



DIEGO RAFAEL QUISPE TORRES

**POST EMERGENT HERBICIDES IN COMMON BEAN CROP
AND RESIDUAL EFFECT ON MAIZE CROP**

**LAVRAS-MG
2018**

DIEGO RAFAEL QUISPE TORRES

**POST EMERGENT HERBICIDES IN COMMON BEAN CROP AND RESIDUAL
EFFECT ON MAIZE CROP**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
Orientador

**LAVRAS-MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Torres, Diego Rafael Quispe.

Post emergent herbicides in common bean crop and residual affect on maize crop / Diego Rafael Quispe Torres. - 2018.

76 p. : il.

Orientador(a): Silvino Guimarães Moreira.

-

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Plantas Daninhas. 2. Fitotoxicidade. 3. Produtividade I. Moreira, Silvino Guimarães. II. Título.

DIEGO RAFAEL QUISPE TORRES

**POST EMERGENT HERBICIDES IN COMMON BEAN CROP AND RESIDUAL
EFFECT ON MAIZE CROP**

**HERBEDICIDAS PÓS-EMERGENTES NA CULTURA DO FEIJOEIRO E SEU
EFEITO RESIDUAL NA CULTURA DO MILHO EM SUCESSÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 18 de julho de 2018.

Dr. Adriano Teodoro Bruzi

UFLA

Dr. Elifas Nunes de Alcântara

EPAMIG

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
Orientador

**LAVRAS-MG
2018**

A Deus, pela oportunidade de continuar avançando.

Aos meus pais Fanny Guiliana e Francisco, pelo incentivo e apoio em todas as minhas escolhas e decisões.

Ao meu irmão Rodrigo Francisco.

Aos meus avós Francisco Javier, Eudocia, Eulogio e Lucila, pela herança da coragem e superação.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade.

Ao Departamento de *Desarrollo Humano y Educación de los Organización de los Estados Americanos* (OEA), ao *Grupo Coimbra de Universidades Brasileñas* (GCUB) e à *Organización Panamericana de la Salud* (OPS/OMS), pela oportunidade de continuar meus estudos fora do meu país.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao professor Silvino Guimarães Moreira, pela orientação, muita paciência e disposição para ajudar-me.

Aos meus amigos da República OEA: Lorena Hernandez (México), Victor Alvarez (Nicarágua) e Richard Molina (Equador), pela convivência durante todo este tempo.

A meus amigos estrangeiros: Yesenia Mendoza, Silvia Valenzuela, Mayra Toro, Dayana Orozco, Janet Alfonso, Alberto Perez, Sofia Ramos, Juan Cortes e os demais, pelas reuniões, almoços, jantares e festas, sempre os lembrarei por todo o apoio.

Ao meu amigo brasileiro Matheus Pena e sua família.

Ao grupo G-MAP, pelo companheirismo e auxílio durante a pesquisa.

Aos funcionários do Setor de Grandes Culturas/DAG.

Muito obrigado!

RESUMO GERAL

A presente dissertação foi dividida em três capítulos. No primeiro capítulo, fez-se uma revisão de literatura a respeito à cultura do feijoeiro no Brasil, seguido do controle químico de plantas daninhas na cultura de feijão. Logo a seguir, foi adicionado os efeitos dos herbicidas na cultura em sucessão. No segundo capítulo, objetivou-se avaliar os herbicidas pós-emergentes no controle de plantas daninhas em diferentes grupos varietais de feijoeiro. Para isso foram utilizados seis tratamentos de forma isolada ou em mistura, em épocas de semeadura diferentes, para a obtenção de informações referentes à eficiência no controle de plantas daninhas, fitotoxicidade e produtividade nos cultivares de feijão. Os resultados indicaram que os herbicidas foram seletivos aos cultivares do feijoeiro. Entretanto, o fomesafen isolado e em mistura com bentazon + imazamox tiveram eficiência no controle. No terceiro capítulo, objetivou-se efeito residual dos herbicidas aplicados na cultura do feijão sobre a cultura do milho. Foi selecionado um cultivar de milho como cultura em sucessão aos cultivares de feijão. A semeadura foi sobre as mesmas parcelas experimentais com os tratamentos dos herbicidas nas diferentes épocas de semeadura visando avaliar a fitotoxicidade e a produtividade do milho. Verificou-se que as aplicações isoladas e em mistura dos herbicidas, não apresentaram efeitos negativos na cultura do milho. As avaliações também permitiram inferir que as aplicações dos herbicidas aplicados na terceira safra de feijão não afetam o milho verão.

Palavras-chave: Plantas daninhas. Fitotoxicidade. Produtividade.

GENERAL ABSTRACT

The present dissertation was divided into three chapters. In the first chapter, a literature review was carried out on bean culture in Brazil, followed by the chemical control of weeds in bean culture. Immediately afterwards the effects of the herbicides on the crop were added in succession. In the second chapter, the objective was to evaluate the post-emergence herbicides in weed control in different bean varietal groups. For this, six treatments were used alone or in a mixture, at different sowing times, to obtain information regarding efficiency in weed control, phytotoxicity and yield in bean cultivars. The results indicated that the herbicides were selective to bean cultivars. However, fomesafen alone and in combination with bentazon + imazamox had control efficiency. In the third chapter, the residual effect of the herbicides applied in the bean crop on the maize crop was objectified. A corn cultivar was selected as a crop in succession to the bean cultivars. The sowing was on the same experimental plots with the treatments of the herbicides in the different times of sowing to evaluate the phytotoxicity and the corn yield. It was verified that the isolated and mixed applications of the herbicides did not present negative effects in the corn crop. The evaluations also allowed to infer that the applications of the herbicides applied in the third bean harvest do not affect summer corn.

Keywords: Weeds. Phytotoxicity. Yield.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....	9
1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Cultura do feijoeiro no Brasil.....	12
2.2	Controle químico de plantas daninhas na cultura de feijão no Brasil.....	13
2.3	Efeitos dos herbicidas sobre cultura em sucessão.....	17
2.3.1	Fomesafen.....	17
2.3.2	Imazamox.....	20
2.3.3	Bentazon.....	21
	REFERÊNCIAS.....	23
	 CAPÍTULO 2 HERBEDICIDAS PÓS-EMERGENTES NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM DIFERENTES GRUPOS VARIETAIS DE FEJJOEIRO.....	 29
1	INTRODUÇÃO.....	32
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1	Análise Estatística.....	39
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.1	Eficiência no controle de plantas daninhas e fitotoxicidade dos herbicidas aos cultivares de feijão.....	42
3.2	Efeito dos herbicidas na produtividade do feijoeiro.....	46
4	CONCLUSÕES.....	50
	REFERÊNCIAS.....	51
	APÊNDICES.....	54
	 CHAPTER 3 RESIDUAL EFFECT OF HERBICIDES APPLIED ON BEAN CULTURE OVER MAIZE YIELD.....	 57
1	INTRODUCTION.....	60
2	MATERIAL AND METHODS.....	62
2.1	Statistical Analysis.....	66
3	RESULTS AND DISCUSSION.....	68
4	CONCLUSIONS.....	73
	REFERENCES.....	74
	APPENDICES.....	76

CÁPITULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1990, houve uma grande expansão do sistema de plantio direto (SPD) em todo o cerrado brasileiro. Atualmente, o SPD já ocupa uma área estimada de mais de 30 milhões de hectares em todo o Brasil. Por outro lado, em praticamente todo o Brasil os agricultores não vêm adotando esse sistema, da forma em que o mesmo é preconizado, deixando muitas vezes de lado a rotação de culturas. Assim, predomina os sistemas de sucessão soja/milho, principalmente no Brasil central, e algumas vezes milho/feijão.

A falta de rotação de culturas, aliada à utilização de cultivares soja e milho RR[®], vem proporcionando a ausência de rotação de mecanismos de ação dos herbicidas. Com isso, a seleção de espécies de plantas daninhas resistentes a um ou mais mecanismos de ação no Brasil e no mundo vem aumentando. Conforme registrado, *WEED SCIENCE* (2018a) existem atualmente 28 e 481 casos de plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil e no mundo, respectivamente.

Embora o desenvolvimento dos primeiros herbicidas específicos para controle de plantas daninhas de folha larga na cultura do feijoeiro tenha sido uma grande evolução, atualmente há poucos produtos registrados, quando comparados a outras culturas. Existem apenas sete ingredientes ativos registrados para aplicação em pós-emergência para controle de folhas largas (dicotiledôneas) na cultura (AGROFIT, 2018).

Nos sistemas de produção milho/feijão, atualmente há relatos de problemas de eficiência no controle de algumas plantas daninhas e de fitotoxicidade de alguns herbicidas utilizados no feijão, além de resíduos no solo para o cultivo de milho. Contudo, poucos são os estudos em campo sobre os efeitos da residualidade dos herbicidas aplicados nas culturas em sucessão.

Para aumentar a eficiência do controle de plantas daninhas, muitos produtores vêm adotando a mistura de herbicidas no controle de folhas largas no feijoeiro, principalmente fomesafen, imazamox e bentazon. Contudo, ainda há necessidade de estudos que comprovem a eficiência dessas misturas, bem como se há aumento da fitotoxicidade dos produtos quando misturados, comparados à aplicação de uma molécula isolada. Outro fator importante é a avaliação do efeito residual dessas misturas nas culturas em sucessão.

Assim sendo, objetivou-se avaliar a eficiência dos herbicidas no controle de plantas daninhas nos diferentes cultivares de feijão em duas épocas de semeadura (feijão das águas e feijão de inverno), e o efeito residual dos herbicidas na cultura do milho em sucessão (milho safrinha e milho verão).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do feijoeiro no Brasil

A produção de grãos de feijão no mundo é concentrada em alguns países. No período de 2013 a 2016, os principais produtores de feijão foram: Myanmar, Índia, Brasil, Estados Unidos e México (FAO, 2018).

No Brasil, o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris L.*) é uma leguminosa de grande importância econômica e social. Faz parte da base alimentar da população brasileira, como fonte de carboidratos, proteínas, ferro e sais minerais. A cultura do feijão está presente em praticamente todas as regiões do país devido a sua ampla adaptação edafoclimática, podendo ser cultivada em três safras durante todo o ano. Dependendo da região, têm-se: feijão das “águas” e/ou feijão da “seca”, e/ou feijão de inverno ou irrigado.

No cultivo das “águas”, a semeadura é feita no início do período chuvoso (outubro/novembro) e a colheita no verão (janeiro/fevereiro). Neste período, as altas temperaturas, especialmente na floração, a baixa insolação e o excesso de chuvas podem limitar a produtividade, a qual situa-se entre 1.200 a 1.300 kg ha⁻¹ em Minas Gerais (IBGE, 2018). Além disso, há o risco de chuvas na colheita, podendo comprometê-la totalmente ou haver redução na qualidade dos grãos. Segundo Vieira & Vieira (1995), em terrenos planos e mal drenados pode ocorrer encharcamento do solo, sendo o controle das plantas daninhas um outro problema.

No cultivo da “seca”, a semeadura é feita entre os meses de fevereiro/março, sendo muito apreciado pelos agricultores que utilizam pouca tecnologia, apesar do risco de escassez de chuvas, especialmente na floração, na formação de vagens e enchimento de grãos. A produtividade média de Minas Gerais nesta época é de cerca de 1.300 kg ha⁻¹ (IBGE, 2018). No entanto, dependendo da distribuição de chuvas e do sistema de cultivo, o feijoeiro pode atingir produtividades acima dos 3.000 kg ha⁻¹, como tem ocorrido no sul de Minas Gerais. Segundo Viera & Viera (1995), a escassez e a má distribuição das chuvas ocorrem com frequência, provocando baixas produtividades.

No cultivo de inverno ou irrigado, cuja semeadura se dá a partir do mês de maio e a colheita é feita entre agosto/outubro. O cultivo é mais comum no Sudeste e parte do Centro-Oeste do país (POSSE et al., 2010). Nesta época de cultivo, os rendimentos obtidos têm sido

elevados, geralmente acima dos 2.500 kg ha⁻¹ em Minas Gerais (IBGE, 2018). Entretanto, esse tipo de cultivo não é recomendado para regiões de inverno rigorosos, com temperaturas médias abaixo de 12°C. Segundo Balardin et al. (2000), essa temperatura poderia causar retardamento no desenvolvimento vegetativo, assim como a queda de flores e vagens.

Por ser cultivado nas diversas épocas do ano, sob diferentes sistemas de cultivo (solteiro ou consorciado) e nas mais variadas condições edafoclimáticas, o feijoeiro pode sofrer interferência de diversas espécies de plantas daninhas. Além disso, por tratar-se de plantas de ciclo vegetativo curto, torna-se bastante sensível à competição, sobretudo, nos estágios iniciais de desenvolvimento vegetativo (EMBRAPA, 2007).

Na atualidade, a produção total e produtividade média de feijão no Brasil na safra de 2017, foi cerca de 3.291,312 milhões de toneladas e 1.500 kg ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2018). Todavia, apesar da baixa produtividade média, há produtores que produzem mais de 4.000 kg ha⁻¹ de grãos, com emprego de alta tecnologia.

Em Minas Gerais, na safra 2016/17, a área plantada e a produção tiveram um aumento de 6,7 e 4,9 %, respectivamente (CONAB, 2018). No entanto, houve uma diminuição de 1,7 % na produtividade nas principais regiões produtoras de aproximadamente 26,9 mil toneladas em comparação com a safra 2015/16.

Além dos tratos culturais da cultura, incluindo manejo do solo, doenças, pragas e plantas daninhas, a escolha do cultivar está entre os fatores que mais afetam o sucesso da cultura do feijoeiro. No Brasil, existem vários grupos comerciais de feijão, dentre eles podem ser citados os grupos: carioca, preto, branco, jalo, manteiga, vermelho, bolinha, mulatinho, rosinha, verde, fradinho e outros (EMBRAPA, 2017).

2.2 Controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão no Brasil

Um dos maiores problemas enfrentados no controle de plantas daninhas no feijoeiro, tem sido a pouca disponibilidade de produtos e a falta de lançamentos de novos herbicidas nos últimos anos. Um dos herbicidas o Amplo[®], mais utilizados na cultura para controle de folhas largas foi lançado há cerca de dez anos, e mesmo assim, composto por duas moléculas (bentazon + imazamox), já conhecidas no mercado.

Diante da falta de produtos, tem-se utilizado herbicidas com ação pré e pós-emergência, com diferentes mecanismos de ação, os quais apresentam-se como opção de manejo para aumentar os níveis de controle (BRESSANIN et al., 2015). A combinação desses produtos contribui para reduzir a pressão de seleção e diminuir novos casos de plantas resistentes (GALON et al., 2017).

No passado, as recomendações de controle de plantas daninhas não consideravam os estádios e sim dias após a semeadura. Apesar disso, Vieira (1991), constatou que a tradicional recomendação de manter a cultura no limpo durante os primeiros 30 dias era válida nas safras das águas e da seca, mas não no outono-inverno, quando o ciclo se tornava mais longo. Dessa forma, o autor sugeriu tomar como base de recomendação os estádios de desenvolvimento do feijoeiro, e não que fossem expressados em dias.

A partir disso, diversos estudos foram conduzidos com o objetivo de determinar em qual estágio fenológico do feijoeiro a presença de plantas daninhas exercia maior competição, com maiores reflexos sobre a produtividade de grãos (MARINHO, 1999).

Atualmente as recomendações de aplicação de controle químico pós-emergência na cultura do feijão, são entre os estádios V3 a V4. Christoffoleti & Passini (1999) determinaram que as etapas V1 (emergência) e V2 (folhas primárias) correspondem ao PAI (Período que Antecede a Interferência), enquanto V3 (primeira folha trifoliolada), V4 (terceira folha trifoliolada) e R5 (pré-floração) correspondem ao PCPI (Período Crítico de Prevenção da Interferência das plantas com a cultura). A partir de R6 (floração) ocorrem o fechamento da cultura, iniciando um período sem interferência das plantas daninhas, que se estenderia por R7 (formação de vagens), R8 (enchimento de vagens) e R9 (maturação).

Sendo assim, o controle de plantas daninhas em pós-emergência mais eficiente é quando são aplicados os herbicidas sobre plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento. Segundo Vargas & Roman (2005), nesse momento, as plantas têm uma elevada atividade metabólica, apresentando alta absorção e translocação dos produtos aplicados.

Na atualidade, há 27 ingredientes ativos (i.a.) registrados para o controle de plantas daninhas na cultura do feijão no Brasil. Desses ingredientes ativos registrados, três são para aplicações antes da semeadura ou pré-emergência, e 24 são para aplicação em pós-emergência. Apesar disso, dos ingredientes ativos registrados para à aplicação em pós-

emergência apenas sete são para o controle de folhas largas (dicotiledôneas), e onze para o controle de folhas estreitas (monocotiledôneas) (AGROFIT, 2018).

Apesar de existirem onze ingredientes ativos para o controle de plantas daninhas de folhas estreitas na cultura do feijão, todos apresentam o mesmo mecanismo de ação (TABELA 1). Dificultando a rotação de mecanismos de ação, conforme é preconizado na literatura. Tratam-se de herbicidas inibidores da ACCase (Acetil-CoA carboxilasa), os quais são divididos em dois grupos químicos, oxima ciclohexanodiona (DIMs) e ácido ariloxifenoxipropiônico (FOPs) (WEED SCIENCE, 2018a).

Tabela 1 - Ingredientes ativos para o controle de plantas daninhas de folha estreita (monocotiledôneas).

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE HERBICIDA			
Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Mecanismo de Ação	HRAC
Butoxydim	DIMs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Clethodim	DIMs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Sethoxydim	DIMs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Tepraloxym	DIMs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Diclofop-methyl	FOPs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Fenoxaprop-ethyl	FOPs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Fenoxaprop-P-ethyl	FOPs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Fluazifop-P-butyl	FOPs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Haloxifop-P-methyl	FOPs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Quizalofop-P-ethyl	FOPs	Inibidor de ACCase	Grupo A
Quizalofop-P-tefuryl	FOPs	Inibidor de ACCase	Grupo A

Fonte: *International Survey of Herbicide Resistant Weeds* (2018a). (Adaptado)

Apesar do menor número de ingredientes ativos registrados para o controle de folha larga no feijoeiro, os mesmos são distribuídos em três diferentes mecanismos de ação. Há três produtos (imazamox, imazapyr e imazethapyr) cujo mecanismo de ação é a inibição da ALS (Acetolactato sintase), pertencentes ao grupo das Imidazolinonas. Existem três produtos inibidores da PROTOX (protoporfirinogênio oxidase) que são: fomesafen, acifluorfen-sodium

e acifluorfen. Sendo o fomesafen recomendado também para o manejo pré-emergente. Por último o bentazon, cujo mecanismo de ação é a inibição do fotossistema II (PSII).

Embora existam esses três grupos químicos (sete herbicidas), os mesmos são bastante antigos e de modo geral, não apresentam adequada eficiência no controle quando são utilizados de forma isolada no controle de diversas plantas daninhas (TABELA 2).

Tabela 2 - Ingredientes ativos para o controle de plantas daninhas de folha larga (dicotiledôneas).

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE HERBICIDA			
Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Mecanismo de Ação	HRAC
Imazamox	Imidazolinones	Inibidor de ALS	Grupo B
Imazapyr	Imidazolinones	Inibidor de ALS	Grupo B
Imazethapyr	Imidazolinones	Inibidor de ALS	Grupo B
Fomesafen	Diphenylethers	Inibidor de PROTOX	Grupo E
Acifluorfen	Diphenylethers	Inibidor de PROTOX	Grupo E
Acifluorfen-sodium	Diphenylethers	Inibidor de PROTOX	Grupo E
Bentazon	Benzothiadiazinones	Inibidor de PSII (Nitriles)	Grupo C3

Fonte: *International Survey of Herbicide Resistant Weeds* (2018b). (Adaptação)

Considerando que existem várias espécies de plantas daninhas numa área e que dificilmente um herbicida consegue controlar todas as espécies, é comum o uso de misturas de ingredientes ativos para aumentar o espectro de controle. Não obstante, é importante estar atento às possíveis incompatibilidades dessas misturas (SILVA, 2012). Além disso, a utilização de misturas de tanque no Brasil ainda está sendo regulamentada.

Mas vale ressaltar que o problema da eficiência de moléculas isoladas é relatado há longa data, e a utilização das misturas é uma realidade no campo. Devido ao fato de não serem encontrados produtos comprovadamente eficientes no controle simultâneo de mono e dicotiledôneas, o controle requer, quase sempre, a utilização de misturas de herbicidas.

2.3 Efeitos dos herbicidas sobre a cultura em sucessão

Experiências sugerem que herbicidas comumente utilizados na cultura do feijão têm potencial para causar problemas no estabelecimento da cultura do milho, mas a gravidade dos danos depende do clima, da combinação específica de herbicidas, do cultivar ou mesmo do sistema de rotação de cultivo utilizado (COBUCCI, 1996; DAN et al., 2012; ESCHER, 2001; MANCUSO et al., 2011; SILVA et al., 2013).

A fitotoxicidade é o resultado de uma complexa interação entre o herbicida, a planta e as condições ambientais (WELLER, 2000) e os efeitos podem ser muito variáveis. Como consequência, manifesta-se na redução do rendimento da cultura.

Entre os herbicidas mais utilizados no controle de folhas largas para a cultura do feijão (plantas daninhas dicotiledôneas), destacam-se: fomesafen, imazamox e bentazon. Alguns desses herbicidas podem não ser completamente degradados durante o ciclo da cultura principal, deixando resíduos indesejáveis no solo e comprometendo o ambiente (SILVA et al., 1999).

Segundo Oliveira Jr (2011), do ponto de vista da exploração agrícola, quando a persistência da atividade residual de um herbicida excede o ciclo da cultura onde ele foi utilizado e persiste em intensidade suficiente para causar injúrias às culturas em sucessão, ocorre um fenômeno chamado remanente ou *carryover*.

Por consequência, os intervalos de tempo da atividade residual dos herbicidas entre as culturas podem ocasionar efeitos negativos devido à presença de resíduos de herbicidas com atividade biológica no solo em concentrações suficientes para promover injúrias, sejam estas moléculas dos mesmos herbicidas ou seus metabólitos (ALONSO et al., 2013). Conquanto, pouco se sabe a respeito do comportamento desses herbicidas em solos tropicais (MANCUSO et al., 2011), somado à falta de informações na literatura sobre herbicidas utilizados no feijão para as culturas em sucessão.

2.3.1 Fomesafen

O fomesafen é um dos herbicidas mais recomendados para o controle de plantas daninhas de folhas largas durante o cultivo de feijão, controlando diversas plantas daninhas

dicotiledôneas. Por ser um inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), causa um acúmulo de protoporfirina em células tratadas com este herbicida (SANTOS et al., 2006). Esta interage com o oxigênio e leva à produção de formas reativas de oxigênio e, conseqüentemente, à peroxidação lipídica e à morte celular (WARREN & HESS, 1995), resultando em perda de clorofila e carotenoides (WEED SCIENCE, 2018b).

Sua absorção ocorre em folhas, caules e raízes, devendo ser aplicado em plantas daninhas jovens com alto vigor vegetativo. Para que o controle seja eficiente, é necessária boa cobertura das plantas com a calda aplicada, uma vez que esse herbicida não se movimenta na planta Silva & Silva (2007). Sendo os primeiros sintomas desse herbicida, manchas verde-escuras nas folhas, que progridem para necrose em um a dois dias (EMBRAPA, 2006).

Com relação ao fomesafen, a meia-vida no solo é de 60 a 180 dias (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005), podendo resultar em fitotoxicidade para algumas culturas em sucessão. Segundo Jakelaitis et al. (2006), a recomendação geral de intervalo mínimo é de 90 a 210 dias após a aplicação e a semeadura de milho e sorgo.

Segundo Weissler & Poole (1982), com a aplicação de fomesafen (0.3 kg ha^{-1}) em solos com 2,1 % de matéria orgânica, o herbicida permanece nos 10 cm superiores aos 63 dias após aplicação. Guo et al. (2003), também observaram que o fomesafen não se move profundamente no solo. Eles encontraram o fomesafen e seus metabólitos na camada de 0 a 5 cm, após 60 dias do tratamento, depois de uma precipitação total de 367 mm e várias chuvas fortes registradas durante o experimento.

Para Hinz (2001), a permanência e degradação dos herbicidas no solo são processos chaves na determinação do efeito residual. Há relatos na literatura de degradação do fomesafen em solos anaeróbicos com menos de três semanas, enquanto em condições aeróbicas, requer de seis a doze meses (JOHNSON & TALBERT, 1993), causando injúrias no milho e no sorgo com aplicação de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de ingrediente ativo nesse mesmo período (Fontes et al., 2002).

Escher (2001) verificou que a cultura de sorgo pode ser implantada 59 dias após a aplicação do herbicida (250 g ha^{-1}) associado ao bentazon (600 g ha^{-1}) na cultura do feijão. Nos últimos anos, o fomesafen causou prejuízos em algumas culturas, como milho, trigo e colza, reduzindo a produção de matéria seca, devido ao longo período residual no solo (WANG et al., 2014). Contudo, há a necessidade de novos estudos em diferentes épocas de cultivo e com diferentes culturas em sucessão.

Devido ao efeito nas culturas sucessoras e também ao baixo espectro no controle de forma isolada, alguns técnicos têm recomendado o uso do fomesafen associado a outros produtos. Do mesmo modo, há necessidade de novos estudos sobre sua eficiência na associação com outros produtos no controle de plantas daninhas.

No Brasil, o fomesafen é muitas vezes utilizado associado a herbicidas para controle de folhas largas e estreitas. Há inclusive produtos comerciais já prontos para uso como o Fusiflex[®] e Robust[®] (AGROFIT, 2018). Em associação com outros produtos, há possibilidade de trabalhar com menores doses do princípio ativo do fomesafen. Portanto, é esperado um menor efeito residual para as culturas sucessoras. De qualquer forma, há necessidade de estudos para comprovar ou não a hipótese.

Na prática, sabe-se que a associação do fomesafen com graminicida pode reduzir a eficiência do graminicida e aumentar a fitotoxicidade ao feijoeiro. Altas doses de fomesafen na cultura do feijoeiro podem causar fitotoxicidade à cultura. Galon et al. (2017) observaram redução no número de vagens por planta. Como consequência, houve queda na produtividade de grãos no cultivar de feijão preto (BRS Campeiro). Para a variedade de feijão-caupi (BRS Guariba), a aplicação de fomesafen isoladamente ou associado ao fluaziflo-p-butyl em pós-emergência, embora tenha apresentado bom controle de plantas daninhas, provocou fitointoxicação com influência negativa na produtividade (FONTES et al., 2013).

O fomesafen é utilizado em muitas culturas com resultados positivos e negativos, controlando as plantas daninhas e algumas vezes causando fitotoxicidade. Segundo Reis et al. (2014), as aplicações isoladas e associada a fluaziflo-p-butyl causaram intoxicação visual na cultura do girassol. Neto et al. (2015), observaram que na cultura de algodoeiro em aplicação pré-emergente a dose de fomesafen (0,625 kg ha⁻¹ de i.a.) em associações com clomazone (1,0 kg ha⁻¹ de i.a.) não foi seletivo à cultura.

A associação do fomesafen a outros herbicidas em programa de manejo, pode contribuir para o manejo da resistência e contribuir para não aumentar a quantidade de plantas daninhas resistentes. Existem dez espécies resistentes a esse grupo de herbicidas no mundo. O Brasil tem duas espécies registradas como resistentes (*Amaranthus retroflexus* e *Euphorbia heterophylla*) (WEED SCIENCE, 2018b).

2.3.2 Imazamox

É um herbicida aplicado como pré ou pós-emergente para o controle de plantas daninhas em trigo, leguminosas, milho e canola (CABRERA et al., 2016). Foi desenvolvido em 1998 e faz parte do grupo químico imidazolinonas (BRADY et al., 1998). Age inibindo a enzima ALS (Acetolactato sintase), resultando no bloqueio da síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (HESS et al., 2010). Esses herbicidas são absorvidos pelas raízes e folhas das plantas (SHANER & O'CONNOR, 1991), sendo transportados pelo floema e xilema, acumulando-se nos tecidos de crescimento.

A persistência das imidazolinonas no solo não depende só das características do solo que afetam a disponibilidade, mas também das condições ambientais (CANTWELL et al., 1989). Segundo Loux & Reese (1992), o aumento da persistência das imidazolinonas em solos mais ácidos tem sido atribuído ao aumento da adsorção e à diminuição da disponibilidade para a degradação microbiana. Além disso, a adsorção de herbicidas é geralmente mais lenta em solos úmidos, de modo que os herbicidas que persistem por períodos mais longos na solução do solo se dissipam de maneira diferente, como por degradação microbiana, fotólise e lixiviação (COBUCCI et al., 1998).

Para o imazamox, poucas informações a respeito de sua persistência estão disponíveis, mas estima-se que a meia-vida típica no campo seja de 20 a 30 dias (WSSA, 1998). Silva (2012) observou que o herbicida apresenta uma rápida degradação no solo, essencialmente microbiana (meia vida de 15 dias). No entanto, os danos causados por resíduos de imidazolinonas podem ser mais severos em solos ácidos (LUESCHEN et al., 1997).

Segundo Silva et al. (1999), observações de campo indicam que os sintomas de toxidez à cultura do milho em sucessão têm sido observados, com mais frequência, em solos de menor fertilidade e em anos de maior déficit hídrico e de temperaturas mais baixas.

Para aumentar o espectro no controle de plantas daninhas pelo imazamox, há no mercado sua mistura com outros herbicidas como o bentazon. Foi observado por Galon et al. (2017) que a aplicação de bentazon + imazamox no feijão do tipo preto (cultivar BRS Campeiro) não causou injúrias na cultura, a qual apresentou produtividade similar à testemunha capinada, além de um controle aceitável de *Digitaria ciliares* (milhã) e *Urochloa plantaginea* (papuã).

Por outro lado, foi observada que na cultura da soja a aplicação para o controle de plantas daninhas em estágio V3 (segundo trifólio expandido) de imazamox, mesmo na metade da dose recomendada influenciou negativamente o rendimento de grãos (CORREIA et al., 2002).

Os herbicidas inibidores da ALS apresentam algumas características que explicam a razão pelo elevado número de casos de resistência encontrados. Dentre estas características destacam-se: o uso repetitivo na agricultura, alta eficácia, atividade residual no solo, alta adaptabilidade ecológica do biótipo resistente, mutações pontuais que podem conferir resistência a um ou mais herbicidas inibidores da ALS (TRANEL & WRIGHT, 2002). Existem 159 espécies resistentes a esse grupo de herbicidas no mundo, sendo que 19 das quais já foram registradas no Brasil como resistentes a inibidores da ALS (WEED SCIENCE, 2018a).

2.3.3 Bentazon

É um herbicida recomendado para o controle de folhas largas no feijão. Pertence ao grupo químico dos benzotiadiazoles, e atua como inibidor da fotossíntese, em nível de fotossistema II (PSII) (HRAC, 2018), bloqueando o fluxo de elétrons. A ligação do herbicida nesta localização proteica bloqueia o transporte de elétrons do Q_A (Plastoquinona A) para o Q_B (Plastoquinona B) e impede a fixação do CO_2 e produção de ATP e $NADHP_2$, todos necessários para o crescimento das plantas (BAGCHI et al., 2003; WEED SCIENCE, 2018b).

O bentazon é um herbicida seletivo e de contato para o controle de plantas daninhas, geralmente utilizado como herbicida pós-emergência (BERBERIDOU et al., 2017). É um dos herbicidas mais amplamente utilizados na agricultura em todo o mundo para controle de ciperáceas e ervas daninhas de folhas largas em campos de milho, feijão, arroz e outras culturas intensivas (LI et al., 2003). Galhano et al. (2010), reafirmam o poder seletivo e de contato do bentazon para controlar plantas daninhas de folhas largas e algumas gramíneas em arroz pós-emergente.

A absorção do bentazon se dá essencialmente pelas folhas e pelos tecidos verdes, ocorrendo em menor intensidade pelas raízes. A translocação é reduzida quando ele é

absorvido pelas folhas, mas quando é absorvido pelas raízes verifica-se pequena movimentação acrópeta, pelo xilema (ESCHER, 2001).

Como sintomas nas plantas daninhas, inicialmente, ocorre clorose foliar, três a cinco dias após a aplicação, que pode progredir para necrose. Em plantas tolerantes pode ocorrer bronzeamento das folhas. É por isso que a recomendação técnica é associa-lo com acifluorfen, fomesafen ou lactofen, para aumentar o espectro de controle, embora as misturas de produtos ainda não estejam legalizadas no Brasil. O bentazon não é compatível com alguns inseticidas fosforados e fertilizantes com pH inferior a 5,0. Possui meia-vida de 20 dias e nos terrenos cultivados, não é encontrado em profundidade superior a 20 cm (EMBRAPA, 2006).

Tem-se registrado que o bentazon na cultura de mandioca pode causar injurias elevadas, mas não comprometem o desenvolvimento na cultura, além disso, a mistura com o imazamox provoca danos severos: no milho causa redução da matéria seca da parte aérea; no maracujá reduz a matéria seca da folha e caule; na cultura de sorgo, a utilização do bentazon isolado ou associado à atrazine não provocou injúrias; e nas culturas de trigo, triticale e centeio, não foram observadas sintomas de fitotoxicidade do bentazon (VARGAS & ROMAN, 2005; DIAS et al., 2015; PAIVA et al., 2015; BANDEIRA et al., 2016; MACHADO et al., 2016).

Apesar de ser utilizado em diversas culturas, a aplicação de bentazon isolado não proporciona níveis aceitáveis de controle para *Alternanthera tenella* Canossa et al. (2007). Por outro lado, para *Bidens subalternans* L. exerce um controle eficaz (NICOLAI et al., 2006; PINTO et al., 2006). Segundo Buendia & Lara (2005), a mistura de bentazon + acifluorfen com e sem óleo mineral, mostraram controle eficaz de *Amaranthus hybridus*, *Galinsoga parviflora* e *Solanum americanum*.

Como consequência da aplicação contínua de bentazon no mundo, existem 74 espécies resistentes a esse grupo de herbicida inibidores do PSII. No Brasil tem uma espécie registrada como resistente (*Sagittaria montevidensis*) (WEED SCIENCE, 2018a). Desta forma, deve-se buscar evitar aplicação contínuas de herbicidas com um mesmo mecanismo de ação, a fim de evitar um aumento do número de plantas daninhas resistentes.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Consulta de Productos Formulados. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 28 mar 2018.
- ALONSO, D. G.; OLIVEIRA Jr., R. S. da; CONSTANLIN, J. **Potencial de Carryover de herbicidas com atividade residual usados em manejo outonal**. Cap. 8, p. 91-102, 2013.
- BAGHI, S. N.; PISTORIUS, E. K.; MICHEL, K. P. A *Synechococcus* sp. PCC 7942 mutant with higher tolerant towards bentazone. **Photosynth Res**, n. 75, p. 171-182, 2003. In:
- BALARDIN, R. S.; COSTA, E. C. C.; RIBEIRO, N. D. Feijão recomendações técnicas para o cultivo no Rio Grande do Sul. **Comissão Estadual de Pesquisa do Feijão-CEPEF**, 80 p. 2000.
- BANDEIRA, H. F. da S. et al. Tolerance cassava to diferente herbicides applied in post-emergence. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 241-250, 2016.
- BERBERIDOU, C. et al. Study of the decomposition and detoxification of the herbicide bentazon by heterogeneous photocatalysis: Kinetics, intermediates and transformation pathways. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 200, p. 150-163, 2017.
- BRADY, S. N.; DOEHNER, R. F.; LADNER, D. L. The discovery of imazamox, a new broad-spectrum imidazolinone herbicide. 1998. In: DELGADO, A. M. R. et al. **Mechanism of imazamox resistance of the Clearfield® wheat cultivar for better weed control**. *Agron. Sustain. Dev*, v. 35, p. 639-648, 2015.
- BRESSANIN, F. N. et al. Eficácia de herbicidas aplicados isolados em pré e pós-emergência no controle de mucuna-preta. **Agrária**, v. 10, n. 3, p. 426-431, 2015. In:
- BUENDIA, J. P. L.; LARA, J. F. R. Avaliação da seletividade e eficácia de misturas formuladas de bentazon+acifluorfen em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 1, 2005.
- CABRERA, A.; CELIS, R.; HERMOSÍN, M. C. Imazamox-clay complexes with chitosan and iron(III)-modified smectites and their use in nanoformulations. **Pest. Manag. Sci**, v. 72, p. 1285-1294, 2016.
- CANOSSA, R. S. et al. Effectiveness of herbicides for *Alternanthera tenella* control. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 6, n. 1. P. 1-12, 2007.
- CANTWELL, J. R.; LIEBL, R. A.; SLIFE, F. W. Biodegradation characteristics of imazaquim and imazethapyr. *Weed Science*, n. 37, p. 815-819, 1989. In: MILAN, M. et al. Imazamox dissipation in two rice management systems. **Journal of Agricultural Science**, v. 155, p. 431-443, 2017.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; PASSINI, T. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura de feijão. In: MARINHO, J. T. de S. **Comportamento de linhagens de feijoeiro em relação ao herbicida fomesafen**. 1999. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

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

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Portal de Informações Agropecuárias. Observatório Agrícola, GRÃOS – Série Histórica**. Disponível em:< <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard>> Acesso em: 21 mai 2018.

CORREIA, N. M.; SOUZA, I. F. de; URUBATAN, P. K. Palhadas de sorgo associadas ao herbicida imazamox no desenvolvimento da cultura da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 3, n. 2/3, p. 91-96, 2002.

DAN, H. A. et al. Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 86-91, 2012.

DIAS, R. de C. et al. Herbicide selectivity applied in post-emergence in Pearl millet. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 4, p. 348-355, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Arroz e Feijão. **Genótipos de feijoeiro comum em sistema de produção orgânica**. Comunicado Técnico 141. Santo Antônio de Goiás, GO, 2 p., 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa-Arroz e Feijão. **Catálogo de Cultivares de Feijão Comum da Embrapa**. 2017. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154713/1/catalogoFeijao-safra2016-2017-web1.pdf>> Acesso em: 23 abr 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa-Trigo, **Documentos 62: Principais herbicidas recomendados para a cultura de soja no preparo e no sistema plantio direto**. 2006. Disponível em:<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62_17.htm> Acesso em: 28 mar 2018.

ESCHER, V. **Eficiência do fomesafen, isolado em mistura com bentazon, na cultura de feijão e seus efeitos residuais na cultura de sorgo, em sucessão**. 2001. 73 p. . Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

FONTES, J. R. A. et al. **Movimentação de herbicidas no solo aplicados via herbificação na cultura do feijão em plantio direto e convencional**. Embrapa Cerrado, Planaltina, GO, 27 p., 2002.

FONTES, J. R. A.; OLIVEIRA, I. J.; GONÇALVES, J. R. P. Herbicide selectivity and efficacy to crowpea. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 47-55, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATES. FAO. **Direção de Estadística**. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>> Acesso em: 08 mar 2018.

GALHANO, V.; PEIXOTO, F.; LARANJO, J. G. Bentazon triggers the promotion of oxidative damage in the portuguese ricefield Cyanobacterium Anabaena cylindrica: Response of the antioxidante system wiley periodicals. **Inc. Environ Toxicol**, v. 25, p. 517-526, 2010.

GALHANO, V.; PEIXOTO, F.; LARANJO, J. G. Bentazon triggers the promotion of oxidative damage in the portuguese ricefield Cyanobacterium Anabaena cylindrica: Response of the antioxidante system wiley periodicals. **Inc. Environ Toxicol**, v. 25, p. 517-526, 2010.

GALON, L et al. Associação de herbicidas para o controle de plantas daninhas em feijão do tipo preto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 268-278, 2017.

GALON, L. et al. Associação de herbicidas para o controle de plantas daninhas em feijão do tipo preto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 268-278, 2017.

GUO, J. et al. Adsorption, desorption and mobility of fomesafen in chinese soils. **Water, Air and Pollution**, v. 148, p. 77-85, 2003.

HERBICIDES RESISTANCE ACTION COMMITTEE. HRAC. **Classification of herbicides according to mode of action**. Disponível em:<http://hracglobal.com/tools/classification-lookup?s=bentazon&classGroup=toggle_hrac&classGroup=toggle_wssa> Acesso em: 05 mar 2018.

HESS, F. G. et al. Imidazolinones. 2010. In: LIU, C. et al. Imazamox microbial degradation by common clinical bacteria: Acinetobacter baumannii IB5 isolated from black soil in China shows high potency. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 8, p. 1798-1807, 2016.

HINZ, C. Description of sorption data with isotherm equations. Geoderma, v. 99, n. 3-4, p. 225-243, 2001. In: MANCUSO, M. C.; NEGRISOLI, E. PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (Carryover). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Banco de dados agregados**: Levantamento sistemático da produção agrícola – Fevereiro 2017 [Minas Gerais]. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/minas-gerais>> Acesso em: 05 mar 2018.

JAKELAITIS, A. et al. Atividade residual no solo da mistura comercial dos herbicidas fluazifop-p-butil e fomesafen utilizados no cultivo convencional e direto do feijoeiro. **Plantas Daninhas**, v. 24, n. 3, p. 533-540, 2006. In: MANCUSO, M. C.; NEGRISOLI, E.

PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (Carryover). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

- JOHNSON, D. H. & TALBERT, R. E. Imazaquim, chlorimurrom, and fomesafen may injure rotational vegetables and sunflower (*Helianthus annuus*). Weed Technol., v. 7, p. 573-577, 1993. In: SILVA, V. P. et al. Eficiência e residual no solo de herbicidas na cultura do feijão. **Plantas Daninhas**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 961-970, 2013.
- LI, K. B. et al. Influence of organic matter and pH on bentazone sorption in soils. **J. Agric. Food Chem**, v. 51, n. 6, 5362, 2003.
- LOUX, M. M.; REESE, K. D. Effect of soil pH on adsorption and persistence of imazaquin. 1992. In: MILAN, M. et al. Imazamox dissipation in two rice management systems. **Journal of Agricultural Science**, v. 155, p. 431-443, 2017.
- LUESCHEN, W. E.; GETTING, J. K.; FOLAND, E. L. AC 299,263 and imazethapyr carryover potencial in a soybean/sugarbeet rotation. 1997. In: SILVA, A. A. da et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Plantas Daninha**, v. 17, n. 3, 1999.
- MACHADO, F. G. et al. Performance of herbicides for weed control in sorghum. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 281-289, 2016.
- MANCUSO, M. C.; NEGRISOLI, E. PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (Carryover). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.
- MARINHO, J. T. de S. **Comportamento de linhagens de feijoeiro em relação ao herbicida fomesafen**. 1999. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- MARINHO, J. T. de S. **Comportamento de linhagens de feijoeiro em relação ao herbicida fomesafen**. 1999. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- NETO, A. M. de O. et al. Selectivity of fomesafen and clomazone associated with other herbicides applied in preemergence of cotton plant. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 210-219, 2015.
- NICOLAI, M. et al. Alternativas de manejo para as populações picão-preto (*Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*) resistentes aos herbicidas inibidores da ALS. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, RS, n. 3, p. 72-79, 2006.
- N. J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Editora Omnipax, p. 125-140, 2011.
- OLIVEIRA Jr., R. S. **Introdução ao controle químico**. OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTI,
- PAIVA, M. C. G. et al. Phytotoxicity of herbicides applied in post transplanting of seedlings of yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 4, p. 280-287, 2015.

- PINTO, J. J. O. et al. Resistência de picão-preto encontrada em lavoura de soja na metadesul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, RS, n. 2, p. 37-44, 2006.
- POSSE, S. C. P. et al (Coord.) Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009-2011. **Incaper: Documentos**, 191, 245 p., 2010.
- REIS, R. M. et al. Tolerance of sunflower to herbicide application in post-emergence. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 15-22, 2014.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. 5 Ed, Londrina, 529 p., 2005. In: SILVA, C. M. M. da; FREITAS, S. de P.; ROSA, R. C. C. Residual effect of fluazifop-p-buthyl+fomesafen in soil with test-plant. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 37, n. 5, p. 1450-1452, 2007.
- SANTOS, J. B. et al. Action of two herbicides on the microbial activity of soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris*) in conventional-till and no-till systems. **Herbicide action on soil microbial activity-Journal compilation**, v. 46, p. 284-289, 2006.
- SHANER, D. L.; O'CONNOR, S. L. The imidazolinone herbicides. 1991. In: DELGADO, A. M. R. et al. Mechanism of imazamox resistance of the Clearfield® wheat cultivar for better weed control. **Agron. Sustain. Dev**, v. 35, p. 639-648, 2015.
- SILVA, A. A. da et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Plantas Daninha**, v. 17, n. 3, 1999.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). Tópicos em manejo de plantas daninhas. Editora UFV, Viçosa, MG, Cap. 3, p. 83-148, 2007. In: SILVA, V. P. **Eficiência e residual no solo de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura de feijão**. 2012. 49 p. . Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- SILVA, V. P. **Eficiência e residual no solo de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura de feijão**. 2012. 49 p. . Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- SILVA, V. P. et al. Eficiência e residual no solo de herbicidas na cultura do feijão. **Plantas Daninhas**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 961-970, 2013.
- TRANEL, P. J.; WRIGHT, T. R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned?. *Weed Science*, v. 50, p. 700-712. In: NICOLAI, M. et al. Alternativas de manejo para as populações picão-preto (*Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*) resistentes aos herbicidas inibidores da ALS. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, RS, n. 3, p. 72-79, 2006.
- VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Seletividade e eficiência de herbicidas em cereais de inverno. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, RS, n. 3, p. 1-10, 2005.

VIEIRA, C. Influência das épocas de plantio sobre as etapas de desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 38, n. 219, p. 438-443, 1991. In:

VIEIRA, C.; VIEIRA, R. F. Épocas de plantio do feijão e proposta de nomenclatura para designá-las. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 244, p. 685-688, 1995.

WANG, H. L. et al. Effects of different mitigation treatments on phytotoxicity of fomesafen in soybean. *Soybean Science*, v. 32, n. 5, p. 676-679. In: HAM, Y. et al. Effects of methylated soybean oil adjuvant on fomesafen efficacy to weeds. **Journal of Northeast Agricultural University**, v. 21, n. 3, p. 17-22, 2014.

WARREN, G. F.; HESS, F. D. Mode of action of inhibitors of protoporphyrinogen oxidase (Diphenylethers and Oxadiazon). 1995. In: SANTOS, J. B. et al. Action of two herbicides on the microbial activity of soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris*) in conventional-till and no-till systems. **Herbicide action on soil microbial activity-Journal compilation**, v. 46, p. 284-289, 2006.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. WSSA. Herbicide handbook, supplement to seventh edition. **Lawrence**: Weed Science Society of America, 104 p., 1998.

WEED SCIENCE. International survey of herbicide resistant weeds. **Weed Resistant**. Disponível em:<<http://www.weedscience.org/Summary/MOA.aspx>> Acesso em: 28 mar 2018a.

WEED SCIENCE. International survey of herbicide resistant weeds. **Weed Resistant**. Disponível em:<<http://www.weedscience.org/Summary/SOADescription.aspx>> Acesso em: 28 mar 2018b.

WEISSLER, M. S.; POOLE, N. J. Mobility of fomesafen and degradation products in soil columns. Peort. Imperial Chemicals Industry, London, 3 p., 1982 In: ESCHER, V. **Eficiência do fomesafen, isolado em mistura com bentazon, na cultura de feijão e seus efeitos residuais na cultura de sorgo, em sucessão**. 2001. 73 p. . Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

WELLER, S. C. Principles of selective weed control with herbicides. 2000. In: NETO, A. M. de O. et al. Selectivity of fomesafen and clomazone associated with other herbicides applied in preemergence of cotton plant. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 210-219, 2015.

**CAPÍTULO 2 HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES NO CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS EM DIFERENTES GRUPOS VARIETAIS DE FEIJOEIRO**

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os herbicidas pós-emergentes sobre o controle de plantas daninhas, fitotoxicidade, características agronômicas e produtividade do feijoeiro-comum, em duas épocas de semeadura nas condições climáticas de Lavras - Minas Gerais, foram conduzidos dois experimentos na área experimental da Universidade Federal de Lavras, Fazenda Muquém, o primeiro em condições de sequeiro (feijão das águas) na safra 2016/17, e o segundo em condições de inverno (feijão de inverno) na safra 2017. A primeira avaliação foi utilizando um delineamento casualizado em blocos com quatro repetições para cada um dos cultivares de feijão (BRS Pérola, IPR Tuiuiú e BRSMG Ouro Vermelho), com um tratamento T0: capina normal e os tratamentos isolados e em mistura (T1: Flex[®] 1 L ha⁻¹; T2: Flex[®] 1,5 L ha⁻¹; T3: Amplo[®] 1 L ha⁻¹; T4: Amplo[®] + Flex[®] (1 L ha⁻¹ + 0,5 L ha⁻¹) e T5: Amplo[®] + Flex[®] (1 L ha⁻¹ + 0,35 L ha⁻¹)). Foram estudadas, nas duas épocas a eficiência no controle de plantas daninhas. A segunda avaliação foi utilizado um delineamento estatístico em blocos casualizados em faixas com quatro repetições, avaliando-se três cultivares de feijão (BRS Pérola, IPR Tuiuiú e BRSMG Ouro Vermelho), com um tratamento T0: capina normal e os tratamentos isolados e em mistura (T1: Flex[®] 1 L ha⁻¹; T2: Flex[®] 1,5 L ha⁻¹; T3: Amplo[®] 1 L ha⁻¹; T4: Amplo[®] + Flex[®] (1 L ha⁻¹ + 0,5 L ha⁻¹) e T5: Amplo[®] + Flex[®] (1 L ha⁻¹ + 0,35 L ha⁻¹)). Foram estudados, nas duas épocas de semeadura fitotoxicidade, características agronômicas e a produtividade das variedades de feijoeiro em conjunto. Na primeira avaliação, o Amplo[®] 1 L ha⁻¹ não teve eficiência no controle de plantas daninhas nos cultivares BRS Pérola e IPR Tuiuiú. Na segunda avaliação, as aplicações dos herbicidas isolados e em mistura, apresentaram seletividade aos cultivares de feijão, não obstante, houve redução na produtividade devido ao deficiente controle de plantas daninhas. Porém, é preciso ainda continuar com as pesquisas em diferentes locais, épocas de semeadura e assim como de novos cultivares.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Época de semeadura. Fitotoxicidade.

ABSTRACT

In order to evaluate the post-emergence herbicides on weed control, phytotoxicity, agronomic traits and common bean yield, two experiments were carried out in the experimental area of the experiment at two sowing seasons in the climatic conditions of Lavras, Minas Gerais State. And the second in winter conditions (winter bean) in the 2017 harvest. The first evaluation was using a randomized design in (T1: Flex® 1 L ha⁻¹, T2: 2), and the treatments were isolated and mixed (T1: Flex® 1 L ha⁻¹, T2: (1 L ha⁻¹ + 0.5 L ha⁻¹) and T5: Ample® + Flex® (1 L ha⁻¹ + 0.35 L ha⁻¹)). Efficiency in weed control was studied in both seasons. The second evaluation was done using a randomized complete block design with four replicates, evaluating three bean cultivars (BRS Pérola, IPR Tuiuiú and BRSMG Ouro Vermelho), with a T0 treatment: normal weeding and the isolated and mixed treatments (1 L ha⁻¹ + 0.5), and in the presence of a large amount of water, L ha⁻¹) and T5: Ample® + Flex® (1 L ha⁻¹ + 0.35 L ha⁻¹)). In the two sowing seasons phytotoxicity, agronomic characteristics and yield of common bean varieties were studied. In the first evaluation, Amplo® 1 L ha⁻¹ was not efficient in weed control in BRS Pérola and IPR Tuiuiú cultivars. In the second evaluation, herbicide applications isolated and mixed showed selectivity to bean cultivars, however, there was a reduction in productivity due to poor weed control. However, it is still necessary to continue the research in different places, sowing times and new cultivars.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Sowing season. Fitotoxicity.

1 INTRODUÇÃO

Devido à ampla adaptação do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) as variadas condições edafoclimáticas do Brasil, a cultura integra grande parte dos sistemas de produção de culturas anuais no Brasil. Normalmente é cultivado em três safras: safras das águas, com semeadura de outubro a dezembro; safra da seca, com semeadura de janeiro a março; safra de inverno, com semeaduras de abril a junho.

Atualmente, em todas as épocas de semeadura, a interferência das plantas daninhas é considerada um dos fatores que mais contribuem para reduzir a produtividade do feijoeiro. Um dos maiores problemas enfrentados no controle de plantas daninhas no feijoeiro tem sido a pouca disponibilidade de produtos e a falta de lançamentos de novos herbicidas nos últimos anos, para controle de folhas largas (dicotiledôneas). Um dos herbicidas, o Amplo[®], mais utilizado na cultura para controle de folhas largas foi lançado há cerca de dez anos.

Diante da falta de novos produtos, tem-se utilizado combinações de herbicidas, com ação pré e pós-emergência, com diferentes mecanismos de ação, visando aumentar os níveis de controle (BRESSANIN et al., 2015). A combinação desses produtos contribui para reduzir a pressão de seleção e diminuir novos casos de plantas resistentes (GALON et al., 2016).

Na atualidade, existem 27 ingredientes ativos (i.a.) registrados para o controle de plantas daninhas na cultura do feijão no Brasil. Desses ingredientes ativos, três são para aplicações antes da semeadura ou pré-emergência, e 24 são para aplicação em pós-emergência. Apesar disso, dos ingredientes ativos registrados para aplicação em pós-emergência, apenas sete são para o controle de folhas largas (dicotiledôneas), e onze para o controle de folhas estreitas (monocotiledôneas) (AGROFIT, 2018).

Apesar de existirem 11 ingredientes ativos para o controle de plantas daninhas de folhas estreitas na cultura do feijão, todos apresentam o mesmo mecanismo de ação, dificultando a rotação de mecanismos de ação, conforme é preconizado na literatura. Tratam-se de herbicidas inibidores da ACCase (Acetil-CoA carboxilase), os quais são divididos em dois grupos químicos oxima ciclohexanodiona (DIMs) e ácido ariloxifenoxipropiônico (FOPs) WEED SCIENCE (2018b).

Para controle de folhas largas, há três produtos (imazamox, imazapyr e imazethapyr) cujo mecanismo de ação é a inibição da ALS (Acetolactato sintase), pertencentes ao grupo das Imidazolinonas. Existem outros três produtos inibidores da PROTOX (protoporfirinogênio

oxidase), que são fomesafen, acifluorfen-sodium e acifluorfen, sendo o fomesafen recomendado também para o manejo pré-emergente. Por último o bentazon, cujo mecanismo de ação é a inibição do fotossistema II (PSII)agr.

Enquanto algumas pesquisas têm demonstrando eficácia no controle de plantas daninhas, por alguns produtos como fomesafen (CASTRO, 1993; JUNIOR et al., 2016), imazamox + bentazon (SILVA et al., 2013), outros estudos demonstraram injúrias indesejáveis na cultura do feijoeiro. Estas últimas podem comprometer a produtividade de grãos (SILVA & SILVA, 1984; RIOS & ROJAS, 1987; SANTOS, 1991).

Além disso, os estudos realizados foram com cultivares diferentes das utilizadas nos sistemas de produção atuais. Acredita-se que possa haver diferenças de sensibilidade dos atuais cultivares a moléculas isoladas, bem como nas misturas das mesmas, justificando a necessidade de novos estudos.

Assim, objetivou-se avaliar a eficiência dos herbicidas isolados ou em mistura no controle de plantas daninhas e a fitotoxicidade nas cultivares de feijão, bem como nos caracteres da produtividade em feijoeiro dos grupos carioca, preto e vermelho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

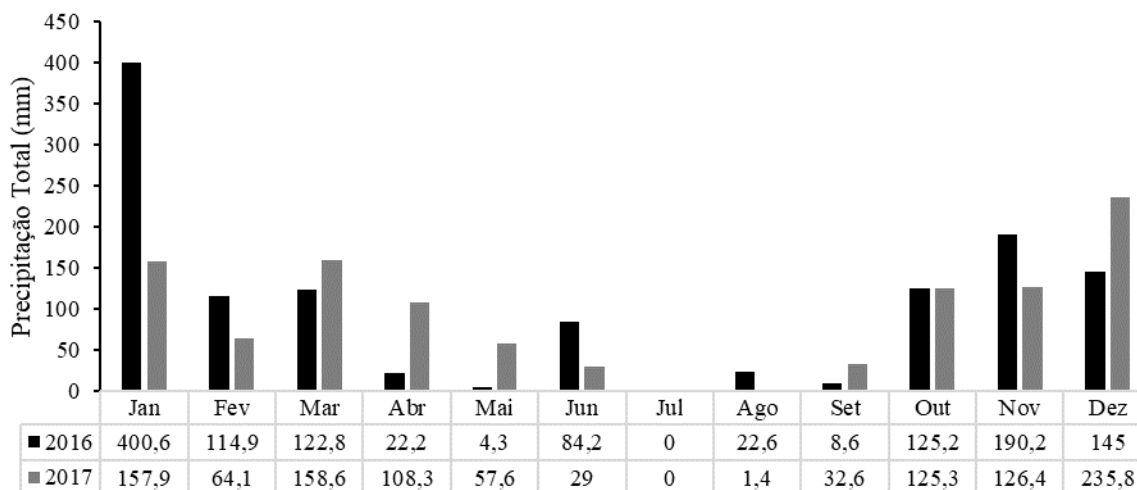
Os experimentos foram conduzidos no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária (CDCTA) – Fazenda Muquém/Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - Minas Gerais (MG), durante os anos agrícolas 2016 e 2017. O CDCTA/UFLA, tem como coordenadas geográficas a latitude de 21°14' S, longitude 45°00' W e altitude de 918 m. O clima do município de Lavras, possui estações definidas, sendo seca de abril a setembro e chuvoso de outubro a março. É do tipo Cwa, conforme a classificação climática de Köppen (DANTAS et al., 2007). A temperatura média anual está em torno de 20,4°C, tendo, no mês mais quente e no mês mais frio, temperaturas médias de 22,8°C e 17,1°C, respectivamente. A precipitação anual é de 1 460 mm, a evaporação total do ano igual a 1 034,3 mm e a umidade relativa média anual de 76 %. As temperaturas máximas e mínimas médias durante a época de condução dos experimentos, são detalhadas na Tabela 1. As precipitações médias mensais são detalhadas na Figura 1.

Tabela 1 - Temperaturas máximas e mínimas médias mensais ocorridas em Lavras nos anos de 2016 e 2017.

Mês	2016		2017	
	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
Janeiro	28,3	19,0	30,3	19,3
Fevereiro	30,7	19,3	29,9	18,6
Março	29,2	18,9	29,3	17,6
Abril	29,6	17,4	27,6	16,7
Mai	25,7	14,4	25,1	14,9
Junho	23,4	12,3	24,8	12,7
Julho	25,8	11,7	23,1	10,9
Agosto	27,1	12,9	26,5	12,4
Setembro	30,1	15,5	29,0	13,4
Outubro	28,8	17,4	29,3	17,1
Novembro	27,4	17,4	27,2	17,3
Dezembro	29,5	18,1	29,0	18,4

Fonte: Do autor (2018).

Figura 1 – Representação gráfica das precipitações médias pluviométrica nos anos agrícolas 2016 e 2017 (Dados obtidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras – MG, situada no campus da Ufla, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET).



Fonte: Do autor (2018).

As áreas experimentais apresentam solo tipo Latossolo Vermelho Distroférico-típico (LVdf). A caracterização química da camada de 0 a 20 cm dos solos é apresentada na Tabela 2. O primeiro experimento foi conduzido na safra das “águas” 2016/2017. Por seu turno, a segunda avaliação foi realizada na safra de “inverno” 2017 adotando irrigação suplementar.

Tabela 2 - Caracterização química dos solos utilizados nos experimentos (0 a 20 cm de profundidade) nas duas safras. (Continua).

CARACTERÍSTICAS	SAFRA 2016/2017	SAFRA 2017
	FEIJÃO DAS ÁGUAS	FEIJÃO DE INVERNO
pH em água	5,6	5,9
P (mg dm ⁻³)	3,7	22,8
K (mg dm ⁻³)	61,4	141,8
Ca (cmolc dm ⁻³)	1,9	3,8
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,3	0,8
Al (cmolc dm ⁻³)	0,3	0,1
H+Al (cmolc dm ⁻³)	3,6	3,4
SB (cmolc dm ⁻³)	2,4	4,6
CTC _t (cmolc dm ⁻³)	2,7	5,0
CTC _T (cmolc dm ⁻³)	6,0	8,3

Tabela 2 - Caracterização química dos solos utilizados nos experimentos (0 a 20 cm de profundidade) nas duas safras. (Conclusão).

CARACTERÍSTICAS	SAFRA 2016/2017	SAFRA 2017
	FEIJÃO DAS ÁGUAS	FEIJÃO DE INVERNO
V (%)	40,0	59,4
m (%)	11,2	2,0
M.O. (dag kg ⁻¹)	2,3	2,0

*SB= soma de bases, CTCt= Capacidade de troca de cátions efetiva, V= saturação por bases, m= saturação por alumínio, M.O.= matéria orgânica.

Fonte: Do autor (2018).

O delineamento experimental utilizado foi casualizado em blocos (DBC) disposto em faixas, com quatro repetições. As faixas foram constituídas por três cultivares de feijão (TABELA 3). Sendo os tratamentos os herbicidas, combinados ou não, e um controle, capina normal (TABELA 4).

A parcela experimental foi constituída por seis linhas de dez metros de comprimento, com espaçamento de 0,6 m entre linhas, perfazendo 36 m² de área total e 12 m² de área útil (duas linhas centrais).

Tabela 3 - Cultivares de feijoeiro utilizados nos experimentos, com respectivas origens e principais características. (Continua)

CULTIVAR	ORIGEM	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
BRS Pérola ⁽¹⁾	Embrapa/ Arroz e Feijão	Grupo comercial Carioca, de hábito de crescimento tipo II/III, ciclo normal (85 a 95 dias), resistência intermedia ao fusarium, mancha angular e ferrugem, sendo suscetível ao crestamento bacteriano e antracnose.
IPR Tuiuiú ⁽²⁾	IAPAR	Grupo comercial Preto, de hábito de crescimento tipo II, ciclo médio (88 dias até colheita), moderada resistência a ferrugem, mancha angular e oídio, suscetível a crestamento bacteriano comum.

Tabela 3 - Cultivares de feijoeiro utilizados nos experimentos, com respectivas origens e principais características. (Conclusão)

CULTIVAR	ORIGEM	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
BRSMG Ouro Vermelho ⁽³⁾	Embrapa/ EPAMIG/ UFLA/ UFV/ UFU/ Coopertinga	Grupo comercial Vermelho, de hábito de crescimento tipo II, ciclo médio (85 dias até colheita), tolerância à mancha angular e ferrugem.

*⁽¹⁾ Adaptado de Yokayama et al. (1999) & BRASIL (2014); ⁽²⁾ Adaptado de IAPAR (2000); ⁽³⁾ Adaptado de MAPA (2004).

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 4 - Tratamentos avaliados no campo com os cultivares de feijoeiro.

TRAT.	PRODUTOS COMERCIAIS (P.C)	INGREDIENTE ATIVO (I.A)	DOSES	
			p.c. (L ha ⁻¹)	i.a (g ha ⁻¹)
0	Controle manual	-	-	-
1	Flex [®]	fomesafen	1	250
2	Flex [®]	fomesafen	1,5	375
3	Amplo [®]	bentazon + imazamox	1	600 + 28
4	Amplo [®] + Flex [®]	(bentazon + imazamox) + fomesafen	(1) + 0,5	(600 + 28) + 125
5	Amplo [®] + Flex [®]	(bentazon + imazamox) + fomesafen	(1) + 0,35	(600 + 28) + 87,5

Fonte: Do autor (2018).

Na condução da safra de verão de 2016/17, a semeadura foi realizada no mês de novembro (feijão sequeiro). No inverno de 2017, a semeadura foi realizada no mês de julho, sendo conduzido numa área com pivô (feijão de inverno e irrigado). As colheitas foram

realizadas, de acordo as respectivas safras, nos meses de janeiro e outubro de 2017, respectivamente.

Nas duas safras de feijão, a semeadura foi sob sistema de plantio direto (SPD). Na área de sequeiro (safra 2016/17), tendo em vista a necessidade de calagem, realizou-se a aplicação de 1,7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (12 % MgO), cuja dose foi calculada para levar a saturação por bases a 70 %.

Como as áreas estavam sob SPD, as mesmas foram previamente dessecadas, 15 dias antes da semeadura, com glifosato e 2-4 D, nas dosagens de 1 440 g ha⁻¹ e 720 g ha⁻¹ de i.a., respectivamente. Posteriormente, foram realizadas as semeaduras utilizando-se 13 sementes por metro linear.

As recomendações de adubações da cultura de feijão foram realizadas de acordo como Souza et al. (2002). A adubação no sulco de semeadura da cultura do feijão foi realizada com 320 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 (27 kg de N, 90 kg de P₂O₅ e 50 kg de K₂O). A adubação de cobertura constituiu-se de 240 kg ha⁻¹ de ureia (108 kg de N) e 90 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (54 kg de K₂O), no estágio V4 (três trifólios abertos). No estágio vegetativo V3 (um trifólio aberto) foi feita a aplicação de Fusilade[®], na dose de 500 ml ha⁻¹ para controle de folhas estreitas.

Os diferentes tratamentos de herbicidas foram aplicados no estágio V4 (três trifólios abertos). As pulverizações foram realizadas na cultura do feijoeiro com pulverizador a pressão constante de CO₂, equipado com barra de quatro bicos leque, distanciados a 0,50 m (JÚNIOR et al., 2016). Trabalhou-se a uma altura constante de 0,50 m acima do solo, com vazão de 250 L ha⁻¹.

Para evitar problemas com deriva dos produtos, foram erguidas proteções nas laterais com lona de plástico, sendo as pulverizações efetuadas no período da manhã, com pouco vento. Na testemunha capinada, o controle foi realizado com um capina manual, realizada aos 20 dias após emergência (DAE). Para o manejo de pragas foram realizados monitoramentos sendo realizadas aplicações de inseticidas, quando necessário. Para o manejo de doenças, foram aplicados fungicidas de forma preventiva, nos estádios (V4, R5 e R7).

Após sete dias da aplicação dos herbicidas, foram realizadas as avaliações do grau de infestação de plantas daninhas por tratamentos, determinando-se o número de plantas daninhas por espécie. Para isso, as avaliações foram realizadas utilizando-se um quadrado de 0,5 m x 0,5 m. Dentro do quadrado, foram contadas as plantas daninhas, para a determinação

da densidade de plantas por espécie (planta m⁻²) e a densidade relativa foi obtida pelo número de plantas de cada espécie em relação ao total, em porcentagem.

Aos sete e quatorze dias após a aplicação dos herbicidas, realizaram-se as avaliações do controle de plantas daninhas, segundo a escala por meio visual (SILVA, 2012). Além dessa avaliação, aos 14 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, foram avaliados os sintomas de intoxicação das plantas de feijão pelos herbicidas, utilizando-se a escala descrita na Tabela 5.

Tabela 5 - Conceitos atribuídos à eficiência de controle de plantas daninhas, segundo a escala da *Asociación Latinoamericana de Malezas*, e porcentagem de intoxicação de plantas pelos herbicidas avaliados por meio de avaliação visual.

CONTROLE (%)	EFICIÊNCIA DE FITOTOXICIDADE		INTERPRETAÇÃO
	CONTROLE	(%)	
0 – 40	Muito ruim	0 – 10	Nulo
41 – 60	Ruim	11 – 20	Muito leve
61 – 70	Regular	21 – 30	Leve
71 – 80	Bom	31 – 60	Moderado
81 – 90	Muito bom	61 – 70	Forte
91 – 100	Ótimo	71 - 90	Muito forte
		91 - 100	Morte

Fonte: SILVA (2012).

Para o rendimento de grãos, as plantas de feijão foram colhidas quando atingiram a maturação fisiológica (Estádio R9). Após a colheita, foram deixadas expostas ao sol para que reduzissem o teor de umidade, facilitando-se a trilha. A produtividade de grãos (PG) em kg ha⁻¹ foi calculada após a pesagem dos grãos e determinação da umidade. A umidade foi corrigida para 13 %.

2.1 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e, para comparar as médias dos tratamentos entre todos, utilizou-se o teste de Scott-Knott, sendo

adotado o nível de 5% de significância, com emprego do “software SISVAR” (FERREIRA, 2011).

Para os dados de controle de plantas daninhas, foram realizadas avaliações iniciais por faixas (cultivar), visando comparar os tratamentos de herbicidas considerando os dias observados (sete e 14 dias). Para isso, utilizou-se o seguinte modelo estatístico: DBC (1), para verificar as fontes de variação no experimento.

$$Y_{jks} = \mu + S_s + h_k + h_k.S_s + b_j + E_{jks} \quad (1)$$

Y_{jks} é o valor observado de porcentagem no j-ésimo bloco, k-ésimo herbicida e s-ésima safra;

μ é uma constante inerente;

S_s efeito do s-ésima safra ($s = 1,2$);

b_j é o efeito do j-ésimo bloco ($j = 1,2,3,4$);

h_k é o efeito do k-ésimo herbicida ($k = 1,2,3,4,5,6$);

$h_k.S_s$ é o efeito de interação entre k-ésimo herbicida e s-ésima safra;

E_{jks} é o efeito do erro experimental associado às observações Y_{jks} , supondo independência, com média zero, variância constante e normalmente distribuídos.

Posteriormente, realizou-se o desdobramento para as interações que foram significativas.

Para os dados de produtividade, foram realizadas avaliações por safra (época de semeadura), visando comparar os tratamentos de herbicidas em cada cultivar de feijão. Para isso, utilizou-se o seguinte modelo estatístico: DCB em faixas em conjunto (2), para verificar as fontes de variação no experimento.

$$Y_{ijks} = \mu + S_s + b_{j(s)} + c_i + E_{i(js)} + h_k + h_k.S_s + E_{k(js)} + h_k.c_i + h_k.c_i.S_s + E_{ik(js)} + E_{ijks} \quad (2)$$

Y_{ijks} é o valor observado de kg ha^{-1} no i-ésimo cultivar, j-ésimo bloco, k-ésimo herbicida e s-ésima safra;

μ é uma constante inerente;

S_s efeito do s-ésima safra ($s = 1,2$);

$b_{j(s)}$ é o efeito do j-ésimo bloco dentro do s-ésima safra ($j = 1,2,3,4$);

c_i é o efeito do i -ésimo cultivar ($i = 1,2,3$);

h_k é o efeito do k -ésimo herbicida ($k = 1,2,3,4,5,6$);

$h_{k.S_s}$ é o efeito de interação entre k -ésimo herbicida e s -ésima safra;

$h_{k.c_i}$ é o efeito de interação entre k -ésimo herbicida e i -ésimo cultivar;

$h_{k.c_i.S_s}$ é o efeito de interação entre k -ésimo herbicida, i -ésimo cultivar e s -ésima safra;

E_{ijks} é o efeito do erro experimental associado às observações Y_{ijks} , supondo independência, com média zero, variância constante e normalmente distribuídos.

Posteriormente, realizou-se o desdobramento para as interações que foram significativos ao nível de significância adotado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eficiência no controle de plantas daninhas e fitotoxicidade dos herbicidas aos cultivares de feijão

Quando se realizaram as avaliações de ocorrência, ou de controle de plantas daninhas para os cultivares de feijão estudados, um dos principais problemas foi a precisão experimental, porque a ocorrência e a distribuição das plantas daninhas dificilmente são uniformes nas áreas. Devido a esse fato observou-se altos coeficientes de variação nas áreas, geralmente acima de 20 % (TABELAS 6 e 7). Esse fato também já foi observado por outros autores (CANO & LÓPEZ, 1996; MARINHO, 1999; SILVA et al., 2014).

Tabela 6 - Valores médios da porcentagem de eficiência no controle de plantas daninhas aos 7 DDA em função dos diferentes herbicidas para cada uma das cultivares.

TRAT.	DOSE	BRS PÉROLA		IPR TUIUIÚ		BRSMG OURO VERMELHO	
		Safra 1	Safra 2	Safra 1	Safra 2	Safra 1	Safra 2
	L ha ⁻¹				%		
Controle	-	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
Flex [®]	1	94,4 aA	75 aA	89,5 aA	75 aA	91,3 aA	100 aA
Flex [®]	1,5	87,4 aA	100 aA	97,5 aA	100 aA	97,1 aA	100 aA
Amplo [®]	1	30,2 bB	100 aA	-5,7 bB	75 aA	77,8 aA	75 aA
Amplo [®] + Flex [®]	1 + 0,5	92,5 aA	100 aA	96,7 aA	100 aA	70,7 aA	100 aA
Amplo [®] + Flex [®]	1 + 0,35	65,8 bA	100 aA	91,4 aA	100 aA	88,4 aA	100 aA
C.V. (%)		24,8		37,1		22,7	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

Para a eficiência no controle de plantas daninhas, constataram-se interação significativa ($p < 0,05$) entre herbicidas x safras (TABELA 8, APÊNDICE A). Para o feijão BRS Pérola, aos 7 e 14 DDA; para o feijão IPR Tuiuiú aos 14 DDA e sem interação para o BRSMG Ouro Vermelho (TABELA 9, APÊNDICE B) e (TABELA 10, APÊNDICE C).

Tabela 7 - Valores médios da porcentagem de eficiência no controle de plantas daninhas aos 14 DDA em função dos diferentes herbicidas para cada uma das cultivares. (Conclusão)

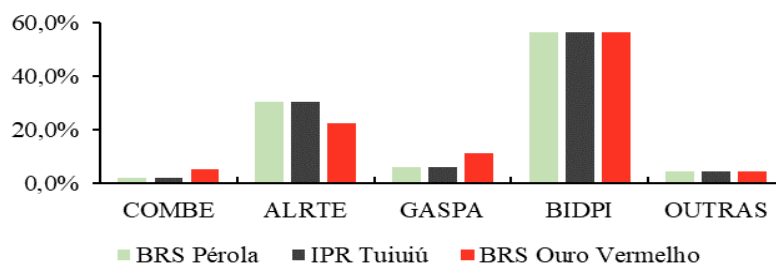
TRAT.	DOSE	BRS PÉROLA		IPR TUIUIÚ		BRSMG OURO VERMELHO	
		Safra 1	Safra 2	Safra 1	Safra 2	Safra 1	Safra 2
Flex [®]	1	88,8 aA	25 bB	83,9 aA	41,7 aA	82,4 aA	50 aA
Flex [®]	1,5	81,5 aA	75 aA	93,8 aA	50 aA	99,9 aA	37,5 bA
Amplo [®]	1	36,3 bA	95,8 aA	-14,7 bB	75 aA	97,3 aA	75 aA
Amplo [®] + Flex [®]	1 + 0,5	82,8 aA	55 aB	95,5 aA	75 aA	97,5 aA	66,8 aA
Amplo [®] + Flex [®]	1 + 0,35	78,9 aA	75 aA	75,9 aA	66,7 aA	96,4 aA	50 aA
C.V. (%)		45,7		61,3		44,7	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

Na área com o cultivar BRSMG Ouro Vermelho, com aplicação de 1,5 L ha⁻¹ de Flex[®] ocorreu a menor porcentagem de controle de plantas daninhas na safra feijão de inverno (Safra 2), aos 14 DDA. É importante conhecer as plantas infestantes na área para poder entender os porquês das eficiências ou não dos produtos herbicidas. Assim, as principais espécies de plantas daninhas observadas na área experimental, na primeira safra foram, segundo o Bayer Code (WSSA, 2018) *Bidens pilosa* (picão-preto) (BIDPI), *Alternanthera tenella* (apaga-fogo) (ALRTE), *Galinsoga parviflora* (botão-de-ouro) (GASPA), *Commelia benghalensis* L. (trapoeraba) (COMBE), dentre outras (FIGURA 2).

Figura 2 – Porcentagem de plantas daninhas na área total nos dias zero (0) após a aplicação dos diferentes herbicidas para cada uma das cultivares.



Fonte: Do autor (2018).

A baixa eficiência de controle do Amplo[®] na primeira safra, pode estar relacionado à ocorrência desuniforme das plantas daninhas nas parcelas experimentais e à presença de *Alternanthera tenella* (apaga-fogo) e *Bidens pilosa* (picão-preto) em maior população na área total (FIGURA 2). Os dados obtidos no controle de plantas daninhas diferem dos obtidos por Cobucci & Machado (1999). Os autores observaram eficiente controle de *Bidens pilosa*, com imazamox (30 g i.a. ha⁻¹), em mistura ou em aplicação sequencial com bentazon (480 g i.a. ha⁻¹) ou fomesafen (125 g i.a. ha⁻¹), apesar de se verificar efeito antagônico da mistura ou da aplicação sequencial. Por sua vez, Nicolai et al. (2006) não recomendam a utilização de herbicidas inibidores de ALS para o controle de biótipos resistentes de *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*. Mas, de qualquer modo, a característica de resistência da *Bidens pilosa* aos ALS não foi avaliada.

No caso de apaga-fogo, embora apresente maior germinação na presença de luz, também germina na ausência. Isso faz com que essa espécie de planta daninha possa emergir tardiamente durante o ciclo das culturas de verão, dificultando seu controle (CANOSSA et al., 2008). Canossa et al. (2007) observaram baixos níveis de controle de apaga fogo com a aplicação de fomesafen (250 g ha⁻¹) e bentazon (720 g ha⁻¹), os quais não foram considerados aceitáveis. De modo geral, com exceção do herbicida Flex[®], a eficiência no controle de plantas daninhas na Safra 2 (feijão de inverno), foi semelhante entre os tratamentos, para os três cultivares aos 14 DDA. O pior controle foi obtido com o herbicida Flex[®] (1 L ha⁻¹), com o cultivar BRS Pérola. Pode ser devido a maior infestação de trapoeraba na área com o feijão BRS Pérola. Esta planta daninha não é eficientemente controlada por fomesafen 125 g ha⁻¹, aplicado 33 dias após a semeadura (MACIEL et al., 2002).

Na média das duas safras, nenhum dos tratamentos com herbicidas causaram fitotoxicidade nos três cultivares do feijoeiro comum, comprovando a seletividade dos herbicidas ao feijoeiro (TABELA 8). Este resultado difere dos obtidos por Marinho (1999), que observou sintomas de fitotoxicidade nas folhas do feijoeiro a partir de 24 horas, após as aplicações de 0,5 kg (i.a.) ha⁻¹ de fomesafen no cultivar Pérola, embora sem reflexo na produtividade da cultura. Por sua vez, Santos (1991) observou que o fomesafen foi seletivo ao feijoeiro, independente da linhagem, doses ou época de aplicação do produto. Isso também é reafirmado por Escher (2001), indicando que o fomesafen nas doses de 62,5, 125, 187,5 e 250 g ha⁻¹, isoladas ou em mistura com 600 g ha⁻¹ de bentazon, foram seletivos para a cultura do

feijão. Linhares et al. (2014) concluíram que a mistura de bentazon + imazamox não altera as características de crescimento das plantas do feijoeiro, apresentando seletividade.

Tabela 8 - Valores médios da fitotoxicidade (%) nas duas safras, avaliada aos 7 e 14 DDA.

TRAT.	DOSE L ha ⁻¹	BRSMG OURO VERMELHO					
		BRS PÉROLA		IPR TUIIUÚ			
		7 DDA	14 DDA	7 DDA	14 DDA	7 DDA	14 DDA
Controle	-	0	0	0	0	0	0
Flex [®]	1	0	0	0	0	0	0
Flex [®]	1,5	0	0	0	0	0	0
Ampl [®]	1	0	0	0	0	0	0
Ampl [®] + Flex [®]	1 + 0,5	0	0	0	0	0	0
Ampl [®] + Flex [®]	1 + 0,35	0	0	0	0	0	0

Fonte: Do autor (2018).

3.2 Efeito dos herbicidas na produtividade do feijoeiro

No caso da produtividade, constatou pela análise de variância conjunta dos dados que a mesma foi afetada pela safra e cultivar de forma isolada. Além disso, foi afetada pela interação do herbicida e cultivar (TABELA 9).

Com o desdobramento da interação dupla foi possível estudar o efeito dos herbicidas para cada cultivar de feijão, bem como verificar o efeito da cultivar dentro de cada tratamento de herbicida (TABELA 14, APÊNDICE D e TABELA 15, APÊNDICE E).

Tabela 9 - Resumo da análise de variância conjunta das características relativas à produtividade do feijoeiro-comum (safra feijão das águas e safra feijão de inverno). (Continua)

FATORES DE VARIAÇÃO	G.L.	Valor-p
Safra (S)	1	0,0000*
Bloco (Safra)	6	0,2285 ^{ns}
Cultivar (C)	2	0,0006*
S x C	2	0,5863 ^{ns}
Erro1	12	

Tabela 9 - Resumo da análise de variância conjunta das características relativas à produtividade do feijoeiro-comum (safra feijão das águas e safra feijão de inverno). (Conclusão)

FATORES DE VARIAÇÃO	G.L.	Valor-p
Herbicida (H)	5	0,2539 ^{ns}
H x S	5	0,5327 ^{ns}
Erro2	30	
H x C	10	0,0320*
H x C x S	10	0,1530 ^{ns}
Erro3	60	
Total	143	
C.V. 1 (%) = 33,5		
C.V. 2 (%) = 20,8		
C.V. 3 (%) = 21,0		

C.V.: Coeficiente de variação; G.L.: Grau de liberdade; ^{ns}não significativo; *significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

Com exceção de quando se fez o controle manual (capina) e quando se aplicou a dose de 1,5 L ha⁻¹ de Flex[®], o cultivar de feijão IPR Tuiuiú apresentou as maiores produtividades que os cultivares BRS Pérola e BRSMG Ouro Vermelho (TABELA 10). Exceto no cultivar IPR Tuiuiú, nos demais cultivares não houve influência dos herbicidas utilizados na produtividade do feijoeiro (TABELA 10).

No caso de IPR Tuiuiú, as menores produtividades foram obtidas quando foi realizada a capina manual, ou a aplicação de Flex[®] na dose de 1,5 L ha⁻¹ e ainda, Amplo[®] na dose de 1 L ha⁻¹. A baixa eficiência do Amplo[®] no controle de plantas daninhas na primeira safra (feijão das águas) (TABELA 6 e 7) pode ter contribuído para a menor produtividade obtida nesse tratamento.

Tabela 10 - Valores médios da produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos cultivares em função dos tratamentos avaliados nas duas safras (feijão das águas e feijão de inverno), no caso, realizada em uma análise conjunta.

TRATAMENTOS	DOSE L ha^{-1}	PRODUTIVIDADE		
		PÉROLA	TUIUIÚ	OURO VERMELHO
Controle	-	1630 aA	2136 aB	1800 aA
Flex [®]	1	1400 bA	2446 aA	1782 bA
Flex [®]	1,5	1653 aA	2169 aB	2028 aA
Amplo [®]	1	1430 bA	1874 aB	2116 aA
Amplo [®] + Flex [®]	1 + 0,5	1804 bA	2578 aA	1796 bA
Amplo [®] + Flex [®]	1 + 0,35	1552 bA	2514 aA	1951 bA

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

Embora o Flex[®], na dose de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$, tenha controlado eficientemente as plantas daninhas (TABELA 6 e 7), sem fitotoxicidade visual nas plantas de feijão (TABELA 8), pode ter havido alguma fitotoxicidade oculta nas plantas do cultivar IPR Tuiuiú, levando as menores produtividades. É relatado por Cieslik et al (2014), que a possível explicação para a recuperação das plantas de feijão dos sintomas do herbicida inclui a falta de movimento do herbicida do tecido pulverizado para as novas brotações e a ação das enzimas glutathione S-transferase (GST), que desintoxicam os herbicidas.

O feijão IPR Tuiuiú manejado com a capina manual e com a aplicação de 1 L ha^{-1} de Amplo[®] apresentou produtividade semelhante a obtida com o Flex $1,5 \text{ L ha}^{-1}$. Embora a eficiência de controle manual de plantas tenha sido efetiva até 14 DDA (TABELA 7), não se avaliou a eficiência desta prática após os 14 dias de aplicação. Como esse método não apresenta residual, possivelmente as plantas daninhas que ocorreram após os 14 DDA podem ter afetado negativamente a produção do feijoeiro. No caso de feijão IPR Tuiuiú, cultivado nas parcelas tratadas com o Amplo[®], acredita-se que a menor eficiência no controle de plantas daninhas pode ter afetado as produtividades do feijoeiro.

Ressalta-se que a dose de Flex[®] para controle de plantas daninhas no feijoeiro, independentemente da cultivar é de 1 L ha^{-1} (dose comercial). A única mistura recomendada

oficialmente é de bentazon + imazamox (Ampló[®]), que é um produto comercial. As demais foram testadas por serem associações comumente realizadas na prática pelos produtores.

Embora no presente estudo somente a cultivar IPR Tuiuiú tenha tido sua produtividade afetada por diferentes herbicidas, é comum redução das produtividades devido as plantas daninhas. Em estudos realizados em feijão carioca, houve redução de 67 % na produtividade do feijão quando se compara a obtida na ausência total das plantas daninhas (testemunha no limpo – 2515,74 kg ha⁻¹) com a obtida na presença delas durante todo o ciclo (testemunha no mato – 1095,09 kg ha⁻¹) (SALGADO et al., 2007). Vogt et al (2013), observaram perdas de produtividade em cultivares de feijão preto variando de 30,8 a 54,9 %, devido a interferência de plantas daninhas. Galon et al. (2016) observaram que após 41 dias da emergência do cultivar IPR Tuiuiú há queda de aproximadamente do 30 % na produtividade quando se tem até 10 % de cobertura do solo por plantas daninhas.

No entanto, há diferenças entre os cultivares. Segundo Teixeira et al. (2009), os cultivares de tipo I apresentam menor potencial competitivo com as plantas daninhas, devido ao porte ereto associado ao menor número de ramificações, seguidos em maior competição os tipos II (IPR Tuiuiú e BRSMG Ouro Vermelho) e II/III (BRS Pérola), respectivamente.

4 CONCLUSÕES

O Amplo[®] (imazamox + bentazon), aplicado isoladamente é eficiente no controle de plantas daninhas nas cultivares BRS Pérola e IPR Tuiuiú.

O Flex[®] 1 L ha⁻¹ (fomesafen) isolado e as misturas Amplo[®] + Flex[®] (imazamox + bentazon + fomesafen) são eficientes no controle de plantas daninhas.

As aplicações isoladas e em mistura dos herbicidas não apresentam efeitos de fitotoxicidade para nenhum dos cultivares do feijoeiro-comum.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Consulta de Productos Formulados. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 28 mar 2018.
- ARAÚJO, G. A. A.; FERREIRA, A. A. C. B. Manejo do solo e plantio. In: TEIXEIRA, I. R. et al. Competition between the common bean and weed in function of cultivar growth type. **Plantas Daninhas**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 235-240, 2009.
- BLANCO, H.; OLIVEIRA, D. A.; ARAUJO, S. B. M. Competição de plantas daninhas com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biológico**, v. 35, p. 304-308, 1969.
- BRASIL. **Portal do Governo Brasileiro – Economia e Emprego**, 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2011/12/embrapa-disponibiliza-novas-variedades-de-arroz-e-feijao>> Acesso em: 19 mar 2017.
- BRESSANIN, F. N. et al. Eficácia de herbicidas aplicados isolados em pré e pós-emergência no controle de mucuna-preta. *Agrária*, v. 10, n. 3, p. 426-431, 2015. In: GALON, L. et al. Associação de herbicidas para o controle de plantas daninhas em feijão do tipo preto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 268-278, 2017.
- CASTRO, M. E. Control químico de cadillo *Xanthium stromarium* L. en frijol en la región lagunera. In: **Memoria XIV Congreso Nacional de la Ciencia en la Maleza**, Puerto Vallarta, Jalisco. México, p. 56, 1993.
- CIESLIK, L. F.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Fomesafen toxicity to bean plantas as a function of the time of application and herbicide dose. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 36, n. 3, p. 329-334, 2014.
- COBUCCI, T.; MACHADO, E. Seletividade, eficiência de controle de plantas daninhas e persistência no solo de imazamox aplicado na cultura do feijoeiro. **Plantas Daninhas**, v. 17, n. 3, p. 419-432, 1999.
- CANO, O; LÓPEZ, E. Control preemergente y postemergente de malezas en frijol, de humedad residual en Veracruz, Mexico. **Agronomía Mesoamericana**, v. 7, n. 2, p. 42-49, 1996.
- CANOSSA, R. S. et al. Effectiveness of herbicides for *Alternanthera tenella* control. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 6, n. 1. P. 1-12, 2007.
- CANOSSA, R. S. et al. Effect of temperature and light on joyweed (*Alternanthera tenella*) seed germination. **Plantas Daninhas**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 745-750, 2008.
- DANTAS, A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Amazônia Ocidental. Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade. **Documentos 115**, Manaus, AM, 18 p., 2014.

ESCHER, V. **Eficiência do fomesafen, isolado em mistura com bentazon, na cultura de feijão e seus efeitos residuais na cultura de sorgo, em sucessão**. 2001. 73 p. . Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GALON, L et al. Interference and economic threshold level for control of beggartick on bean cultivars. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 411-422, 2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR. **Tecnologia de cultivo. Informe de Pesquisa Nº 135 do IAPAR**, de junho de 2000. Disponível em:<<http://www.iapar.br/arquivos/File/folhetos/iprtuiuiu/iprtuiuiu.html>> Acesso em: 19 mar 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Banco de dados agregados: Levantamento sistemático da produção agrícola – Março 2018 [Minas Gerais]**. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/minas-gerais>> Acesso em: 05 mar 2018.

JÚNIOR, L. H. B. et al. Phytosociology of weeds in bean crops with different herbicides control. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 221-231, 2016.

LINHARES, C. M. S. et al. Crescimento do feijão-caupi sob efeito dos herbicidas fomesafen e bentazon + imazamox. *Revista Caatinga*, v. 27, n. 1, p. 41-49, 2014. In: GALON, L et al. Interference and economic threshold level for control of beggartick on bean cultivars. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 411-422, 2016.

MACIEL, C. D. de G.; CONSTANTIN, J.; JÚNIOR, R. S. de O. Manejo químico em semeadura atrasada e sua influência na ação de fomesafen aplicado em pós-emergência na cultura da soja. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1299-1305, 2002.

MARINHO, J. T. de S. **Comportamento de linhagens de feijoeiro em relação ao herbicida fomesafen**. 1999. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. Agencia de Informação Embrapa, 2004. **Cultivares do grupo roxo**. Disponível em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AG01_117_1311200395154.html> Acesso em: 21 mar 2018.

NICOLAI, M. et al. Alternativas de manejo para as populações picão-preto (*Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*) resistentes aos herbicidas inibidores da ALS. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, RS, n. 3, p. 72-79, 2006.

RIOS, T. A.; ROJAS, G. M. **Efectos fitotóxicos del fomesafen en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su acción en anatomía del tallo.** En VIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. San Luis-Potosí, México, p. 87-87, 1987.

SALGADO, T. P. et al. Weed interference in carioca beans (*Phaseolus vulgaris*). **Plantas Daninhas**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 443-448, 2007.

SANTOS, J. G. M. **Controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), no inverno.** 1991. 86 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

SILVA, V. P. **Eficiência e residual no solo de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura de feijão.** 2012. 49 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SILVA, K. S. et al. Efficiency of herbicides for cowpea crop. **Plantas Daninhas**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 197-205, 2014.

SILVA, N. G.; SILVA, J. F. Eficiência dos graminicidas setoxydim, fluazifop-butyl, CGA 82725, Dowco 453 e clopropoxidim isolados e em mistura, com bentazon e fomesafen em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), 1984. In: MARINHO, J. T. de S. **Comportamento de linhagens de feijoeiro em relação ao herbicida fomesafen.** 1999. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

SOUZA, D. M. G. de et al. **CERRADO – Correção do solo e adubação.** Embrapa Cerrado, Planaltina, GO, 416 p., 2002.

TEIXEIRA, I. R. et al. Competition between the common bean and weed in function of cultivar growth type. **Plantas Daninhas**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 235-240, 2009.

VIDAL, R. A.; KALSING, A.; GHEREKHLOO, J. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1675-1681, 2010.

VOGT, G. A. et al. Competitive ability of black common vean genotypes with weeds. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 37, n. 5, p. 397-402, 2013.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. WSSA. **Composite List of Weeds.** Disponível em:< <http://wssa.net/wssa/weed/composite-list-of-weeds/>> Acesso em: 11 jun 2018.

YOKOYAMA, L. P. et al. **Nível de aceitabilidade da cultura de feijão “Pérola”: avaliação preliminar.** Embrapa Arroz e Feijão-Documento 98, Santo Antônio de Goiás, GO, 20 p., 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela 11

Tabela 11 - Análise de variância da eficiência no controle de plantas daninhas do cultivar BRS Pérola.

FATORES DE VARIAÇÃO	G.L.	7 DDA	14 DDA
		Valor-p	Valor-p
Herbicida (H)	5	0,0343*	0,2185 ^{ns}
Safra (S)	1	0,0083*	0,4754 ^{ns}
H x S	5	0,0050*	0,0319*
Bloco	3	0,0246*	0,4429 ^{ns}
Erro1	33		
Total	47		
C.V. (%)		24,8	45,7

C.V.: Coeficiente de variação; G.L.: Grau de liberdade; ^{ns}não significativo; *significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

APÊNDICE B – Tabela 12

Tabela 12 - Análise de variância da eficiência no controle de plantas daninhas do cultivar IPR Tuiuiú.

FATORES DE VARIAÇÃO	G.L.	7 DDA	14 DDA
		Valor-p	Valor-p
Herbicida (H)	5	0,0012*	0,0581 ^{ns}
Safra (S)	1	0,1495 ^{ns}	0,7295 ^{ns}
H x S	5	0,0668 ^{ns}	0,0421*
Bloco	3	0,7708 ^{ns}	0,7617 ^{ns}
Erro1	33		
Total	47		
C.V. (%)		37,1	61,3

C.V.: Coeficiente de variação; G.L.: Grau de liberdade; ^{ns}não significativo; *significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

APÊNDICE C – Tabela 13

Tabela 13 - Análise de variância da eficiência no controle de plantas daninhas do cultivar BRSMG Ouro Vermelho.

FATORES DE VARIAÇÃO	G.L.	7 DDA	14 DDA
		Valor-p	Valor-p
Herbicida (H)	5	0,2502 ^{ns}	0,4661 ^{ns}
Safra (S)	1	0,1360 ^{ns}	0,0038*
H x S	5	0,7243 ^{ns}	0,5643 ^{ns}
Bloco	3	0,8277 ^{ns}	0,5210 ^{ns}
Erro1	33		
Total	47		
C.V. (%)		22,7	44,7

C.V.: Coeficiente de variação; G.L.: Grau de liberdade; ^{ns}não significativo; * significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

APÊNDICE D – Tabela 14

Tabela 14 - Análise de variância da análise do desdobramento (produtividade) de cultivar dentro de cada nível de herbicida.

FATORES DE VARIAÇÃO	G.L.	Valor-p
Cultivar/T0	2	0,0820 ^{ns}
Cultivar/T1	2	0,0001*
Cultivar/T2	2	0,0694 ^{ns}
Cultivar/T3	2	0,0121*
Cultivar/T4	2	0,0009*
Cultivar/T5	2	0,0003*
Erro	59	

G.L.: Grau de liberdade; ^{ns}não significativo; * significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

APÊNDICE E – Tabela 15

Tabela 15 - Análise de variância da análise do desdobramento (produtividade) de herbicida dentro de cada nível de cultivar.

FATORES DE VARIAÇÃO	G.L.	Valor-p
Herbidas/BRS Pérola	5	0,3521 ^{ns}
Herbidas/IPR Tuiuiú	5	0,0048*
Herbidas/BRSMG Ouro vermelho	5	0,4310 ^{ns}
Erro	90	

G.L.: Grau de liberdade; ^{ns}não significativo; * significativo a 5 % de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

**CHAPTER 3 RESIDUAL EFFECT OF HERBICIDES APPLIED ON BEAN
CULTURE OVER MAIZE YIELD**

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos dos herbicidas aplicados na cultura antecessora sobre a cultura do milho em sucessão, tais como a fitotoxicidade, características agronômicas e a produtividade em duas épocas de semeadura, nas condições climáticas de Lavras – Minas Gerais, conduzido na área experimental da Universidade Federal de Lavras, Fazenda Muquém. A primeira avaliação foi em condições de safrinha (2^a safra 2017), e a segunda avaliação foi em condições de verão (1^a safra 2017/18). O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados em faixas com quatro repetições, cultivado sob os cultivares de feijão BRS Pérola, IPR Tuiuiú e BRSMG Ouro Vermelho, sendo as parcelas experimentais os tratamentos com herbicidas isolados e em mistura (T1: Flex[®] 1 L ha⁻¹; T2: Flex[®] 1,5 L ha⁻¹; T3: Amplo[®] 1 L ha⁻¹; T4: Amplo[®] + Flex[®] (1 L ha⁻¹ + 0,5 L ha⁻¹) e T5: Amplo[®] + Flex[®] (1 L ha⁻¹ + 0,35 L ha⁻¹)) e um tratamento T0: capina normal na cultura antecessora. Foram estudados, nas duas épocas de semeadura, a fitotoxicidade, as características agronômicas e a produtividade do cultivar do milho em conjunto. As aplicações isoladas e em mistura dos herbicidas aplicados nas cultivares de feijão foram seletivos, além disso, não apresentaram efeitos negativos nas características agronômicas para a cultura de milho. Por outro lado, o milho safrinha cultivado sob BRS Pérola e IPR Tuiuiú não reduziu na produtividade pelos herbicidas.

Palavras-chaves: *Zea mays*. Residualidade. Época de semeadura.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of the herbicides applied on the predecessor crop before maize crop in succession, such as phytotoxicity, agronomic characteristics and yield for two sowing seasons, under climatic conditions prevailing at UFLA (Federal University of Lavras), at the Fazenda Muquém. The first evaluation was carried out based on the off-season harvest (2nd harvest 2017), and the second evaluation under summer conditions (1st harvest 2017/18). The statistical design was a completely randomized block design with four replicates, cultivated under BRS Pérola, IPR Tuiuiu and BRSMG Ouro Vermelho bean cultivars. The experimental plots were treated with herbicides, both isolated and mixed (T1: Flex® 1 L ha (1 L ha⁻¹ + 0.5 L ha⁻¹) and T 5: T 2: Flex® 1.5 L ha⁻¹; T3: Ample® 1 L ha⁻¹; Amplo® + Flex® (1 L ha⁻¹ + 0.35 L ha⁻¹)) and a T0: normal weeding treatment on the predecessor crop. The phytotoxicity, agronomic characteristics and productivity of maize cultivar altogether were studied throughout the two sowing seasons. The isolated and mixed applications of the herbicides used on the bean cultivars were selective. In addition, they did not present negative effects on the agronomic characteristics for the maize crop. On the other hand, second crop maize cultivated under BRS Pérola and IPR Tuiuiu did not have their yield reduced by herbicides.

Keywords: *Zea mays*. Residuality. Sowing time.

1 INTRODUCTION

Brazil currently ranks as the third largest producer of maize in the world, with a production of 98 million tons in the 16/17 harvest (CONAB, 2018). By the end of the 1990s, almost all maize in Brazil was produced in regular harvest seasons, with practically no off-season harvest for maize in succession to the soybean crop.

In the beginning of the 1980s, farmers in the states of Paraná and São Paulo started experimenting with maize in succession, which was called at the time “safrinha”, or off-season harvest (SILVA et al., 1999). Currently, off-season maize is a reality in Brazilian agriculture.

In 1990, 21 million tons were produced, from which 95% were produced in the first harvest and 5% in the off-season harvest. On the other hand, in the 2016/17 harvest, 97 million tons were produced, with 32 and 68% of this amount being produced in the first and in the off-season harvest, respectively (CONAB, 2018).

Until the early 2000s, most of the maize and soybean cultivars had normal or late cycles, making it difficult for the country to have two harvests a year. Thus, there was little concern with residual herbicides in the soil that could cause crop injury in succession cultures, as well as reduced yield of the second crop. The rare successions at that time were off-season harvest for maize, followed by dry season bean as the second crop. Currently, in addition to maize produced in the off-season harvest, after soybean cultivation, in many regions of Brazil, as in the south of Minas Gerais, there is a presence of off-season harvest maize systems followed by off-season bean, as well as off-season or winter/irrigated beans, followed by maize cultivation.

Thus, it is important to investigate not only the weed management in the predecessor crops, but also the effects of a possible carryover of herbicides applied in the successor crop (OLIVEIRA et al., 2013). According to Lorenzo et al. (2016), depending on environmental conditions, these residues can remain in the soil at concentrations that can cause damage and even death of plants in subsequent crops. In the last few years, some studies reporting the residual effects of herbicides on successor crops have been carried out in Brazil (REIS et al., 2014; DIAS et al., 2015, NETO et al., 2015, BANDEIRA et al.). However, there are still few

studies comparing the residual effects of herbicides on maize crop, when applied in association with lower doses on bean crop.

It is also worth noting that in the 1990s some studies were carried out aiming at evaluating the residual herbicides used in bean culture over maize culture (COBUCCI et al., 1997; SILVA et al., 1999). However, both bean and maize cultivars currently used are not the same as in the 1990s, being precocious and more productive. In this way, the objective was to evaluate the residual effect of the herbicides applied to bean crop on maize crop in succession, in different harvests.

2 MATERIAL AND METHODS

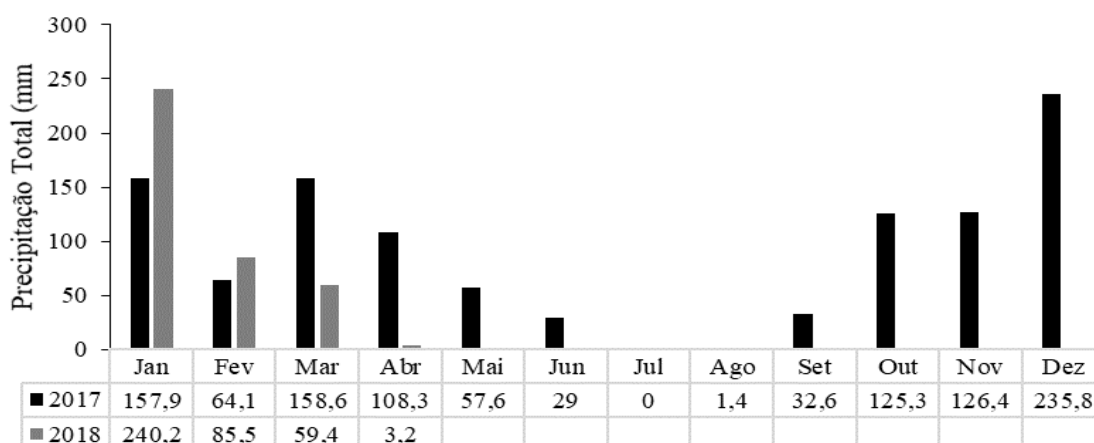
The experiments were conducted at the CDCTA (Center for Scientific and Technological Development in Agriculture) - Fazenda Muquém / UFLA (Federal University of Lavras), Lavras, Minas Gerais (MG), during the agricultural years 2017 and 2017/2018. The CDCTA / UFLA, has as geographical coordinates the latitude of 21° 14' S, longitude 45° 00' W and an altitude of 918 m. The municipality of Lavras has defined climatic seasons, being dry from April to September and rainy from October to March. This fit in the Cwa type climate, according to the Köppen climatic classification (DANTAS et al., 2007). The average annual temperature is around 20.4°C, with the hottest and the coldest months averaging temperatures of 22.8°C and 17.1°C, respectively. The annual rainfall is 1460 mm, the total evaporation for the year is 1034.3 mm and the average annual relative humidity is 76%. The maximum and minimum temperatures during the experiments are detailed in Table 1 and the average monthly rainfall are presented in Figure 1.

Table 1 - Maximum and minimum monthly temperatures registered in Lavras for the years 2017 and 2018.

Month	2017		2018	
	Maximum Temperature (°C)	Minimum Temperature (°C)	Maximum Temperature (°C)	Minimum Temperature (°C)
January	30.3	19.3	29.4	18.8
February	29.9	18.6	28.6	18.7
March	29.3	17.6	30.4	19.0
April	27.6	16.7	27.6	16.6
May	25.1	14.9	-	-
June	24.8	12.7	-	-
July	23.1	10.9	-	-
August	26.5	12.4	-	-
September	29.0	13.4	-	-
October	29.3	17.1	-	-
November	27.2	17.3	-	-
December	29.0	18.4	-	-

Source: Author (2018).

Figure 1 – Graphical representation of average rainfall registered for the agricultural years 2017 and 2018 (Data obtained by Lavras' Main Climatologic Station – MG, located at UFLA campus, in accordance to the National Institute of Meteorology – INMET).



Source: Author (2018).

The experimental areas present a typical Dystrophic Red Latosol (LVdf). The chemical characterization for the layer from 0 to 20 cm in depth is presented in Table 2. The first experiment was carried out under conditions of off-season maize (2017 harvest). In turn, the second assessment was carried out in the regular season maize harvest, 2017/18 harvest.

Table 2 - Results of the chemical analysis of soil samples used in the experiments (0 to 20 cm depth). UFLA, Lavras-MG, 2017/18. (Continues)

CHARACTERISTICS	2017 HARVEST	2017/2018 HARVEST
	OFF-SEASON	REGULAR SEASON
	MAIZE	MAIZE
pH in water	5.6	5.9
P (mg dm ⁻³)	3.7	22.8
K (mg dm ⁻³)	61.4	141.8
Ca (cmolc dm ⁻³)	1.9	3.8
Mg (cmolc dm ⁻³)	0.3	0.8
Al (cmolc dm ⁻³)	0.3	0.1

H+Al (cmolc dm⁻³) 3.6 3.4

Table 2 - Results of the chemical analysis of soil samples used in the experiments (0 to 20 cm depth). UFLA, Lavras-MG, 2017/18. (Conclusion)

CHARACTERISTICS	2017 HARVEST	2017/2018 HARVEST
	OFF-SEASON	REGULAR SEASON
	MAIZE	MAIZE
SB (cmolc dm ⁻³)	2.4	4.6
CTC _t (cmolc dm ⁻³)	2.7	5.0
CTC _T (cmolc dm ⁻³)	6.0	8.3
V (%)	40.0	59.4
m (%)	11.2	2.0
M.O. (dag kg ⁻¹)	2.3	2.0

SB= basis sum, CTC_t= Cations effective Exchange Capacity, V= saturation by basis, m= saturation by aluminum, M.O.= organic matter.

Source: Author (2018).

The first cultivation of maize was carried out in the off-season harvest (2017 off-season) with the sowing taking place in February 2017. The second harvest was in the regular maize harvest, 2017/18 harvest (1st regular harvest) and the sowing was carried out in December, using an area irrigated by central pivot. The harvests took place, according to the respective seasons, in June 2017 and April 2018, respectively.

For all experiments (off-season and regular season maize), the cultivar DKB 390PRO was assessed as a succession crop. According to DEKALB (2018), the cultivar presents high yield potential and stability, good adaptation to regular and off-season harvest conditions, and to high and low lands.

The experimental design used was randomized blocks in bands with four replicates. For the predecessor culture, each band was composed of different bean cultivars (BRS Pérola, IPR Tuiuiu and BRSMG Ouro Vermelho), used for bean harvest (wet season or fall-winter). In each harvest (1st and 2nd harvest) an experiment was carried out, with five treatments with different doses of herbicides (isolated and / or mixed) and a regular weed treatment (TABLE 3). The plots were constituted by herbicide treatments applied in the previous crop. Each Experimental plot was constituted by six bands with ten meters in length each, with spacing between bands of 0.6m, making 36m² of total area and 12m² of used area (two central bands).

Table 3 - Treatments applied to bean cultivars as a predecessor culture.

TREAT.	COMERCIAL PRODUCT (P.C)	ACTIVE INGREDIENT (I.A)	DOSES	
			p.c. (L ha ⁻¹)	i.a (g ha ⁻¹)
0	Manual Control	-	-	-
1	Flex [®]	fomesafen	1	250
2	Flex [®]	fomesafen	1.5	375
3	Amplo [®]	bentazon + imazamox	1	600 + 28
4	Amplo [®] + Flex [®]	(bentazon + imazamox) + fomesafen	(1) + 0.5	(600 + 28) + 125
5	Amplo [®] + Flex [®]	(bentazon + imazamox) + fomesafen	(1) + 0.35	(600 + 28) + 87.5

Source: Author (2018).

The experiment with maize culture was carried out over the effects of herbicides that were applied in the predecessor culture (common bean). For maize culture, sowing was conducted through direct sowing system (SPD), with 4.6 seeds per linear meter. For both maize harvests, weeds present in the plots and the weed control were managed with a tembotrione (200 ml ha⁻¹) application, mixed with atrazine (3.0 L ha⁻¹) plus an agricultural adjuvant, taking place in stage V3. For pest management, monitoring was carried out, and insecticide applications were carried out when necessary.

The recommended fertilization for maize culture followed the guidelines proposed by Souza et al. (2002). The fertilization in the sowing furrow was composed by 350kg ha⁻¹ of the formula 08-28-16 (29.5 kg N, 98.4 kg P₂O₅ and 54.7 kg K₂O). Nitrogen cover fertilization was performed in the stage V4 (four developed leaves, according to Fancelli (1986)), being composed by 200 kg ha⁻¹ of urea (90 kg of N) and applied by throwing it.

On the seventh and fourteenth day after sowing, tests for herbicide intoxication symptoms were conducted according to the grade scale (SILVA, 2012), as described in Table 4.

Table 4 – Interpretations attributed to percentage of herbicide poisoning done by visual assessment.

PHYTOTOXICITY (%)	INTERPRETATION
0 – 10	Null
11 – 20	Very mild
21 – 30	Mild
31 – 60	Moderate
61 – 70	Strong
71 - 90	Very strong
91 - 100	Death

Source: Silva (2012).

In the stage R1, when the maize culture has concluded vertical development, ear insertion (IE) and plant height (AP) were evaluated. IE and AP evaluations considered the average distance between the ground and the insertion of the sheath of the last leaf and the insertion of the first productive ear from 10 competitive plants, and the results showed the plant's height and the height of the first ear, respectively. After harvest and threshing, the weight of 100 grains (P100G) and grain yield (PG) were assessed, by weighing the grains, and commonly corrected to 13%.

2.1 Statistical Analysis

The data obtained was submitted to analysis of variance by the F test and, in order to compare the means of the treatments amongst them all, the Scott-Knott test was used, set to the level of 5% probability, using the "SISVAR software" (FERREIRA, 2011).

As for the productivity data, plant height, ear insertion and weight of 100 grains, initial evaluations was done considering harvest season, in order to compare the treatments of herbicides applied on the bean culture over the maize culture. In this sense, the statistical model (1) was used aiming at verifying the sources of variation in the experiment.

$$Y_{ijks} = \mu + S_s + b_{j(s)} + c_i + E_{i(js)} + h_k + h_k.S_s + E_{k(js)} + h_k.c_i + h_k.c_i.S_s + E_{ik(js)} + E_{ijks} \quad (1)$$

Y_{ijks} represents the observed value of kg ha^{-1} or (linear meters or grams) for the i -th cultivar, j -th block, k -th herbicide e s -th harvest;

μ represents an inherent constant;

S_s represents the s -th harvest ($s = 1,2$);

$b_{j(s)}$ represents the j -th block within the s -th harvest ($j = 1,2,3,4$);

c_i represents the effect of the i -th cultivar ($i = 1,2,3$);

h_k represents the effect of the k -th herbicide ($k = 1,2,3,4,5,6$);

$h_k.S_s$ represents the effect of the interaction between the k -th herbicide and the s -th harvest;

$h_k.c_i$ represents the effect of the interaction between the k -th herbicide and the i -th cultivar;

$h_k.c_i.S_s$ represents the effect of the interaction between the k -th herbicide, i -th cultivar and s -th harvest;

E_{ijks} represents the effect of the experimental error associated to the observations Y_{ijks} , assuming independence, with mean at zero, constant variance and regularly distributed.

Subsequently, the analysis of all data per harvests was carried out. In order to do so, the unfolding was performed for the interactions that were significant.

3 RESULTS AND DISCUSSION

In the average between the two harvests, none of the herbicide treatments applied on the bean cultivars caused phytotoxicity on the maize culture, showing that there was no residual effect by herbicides on the soil for maize (TABLE 5).

Table 5 - Mean values of phytotoxicity (%) in the two harvests, evaluated on the 7th and 14th DAY.

TREAT.	DOSE L ha ⁻¹	REGULAR SEASON MAIZE		OFF-SEASON MAIZE	
		7th DAY	14th DAY	7th DAY	14th DAY
Control	-	0	0	0	0
Flex [®]	1	0	0	0	0
Flex [®]	1.5	0	0	0	0
Amplo [®]	1	0	0	0	0
Amplo [®] + Flex [®]	1 + 0.5	0	0	0	0
Amplo [®] + Flex [®]	1 + 0.35	0	0	0	0

Source: Author (2018).

In the studies conducted by Escher (2001), very mild symptoms of intoxication in maize plants were identified, when applying Flex[®] 1 L ha⁻¹ in the bean culture at 150 DDA. However, the symptoms were not as severe as to reduce the grain yield of the crop.

A good experimental accuracy is fundamental for the success of field experiments. One of the measures of this precision is through the coefficient of variation (CV) value. According to Pimentel-Gomes (2009), when studying the CV of agricultural experiments, the classification is as follows: low, when less than 10%; average, between 10 and 20%; high, when between 20 and 30%; and very high, when higher than 30%. Most observed CVs for the different characters ranged from low to average values (TABLE 6).

According to the analysis of variance, when the analyzes were performed on sets of agronomic characters as plant height, ear insertion and weight of 100 grains, significant differences were observed only regarding harvest ($p < 0.05$) (TABLE 6).

Table 6 - Survey on the analysis of variance for the set of characteristics relative to plant height, ear insertion, weight of 100 grains and yield in both off-season and regular season maize harvest.

VARIANCE FACTOR	G.L.	PLANT HEIGHT	EAR INSERTION	WEIGHT OF 100 GRAINS	YIELD
		Value-p	Value-p	Value-p	Value-p
Harvest (S)	1	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0000*
Block (Harvest)	6	0.8516 ^{ns}	0.3076 ^{ns}	0.6620 ^{ns}	0.0066*
Cultivar (C)	2	0.1959 ^{ns}	0.1774 ^{ns}	0.1336 ^{ns}	0.0055*
S x C	2	0.5195 ^{ns}	0.8785 ^{ns}	0.2214 ^{ns}	0.0059*
Error1	12				
Herbicide (H)	5	0.4535 ^{ns}	0.2330 ^{ns}	0.9254 ^{ns}	0.0625 ^{ns}
H x S	5	0.4516 ^{ns}	0.7080 ^{ns}	0.1222 ^{ns}	0.1728 ^{ns}
Error 2	30				
H x C	10	0.5042 ^{ns}	0.0665 ^{ns}	0.1330 ^{ns}	0.0770 ^{ns}
H x C x S	10	0.5568 ^{ns}	0.0914 ^{ns}	0.0970 ^{ns}	0.0124*
Error 3	60				
Total	143				
C.V. 1 (%)		7.6	7.6	5.8	12.1
C.V. 2 (%)		6.4	7.1	5.2	12.1
C.V. 3 (%)		6.4	6.4	4.7	13.9

C.V.: Coefficient of variance; G.L.: Degree of freedom; QM.: Average condition, ^{ns}not significant; *significant at 5% probability.

Source: Author (2018).

Table 7 shows average plant height, ear insertion, weight of 100 grains and yield as a function of sowing time. Although higher plant height and ear insertion were expected for maize grown in the off-season harvest than in the second harvest, the opposite was observed. This is because the soil in the area where off-season maize was sowed had its acidity corrected and fertility provided with adequate phosphorus, potassium, calcium and magnesium contents. In turn, the soil in the area used for the regular season maize, before the correction, contained calcium and potassium at medium levels, and low levels of phosphorus and magnesium, according to Souza et al. (2002). In this way, the good climatic conditions that occurred before the beginning of the second harvest contributed to the development of the maize.

Table 7 - Average values of plant height, ear insertion, weight of 100 grains and maize yield in the two sowing seasons.

SOWING SEASON	PLANT HEIGHT	EAR INSERTION	WEIGHT OF 100 GRAINS	YEILD
	-----m-----		gram	kg ha ⁻¹
REGULAR HARVEST	2.04 B	1.23 B	29.49 A	7554 A
OFF-SEASON HARVEST	2.45 A	1.36 A	22.04 B	4653 B
C.V. (%)	7.6	7.6	5.8	12.1

Averages followed by the same lowercase letter within a line and an uppercase letter within the column belong to a same group according to the Scott-Knott test.

Source: Author (2018).

In order to obtain maximum yields from the maize, 500 to 800 mm of water must be supplied throughout the cycle (SANS & SANTANA, 2002). According to Albuquerque (2010), maize's water demand may be affected by hybrid characteristics, sowing season, crop development stage and general climate conditions.

For the growing conditions in the regular season harvest, throughout the whole cycle of the experiment, there were 624.1 mm of water, in comparison to 417.6 mm of water throughout the off-season harvest (FIGURE 1). However, in the course of the cultivation of the second harvest, there was a dry-spell during the filling of grains. Due to this, there was a greater weight of 100 grains in maize grown in the regular season harvest than in the second harvest.

The yield of first harvest of maize was higher than in the second harvest. According to Fancelli & Neto (2007), regularly, the critical stages for water demand in maize around the 15th day before (blister) and 15 days after flowering (R1). This explains the lower yields obtained from maize grown in the second crop, because the lack of water started occurring during stage R2.

As already shown in Table 6, there was a significant interaction between harvests, herbicide and bean cultivar ($p < 0.05$). However, due to the practical difficulty in analyzing and interpreting the triple interaction, a variance analysis was performed for each harvest. Thus, significant differences were observed in the second harvest, influenced by the herbicide and bean cultivar interaction. The regular season harvest was affected only by the bean cultivar ($p < 0.05$) (TABLE 8).

Table 8 - Summary of the analysis of variance for maize yield by sowing season, off-season harvest and regular season harvest.

VARIANCE FACTOR	G.L.	REGULAR SEASON MAIZE	OFF-SEASON MAIZE
		Value-p	Value-p
Block	3	0.0239*	0.6606 ^{ns}
Cultivar (C)	2	0.0112*	0.6609 ^{ns}
Error1	6		
Herbicide (H)	5	0.0820 ^{ns}	0.6336 ^{ns}
Error2	15		
H x C	10	0.0674 ^{ns}	0.0157*
Error3	30		
Total	71		
C.V. 1 (%)		12.2	10.5
C.V. 2 (%)		12.0	11.0
C.V. 3 (%)		14.0	12.3

C.V.: Coefficient of variance; G.L.: Degree of freedom; ^{ns} not significant; * significant at 5 % probability.

Source: Author (2018).

With the unfolding of the double interaction, it was possible to study the effect of the herbicides for each bean cultivar, as well as to verify the effect of the bean cultivar within each herbicide treatment (TABLE 10, APPENDICE F; TABLE 11, APPENDICE G).

When weed control was carried out for the bean culture (predecessor culture), applying the dose of 1.5 L ha⁻¹ of Flex[®] and Amplo[®] 1 L ha⁻¹ + Flex[®] 0.5 L ha⁻¹ on the cultivar BRSMG Ouro Vermelho, the culture of maize presented the highest yields (TABLE 9).

With the exception of maize culture in succession to the cultivar BRSMG Ouro Vermelho, the yield of maize grown after the other bean cultivars was not affected by the herbicides applied on the bean (TABLE 9).

In addition, the maize cultivated where the herbicide Amplo[®] 1 L ha⁻¹ + Flex[®] 0,5 L ha⁻¹ was applied on the BRSMG Ouro Vermelho bean presented the highest yields, compared to the maize cultivated after the other bean cultivars (BRS Pérola and IPR Tuiuiú) (TABLE 9).

Table 9 - Average yield of maize in the second harvest, in succession to bean cultivars.

TREATMENTS	DOSE L ha ⁻¹	BRS PÉROLA	IPR TUIUIÚ	BRSMG OURO VERMELHO
Control	-	4959 aA	4763 aA	4304 aB
Flex [®]	1	4722 aA	5226 aA	4325 aB
Flex [®]	1.5	4072 aA	4388 aA	4921 aA
Ampl [®]	1	5146 aA	4386 aA	4403 aB
Ampl [®] + Flex [®]	1 + 0.5	4718 bA	4177 bA	5513 aA
Ampl [®] + Flex [®]	1 + 0.35	4692 aA	4570 aA	4474 aB

Averages followed by the same lowercase letter within a line and an uppercase letter within the column do not statistically differ at a 5% probability in the Scott-Knott test.

Source: Author (2018).

According to Cobucci et al. (1997), the application of fomesafen at doses of 250 g ha⁻¹ in bean cultivation did not affect maize yield after 65 days of the application. Other authors state that the persistence of herbicides in the soil may vary depending on environmental factors. It is reported in the literature that Flex[®] presents persistence in the soil, with a half-life of 60 to 180 days, considering an interval of 150 DDA for the cultivation of maize (COBUCCI et al., 1997; RODRIGUEZ & ALMEIDA, 2005).

On the other hand, the amount of plant residues from the predecessor culture may interfere with the residual effect of herbicides. Fontes et al. (2002) reported that plant residues have a higher herbicide sorption capacity than the soil. In the case of BRS Pérola and IPR Tuiuiú bean, that have greater leaf development and dry mass production, there may be more plant residues in the soil after harvest. This may explain why the maize culture cultivated after these cultivars were not affected by the herbicides.

Based on the results obtained in this work, it may be said that the persistence of the herbicide in the soil, described in the literature as lasting up to 180 days is not the applicable for all conditions. This is because the application of all herbicides did not cause phytotoxicity on the maize culture and had little influence over maize yields. In addition, there was no effect of the herbicides applied on the bean culture over the maize culture, when maize was grown during the summer. Possibly, the higher rainfall during the summer (FIGURE 1) may have reduced herbicide residue in the soil.

4 CONCLUSIONS

Isolated and mixed applications of herbicides used on bean cultivars had no phytotoxicity effects over maize cultivars.

Isolated and mixed applications of herbicides used on the precursor culture had no negative effect on plant height, ears insertions or on the weight of 100 grains from the maize culture.

Isolated and mixed applications of herbicides used on bean winter culture had no effect on the yield for the off-season harvest of maize.

REFERENCES

ALBUQUERQUE, P. E. P. Manejo de irrigação na cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, **1 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica** – 6ª edição, Set/2010.

BANDEIRA, H. F. da S. et al. Tolerance cassava to diferente herbicides applied in post-emergence. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 241-250, 2016.

CANTÃO, F. R. de O. **Marcadores morfológicos de raiz em genótipos de milho contrastantes para tolerância à seca em resposta a estresses de fósforo e alumínio**. 2007. 98 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

COBUCCI, T. et al. Carryover effect of fomesafen, applied on edible bean, on sucessional maize. **Plantas Daninhas**, v. 15, n. 2, p. 180-189, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira – grãos. Safra 2017/18, **Terceiro levantamento**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 83-94, 2017. Disponível em:< file:///C:/Users/User%20s-139/Downloads/BoletimZGraosZdezembroZ2017.pdf> Acesso em: 02 mai 2018.

COLLIER, L. S. et al. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 306-313, 2011.

DANTAS, A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DEKALB. **Produtos**. Disponível em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AG01_117_1311200395154.html> Acesso em: 21 mar 2018.

DIAS, R. de C. et al. Herbicide selectivity applied in post-emergence in Pearl millet. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 4, p. 348-355, 2015.

ESCHER, V. **Eficiência do fomesafen, isolado em mistura com bentazon, na cultura de feijão e seus efeitos residuais na cultura de sorgo, em sucessão**. 2001. 73 p. . Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

FANCELLI, A. L. Plantas alimentícias: guia para aula, estudo e discussão. Piracicaba, SP, 131 p., 1986. In: FANCELLI, A. L.; NETO, D. D. **Fenologia do milho. Encarte Técnico-INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS N° 78**, 6 p., 1997.

FANCELLI, A. L.; NETO, D. D. **Produção de milho**. Segunda Edição, Guaíba- RS, 360 p., 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FONTES, J. R. A. et al. **Movimentação de herbicidas no solo aplicados via herbificação na cultura do feijão em plantio direto e convencional**. Embrapa Cerrado, Planaltina, GO, 27 p., 2002.

LORENZO, J. et al. Ação do herbicida trifluralin na germinação e no desenvolvimento inicial de milho, sorgo e mileto. **Evidência, Joaçaba, SC**, v. 16, n. 1, p. 19-30, 2016.

NETO, A. M. de O. et al. Selectivity of fomesafen and clomazone associated with other herbicides applied in preemergence of cotton plant. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 210-219, 2015.

OLIVEIRA, P. et al. Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 239-246, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15ª Ed. Piracicaba: FEALQ, 2009, 451p.

REIS, R. M. et al. Tolerance of sunflower to herbicide application in post-emergence. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 15-22, 2014.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. 5 Ed, Londrina, 529 p., 2005. In: SILVA, C. M. M. da; FREITAS, S. de P.; ROSA, R. C. C. Residual effect of fluazifop-p-buthyl+fomesafen in soil with test-plant. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 37, n. 5, p. 1450-1452, 2007.

SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho: Clima e Solo**. Comunicado Técnico, 38 – Embrapa Milho e Sorgo, 4 p., 2002.

SILVA, A. A. da et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Plantas Daninha**, v. 17, n. 3, 1999.

SILVA, V. P. **Eficiência e residual no solo de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura de feijão**. 2012. 49 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SOUZA, D. M. G. de et al. **CERRADO – Correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrado, Planaltina, GO, 416 p., 2002.

APPENDICES

APPENDICE F – Table 10

Table 10 - Table of analysis of variance (maize offspring) of the analysis of the cultivar unfolding within each level of herbicide.

VARIANCE FACTOR	G.L.	Value-p
Cultivar/T0	2	0,2351 ^{ns}
Cultivar/T1	2	0,0790 ^{ns}
Cultivar/T2	2	0,0995 ^{ns}
Cultivar/T3	2	0,0951 ^{ns}
Cultivar/T4	2	0,0051*
Cultivar/T5	2	0,8564 ^{ns}
Error	45	

G.L.: Degree of freedom; ^{ns} not significant; * significant at 5 % probability.

Source: Author (2018).

APPENDICE G – Table 11

Table 11 - Table of analysis of variance (maize offspring) of the analysis of the herbicide unfolding within each level of cultivar.

VARIANCE FACTOR	G.L.	Value-p
Herbicidas/BRS Pérola	5	0,1635 ^{ns}
Herbicidas/IPR Tuiuiú	5	0,1465 ^{ns}
Herbicidas/BRSMG Ouro Vermelho	5	0,0265*
Error	36	

G.L.: Degree of freedom; ^{ns} not significant; * significant at 5 % probability

Source: Author (2018).