLTANI et al., 2011; DAN et al., 2012).

O potencial de *carryover* depende do herbicida utilizado, da cultura em sucessão e das condições ambientais após a aplicação de herbicidas. O planejamento da sucessão de culturas deve ser criterioso para evitar este problema, sendo que a situação ideal deve ser o controle com efeito residual até o “fechamento” da cultura (MANCUSO et al., 2011). O conhecimento das principais propriedades físico-químicas das moléculas de herbicidas é muito utilizado no estudo de seu comportamento no ambiente, o que permite uso mais racional dos mesmos (CLAY, 1993) (OLIVEIRA, 2001).

Um herbicida muito utilizado na cultura da soja é o flumioxazin. Este é aplicado em pré e pós-emergência das plantas daninhas (BRASIL, 2018), e é altamente adsorvido no solo (FERRELL et al., 2005), sua principal via de degradação é a microbiana. A persistência do herbicida no solo é baixa, com meia-vida entre 15,6 a 19,5 dias (PPDB, 2018).

O flumioxazin possui como mecanismo de ação a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase, que atua na oxidação de protoporfirinogênio a protoporfirina IX, precursores da clorofila. Com a inibição da enzima, ocorre o acúmulo de protoporfirinogênio, que se difunde para fora do centro reativo, em que acontece uma oxidação não enzimática do mesmo. Ocorre, então, a interação entre o oxigênio e luz para levar o oxigênio ao estado *singlet*, o qual é responsável, em última instância, pela peroxidação de lipídios nas membranas celulares. Lipídios e proteínas são atacados e oxidados o que resulta em perda da clorofila e de carotenoides e

rompimento das membranas, o que faz com que as organelas das células se desintegrem. Os tecidos sofrem necrose e morte, causadas pela peroxidação dos lipídios (OLIVEIRA, 2001). Apresenta baixa solubilidade em água (0,6 a 1,2 mg.$L^{-1}$ a 20 °C), sendo formulado na forma de pó-molhável, contendo 500 gramas do ingrediente ativo por quilo do produto comercial (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011). Esse herbicida é fortemente sorvido pelos coloides do solo e apresenta pequena taxa de lixiviação e curto efeito residual (OLIVEIRA, 1995).

O herbicida pyroxasulfone é um produto não-iônico que apresenta baixa solubilidade em água (3,49 mg $L^{-1}$ a 20ºC) e pressão de vapor (2,4 x $10^{-3}$ mPa), o que sugere que ele tenha baixo potencial de volatilização e apresenta meia-vida de 22 dias no solo (IUPAC, 2017; EPA,2017). Ele atua inibindo a biossíntese de ácidos graxos de cadeia longa (VLCFA) em plantas daninhas monocotiledôneas e algumas dicotiledôneas (TANETANI et al., 2009; HARDEN et al., 2011)

O pyroxasulfone é um herbicida em fase de desenvolvimento no Brasil para uso em diversas culturas. Ele é ativo em pré-emergência e inibe o crescimento de plantas suscetíveis por meio da inibição da biossíntese de ácidos graxos de cadeia longa (VLCFA) (TANETANI et al., 2009). A associação pyroxasulfone + flumioxazin é uma alternativa para manejo de resistência de plantas daninhas à herbicidas, por ser uma nova mistura aplicada em pré-emergência com dois mecanismos de ação distintos, que visa a complementação de controle ao flumioxazin.

Diante do exposto e da carência de informações sobre o assunto, o objetivo do trabalho foi avaliar efeitos da aplicação de flumioxazin, pyroxasulfone e a associação deles em aplicação pré-emergência na eficácia no controle de plantas daninhas, seletividade para a cultura do milho e possíveis efeitos *carryover* sobre a cultura do feijão.

# CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE PYROXASULFONE E FLUMIOXAZIN EM APLICAÇÃO ISOLADA E ASSOCIAÇÃO, NO CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS E SELETIVIDADE NA CULTURA DO MILHO


## Resumo

O uso de herbicidas é a principal ferramenta no controle de plantas daninhas na cultura do milho. Assim, torna-se necessário o estudo de novas moléculas e misturas para entender sua dinâmica de controle e seletividade nos sistemas de cultivo. Por tanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o controle e a seletividade do herbicida pyroxasulfone e flumioxazin aplicados isolados e em associação na cultura do milho. O experimento foi conduzido em área experimental da IHARA, localizada no município de Sorocaba - SP. Os tratamentos utilizados foram testemunha sem aplicação; testemunha capinada; quatro doses da associação de flumioxazin + pyroxasulfone: (40 + 60); (60 + 90); (80 + 120) e (100 + 150) todos em g i.a. $ha^{-1}$; quatro doses do pyroxasulfone: 60; 90; 120 e 150 (g i.a. $ha^{-1}$); em quatro doses do flumioxazin: 40; 60; 80 e 100 (g i.a. $ha^{-1}$) com quatro repetições. Foram conduzidos dois experimentos na mesma área. No primeiro avaliou-se, controle das plantas daninhas *Eleusine indica, Urochloa plantaginea, Digitaria horizontalis, Euphorbia heterophylla, Ipomoea grandifolia* e *Bidens pilosa*. No segundo experimento foi avaliada a seletividade dos herbicidas para a cultura do milho. Em ambos experimentos as avaliações de fitotoxidade foram feitas por meio de notas visuais de fitointoxicação variando de “0” a “100”. No segundo experimento foi feita a avaliação de produtividade na colheita do milho. A mistura flumioxazin + pyroxasulfone é altamente eficaz e apresenta sinergismo no controle de plantas daninhas, apresentando seletividade para a cultura do milho, podendo assim auxiliar os produtores como mais uma ferramenta no controle de plantas daninhas em pré emergência.


**Palavras chave:** Herbicida pré-emergente. Mistura. *Zea mays* L.

**Abstract**

The use of herbicides is the main tool in the control of weeds in the corn crop. Thus, it is necessary to study new molecules and mixtures whenever they enter the market to understand their dynamics of control and selectivity in the culture systems. Thus, the present study aimed to evaluate the control and selectivity of the herbicide Pyroxasulfone and Flumioxazin applied alone and in combination. The experiment was conducted in an experimental area at IHARA, located in the municipality of Sorocaba. The treatments used were control without application; weeded witness; four doses of the combination of flumioxazin + pyroxasulfone: (40 + 60); (60 + 90); (80 + 120) and (100 + 150) all in g a.i. ha-1; four doses of pyroxasulfone: 60; 90; 120 and 150 (g a.i. ha-1); four doses of flumioxazin: 40; 60; 80 and 100 (g a.i. ha-1) with four repetitions in randomized blocks. Two experiments were conducted in the same area. In the first one, weed control *Eleusine indica, Urochloa plantaginea, Digitaria horizontalis, Euphorbia heterophylla, Ipomoea grandifolia* and *Bidens pilosa*. In the second experiment, the selectivity of herbicides for maize was evaluated. In both experiments, phytotoxicity assessments were made visually using plant injury scale from “0” to “100”. In the second experiment, the evaluation of productivity in the corn harvest was made. The mixture flumioxazin + pyroxasulfone is highly effective and presents synergism in the control of weeds, presenting selectivity for the culture of corn, thus being able to assist producers as another tool in the control of weeds in pre-emergence.

**Keywords:** Pre-emergent herbicide. Mixture. *Zea mays* L.

## 1.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), devido ao seu potencial produtivo, valor nutricional e composição química, destaca-se como um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Na safra 2019/20 a área plantada de milho no Brasil foi de 18,4milhões de hectares, considerando-se a primeira, segunda e terceira safras, e produção de cerca de 100,6 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

O Brasil apresenta grande potencial para o cultivo do milho, porém, o clima tropical favorece a ocorrência de elevada quantidade de plantas daninhas, as quais

interferem no desenvolvimento e na produtividade da cultura (CARVALHO et al., 2010). Portanto, é necessário que se realize correto manejo de plantas daninhas, neste sentido, as perdas de produto na aplicação podem gerar falhas de controle, bem como seleção de indivíduos resistentes a herbicidas, além de contaminações ambientais (SALOMÃO et al., 2020).

Entre os fatores que determinam a seletividade encontram-se os relacionados às características do herbicida, ou ao método de aplicação como dosagem, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta, bem como fatores relacionados às características das plantas como seletividade associada à retenção e à adsorção diferencial (idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa); seletividade associada à translocação diferencial e seletividade associada ao metabolismo diferencial (detoxificação), além dos antídotos (OLIVEIRA Jr., 2001).

É importante ressaltar que a seletividade se caracteriza pelo resultado conjunto de diferentes mecanismos que protegem a cultura da intoxicação pelos herbicidas, com destaque para o metabolismo diferencial desses produtos entre plantas daninhas e cultivadas (CARVALHO et al., 2009).

A seletividade é um fator relativo e particularmente característico para uma complexa interação entre a planta, o herbicida e o ambiente no qual a planta se desenvolve, estando relacionada à tolerância diferencial. Por tratamento seletivo entende-se aquele que controla plantas daninhas sem afetar aquelas que são de interesse. É considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação. A seletividade é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola (OLIVEIRA Jr., 2001).

Os efeitos fitotóxicos sobre a fisiologia da planta variam em função da quantidade de herbicida absorvido e que chega às enzimas ou proteínas específicas, podendo ser o suficiente, ou não, para que a fitointoxicação se manifeste. Plantas tolerantes a herbicidas possuem rotas metabólicas específicas, que previnem possíveis danos causados por esses produtos químicos (YUAN et al., 2006).

A absorção do flumioxazin pelas plantas daninhas parece ocorrer durante a emergência, quando estas entram em contato com a camada de solo que contém o produto, e sua seletividade está relacionada, em algumas situações, com a sua posição no solo em relação à estrutura da planta, principalmente o hipocótilo. Proporciona excelente controle de diversas espécies daninhas, dicotiledôneas e algumas monocotiledôneas prejudiciais à soja, ao milho e ao feijão (OLIVEIRA, 1995; OLIVEIRA et al., 1999). Contiero e Constantin (2001) destacam trabalhos realizados por vários autores que consagram seu uso na cultura da soja, aplicado em pré-emergência, e também a eficácia desse herbicida no controle de plantas daninhas, principalmente as latifoliadas, em pós-emergência, inclusive na cultura de citros (MACIEL; CONSTANTIN, 2002), em mistura com outros herbicidas.

O novo ingrediente ativo pyroxasulfone, iniciando presença no mercado nacional, é um herbicida aplicado em pré-emergencia, aplicado ao solo, com mecanismo de ação inibidor da divisão celular, grupo K3 do Herbicide Resistance Action Commitee (TANETANI et al, 2009). Conforme Tanetani et al. (2009), o herbicida age sobre os ácidos graxos de cadeia muito longa. É possível também que esse herbicida interfira na síntese de giberelina, prejudicando o desenvolvimento do embrião e da plântula após a germinação.

O ativo pyroxasulfone é um novo herbicida que proporciona controle residual em um amplo espectro de espécies de plantas daninhas no milho e soja (MCNAUGHTON, et al., 2014). Este herbicida vem sendo pesquisado no controle de plantas daninhas de folhas largas sendo assim uma alternativa ao uso de atrazine, um modo de ação que é fortemente utilizado no cultivo de grãos como milho (OLIVEIRA et al., 2001).

No entanto, existem relativamente poucos dados descrevendo o controle gerado pelo pyroxasulfone as plantas daninhas em um espectro diversificado de ambiente (KNEZEVIC et al., 2009; NURSE et al., 2011; ODERO; WRIGHT, 2013). Para tal, tornam-se necessários mais estudos para melhor descrever a dose biologicamente eficaz de pyroxasulfone necessária para fornecer controle aceitável para várias espécies de milho e que não gere efeitos fitotóxicos a cultivos de sucessão, além de determinar dose de pyroxasulfone necessária para fornecer segurança aceitável às culturas (<5% redução de rendimento).

Buscando manter a eficiência dos herbicidas já utilizados comercialmente e a obtenção de novas alternativas para manejo de plantas daninhas, a associação de novos ativos com mecanismos de ação diferentes se faz muito requerida, o conceito de uma dose biologicamente eficaz foi desenvolvido e é definido como a dose do herbicida necessário para obter pelo menos 90% de controle do herbicida uma espécie de planta daninha sem sacrificar a segurança das culturas (NURSE et al., 2007).

Diante disto, o objetivo do trabalho foi avaliar efeito da aplicação pré-emergente do pyroxasulfone e do flumioxazin separados e em associação no controle de plantas daninhas e sua seletividade para a cultura do milho.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 2 experimentos na área experimental denominada Q55 do Centro de Pesquisa da Iharabras (Figura 01), localizado no municipio de Sorocaba – SflP, a 576 m de altitude com as coordenadas geograficas: 23° 47’ 50” S e 47° 38’ 45” na Figura 1. A area experimental utilizada possui solo com textura arenosa com 70% de sua composição de areia, sem a presença de palhada e baixo teor de matéria orgânica (Tabela 1).

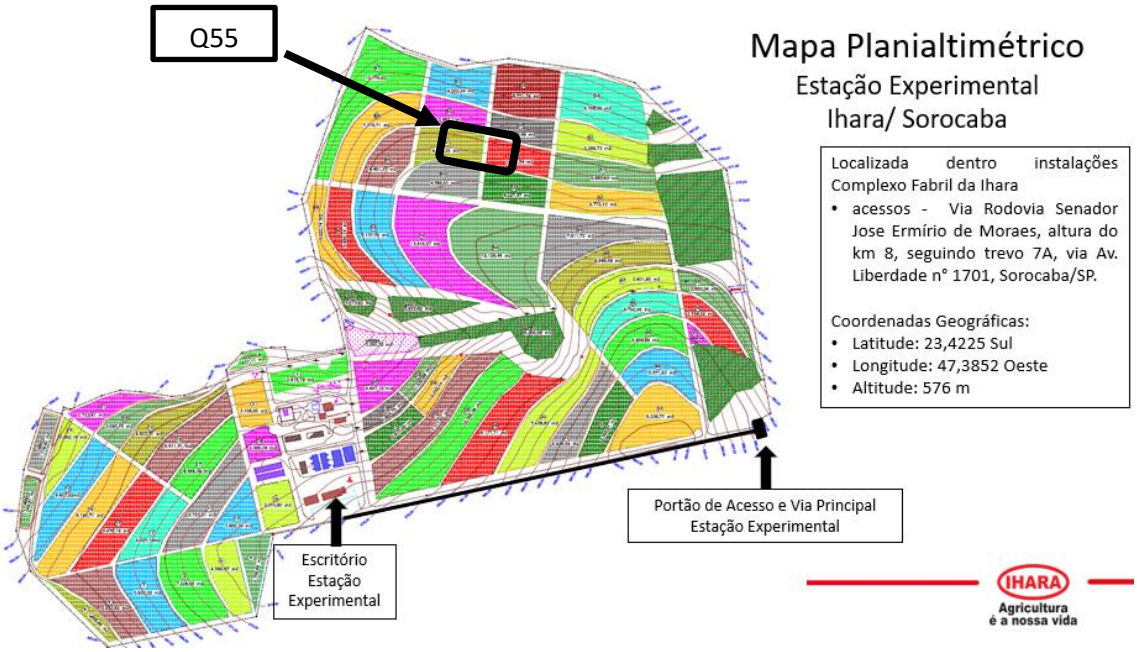
**Tabela 1 - Descrição da análise de solo utilizada no experimento**

| pH | M.O. | $P_{resina}$ | $Al^{3+}$ | H+Al | K |
|---|---|---|---|---|---|
| $CaCl_2$ | g/dm³ | mg/dm³ | mmol$_c$/dm³ | | |
| 6,2 | 15 | 175 | 0 | 15 | 4,6 |

| Ca | Mg | SB | CTC | V% | S |
|---|---|---|---|---|---|
| mmol$_c$/dm³ | | | | | mg/dm³ |
| 37 | 8 | 49 | 64 | 77 | 4 |

| BORO | COBRE | FERRO | MANGANÊS | ZINCO |
|---|---|---|---|---|
| mg/dm³ | | | | |
| 0,20 | 1,0 | 61 | 2,6 | 2,4 |

**Figura 1 - Mapa planialtimétrico do Centro de pesquisa da Ihara em Sorocaba-SP, com demarcações de quadra Q55 (Sorocaba, 2020)**




Os dados climaticos durante a condução do experimentos estão apresentados nas Figuras 2 e 3.

**Figura 2 - Dados de temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento (Sorocaba, 2020)**

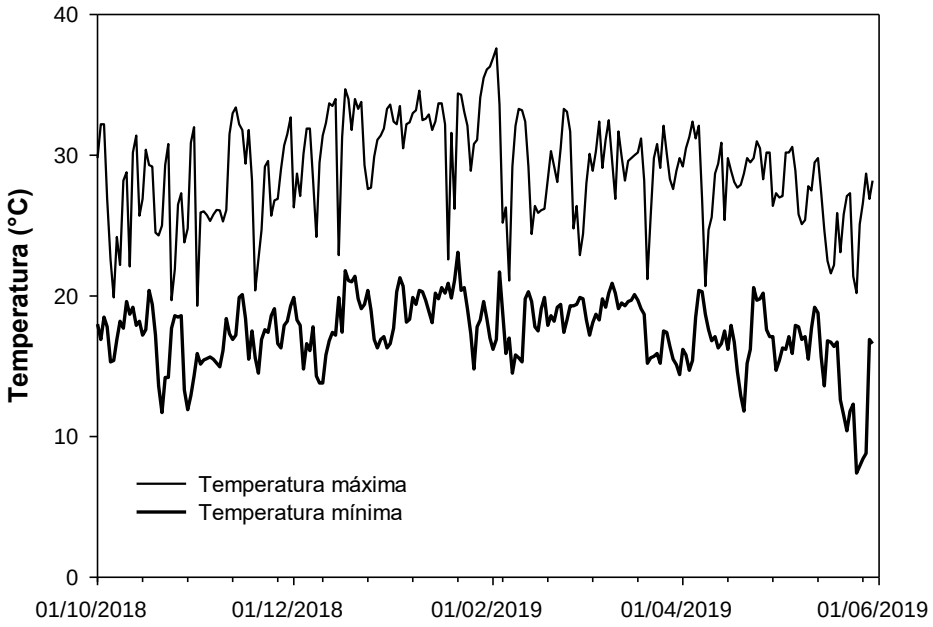
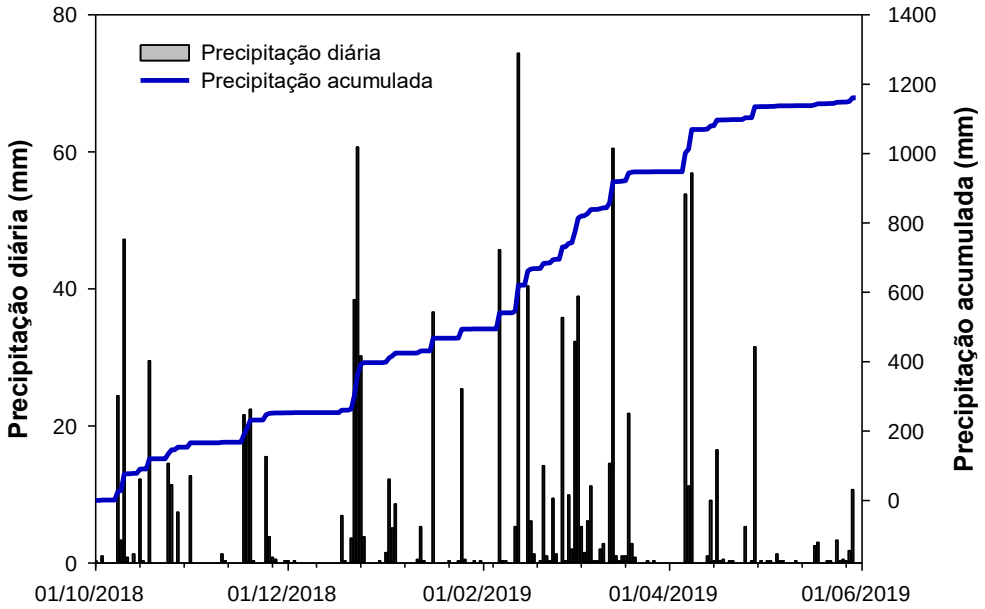


**Figura 3 - Precipitação pluviométrica diária e acumulada durante a condução do experimento (Sorocaba, 2020)**




O milho foi semeado dia 05 de outubro de 2018 com a semeadora-adubadora EXACTA Air 2680 PD Jumil. Foi utilizado o híbrido de milho BG7037 YHG, que apresenta resistencia genética ao uso de glifosate e tolerância ao ataque de lagartas da espécie *Spodoptera frugiperda.* O espaçamento adotado foi de 90 cm entre linhas e 7 sementes por metro linear, com uma população de 75.000 plantas $ha^{-1}$.

Foram realizados os tratos culturais necessários para a boa condução da cultura do milho, de modo a garantir boa produtividade e homogeneidade de condições entre as parcelas, sendo realizado tratamento de sementes com tiofanato-metilico + fluazinan (produto comercial Certeza, 350 + 52,50 g de i.a./L) + chlorantraniliprole (produto comercial Dermacor, 625 g de i.a./L) nas doses de 180 e 50 ml de p.c. para 100 kg de semente, respectivamente. No momento da semeadura foi realizada a adubação de plantio adubo formulado 08-28-16 na dosagem de 400 kg por ha.

Os tratos fitossanitarios para manejo da área constaram de aplicação de inseticida contendo acetamiprido + fenpopatrina (produto comercial BOLD, 75 + 112,5 g de i.a./L) na dose de 500 ml p.c. $ha^{-1}$ para manejo de percevejo e no estádio V8 aplicação da mistura de fungicida metominostrobin + tebuconazol (produto comercial FUSÃO, 110 + 165 g de i.a./L) na dose de 725 ml p.c. $ha^{-1}$, associado ao inseticida BOLD na dose de 500 ml p.c. $ha^{-1}$, para controle de manchas foliares e lagartas da espiga.

A adubação complementar de cobertura foi realizada em periodos distintos, quando cultura apresentava-se no estadio V5 (datas) e V8, aplicação de 80 kg por ha de ureia de forma localizada linearmente as linhas de cultivo.

Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, utilizando-se 14 tratamentos, sendo dois herbicidas: flumioxazin e pyroxasulfone variando as doses e combinações entre eles (Tabela 2) em quatro repetições.

**Tabela 2 - Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos**

| Tratamentos | Herbicidas | Dose | |
|---|---|---|---|
| | | i.a. $ha^{-1}$ | P.C ml ou g $ha^{-1}$ |
| 1 | Testemunha absoluta | - | - |
| 2 | Testemunha capinada | - | - |
| 3 | flumioxazin + pyroxasulfone | 40 + 60 | 200 |
| 4 | flumioxazin + pyroxasulfone | 60 + 90 | 300 |
| 5 | flumioxazin + pyroxasulfone | 80 + 120 | 400 |
| 6 | flumioxazin + pyroxasulfone | 100 + 150 | 500 |
| 7 | pyroxasulfone | 60 | 120 |
| 8 | pyroxasulfone | 90 | 180 |
| 9 | pyroxasulfone | 120 | 240 |
| 10 | pyroxasulfone | 150 | 300 |
| 11 | flumioxazin | 40 | 80 |
| 12 | flumioxazin | 60 | 120 |
| 13 | flumioxazin | 80 | 160 |
| 14 | flumioxazin | 100 | 200 |

O pyroxasulfone na concentração de 500 g de i.a $L^{-1}$ e o flumioxazin na concentração de 500 g de i.a. $Kg^{-1}$, e o produto formulado da associação dos ativos flumioxazin + pyroxasulfone na concentração 200 + 300 g de i.a. $L^{-1}$.

Os tratamentos foram aplicados em pré-emergencia, 1 dia após a semeadura do milho e das plantas daninhas (08/10/2018). A pulverização foi realizada com sistema de costal pressurizado com barra de aplicação equipado com 6 pontas de pulverização de

jato plano, tipo leque modelo AVI 11002, na pressão de 400 kPa e volume de calda de 200 L $ha^{-1}$.

No primeiro experimento, as plantas daninhas: *Eleusine indica*, *Urochloa plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea grandifolia*, *Bidens pilosa,* foram semeadas manualmente em todas as parcelas entre as linhas de milho foram*,* fixando-se com base no indice germinativo de cada especie uma densidade populacional de 15 a 20 plantas por $m^2$.

### 1.2.1 Avaliações

Para avaliação da eficácia do controle em pré-emergência das plantas daninhas semeadas foram realizadas avaliações visuais da porcentagem de controle aos 14, 21, 35, 50, 65 e 95 dias apos a aplicação (DAA) atribuindo-se notas que correspondem ao percentual de controle das plantas daninhas, onde “0” corresponde a nenhum controle e “100” significa a morte das plantas, conforme Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (1995).

As avaliações do efeito fitotóxico dos tratamentos na cultura do milho, foram realizadas análises visuais aos 14, 23, 33 e 51 dias apos a aplicação (DAA) em 4 m lineares. Para tal avaliação foi utilizada uma escala percentual, na qual a nota 0 significa ausência de dano à cultura e a nota 100, morte aparente das plantas (Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995),

O número de plantas emergidas, aos 14 e 21 DAA, em 4 m lineares foi contabilizado em cada parcela experimental. A altura de plantas foi avaliada em 5 plantas por parcela por meio de uma trena graduada aos 14, 21, 35 e 65 dias após a aplicação (DAA).

Ao final do ciclo foi realizada a colheita das parcelas e pesagem dos grãos, com correção para 13% de umidade.

### 1.2.2 Análise estatística

Para análise dos tratamentos foram distribuídos no esquema fatorial no nível de 5% de probabilidade submetendo-os à análise de variância (Anova), e havendo diferença estatística significativa (teste F) entre as médias, estas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Os cálculos estatísticos foram efetuados com auxílio do programa R (TEAM, et al. 2019).

Com o objetivo de avaliar a interação entre flumioxazin e pyroxasulfone foi realizado cálculo proposto pelo modelo de Colby (1967) para verificar a interação entre os herbicidas (Eq. 1)

$$E = 100 - \frac{(100 - X) * (100 - Y)}{100} \qquad (Eq. 1)$$

Sendo, ***E*** a porcentagem de controle esperado pela mistura, ***X*** e ***Y*** são a porcentagem de controle obtidas de flumioxazin e pyroxasulfone aplicados isoladamente, respectivamente.

De posse dos dados foram realizados gráficos de regressão onde foi traçada uma linha no ângulo de 45° para os dados esperados, e plotado os resultados observados pela mistura, de maneira que, os pontos que estiverem abaixo da reta são considerados como efeito antagônico, os pontos que estiverem acima da reta representam sinergismo e os pontos próximos à reta significam efeito aditivo.

## 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 3, 4 e 5 estão apresentados os resultados de eficácia de controle das espécies Picão preto (*Bidens pilosa), Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia.* Resultados excelentes de controle foram constatados para os tratamentos com flumioxazin e a mistura flumioxazin + pyroxasulfone até 95 DAA, com valores médios de controle acima de 95% em todas as doses.

Já para os tratamentos somente com pyroxasulfone na espécie Picão preto (*Bidens pilosa)*, foi observado o início do decréscimo de controle a partir dos 35 DAA, principalmente nas doses de 60 e 90 g i.a. $ha^{-1}$. Nas avaliações posteriores também observou-se decréscimo de controle na dose de 120 g i.a. $ha^{-1}$, com níveis de controle abaixo de 80 % aos 95 DAA, nas doses 60, 90 e 120 g i.a. $ha^{-1}$.

**Tabela 3 - Controle (%) de *Bidens pilosa* em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | % de controle de *Bidens pilosa* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 21 DAA | 35 DAA | 50 DAA | 65 DAA | 95 DAA |
| flumioxazin | 40 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 97,3 Aa | 97,3 Aa | 95,3 Aa | 95,3 Aa |
| flumioxazin | 60 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 95,8 Aa | 95,8 Aa |
| flumioxazin | 80 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 95,8 Aa | 95,8 Aa |
| flumioxazin | 100 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 95,8 Aa | 95,8 Aa |
| pyroxasulfone | 60 | 91,7 Aa | 83,3 Bd | 76,7 Cc | 69,3 Dc | 53,3 Ed | 46,7 Fd |
| pyroxasulfone | 90 | 97,3 Aa | 86,5 Bcd | 75,0 Cc | 72,0 Cc | 61,3 Dc | 60,0 Dc |
| pyroxasulfone | 120 | 98,0 Aa | 91,3 Bbc | 84,5 Cb | 80,0 CDb | 75,0 DEb | 73,8 Eb |
| pyroxasulfone | 150 | 98,0 Aa | 95,3 Aab | 88,8 Bb | 83,8 BCb | 80,8 Cb | 80,0 Cb |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa |
| **F herbicida** | | 405,46** | | | | | |
| **F período** | | 164,94** | | | | | |
| **F herbicida*período** | | 27** | | | | | |
| **DMS herbicida** | | 6,47 | | | | | |
| **DMS período** | | 5,8 | | | | | |
| **CV%** | | 2,63 | | | | | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. [ns]Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Para espécies *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia (*Tabela 4 e 5) os resultados foram semelhantes aos obtidos para *Bidens pilosa* com controle acentuado nos tratamentos flumioxazin e flumioxazin mais pyroxasulfone, com médias de controle acima de 85 % até os 95 DAA. No entanto, para o tratamento que recebeu somente o herbicida pyroxasulfone (60 g i.a ha$^{-1}$), foram observadas médias de controle de 45 e 78 %, aos 95 DAA, para *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia,* respectivamente.

**Tabela 4 - Controle (%) de *Euphorbia heterophylla* em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | % de controle de *Euphorbia heterophylla* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 21 DAA | 35 DAA | 50 DAA | 65 DAA | 95 DAA |
| flumioxazin | 40 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 93,3 ABa | 93,3 ABa | 89,5 Bb | 87,0 Bb |
| flumioxazin | 60 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 94,5 ABa | 94,5 ABa | 90,8 Bab | 88,75 Bb |
| flumioxazin | 80 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 94,5 ABa | 94,5 ABa | 92,0 ABab | 90,0 Bab |
| flumioxazin | 100 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 95,0 Aa | 95,0 Aa | 92,5 Aab | 92,5 Aab |
| pyroxasulfone | 60 | 93,3 Aa | 81,6 Bc | 73,3 Cc | 68,3 Cc | 60,0 Dd | 45,0 Ee |
| pyroxasulfone | 90 | 93,3 Aa | 83,8 Bbc | 76,3 Cbc | 71,3 CDc | 65,0 DEd | 58,8 Ed |
| pyroxasulfone | 120 | 97,2 Aa | 92,5 Aa | 82,5 Bb | 80,0 BCb | 75,0 CDc | 72,5 Dc |
| pyroxasulfone | 150 | 97,2 Aa | 90,0 Bab | 82,5 Cb | 82,5 Cb | 81,3 Cc | 78,8 Cc |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 97,3 Aa | 97,2Aa | 96,5 Aab | 97,3 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 97,3 Aab | 97,3 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 97,3 Aab | 97,3 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa | 98,0 Aa |
| **F herbicida** | | 244,98** | | | | | |
| **F período** | | 135,36** | | | | | |
| **F herbicida*período** | | 13,83** | | | | | |
| **DMS herbicida** | | 8,01 | | | | | |
| **DMS período** | | 7,18 | | | | | |
| **CV%** | | 3,3 | | | | | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. [ns]Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Essa resposta já foi relatada por outros pesquisadores que enfatizam a associação de pyroxasulfone com outros herbicidas em pré-emergência para a complementação de controle de espécies eudicotiledoneas (Jha et al.,2015; Belfry et al. ,2015; Nurse et al.,2011). Mahoney et al. (2014) constataram controle de 19% de *Chenopodium album* com a aplicação somente de 89 g a.i. ha$^{-1}$ de pyroxasulfone, e 97% quando aplicado em associação com flumioxazin.

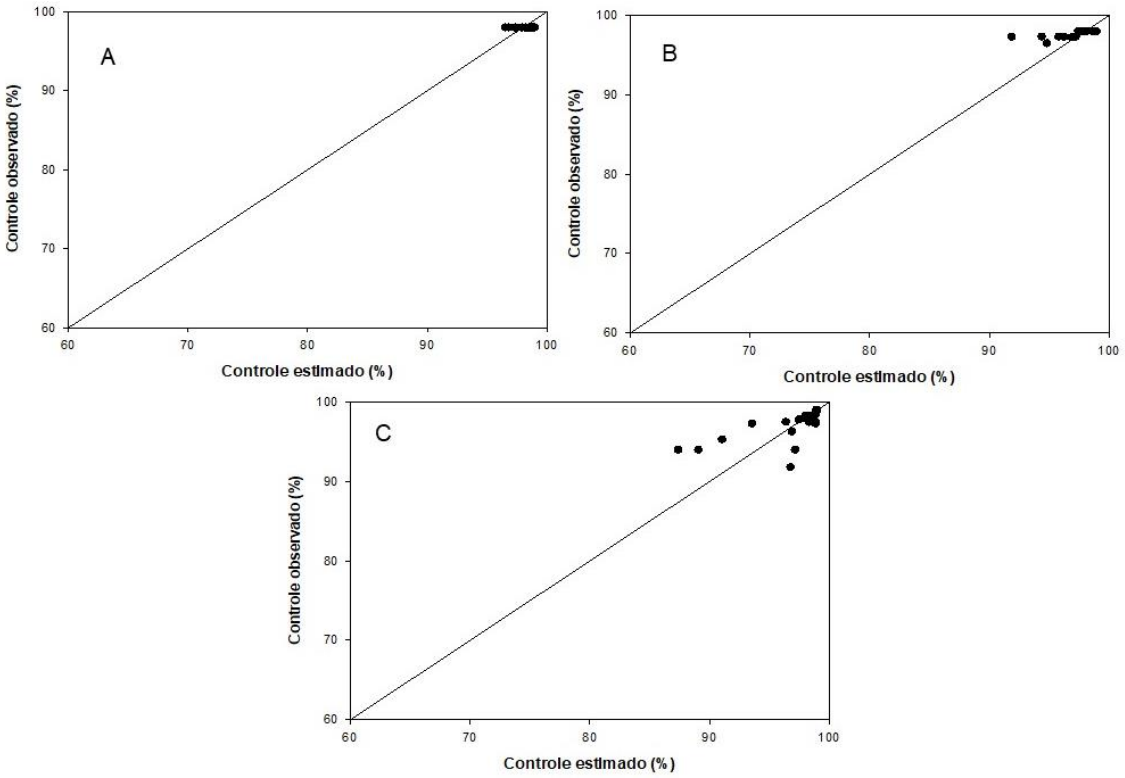
**Tabela 5 - Controle (%) de *Ipomoea grandifolia* em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | % de controle de *Ipomoea grandifolia* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 21 DAA | 35 DAA | 50 DAA | 65 DAA | 95 DAA |
| flumioxazin | 40 | 98,5 Aa | 96,5 AB a | 94,3 AB ab | 91,0 Bc | 89,5 BC cd | 83,8 Cd |
| flumioxazin | 60 | 98,8 Aa | 97,8 Aa | 96,8 AB a | 91,8 ABC c | 90,0 BC cd | 85,0 Ccd |
| flumioxazin | 80 | 98,8 Aa | 98,5 Aa | 98,0 Aa | 92,8 AB ab | 92,3 AB bc | 87,0 Bcd |
| flumioxazin | 100 | 98,8 Aa | 99,0 Aa | 98,0 Aa | 94,3 AB abc | 93 AB abc | 90,3 Bbc |
| pyroxasulfone | 60 | 90,5 Ab | 92,3 Aa | 88,0 Ab | 75,0 Be | 75,0 Be | 28,3 Cg |
| pyroxasulfone | 90 | 91,5 Aab | 94 Aa | 90,5 A ab | 77,5 Be | 78,8 Be | 33,75 Cf |
| pyroxasulfone | 120 | 93,5 Aab | 96 Aa | 92,3 A ab | 84,5 Bd | 80,0 Be | 38,8 Cef |
| pyroxasulfone | 150 | 94,3 ABab | 97,3 Aa | 93,8 AB ab | 89,0 BCcd | 86,3 Cd | 43,8 De |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 97,5 Aab | 97,5 Aa | 97,5 Aa | 91,8 Ac | 97,5 Aa | 94,0 Aab |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 99,0 Aa | 98,4 Aa | 97,8 Aa | 94,0 Aabc | 96,3 Aab | 94,0 Aab |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 99,0 Aa | 99,0 Aa | 98,4 Aa | 98,0 Aa | 97,8 Aa | 95,3 Aab |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 99,0 Aa | 99,0 Aa | 97,3 Aa | 98,3 Aa | 98,3 Aa | 97,3 Aa |
| **F herbicida** | | 197,35** | | | | | |
| **F período** | | 476,93** | | | | | |
| **F herbicida*período** | | 44,39** | | | | | |
| **DMS herbicida** | | 7,85 | | | | | |
| **DMS período** | | 7,04 | | | | | |
| **CV%** | | 3,24 | | | | | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. [ns]Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Os resultados referentes aos ajustes propostos pelo modelo de Colby (1967) para verificar a interação entre os herbicidas, paras as espécies *Bidens pilosa, Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* são mostrados na Figura 5. A interpretação dos gráficos se dá pela proximidade dos pontos á linha de referência. Quando observados abaixo da linha demonstram efeito antagônico; aqueles que estiverem acima da reta representam sinergismo e os pontos próximos à reta significam efeito aditivo. Sendo assim pode-se observar que para as espécies *Bidens pilosa* (A) e *Euphorbia heterophylla* (B) foram na sua maioria classificados como aditivo o efeito da mistura flumioxazin + pyroxasulfone. Já para a espécie *Ipomoea grandifolia* (C) a maioria das doses e períodos de avaliação demonstraram efeito sinérgico, os quais estão em maior número e mais distantes da linha de referência.

**Figura 4 - Controle (%) de *Bidens pilosa* (A), *Euphorbia heterophylla* (B), *Ipomoea grandifolia* (C), observado e interação esperada em resposta à mistura de flumioxazin com pyroxasulfone avaliado aos 14, 21, 35, 50, 65 e 95 dias após a aplicação**




Nas Tabelas 6, 7 e 8 estão apresentados os resultados referentes as espécies monocotiledôneas: *Urochloa plantaginea, Digitaria horizontalis e Eleusine indica.* Diferenças significativas foram observadas entre tratamentos e épocas de avaliação, onde as observações visuais de controle iniciaram o decréscimo após 50 DAA, principalmente para a aplicação isolada de flumioxazin e pyroxasulfone. Para as espécies *Urochloa plantaginea, Digitaria horizontalis e Eleusine indica,* aos 95 DAA, o tratamento somente com flumioxazin observou-se controle 12,5%, 40% e 35%, respectivamente, mesmo na maior dose. Efeito esse já esperado pela ausência de registro do flumioxazin para essas espécies e já conhecida sua eficiência e posicionamento para espécies eudicotiledoneas. Fernandes et.al., (2016) relatam a ausência de controle quando avaliada a eficácia somente do flumioxazim aplicado na dose de 50 g i.a. $ha^{-1}$ em *Urochloa plantaginea*.

**Tabela 6 - Controle (%) de *Urochloa plantaginea* em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | % de controle de *Urochloa plantaginea* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 21 DAA | 35 DAA | 50 DAA | 65 DAA | 95 DAA |
| flumioxazin | 40 | 90,0 Ab | 87,5 Ad | 75,0 Bd | 47,5 Cf | 31,3 Dh | 7,5 Ee |
| flumioxazin | 60 | 92,8 Aab | 90,5 Acd | 77,5 Bcd | 51,3 Cf | 37,5 Dgh | 7,5 Ee |
| flumioxazin | 80 | 95,0 Aab | 92,3 Abcd | 82,0 Bc | 52,5 Cef | 40,0 Dfh | 11,3 Ee |
| flumioxazin | 100 | 95,0 Aab | 94,3 Aabc | 82,0 Bc | 58,8 Ce | 45,0 Df | 12,5 Ee |
| proxasulfone | 60 | 96,8 Aa | 95,3 AB abc | 90,0 Bb | 80,8 Cd | 67,5 De | 66,6 Dd |
| pyroxasulfone | 90 | 97,8 Aa | 96,5 AB abc | 91,0 Bab | 83,8 Ccd | 76,3 Dd | 70,0 Ecd |
| pyroxasulfone | 120 | 98,5 Aa | 98,5 Aab | 93,5 AB ab | 89,0 BC bc | 83,3 CD c | 78,8 Db |
| pyroxasulfone | 150 | 99,0 Aa | 98,5 AB ab | 97,0 AB a | 93,0 BC ab | 90,8 Cab | 87,5 Ca |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 95,8 Aa | 95,5 A abc | 91,8 Aab | 84,0 Bcd | 81,3 Bcd | 73,8 Cbc |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 98,5 Aa | 96,8 A abc | 93,5 AB ab | 88,8 BC bc | 86,3 Cbc | 80,0 Db |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 99,0 Aa | 98,8 Aa | 95,0 Aab | 93,5 A ab | 93,3 AB a | 87,5 Ba |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 99,0 Aa | 99,0 Aa | 97,3 AB a | 96,5 AB a | 95,5 AB a | 91,8 Ba |
| **F herbicida** | | 405** | | | | | |
| **F período** | | 165** | | | | | |
| **F herbicida*período** | | 27** | | | | | |
| **DMS herbicida** | | 6,47 | | | | | |
| **DMS período** | | 5,8 | | | | | |
| **CV%** | | 2,63 | | | | | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. [ns]Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Na aplicação somente de pyroxasulfone isolado, pode-se observar controle acima de 80% a partir da dose de 120 g i.a. ha$^{-1}$ aos 95 DAA, nas espécies *Urochloa plantaginea, Digitaria horizontalis*. Já para *Eleusine indica* as médias de controle aos 95 DAA já se encontravam abaixo dos 80%, mesmo na maior dose utilizada.

Nos tratamentos em que foram utilizadas a associação dos herbicidas flumioxazin mais pyroxasulfone, pode-se constatar as melhores médias de controle para as espécies *Urochloa plantaginea, Digitaria horizontalis e Eleusine indica,* em todas as épocas e doses avaliadas, sendo as médias de controle, aos 95 DAA, acima dos 80% para todas as espécies monocotiledoneas na dose de flumioxazin mais pyroxasulfone (60+90 g i.a. ha$^{-1}$).

**Tabela 7 - Controle (%) de *Digitaria horizontalis* em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | % de controle de *Digitaria horizontalis* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 21 DAA | 35 DAA | 50 DAA | 65 DAA | 95 DAA |
| flumioxazin | 40 | 91,0 Aa | 90,0 Aa | 85,0 Aa | 57,5 Bb | 45 BC c | 33,8 Cc |
| flumioxazin | 60 | 94,3 Aa | 91,0 Aa | 85,0 Aa | 60,0 Bb | 47,5 BC c | 35,0 Cc |
| flumioxazin | 80 | 95,0 Aa | 91,8 Aa | 86,0 Aa | 62,5 Bb | 53,8 Bc | 38,8 Cc |
| flumioxazin | 100 | 95,8 Aa | 94,3 Aa | 87,3 Aa | 66,3 Bb | 57,5 Bc | 40,0 Cc |
| proxasulfone | 60 | 97,3 Aa | 97,5 Aa | 93,5 Aa | 84,5 AB a | 78,8 BC b | 70,0 Cb |
| pyroxasulfone | 90 | 98,0 Aa | 97,5 Aa | 95,0 AB a | 86,8 ABC a | 82,5 BC ab | 77,5 Cab |
| pyroxasulfone | 120 | 98,8 Aa | 98,5 Aa | 97,5 Aa | 91,8 AB a | 88,8 AB ab | 81,3 Bab |
| pyroxasulfone | 150 | 99,0 Aa | 99,0 Aa | 98,3 Aa | 96,5 Aa | 93,5 Aab | 85,0 Aab |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 97,5 Aa | 97,5 Aa | 94,5 Aa | 89,3 Aa | 86,8 Aab | 84,5 Aab |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 98,8 Aa | 98,3 Aa | 97,3 Aa | 91,8 Aa | 91 Aab | 88,5 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 99,0 Aa | 99,0 Aa | 98,8 Aa | 94,5 Aa | 94,3 Aab | 90,5 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 99,0 Aa | 99,0 Aa | 98,8 Aa | 96,5 Aa | 96,0 Aa | 93,0 Aa |
| **F herbicida** | | | | | 93** | | |
| **F período** | | | | | 193** | | |
| **F herbicida*período** | | | | | 10** | | |
| **DMS herbicida** | | | | | 15,91 | | |
| **DMS período** | | | | | 14,27 | | |
| **CV%** | | | | | 6,93 | | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. [ns]Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

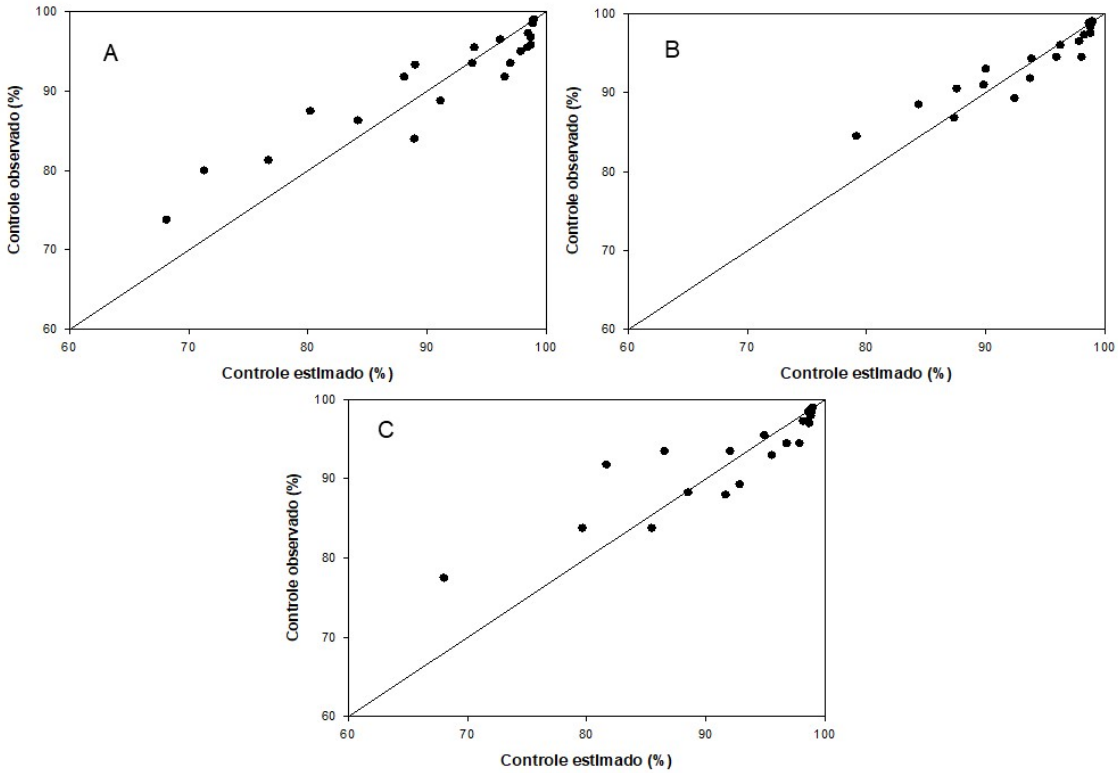
**Tabela 8 - Controle (%) de *Eleusine indica* em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | % de controle de *Eleusine indica* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 21 DAA | 35 DAA | 50 DAA | 65 DAA | 95 DAA |
| flumioxazin | 40 | 89,5 Aa | 88,0 Aa | 82,0 Ac | 52,5 Bb | 37,5 Cc | 22,5 De |
| flumioxazin | 60 | 92,8 Aa | 90,5 Aa | 83,0 Ac | 52,5 Bb | 40,0 BCc | 27,5 Ce |
| flumioxazin | 80 | 94,3 Aa | 91,8 Aa | 84,3 Abc | 57,5 Bb | 46,3 BC c | 35,0 Ce |
| flumioxazin | 100 | 95,8 Aa | 94,3 Aa | 88,8 Aabc | 60,8 Bb | 50,0 Bc | 35,0 Ce |
| pyroxasulfone | 60 | 96,8 Aa | 96,0 Aa | 93,5 Aabc | 84,5 AB a | 78,3 Bb | 60,0 Cd |
| pyroxasulfone | 90 | 98 Aa | 97,8 Aa | 95,0 AB abc | 87,0 AB a | 82,5 BC ab | 73,3 Ccd |
| pyroxasulfone | 120 | 98,8 Aa | 98,5 Aa | 97,5 Aab | 91,8 Aa | 87,0 Aab | 73,3 Bcd |
| pyroxasulfone | 150 | 99,0 Aa | 99,0 Aa | 98,8 Aab | 94,3 Aa | 91,8 AB ab | 80,8 Babc |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 97,0 Aa | 97,3 Aa | 94,5 AB abc | 88 ABC a | 83,8 BC ab | 77,5 Cbc |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 98,8 Aa | 98,0 Aa | 97,3 Aab | 89,3 AB a | 88,3 AB ab | 83,8 B abc |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 99,0 Aa | 98,8 Aa | 98,5 Aa | 93,0 Aa | 93,5 Aa | 91,8 Aab |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 99,0 Aa | 99,0 Aa | 98,5 Aa | 94,5 Aa | 95,5 Aa | 93,5 Aa |
| **F herbicida** | | 142** | | | | | |
| **F período** | | 324** | | | | | |
| **F herbicida*período** | | 15** | | | | | |
| **DMS herbicida** | | 14,37 | | | | | |
| **DMS período** | | 12,89 | | | | | |
| **CV%** | | 6,42 | | | | | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. [ns]Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Os resultados referentes aos ajustes propostos pelo modelo de Colby (1967) para verificar a interação entre os herbicidas, paras as espécies *Urochloa plantaginea* (A), *Digitaria horizontalis* (B), *Eleusine indica* (C) são mostrados na Figura 6. Observou-se que nos ajustes a maioria dos pontos ficaram acima da linha de tendência, sendo assim comprovado o efeito sinérgico entre o flumioxazim e pyroxasulfone, dados esses que validam os resultados encontrados nas avaliações de eficácia principalmente para a espécie *Urochloa plantaginea e Eleusine indica*. Para *Digitaria horizontalis,* os efeitos são menos pronunciados, no entanto se mostram aditivos, que são analisados com os pontos sobre a linha, ou sinérgicos com os pontos mais distantes da linha na parte superior.

**Figura 5 - Controle de *Urochloa plantaginea* (A), *Digitaria horizontalis* (B), *Eleusine indica* (C) e interação esperada em resposta à mistura de flumioxazin com pyroxasulfone aos 14, 21, 35, 50, 65 e 95 dias após a aplicação**




Para a seletividade da cultura do milho foram observados níveis baixos de injurias somente nos tratamentos com pyroxasulfone, aos 14 e 23 DAA, que nas avaliações posteriores não foram mais observados. Assim, por se tratar de fitotoxidade visual os tratamentos se mostraram seguros, mesmo nas maiores doses utilizadas para os ativos isolados e em mistura (Tabela 9).

**Tabela 9 - Fitotoxidade (%) de plantas de milho em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | % de fitotoxidade | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 23 DAA | 33 DAA | 51 DAA |
| flumioxazin | 40 | 0 Ad | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumioxazin | 60 | 0 Ad | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumioxazin | 80 | 0 Ad | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumioxazin | 100 | 0 Ad | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| pyroxasulfone | 60 | 0 Ad | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| pyroxasulfone | 90 | 1,3 Acd | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| pyroxasulfone | 120 | 0,5 Ad | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| pyroxasulfone | 150 | 5 Aabc | 0,5 Ba | 0 Ba | 0 Ba |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 5,5 Aab | 1,5 Ba | 0 Ba | 0 Ba |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 1 Acd | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 3,8 Abcd | 1,5 AB a | 0 Ba | 0 Ba |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 8 Aa | 3 Ba | 0 Ba | 0 Ba |
| **F herbicida** | | 5,7** | | | |
| **F período** | | 19,7** | | | |
| **F herbicida*período** | | 2,9** | | | |
| **DMS herbicida** | | 3,4 | | | |
| **DMS período** | | 4,2 | | | |
| **CV%** | | 23,4 | | | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. [ns]Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Para os resultados dos parâmetros biométricos (estande plantas, comprimento de raiz e altura de plantas) e produtivos da cultura apresentados nas tabelas 10 e 11 não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos utilizados e a testemunha capinada, se mostrando também com esses parâmetros a segurança da aplicação das moléculas em relação a seletividade da cultura. Diferença estática ocorreu em relação a testemunha infestada, que apresentou produtividade inferior aos demais tratamentos, justificado pelo mato competição.

**Tabela 10 - Estande de plantas por metro, comprimento de raiz (cm) e produtividade (kg ha$^{-1}$) de plantas de milho em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | Estande Plantas (1m) | | Comprimento de Raiz (cm) | Produtividade (kg ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 21 DAA | 14 DAA | |
| Testemunha | | 6,9 a | 6,9 a | 11,4 a | 4976,1 b |
| Testemunha capinada | | 6,7 a | 6,8 a | 11,0 a | 6298,2 a |
| flumioxazin | 40 | 7,0 a | 6,8 a | 12,5 a | 5710,6 a |
| flumioxazin | 60 | 6,8 a | 6,8 a | 11,3 a | 6439,0 a |
| flumioxazin | 80 | 6,8 a | 7,0 a | 11,3 a | 5998,3 a |
| flumioxazin | 100 | 6,8 a | 6,9 a | 11,1 a | 7371,4 a |
| pyroxasulfone | 60 | 6,8 a | 6,9 a | 11,9 a | 7459,1 a |
| pyroxasulfone | 90 | 7,0 a | 6,9 a | 11,6 a | 7093,9 a |
| pyroxasulfone | 120 | 6,8 a | 7,0 a | 11,1 a | 7963,0 a |
| pyroxasulfone | 150 | 6,8 a | 7,0 a | 11,4 a | 6536,9 a |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 6,9 a | 7,0 a | 11,1 a | 7395,8 a |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 6,9 a | 6,8 a | 11,3 a | 5657,6 a |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 7,0 a | 7,0 a | 11,6 a | 6694,0 a |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 7,0 a | 6,9 a | 12,2 a | 6859,3 a |
| **F herbicida** | | 1,21$^{ns}$ | 0,89$^{ns}$ | 0,91$^{ns}$ | 1,53** |
| **DMS herbicida** | | 4,5 | 4,9 | 2,2 | 3.379,0 |
| **CV%** | | 3,3 | 3,2 | 17,7 | 20,3 |

Medias seguidas pelas mesmas letras não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $^{ns}$Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

**Tabela 11 - Altura de plantas de milho em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | Altura de plantas (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 DAA | 23 DAA | 33 DAA | 51 DAA |
| Testemunha | | 22,0 ab | 30,9 ab | 61,7 c | 171,1 a |
| Testemunha capinada | | 22,4 ab | 29,8 b | 86,1 ab | 230,4 b |
| flumioxazin | 40 | 22,9 a | 35,2 a | 88,5 a | 229,1 b |
| flumioxazin | 60 | 21,7 ab | 34,4 a | 88,4 a | 232,1 b |
| flumioxazin | 80 | 21,6 ab | 33,3 ab | 88,0 a | 239,2 b |
| flumioxazin | 100 | 22,5 ab | 29,6 b | 89,1 a | 236,95 b |
| pyroxasulfone | 60 | 22,5 ab | 35,2 a | 88,6 a | 238,55 b |
| pyroxasulfone | 90 | 22,0 ab | 32,3 ab | 86,4 ab | 234,45 b |
| pyroxasulfone | 120 | 21,9 ab | 32,0 ab | 84,3 ab | 234,7 b |
| pyroxasulfone | 150 | 20,7 ab | 31,6 ab | 82,7 b | 231,5 b |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 40+60 | 20,8 ab | 31,3 ab | 86,5 ab | 234,9 b |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 60+90 | 20,2 b | 29,0 b | 86,2 ab | 223,8 b |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 80+120 | 21,6 ab | 31,1 ab | 87,5 ab | 232,8 b |
| flumi[1]+pyroxa[2] | 100+150 | 20,6 ab | 28,8 b | 85,2 ab | 227,95 b |
| **F herbicida** | | 2,8** | 5,18** | 45,32** | 17,74** |
| **DMS herbicida** | | 2,3 | 4,5 | 4,9 | 19,4 |
| **CV%** | | 9,9 | 13,3 | 5,4 | 7,9 |

Medias seguidas pelas mesmas letras não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. [ns]Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

De acordo com o exposto no seguinte estudo pode-se concluir que a associação de flumioxazin mais pyroxasulfone tem efeito aditivo para as espécies *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e para *Digitaria horizontalis e* efeito sinérgico no espectro de controle de *Ipomoea grandifolia*, *Urochloa plantaginea* e para *Eleusine indica* e que os herbicidas testados apresentaram seletividade paro o híbrido de milho BG7037 YHG quando os ingredientes ativos foram aplicados isoladamente ou associados.

## REFERÊNCIAS

BELFRY, K. D.; MCNAUGHTON, K. E.; SIKKEMA, P. H. Weed control in soybean using pyroxasulfone and sulfentrazone. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 95, n. 6, p. 1199-1204, 2015

CARVALHO, F. T.; MORETTI, T. B.; SOUZA, P. A. Efeito do residual no solo de nicosulfuron isolado e em mistura com atrazine sobre culturas agrícolas subsequentes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 1, p. 26-34, 2010.

CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M., FERREIRA, R. R.; DE OLIVEIRA FIGUEIRA, A. V.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas por metabolismo diferencial: considerações para redução de danos em culturas agrícolas. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 1, p. 136-142, 2009.

CLAY, D.V. Herbicide residues in soils and plants and their bioassay. In: STREIBIG, J. C.; KUDSK, P. **Herbicide bioassays**. Florida: CRC Press, 1993. p.153-172.

COLBY, S.R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicides combinations. **Weeds**, Ithaca, v.15, p.20-22, 1967.

CONAB-Companhia Nacional do Abastecimento - Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2019/2020, nono levantamento, junho de 2016. Brasília**:** **CONAB**, 2020. 74p.

CONTIERO, R.L.; CONSTANTIN, J. Eficiência do herbicida flumioxazin, em mistura com glyphosate, no manejo de plantas daninhas em plantio direto na cultura da soja. **Varia Scientia**, n.2, p.131-147, 2001.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. (Ed.). Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.21-54.

JHA, P.; KUMAR, V.; GARCIA, J.; REICHARD, N. Tank mixing pendimethalin with pyroxasulfone and chloroacetamide herbicides enhances in-season residual weed control in corn. **Weed Technology**, v. 29, n. 2, p. 198-206, 2015.

KNEZEVIC, S. Z.; DATTA, A.; SCOTT, J.; PORPIGLIA, P. J. Dose–response curves of KIH-485 for preemergence weed control in corn. **Weed Technology**, v. 23, n. 1, p. 34-39, 2009.

MACIEL, C.D.G.; CONSTANTIN, J. Misturas de flumioxazin com glyphosate e sulfosate para o manejo de plantas daninhas em citros. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.3, n.2/3, p.109-116, 2002.

MAHONEY, Kris J.; SHROPSHIRE, Christy; SIKKEMA, Peter H. Weed management in conventional-and no-till soybean using flumioxazin/pyroxasulfone. **Weed Technology**, v. 28, n. 2, p. 298-306, 2014.

MCNAUGHTON, K. E.; SHROPSHIRE, C.; ROBINSON, D. E.; SIKKEMA, P. H. Soybean (Glycine max) Tolerance to Timing Applications of Pyroxasulfone, Flumioxazin, and Pyroxasulfone Flumioxazin. **Weed Technology**, v. 28, n. 3, p. 494-500, 2014.

NURSE, R. E.; HAMILL, A. S.; SWANTON, C. J.; TARDIF, F. J.; SIKKEMA, P. H. Weed control and yield response to foramsulfuron in corn. **Weed Technology**, v. 21, n. 2, p. 453-458, 2007.

NURSE, R. E.; SIKKEMA, P. H.; ROBINSON, D. E. Weed control and sweet maize (*Zea mays* L.) yield as affected by pyroxasulfone dose. **Crop Protection**, v. 30, n. 7, p. 789-793, 2011.

ODERO, D. C.; WRIGHT, A. L. Response of sweet corn to pyroxasulfone in high-organic-matter soils. **Weed Technology**, v. 27, n. 2, p. 341-346, 2013.

OLIVEIRA, M. F. D.; ALVARENGA, R. C.; OLIVEIRA, A. C. D.; CRUZ, J. C. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 37-41, 2001.

OLIVEIRA, M.F. **Adsorção, lixiviação e persistência de flumioxazin e metribuzin em diferentes solos.** Viçosa, MG: UFV, 1995. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

OLIVEIRA, M.F. Comportamento de Herbicidas no Ambiente. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas Daninhas e seu Manejo**. Guaíba: Agropecuária, Porto Alegre, RS, 2001. 362p.

OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; RUIZ, H.A. Lixiviação de flumioxazin e metribuzin em dois solos em condições de laboratório. **Planta Daninha**, v.17, n.2, p.207-214, 1999.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe agropecuário**, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

RAJCAN, I.; SWANTON, C.J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.71, n.2, p.139-150, 2001.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Edição dos Autores, 2011.

SALOMÃO, P. E. A.; FERRO, A. M. S.; RUAS, W. F. Herbicidas no Brasil: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. e32921990-e32921990, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

TANETANI, Y.; KAKU, K.; KAWAI, K.; FUJIOKA, T.; SHIMIZU, T. Action mechanism of a novel herbicide, pyroxasulfone. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.95, n.1, p.47-55, 2009.

YUAN, J.S., TRANEL, P.J., STEWART JÚNIOR, C.N. Non-target-site herbicide resistance: a family business. **Trends Plant Science**, 12(1): 6-13. 2006

## CAPÍTULO 2 - EFEITO *CARRYOVER* DO PYROXASULFONE E FLUMIOXAZIN EM APLICAÇÃO ISOLADA E ASSOCIADA NA CULTURA DO FEIJOEIRO


### Resumo

Herbicidas que apresentam longa persistência no solo podem causar problemas em culturas semeadas em sucessão, devido ao efeito residual no solo. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de herbicidas aplicados em pré-emergência no milho sobre a produtividade da cultura do feijão semeada em sucessão. O experimento foi instalado no município de Sorocaba, SP no centro de Pesquisa da Iharabrás. As aplicações dos tratamentos herbicidas foram realizadas em pré-emergência do milho, utilizando-se quatro doses da associação de flumioxazin + pyroxasulfone: (40 + 60); (60 + 90); (80 + 120) e (100 + 150) todos em g i.a. $ha^{-1}$; quatro doses do pyroxasulfone: 60; 90; 120 e 150 (g i.a. $ha^{-1}$); quatro doses do flumioxazin: 40; 60; 80 e 100 (g i.a. $ha^{-1}$) e duas testemunhas, sendo uma absoluta e uma capinada, totalizando 14 tratamentos em quatro repetições, distribuídos em blocos casualizados. Para a avaliação de possíveis efeitos de fitointoxicação no feijão (*carryover*), foram atribuídas notas visuais variando de “0” a “100” por ocasião da colheita de feijão, e posterios estimativa de produtividade. Os tratamentos de flumioxazin e pyroxasulfone isolados e em associação não ocasionaram efeito *carryover* na cultura do feijão.


**Palavras-chave**: *Phaseolus vulgaris.* Herbicida. Residual. Persistência.

**Abstract**

Herbicides that have long persistence in the soil can cause problems in crops sown in succession, due to the residual effect on the soil. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of herbicides applied pre-emergence in corn on the productivity of the bean crop sown in succession. The experiment was installed in the municipality of Sorocaba, SP at the Ihara experimental station. The herbicide treatments were applied in pre-emergence of corn, using four doses of the combination of flumioxazin + pyroxasulfone: (40 + 60); (60 + 90); (80 + 120) and (100 + 150) all in g a.i. $ha^{-1}$; four doses of pyroxasulfone: 60; 90; 120 and 150 (g a.i. ha-1); four doses of flumioxazin: 40; 60; 80 and 100 (g i.a. ha-1) and two controls, one absolute and one weeding, totaling 14 treatments and four repetitions, distributed in randomized blocks. To evaluate the possible effects of phytotoxicity on beans (carryover), phytotoxicity was evaluated by means of phytotoxicity notes classified from “0” to “100” visually afterwards, during the bean harvest, there was an evaluation of productivity. According to the conditions under which the present study was conducted, the treatments of flumioxazin and pyroxasulfone alone and in combination did not cause a carryover effect on the bean culture.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*. Herbicide. Residual.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A interferência causada por plantas daninhas, seja de maneira direta ou indireta, é um problema para o cultivo de grandes culturas, e por consequência, a produtividade pode ser afetada acarretando prejuízos financeiros (ADEGAS et al., 2017).

A principal forma de controle de plantas daninhas é o manejo químico, através do uso de herbicidas que podem ser aplicados em pré ou pós-emergência de plantas daninhas. O uso de herbicidas em pré-emergência com longo efeito residual proporciona ou propicia aos sistemas de produção excelente assistência no controle de plantas daninhas durante o período crítico de competição das culturas (ESQUEDA-ESQUIVEL; ROSAS-GONZÁLEZ; BECERRA-LEOR, 2010; MANCUSO; NEGRISOLI; PERIM, 2011). Entretanto, herbicidas com ação residual maior que o intervalo de

cultivo podem causar efeitos negativos nas lavouras em sucessão, devido à presença de resíduos com atividade biológica que permanecem no solo em concentrações suficientes para promover lesões, esse fenômeno é chamado de *carryover* (WALSH; DEFELICE; SIMS, 1993).

O efeito residual do herbicida está diretamente ligado à sua dinâmica no solo. A persistência de um herbicida no solo é dependente de características físico-químicas da molécula, como a constante de equilíbrio de ionização do ácido (pKa ), o coeficiente de partição octanol-água (Kow), a solubilidade em água (Sw), a pressão de vapor (PV), bem como de características inerentes ao solo, como a granulometria, o pH, a capacidade tampão, a mineralogia, o teor de matéria orgânica e a atividade microbiana, além das condições climáticas (MANCUSO; NEGRISOLI; PERIM, 2011). Assim, pode-se inferir que herbicidas de maior persistência no solo podem apresentar maior efeito residual, tendo assim potencial para prejudicar cultivos posteriores e agro ecossistemas.

Entre os processos envolvidos após a aplicação dos herbicidas está a retenção [sorção (adsorção e absorção)], transformação (degradação química e/ou biológica), transporte (deriva, volatilização, lixiviação e escorrimento superficial) e a interação entre todos esses processos (MANCUSO; NEGRISOLI; PERIM, 2011).

Diversos são os herbicidas e/ou misturas recomendados para o controle de plantas daninhas na cultura de milho, sendo a minoria aplicada em condições de pré-emergência das plantas daninhas e da cultura (MERCANTE et al., 2007). A associação pode gerar efeitos beneficos ao cultivo por manter a cultura livre de competição com plantas invasoras e sem sucessivas aplicações de herbicidas em pós-emergência, contudo, a associação de ativos e o incremento de doses dentro do manejo deve ser sempre tratada com cautela e atenção visando a segurança e seletividade a cultura em questão.

O flumioxazin é um herbicida registrado no Brasil para aplicação em pré e pós-emergência das plantas daninhas na soja (BRASIL, 2018). Devido a sua ação no controle de folhas largas e de algumas gramíneas, aliado à inexistência de plantas daninhas resistentes a seu ingrediente ativo no país (HEAP, 2018), o flumioxazin constitui um importante herbicida utilizado em cultivos de soja. Por outro lado, seus resíduos no solo podem causar sintomas visuais de fitotoxidade e redução do crescimento de plantas de milheto e amendoim, sem contudo interferir negativamente

na produtividade de grãos destes e do milho (WILCUT et al., 2001; DAN et al., 2011, DAN et al., 2012).

Este herbicida é um produto não-iônico que apresenta baixa solubilidade em água (1,79 mg $L^{-1}$ a 25ºC) (FERRELL et al., 2005) e pressão de vapor (2,41 x $10^{-6}$ mmHg a 22ºC), o que sugere que ele tenha baixo potencial de volatilização (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). No solo apresenta meia-vida de 21,9 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005), e sua degradação ocorre por hidrólise e atividade de microrganismos (ALISTER et al., 2008). Estas características fazem deste herbicida um produto com baixo risco de lixiviação (FERRELL et al., 2005; ALISTER et al., 2008).

O pyroxasulfone é um herbicida em fase de desenvolvimento no Brasil para uso em diversas culturas. Ele é ativo em pré-emergência e inibe o crescimento de plantas suscetíveis por meio da inibição da biossíntese de ácidos graxos de cadeia longa (VLCFA) (TANETANI et al., 2009). É possível também que esse herbicida interfira na síntese de giberelina, prejudicando o desenvolvimento do embrião e da plântula após a germinação. Tanto o mecanismo de ação quanto os prováveis padrões de uso do pyroxasulfone serão semelhantes ao do S-metolachlor (STAHLMAN et al., 2010).

A associação pyroxasulfone e flumioxazin é uma alternativa para manejo de resistência de herbicidas, por ser uma nova mistura em pré-emergência com dois mecanismos de ação distintos. Assim, o estudo dos ativos separados e em associação torna-se indispensável visto que há possíveis efeitos residuais nas culturas sucessoras pelo histórico de efeitos fitotóxicos que estes podem eventualmente apresentar, apontando possíveis danos às culturas de interesse.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental denominada Q55 do Centro de Pesquisa da Iharabras localizado no municipio de Sorocaba – SP, a 576 m de altitude com as coordenadas geograficas: 23° 47’ 50” S e 47° 38’ 45”. O solo possui a textura arenosa com 70% de sua composição de areia, sem a presença de palhada e baixo teor de matéria orgânica após os cultivos dos experimentos com milho (Tabela 1).

**Tabela 1 - Descrição da análise de solo utilizada no experimento**

| pH | M.O. | $P_{resina}$ | $Al^{3+}$ | H+Al | K |
|---|---|---|---|---|---|
| $CaCl_2$ | $g/dm^3$ | $mg/dm^3$ | | $mmol_c/dm^3$ | |
| 6,2 | 15 | 175 | 0 | 15 | 4,6 |

| Ca | Mg | SB | CTC | V% | S |
|---|---|---|---|---|---|
| | $mmol_c/dm^3$ | | | | $mg/dm^3$ |
| 37 | 8 | 49 | 64 | 77 | 4 |

| BORO | COBRE | FERRO | MANGANÊS | ZINCO |
|---|---|---|---|---|
| | | $mg/dm^3$ | | |
| 0,20 | 1,0 | 61 | 2,6 | 2,4 |

Os dados climaticos durante a condução dos experimentos estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

**Figura 1 - Dados de temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento (Sorocaba, 2020)**

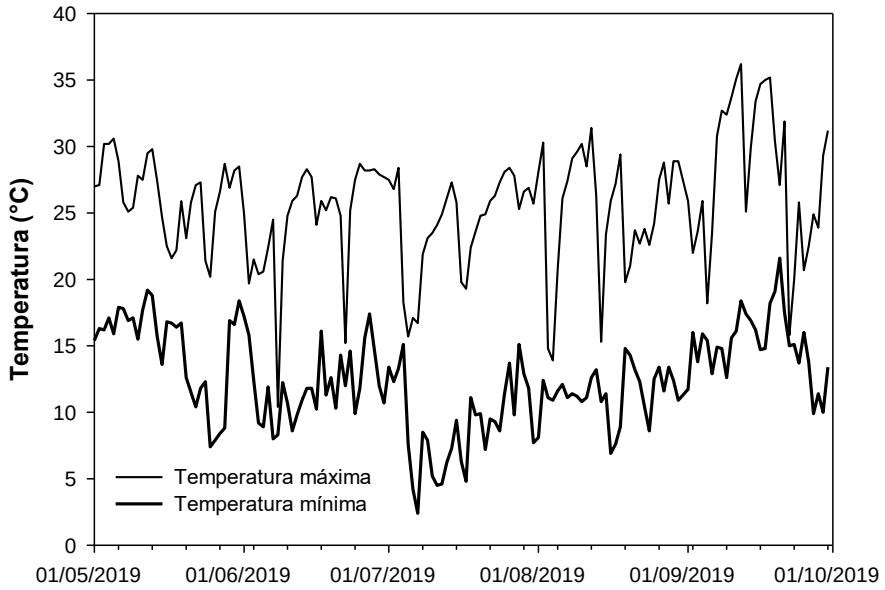
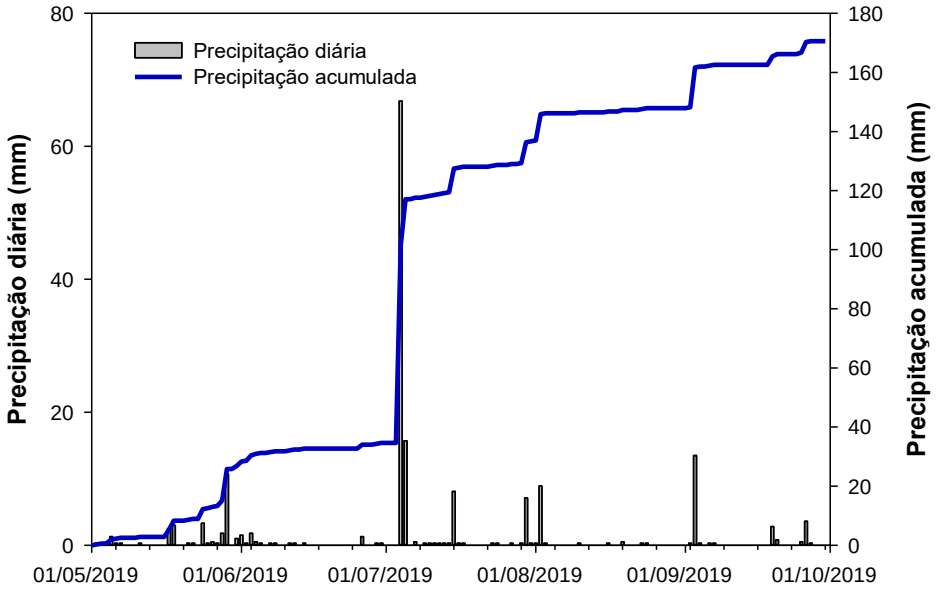


**Figura 2 - Dados de precipitação pluviométrica diária e acumulada durante a condução do experimento (Sorocaba, 2020)**




Posteriormente ao cultivo do híbrido de milho BG7037 YHG e aplicação dos herbicidas em pré-emergência, após a colheita, na mesma área, foi semeado feijão (plantio safra de inverno 2019), no sistema de plantio direto sobre a palhada de milho. O feijão, cultivar Pérola, foi semeado dia 11 de março de 2019 com a semeadora-adubadora EXACTA Air 2680 PD Jumil. O espaçamento adotado foi de 0,45 m entre linhas e 14 sementes por metro linear, as parcelas possuíam 7 linhas de plantio com 6 m de comprimento por 4 de largura, totalizando 24 m² de parcela e 9,6 m² de parcela experimental (área útil).

Os tratos culturais necessários para a boa condução da cultura do feijão foram realizados de modo a garantir boa produtividade e homogeneidade de condições entre as parcelas. Juntamente com a semeadura foi realizada a adubação de 400 kg do adubo formulado 04-14-08 e adotou-se o tratamento de sementes contendo tiofanato-metilico + fluazinan (produto comercial Certeza, 350 + 52,50 g de i.a./L) na dose de 180 mL $ha^{-1}$.

A aplicação do herbicida glifosato - sal de potássio (produto comercial Xeque-Mate, 620 g de i.a./L) na dose de 1,5 L p.c. $ha^{-1}$ foi realizada 1 dia apos a semeadura, em area total para dessecação plantas daninhas, visando eliminar qualquer possibilidade de efeito sobre o desenvolvimento das plantas de feijão que podesse afetar as analises do estudo de *carryover*. Ao longo do ciclo da cultura aos 20 e 45 dias da emergência, foi realizada para manejo de doenças foliares a aplicação fungicida contendo tiofanato-

metilico + clorotalonil (produto comercial CERCONIL, 140 + 350 g de i.a./L) associado ao inseticida contendo acetamiprido + fenpropatrina (produto comercial BOLD, 75 + 112,5 g de i.a./L).

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, utilizando-se como referência a casualização dos 14 tratamentos aplicados no dia 06 de outubro de 2018 na pré-emergência do milho e das plantas daninhas, sendo dois herbicidas: flumioxazin e pyroxasulfone variando as doses e combinações entre eles e 4 repetições.

Os tratamentos aplicados no milho foram compostos de doses dos hebicidas, testemunha absoluta sem tratamento e testemunha capinada (Tabela 2).

**Tabela 2 - Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos**

| Tratamentos | Herbicida | Dose | |
|---|---|---|---|
| | | i.a. $ha^{-1}$ | P.C ml ou g $ha^{-1}$ |
| 1 | Testemunha absoluta | - | - |
| 2 | Testemunha capinada | - | - |
| 3 | flumioxazin + pyroxasulfone | 40 + 60 | 200 |
| 4 | flumioxazin + pyroxasulfone | 60 + 90 | 300 |
| 5 | flumioxazin + pyroxasulfone | 80 + 120 | 400 |
| 6 | flumioxazin + pyroxasulfone | 100 + 150 | 500 |
| 7 | pyroxasulfone | 60 | 120 |
| 8 | pyroxasulfone | 90 | 180 |
| 9 | pyroxasulfone | 120 | 240 |
| 10 | pyroxasulfone | 150 | 300 |
| 11 | flumioxazin | 40 | 80 |
| 12 | flumioxazin | 60 | 120 |
| 13 | flumioxazin | 80 | 160 |
| 14 | flumioxazin | 100 | 200 |

O pyroxasulfone na formulação de 500 g.i.a $L^{-1}$ e o flumioxazin na formulação de 500 g.i.a $kg^{-1}$, e o produto formulado da associação dos ativos flumioxazin + pyroxasulfone na formulação 200 + 300 g.i.a. $L^{-1}$.

### 2.2.1 Avaliações

Após o ciclo do milho e semeadura de feijão sobre a palhada, as avaliações visuais de fitotoxidade foram realizadas aos 7, 15 e 30 dias após a emergencia (DAE) em 4 m lineares de cada parcela. Para a avaliação de danos visuais, foi utilizada escala

percentual, na qual a nota 0 significa ausência de dano à cultura e a nota 100, morte aparente das plantas (Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas,1995).

O número de plantas emergidas fio contabilizado nos 4 m lineares avaliados em cada parcela experimental aos 7, 15 e 30 dias após a emergência das plantas (DAE). A altura de plantas foi medida por meio de uma trena graduada em 10 plantas por parcelas coletadas nas linhas de plantio centrais, aos 7, 15, 30 e 55 DAE.

Medidas de peso de massa fresca do sistema radicular e da parte aérea foram realizadas em 10 plantas coletadas aleatoriamente dentro das 3 linhas centrais aos 7, 15 e 30 DAE. O comprimento das raízes foi medido por meio de uma trena graduada em 10 plantas por parcela coletadas também nas linhas de plantio centrais, aos 7, 15 e 30 DAE.

Ao final do ciclo produtivo do feijão foi realizada a colheita das parcelas e posterior pesagem dos grãos com correção para 13% de umidade.

### 2.2.2 Análise estatística

A análise fatorial dos dados obtidos foi realizada submetendo-os à análise de variância (Anova), e havendo diferença estatística significativa (teste F) entre as médias, estas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Os cálculos estatísticos foram efetuados com auxílio do programa R (R CORE TEAM, 2019).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados de fitotoxidade, estande de plantas, , massa fresca de parte aérea, massa fresca de raiz e altura de plantas (7 e 15 DAA) não foram observadas diferenças significativas em todas as épocas de avaliação em todos os tratamentos utilizados (Tabela 3, 4, 5, 6 e 7).

Um dos fatores que pode estar relacionado ao baixo efeito de *carryover* pode estar ligado ao fato que o efeito residual de um herbicida depende de diferentes características físico-química como, solubilidade em água, pressão de vapor, adsorção ao solo e suscetibilidade à degradação química e microbiana.

Estas características, associadas as condições de clima e solo predominantes, determinam a quantidade de herbicida presente no solo no momento do plantio da

cultura em sucessão. Uma vez que moléculas do herbicida ou seus metabólitos estejam presentes no solo em concentrações suficientes, a intensidade dos danos dependerá da suscetibilidade da cultura em sucessão (OLIVEIRA, 2001).

**Tabela 3 - Fitotoxidade de plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | % de fitotoxidade | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 7 DAA | 15 DAA | 30 DAA |
| flumioxazin | 40 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumioxazin | 60 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumioxazin | 80 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumioxazin | 100 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| pyroxasulfone | 60 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| pyroxasulfone | 90 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| pyroxasulfone | 120 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| pyroxasulfone | 150 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumi+pyroxa | 40+60 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumi+pyroxa | 60+90 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumi+pyroxa | 80+120 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| flumi+pyroxa | 100+150 | 0 Aa | 0 Aa | 0 Aa |
| **F herbicida** | | | 0,0$^{ns}$ | |
| **F período** | | | 0,0 | |
| **F herbicida*período** | | | 0,0 | |
| **DMS herbicida** | | | 0,0 | |
| **DMS período** | | | 0,0 | |
| **CV%** | | | 0,0 | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $^{ns}$Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

O solo tem diversas características que influenciam na dinâmica dos herbicidas. Entre elas, pode-se citar a textura, mineralogia, matéria orgânica, pH, capacidade de retenção de água e atividade microbiológica. Esses interagem entre si, além de interagirem com as propriedades de cada herbicida. A meia vida é uma característica físico-química que é o tempo necessário para que ocorra a dissipação de 50% da quantidade inicial aplicada do herbicida (PROCÓPIO et al., 2001). No solo o herbicida flumioxazin apresenta meia-vida de 21,9 dias e sua degradação ocorre por hidrólise e atividade de microrganismos (RODRIGUES E ALMEIDA, 2011; ALISTER et al., 2008). O herbicida pyroxasulfone apresenta meia-vida de 22 dias no solo (IUPAC, 2017; EPA,2017). Essa característica faz destes herbicidas um produto com baixo risco de persistência no solo (FERRELL et al., 2005; ALISTER et al., 2008).

**Tabela 12 - Estande de plantas (1 m), de plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | Estande Plantas 1m | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 7 DAA | 15 DAA | 30 DAA |
| Testemunha | - | 12,0 Aa | 13,6 Aa | 13,6 Aa |
| Testemunha capinada | - | 11,0 Aa | 12,7 Aa | 13,0 Aa |
| Flumioxazin | 40 | 11,4 Aa | 13,1 Aa | 13,4 Aa |
| Flumioxazin | 60 | 11,5 Aa | 13,4 Aa | 13,5 Aa |
| Flumioxazin | 80 | 12,0 Aa | 13,6 Aa | 13,5 Aa |
| Flumioxazin | 100 | 11,8 Aa | 13,0 Aa | 13,3 Aa |
| Pyroxasulfone | 60 | 11,9 Aa | 14,3 Aa | 13,9 Aa |
| Pyroxasulfone | 90 | 11,5 Aa | 13,8 Aa | 13,6 Aa |
| Pyroxasulfone | 120 | 11,4 Aa | 14,3 Aa | 13,6 Aa |
| Pyroxasulfone | 150 | 10,8 Aa | 13,5 Aa | 13,1 Aa |
| flumi+pyroxa | 40+60 | 11,4 Aa | 13,6 Aa | 13,8 Aa |
| flumi+pyroxa | 60+90 | 11,3 Aa | 13,1 Aa | 13,5 Aa |
| flumi+pyroxa | 80+120 | 11,4 Aa | 14,0 Aa | 13,6 Aa |
| flumi+pyroxa | 100+150 | 11,9 Aa | 13,3 Aa | 13,8 Aa |
| **F herbicida** | | | 2,48$^{ns}$ | |
| **F período** | | | 175,7$^{ns}$ | |
| **F herbicida*período** | | | 0,72$^{ns}$ | |
| **DMS herbicida** | | | 5,5 | |
| **DMS período** | | | 1,4 | |
| **CV%** | | | 7,2 | |

Medias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $^{ns}$Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Na solução do solo, as moléculas têm a tendência de encontrar a estabilidade entre a fase sorvida e a fase que continua na solução do solo. Para tanto, há necessidade de que haja uma estabilidade entre os processos de dessorção e sorção, pois a eficácia na absorção e o transporte dos herbicidas dependem bastante desta estabilidade. No geral, o herbicida apresenta menor mobilidade e eficiência quanto maior for a sorção deste pelos coloides do solo. Desta maneira, a sorção do herbicida sofre influência também das características químicas da molécula do produto e características do solo, bem como tipo, estrutura, teor de argila, matéria orgânica, pH, temperatura, umidade, área superficial e concentração salina (OLIVEIRA et al., 2005).

Já para a massa fresca de raiz aos 30 DAA foram observadas diferenças significativas entre tratamentos, no entanto, essa diferença se dá pelo fato da competição entre cultura e plantas daninhas, sendo que onde a parcela foi capinada

e ou aplicado os tratamentos os resultados estatísticos demonstram que são iguais. (Tabela 5)

**Tabela 5 - Massa fresca de raiz plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | Massa fresca de raiz (g) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 7 DAA | 15 DAA | 30 DAA |
| Testemunha | - | 2,3 a | 2,6 a | 3,2 b |
| Testemunha capinada | - | 2,7 a | 2,8 a | 4,1 a |
| flumioxazin | 40 | 2,3 a | 2,8 a | 4,0 ab |
| flumioxazin | 60 | 2,5 a | 2,6 a | 3,9 ab |
| flumioxazin | 80 | 2,6 a | 2,6 a | 4,0 ab |
| flumioxazin | 100 | 2,5 a | 2,7 a | 4,1 a |
| pyroxasulfone | 60 | 2,8 a | 2,9 a | 4,4 a |
| pyroxasulfone | 90 | 2,8 a | 2,8 a | 4,1 a |
| pyroxasulfone | 120 | 2,6 a | 2,7 a | 4,1 a |
| pyroxasulfone | 150 | 2,4 a | 2,9 a | 4,1 a |
| flumi+pyroxa | 40+60 | 2,5 a | 2,9 a | 4,3 a |
| flumi+pyroxa | 60+90 | 2,4 a | 2,8 a | 3,9 ab |
| flumi+pyroxa | 80+120 | 2,4 a | 2,8 a | 4,1 a |
| flumi+pyroxa | 100+150 | 2,3 a | 2,9 a | 4,1 a |
| **F herbicida** | | 0,87$^{ns}$ | 0,41$^{ns}$ | 2,31* |
| **DMS herbicida** | | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| **CV%** | | 14,2 | 11,6 | 8,7 |

Medias seguidas pelas mesmas letras não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $^{ns}$Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Outro fator importante na dinâmica do herbicida no solo, é a matéria orgânica, e sua alta reatividade se relaciona à presença de vários grupos funcionais como aminas, carboxilas e hidroxilas, e estruturas aromáticas e alifáticas elevada e também à sua área superficial específica (FERRI et al., 2005). Peter e Weber (1985) levantaram a hipótese de que a diminuição da atividade do herbicida por meio da matéria orgânica do solo podia estar relacionada com ligação da molécula do herbicida as superfícies lipofílicas da matéria orgânica. Segundo Oliveira et al. (1998) a adsorção do flumioxazin também sofreu influência do teor de matéria orgânica do solo e em solos com maiores teores de carbono orgânico a atividade do herbicida foi reduzida.

**Tabela 6 - Massa fresca (gramas) de parte área de plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | Massa fresca de parte área (g) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 7 DAA | 15 DAA | 30 DAA |
| Testemunha | - | 25,3 a | 37,3 a | 76,8 a |
| Testemunha capinada | - | 28,3 a | 41,0 a | 81,3 a |
| flumioxazin | 40 | 27,3 a | 40,5 a | 82,3 a |
| flumioxazin | 60 | 25,5 a | 41,0 a | 83,0 a |
| flumioxazin | 80 | 26,0 a | 41,0 a | 83,8 a |
| flumioxazin | 100 | 26,9 a | 39,5 a | 88,8 a |
| pyroxasulfone | 60 | 27,0 a | 44,5 a | 88,3 a |
| pyroxasulfone | 90 | 27,8 a | 40,0 a | 88,5 a |
| pyroxasulfone | 120 | 27,3 a | 39,5 a | 86,5 a |
| pyroxasulfone | 150 | 27,3 a | 43,5 a | 87,8 a |
| flumi+pyroxa | 40+60 | 28,5 a | 40,5 a | 85,8 a |
| flumi+pyroxa | 60+90 | 27,3 a | 41,8 a | 88,8 a |
| flumi+pyroxa | 80+120 | 28,0 a | 39,5 a | 86,5 a |
| flumi+pyroxa | 100+150 | 28,3 a | 41,0 a | 88,8 a |
| **F herbicida** | | 0,61$^{ns}$ | 0,32$^{ns}$ | 1,8$^{ns}$ |
| **DMS herbicida** | | 5,9 | 14,4 | 12,4 |
| **CV%** | | 9,4 | 15,2 | 6,3 |

Medias seguidas pelas mesmas letras não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $^{ns}$Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

**Tabela 7 - Altura (cm) de plantas de feijão em diferentes dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos herbicidas**

| Herbicida | g i.a ha$^{-1}$ | Altura de plantas (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 DAA | 15 DAA | 30 DAA | 55 DAA |
| Testemunha | - | 8,7 a | 13,8 a | 29,1 a | 38,2 a |
| Testemunha capinada | - | 8,2 a | 13,9 a | 30,0 a | 38,4 a |
| flumioxazin | 40 | 8,5 a | 13,8 a | 31,6 a | 37,3 a |
| flumioxazin | 60 | 9,0 a | 12,9 a | 32,3 a | 36,0 a |
| flumioxazin | 80 | 8,6 a | 13,5 a | 31,4 a | 37,1 a |
| flumioxazin | 100 | 8,7 a | 13,9 a | 31,3 a | 35,2 a |
| pyroxasulfone | 60 | 8,7 a | 14,0 a | 31,2 a | 39,6 a |
| pyroxasulfone | 90 | 8,4 a | 14,0 a | 31,2 a | 39,3 a |
| pyroxasulfone | 120 | 8,8 a | 14,7 a | 32,8 a | 38,2 a |
| pyroxasulfone | 150 | 8,8 a | 14,1 a | 33,7 a | 38,9 a |
| flumi+pyroxa | 40+60 | 8,6 a | 14,1 a | 29,7 a | 38,1 a |
| flumi+pyroxa | 60+90 | 8,1 a | 13,9 a | 29,8 a | 38,5 a |
| flumi+pyroxa | 80+120 | 8,4 a | 14,3 a | 32,0 a | 38,8 a |
| flumi+pyroxa | 100+150 | 7,9 a | 14,8 a | 31,6 a | 39,3 a |
| **F herbicida** | | 1,13$^{ns}$ | 1,57$^{ns}$ | 1,41$^{ns}$ | 0,72$^{ns}$ |
| **DMS herbicida** | | 1,3 | 1,7 | 5,0 | 6,9 |
| **CV%** | | 6,7 | 5,3 | 6,8 | 7,8 |

Medias seguidas pelas mesmas letras não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $^{ns}$Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados de comprimentos de raiz aos 7, 15 e 30 DAA e produtividade da cultura do feijão. Para comprimento de raiz foi

observado diferença somente aos 15 DAA entre a maior dose de flumioxazin (100 g i.a) e pyroxasulfone (60 g i.a), no entanto na avaliação de 30 DAA essa diferença não foi observada. Já para a produtividade não se observou diferenças significativas entre os tratamentos utilizados, podendo assim inferir como seletiva a cultura do feijão quando expostas a áreas com a prévia aplicação, na cultura anterior, de flumioxazin e pyroxasulfone nas doses de até 100 e 150 g i.a $ha^{-1}$ respectivamente. Essa seletividade pode ser atribuída ao tempo de meia vida de ambas as moléculas que são de 21,9 e 22 dias para flumioxazin e pyroxasulfone, respectivamente (Rodrigues e Almeida, 2005; IUPAC, 2017), desta forma chegando ao início do cultivo do feijão baixas doses disponíveis no solo.

**Tabela 8 - Comprimento de raiz de feijão em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos**

| Herbicida | g i.a $ha^{-1}$ | Comprimento de raiz (cm) | | | Produtividade (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 DAA | 15 DAA | 30 DAA | |
| Testemunha | | 5,8 a | 8,0 ab | 9,0 a | 1729,0 a |
| Testemunha capinada | - | 5,6 a | 7,8 ab | 9,7 a | 1875,2 a |
| flumioxazin | 40 | 6,3 a | 7,6 ab | 9,4 a | 2096,5 a |
| flumioxazin | 60 | 6,0 a | 7,7 ab | 8,5 a | 2158,5 a |
| flumioxazin | 80 | 6,0 a | 7,4 ab | 10,2 a | 1956,1 a |
| flumioxazin | 100 | 6,4 a | 8,2 a | 9,4 a | 1940,1 a |
| pyroxasulfone | 60 | 6,4 a | 6,6 b | 8,8 a | 1925,4 a |
| pyroxasulfone | 90 | 6,1 a | 6,8 ab | 9,7 a | 2095,2 a |
| pyroxasulfone | 120 | 5,8 a | 7,3 ab | 8,8 a | 2121,3 a |
| pyroxasulfone | 150 | 6,0 a | 7,0 ab | 9,1 a | 2088,0 a |
| flumi+pyroxa | 40+60 | 6,2 a | 7,1 ab | 8,5 a | 1855,6 a |
| flumi+pyroxa | 60+90 | 6,0 a | 7,0 ab | 9,2 a | 1906,6 a |
| flumi+pyroxa | 80+120 | 6,0 a | 6,6 b | 9,6 a | 1961,1 a |
| flumi+pyroxa | 100+150 | 5,9 a | 7,1 ab | 9,2 a | 1976,4 a |
| **F herbicida** | | $0,85^{ns}$ | 2,38* | $1,75^{ns}$ | $0,76^{ns}$ |
| **DMS herbicida** | | 1,1 | 1,5 | 1,7 | 643,9 |
| **CV%** | | 7,7 | 8,8 | 7,8 | 14,0 |

Medias seguidas pelas mesmas letras não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $^{ns}$Não significativo; *Significativo a 5%; **Significativo a 1%. [1]abreviatura para flumioxazin. [2]abreviatura para pyroxasulfone.

De acordo com as condições em que foi conduzido o presente estudo pode-se concluir que os tratamentos de flumioxazin e pyroxasulfune isolados e em associação não ocasionaram efeito *carryover* na cultura do feijão e não afetaram nenhum parâmetro biométrico produtivo da cultura, apresentando segurança ao cultivo do feijão após 150 dias de sua aplicação.

## REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S. et al. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2017. 11p. (Circular Técnica 123).

ALISTER, C, et al. Dissipation and movement of flumioxazin in soil at four field sites in Chile. **Pest Management Science**. v.64, n.5, p.579-583, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitário**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2018

DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; PROCÓPIO, S. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; ASSIS, R. L.; SILVA, A. G.; FELDKIRCHER, C. Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão. **Planta Daninha,** v. 29, n. 2, p. 437-445, 2011.

DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N. Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 86-91, 2012.

DEFELICE, M. PPO inhibitor (cell membrane disruptor). In: Crop management research & Technology, 2000. 3 p. (http://www.pionner.com/usa/crop-managementagronomic/ppo-inhibitorherbicies-i).

EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Pyroxasulfone**. North Carolina, 2017.

ESQUEDA-ESQUIVEL, V. A.; ROSAS-GONZÁLEZ, X.; BECERRA-LEOR, E. N. Evaluación de herbicidas residuales para el control de malezas en guanábana (Annona muricata L.). **Revista Chapingo. Serie horticultura**, v. 16, n. 1, p. 5-12, 2010.

FERRELL, J. A.; VENCILL, W. K.; XIA, K.; GREY, T. L. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science**, v. 61, n. 1, p. 40-46. 2005.

FERRI, M.V.W.; GOMES, J.; DICK, D.P.; SOUZA, R.F.; VIDAL, R.A. Sorção do herbicida acetochlor em amostras de solo, ácidos húmicos e huminas de argissolo submetido à semeadura direta e ao preparo convencional. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.29, p.705-714, 2005.

HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database.** Disponível em: http://www.weedscience.org/Home.aspx . Acesso em: 20 fev. 2020.

HESS, F. D Inhibitors of protoporphyrinogen oxidase (diphenyl ethers and oxadiazon.). In: DEPARTMENTS OF HORTICULTURE, AGRONOMY, BOTANY AND PLANT PATHOLOGY, AND FORESTRY AND NATURAL RESOURCES. (Eds.). Herbicide action: An intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soils. Indiana: **Purdue University**, 1995b. p. 150 -155.

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry. Global Availability of Information on Agrochemicals. **THE PPDB Pesticide Properties Database**. 2017.

JAREMTCHUK, C. C.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; ALONSO, D. G.; ARANTES, J. G. Z.; BIFFE, D. F.; ROSO, A. C.; CAVALIERI, S. D. Efeito residual de Flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha,** v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009.

LIMA, R.O.; OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; MAGALHÃES, J.V. Comportamento do herbicida flumioxazin em solo com diferentes doses de calcário. **Revista Ceres**, v.46, n.268, p.607-614, 1999.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo: “carryover”. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

MERCANTE, F. M.; DA SILVA, R. F.; OTSUBO, A. A.; MELHORANÇA, A. L. Avaliação de plantas daninhas após cultivos de mandioca sob diferentes coberturas vegetais. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 11, n. 1, p. 33-40, 2007.

NIEKAMP, J.W.; JOHNSON, W.G. Weed management with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (Glycine max). **Crop Protection**, v.20 , n.3, p.215-220, 2001.

OLIVEIRA JR, R. S.; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. **Biologia e manejo de plantas daninhas**, p. 243, 2011.

OLIVEIRA M. F. et al. Sorção e hidrólise do herbicida flazasulfuron. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 101-113, 2005

OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; NEVES, J.C.L. Atividade do flumioxazin e metribuzin em dois tipos de solos em diferentes períodos de seca. **Revista Ceres**, v.45, n.258, p.117-124, 1998.

OLIVEIRA, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. cap. 7, p. 232-235.

PETER, C.J. & WEBER, B.J. Adsorption, mobility and efficacy of alachlor and acetochlor as influenced by soil properties. **Weed Sci**., 33:874-881, 1985

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte,** v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PROCÓPIO, S. O. et al. Efeito da irrigação inicial na profundidade de lixiviação do herbicida s-metolachlor em diferentes tipos de solos. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 409-417, 2001.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Disponível em: http://www.r-project.org. Acesso em: 10 agosto 2020

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: 2005. 591 p. Edição dos Autores, 2005

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Edição dos Autores, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

STAHLMAN, P.W.; OLSON, B.L.S.; THOMPSON, C.R.; ZOLLINGER, R.K. Pyroxasulfone (KIH-485) for weed control in sunflower. In: Australian Summer Grains Conference, 1., 2010, Ashmore. **Proceedings…** Ashmore: ASGC, 2010. p.1-7.

TANETANI, Y.; KAKU, K.; KAWAI, K.; FUJIOKA, T.; SHIMIZU, T. Action mechanism of a novel herbicide, pyroxasulfone. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.95, n.1, p.47-55, 2009.

WALSH, J. D.; DEFELICE, M. S.; SIMS, B. D. Soybean (Glycine max) herbicide carryover to grain and fiber crops. **Weed Technology**, p. 625-632, 1993.

WILCUT, J. W.; ASKEW, S. D.; BAILEY, W. A.; SPEARS, J. F.; ISLEIB, T. G. Virginia market-type peanut (Arachis hypogaea) cultivar tolerance and yield response to Flumioxazin pre-emergence. **Weed Technology**, v. 15, n. 1, p. 137-140, 2001.

WSSA, **Weed Science Society of America**, 2001. (http://et.agn.uiuc.edu/wssa/index.html).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que:

A mistura flumioxazin + pyroxasulfone é altamente eficaz e tem um significativo de controle, apresentando efeito aditivo para o controle das espécies *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e para *Digitaria horizontalis e* efeito sinérgico no controle de *Ipomoea grandifolia*, *Urochloa plantaginea* e para *Eleusine indica,* podendo assim auxiliar os produtores como mais uma ferramenta no controle de plantas daninhas em pré-emergência.

A associação dos ativos flumioxazin + pyroxasulfone foi altamente seletiva a cultura do milho quando aplicada em pré emergência da cultura, e garantindo ao produtor uma segurança na cultura de feijão em sucessão, já que não foi observado efeito *carryover* dos tratamentos utilizados.

Outro importante fator de contribuição do presente trabalho é a abertura de novas linhas de pesquisa para entender mais a dinâmica entre pyroxasulfone e flumioxazin em mistura. E o de nortear futuros investimentos em novas misturas, e formas de manejo com uso da molécula pyroxasulfone, que por sua vez em mistura com o flumioxazin se mostrou oportuna para o manejo da resistência de plantas daninhas pela sua amplitude de espectro de controle

## REFERÊNCIAS

ARTUZI, J. P.; CONTIERO, R. L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1119-1123, 2006.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 245-252, 2005.

BRANDT, E. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MARCHETTI, M. E. Desempenho agronômico de soja em função da sucessão de culturas em sistema plantio direto. Ciência Agrotecnológica, Lavras, v. 30, nº. 5, p. 869-874, set/out. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitário**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2018

CONAB-Companhia Nacional do Abastecimento - Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2019/2020, nono levantamento, junho de 2016. Brasília**: CONAB**, 2020. 74p.

DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N. Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 86-91, 2012.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, v. 1, p. 360, 2000.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. (Ed.). Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.21-54.

FERRELL, J. A.; VENCILL, W. K.; XIA, K.; GREY, T. L. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science**, v. 61, n. 1, p. 40-46. 2005.

FORD, G.T.; PLEASANT, J.M. Competitive abilities of six corn (***Zea mays***) hybrids with four weed control practices. **Weed Technology**, Champaign, v.8, n.1, p.124-128, 1994.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo: *carryover*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

OLIVEIRA, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. cap. 7, p. 232-235.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte,** v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PPDB: **Pesticide Properties Database, Hertfordshire**, 2018. Disponível em: http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm. Acesso em: 20 fev. 2020.

RAJCAN, I.; SWANTON, C.J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.71, n.2, p.139-150, 2001.

SOLTANI, N.; MASHHADI, R. H.; MESGARAN, M. B.; COWBROUGH, M.; TARDIF, F. J.; CHANDLER, K.; SWANTON, C. J.; SIKKEMA, P. H. The effect of residual corn herbicides on injury and yield of soybean seeded in the same season. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 91, n. 3, p. 571-576, 2011.

TANETANI, Y.; KAKU, K.; KAWAI, K.; FUJIOKA, T.; SHIMIZU, T. Action mechanism of a novel herbicide, pyroxasulfone. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.95, n.1, p.47-55, 2009.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 123-134, 2000.