



**KLINGER MOREIRA LIMA JÚNIOR**

**SELETIVIDADE DO HERBICIDA IMAZAPIC + IMAZAPYR EM  
MUDAS DE CAFÉ**

**LAVRAS – MG  
2021**

**KLINGER MOREIRA LIMA JÚNIOR**

**SELETIVIDADE DO HERBICIDA IMAZAPIC + IMAZAPYR EM  
MUDAS DE CAFÉ**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador

Prof. Dr. Adenilson Henrique Gonçalves

Coorientadora

Prof. Dr. Fernanda Lopes de Carvalho Medeiros

**LAVRAS – MG  
2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ser responsável por todos acontecimentos e me guiar até aqui com saúde.

Aos meus pais Klinger Moreira Lima e Rita Cássia de Aquino Menicucci Moreira Lima, por serem a minha base e não medirem esforços para me ver bem e me ajudar a alcançar todos os objetivos

Aos meus irmãos Pedro Menicucci Netto e Ana Laura Menicucci Moreira por todo companheirismo e apoio durante toda a minha graduação.

Aos meus familiares que estão e estiveram aqui me apoiando, em especial as minhas avós Maria Luiza de Aquino Menicucci, Ieda Aparecida Moreira Lima e minha tia avó Judith Michalick de Aquino, que sempre me ajudou em tudo.

Aos meus amigos, que estão comigo durante toda a graduação, em especial ao Thiago e Bruno.

Aos meus amigos da Republica Café & Viola, que se tornaram irmãos.

À Universidade Federal de Lavras, ao Laboratório de Análise de Sementes (LAS), ao Setor de Sementes, ao DAG e a INOVA CAFÉ por toda trajetória e oportunidade.

As empresas que me deram oportunidades de crescimento pessoal e profissional, através de estágio: AGROCON Assessoria Agronômica e Grupo Resende.

Ao professor Doutor Adenilson Henrique Gonçalves, a professora Doutora Fernanda Lopes de Carvalho Medeiros e a professora Doutora Maria Laene Moreira de Carvalho por toda disponibilidade, profissionalismo e orientação.

Ao meu amigo Dr. Ademilson de Oliveira Alecrim, por me mostrar e ser responsável pela minha trajetória na UFLA.

Aos núcleos de estudos GHPD e GPRO por me capacitar, fazer crescer pessoalmente e me tornar o profissional de hoje. Além de todos os amigos feitos, que vou levar para o resto da vida.

Ao professor Adenilson Henrique Gonçalves, Ademilson de Oliveira Alecrim, Pedro Menicucci Netto e Tulio de Paula Pires pela ajuda na condução do experimento.

A Beatriz Oliveira Ludgero, por toda ajuda e apoio durante a graduação.

A todos em minha volta que fizeram esse momento possível.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

Entre as culturas importantes economicamente para o Brasil, destaca-se a cultura do café. O Brasil, é o maior produtor e exportador mundial, onde Minas Gerais representa cerca de 55% da produção nacional. Porém, a produtividade do cafeeiro é baixa, considerando o seu potencial. Dentre as principais causas da baixa produtividade, estão as interferências impostas pelas plantas daninhas, que competem por meios como: água, luz, espaço e nutrientes. A competição das plantas daninhas com o cafeeiro, é mais severa durante os dois primeiros anos, sendo essencial o manejo correto nesse período. Contudo, a ocorrência de falhas na aplicação, são frequentes os casos de fitotoxicidade causados pela deriva de herbicidas, devido a carência de produtos seletivos para a cultura. Objetivou-se neste estudo avaliar a seletividade do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café. O trabalho foi desenvolvido com mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivar Acauã Novo, em casa de vegetação, na InovaCafé. O delineamento estatístico utilizado foi DBC, com 4 repetições, e 4 doses dos herbicidas, totalizando 16 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por 2 plantas. Os tratamentos foram: (i) 0%, (ii) 50%, (iii) 100%, e (iiii) 200% da dose comercial do herbicida Imazapic + Imazapyr (150g p.c/ha<sup>-1</sup>). As características avaliadas foram: altura da planta, diâmetro de caule, número de folhas, número de ramos plagiotrópicos, fitotoxicidade e massa seca das folhas, caule e raiz. As análises foram feitas com o uso do software estatístico R. Verificou-se que as características número de folhas, número de ramos plagiotrópicos, nota de fitotoxicidade, massa seca de raiz e massa seca de folhas sofreram interferências negativas em respostas as doses do herbicida. Além disso, notou-se os sintomas de encarquilhamento e clorose seguido de necrose em folhas novas e nos pontos de crescimento. O herbicida imazapic+imazapyr não apresentou seletividade a mudas de café até 63 dias após a aplicação.

**Palavras-chaves:** *Coffea arabica* L. Crescimento vegetativo. Fitotoxicidade. Inibidores da ALS.

## ABSTRACT

Among the economically important cultures for Brazil, the coffee culture stands out. Brazil is the largest producer and exporter in the world, where Minas Gerais represents around 55% of national production. However, coffee productivity is low, considering its potential. The main causes of low productivity are the interferences imposed by weeds, which compete for means such as: water, light, space and nutrients. The competition between weeds and coffee plants is more severe during the first two years, and correct management during this period is essential. However, through application failures, cases of phytotoxicity caused by herbicide drift are frequent, due to the lack of selective products for the crop. The objective of this study was to evaluate the selectivity of the herbicide Imazapic + Imazapyr in coffee seedlings. The work was developed with coffee seedlings (*Coffea arabica* L.), from the cultivar Acauã Novo, in a greenhouse, at InovaCafé. The statistical design used was DBC, with 4 replications, and 4 doses of the herbicides, totaling 16 experimental plots. Each plot was composed of 2 plants. The treatments were: (i) 0%, (ii) 50%, (iii) 100%, and (iiii) 200% of the commercial dose of the herbicide Imazapic + Imazapyr (150g p.c / ha<sup>-1</sup>). The characteristics evaluated were: height, stem diameter, number of leaves, number of plagiotropic branches, phytotoxicity and dry weight of the leaves, stem and root. The analyzes were performed using the statistical software R. It was found that the characteristics leaf number, number of plagiotropic branches, phytotoxicity note, root dry matter and leaf dry matter suffered negative interference in responses to herbicide doses. In addition, the symptoms of shrinkage and chlorosis were noted, followed by necrosis in new leaves and at growth points. The herbicide imazapic + imazapyr did not show selectivity to coffee seedlings until 63 days after application.

**Keywords:** *Coffea arabica* L.. Vegetative growth. Phytotoxicity. ALS inhibitors.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das doses do herbicida Imazapyr + Imazapic empregadas em cada tratamento. Lavras-MG, 2021.....	18
Tabela 2. Escala visual de fitotoxidez EWRC (1964) utilizada nas avaliações de seletividade em mudas de cafeeiro arábica, cultivar Acauã Novo. Lavras-MG, 2021.....	19
Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NP) em função das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café aos 63 dias após a aplicação (DAA). Lavras-MG, 2021.....	20
Tabela 4. Resumo da análise de variância para a variável fitotoxicidade em função das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). Lavras-MG, 2021.....	22
Tabela 5. Resumo da análise de variância para a variável fitotoxicidade em função das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café aos 35 e 63 dias após a aplicação (DAA). Lavras-MG, 2021.....	22
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca de raiz (MSR), massa seca do caule (MSC) e massa seca de folhas (MSF) em função das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café aos 63 dias após a aplicação (DAA). Lavras-MG, 2021.....	24

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Número de folhas (NF) (A) e número de ramos plagiotrópicos (NP) (B) de mudas de café submetidas a diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr. Lavras-MG, 2021.....21
- Figura 2 – Nota de fitotoxicidade aos 7DAA (A), 14DAA (B), 21DAA (C), 28DAA (D), 35DAA (E) e 63DAA (F) de mudas de café submetidas a diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr. Lavras-MG, 2021.....23
- Figura 3 – Massa seca de raiz (MSR) (A) e massa seca de folhas (MSF) (B) de mudas de café submetidas a diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr. Lavras-MG, 2021.....25

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
2.1 Manejo de Plantas Daninhas no Cafeeiro .....	11
2.2 Controle químico e seletividade.....	12
2.3 Mecanismo de ação dos inibidores da acetolactato sintase (ALS) .....	13
2.4 Comportamento no ambiente do grupo químico das imidazolinonas.....	15
2.5 Caracterização dos herbicidas imazapyr e imazapic.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1 Implantação e condução do experimento.....	17
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	17
3.3 Aplicação dos tratamentos .....	18
3.4 Avaliações.....	18
3.4.1 Crescimento vegetativo .....	18
3.4.2 Massa seca das plantas .....	18
3.4.3 Fitotoxicidade do herbicida.....	19
3.5 Análise estatística.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5. CONCLUSÃO .....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28

## 1. INTRODUÇÃO

Entre as principais *commodities* do agronegócio brasileiro, a cafeicultura exerce uma função no desenvolvimento socioeconômico em diversas regiões do país, sendo atualmente o maior produtor e exportador de café, com produção no ano de 2021 estimada em 46,72 milhões de sacas de café beneficiado, valor inferior quando comparado ao ano de 2020. A queda está relacionada com a bienalidade e as condições climáticas não favoráveis no início do ciclo, principalmente em relação ao atraso das chuvas e altas temperaturas. Dentre os principais estados produtores estão Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Bahia (CONAB, 2021).

O aumento na demanda e competitividade, instigam as empresas envolvidas na cafeicultura a pesquisarem novas tecnologias com intuito de ganhos na produtividade e qualidade. Sendo assim, a intensificação pela adoção de sistemas mecanizados em todo o sistema de produção, fez-se necessário a adoção de novos espaçamentos para facilitar o tráfego de máquinas e equipamentos. Porém, junto com essas mudanças, também aumentou a área para o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas e, conseqüentemente a competição com o cafeeiro.

Hoje no campo, um dos principais desafios encontrados pelos cafeicultores é o manejo de plantas daninhas (SILVA et al., 2008), pois as mesmas estão associadas à queda significativa da produção em decorrência das interferências diretas e indiretas. Visto isso, ressalta-se que a planta de café em seu estágio inicial apresenta um crescimento lento, o que lhe confere alta sensibilidade a presença de plantas daninhas. Desse modo, o cafeeiro não consegue competir com as plantas daninhas, visto que essas apresentam rápido estabelecimento inicial e elevada capacidade de competição por fatores como: água, luz, espaço e nutrientes. Com isso, torna-se necessário a adoção de práticas de manejo durante todo o ano, por meio do manejo integrado de plantas daninhas, que envolve, medidas preventivas, controle mecânico, físico, cultural, químico ou a adoção de um ou mais desses métodos citados.

Em decorrência do baixo custo e alta eficiência, o controle químico com herbicidas é amplamente utilizado. Entretanto, o uso repetitivo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, proporciona o aumento na pressão de seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas. Desse modo, a utilização de herbicidas pré-emergentes, torna-se essencial e se mostra eficaz, principalmente, nos estágios iniciais da cultura, pois garante o controle da sementeira presente na área, evitando a matocompetição e presença das plantas daninhas na área. Assim, o herbicida se torna um aliado do produtor, pois dispensa a necessidade da capina manual, que é um método

com baixo rendimento operacional e alto custo. Além disso, a adoção de herbicidas pré-emergentes visa o manejo da resistência, através da adoção de diferentes mecanismos de ação.

A aplicação de pré-emergentes deve ser feita de modo criterioso, levando em consideração as espécies infestantes, solo sem a presença de plantas daninhas, tipo de solo e registro para a cultura do café. O uso de herbicidas, tanto pré-emergentes como pós-emergentes na cultura do café é limitado, pois apresenta poucos princípios ativos seletivos e registrados, principalmente no estágio de muda, ou seja, em fase de crescimento inicial. Sendo assim, diversos trabalhos estão sendo feitos com o intuito de testar a seletividade de princípios ativos não registrados para a cultura, visando um posicionamento correto e seguro.

Desta forma, visando a busca por princípios ativos seletivos ao café para controle de plantas daninhas, objetivou-se neste estudo avaliar a seletividade do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Manejo de Plantas Daninhas no Cafeeiro

No mundo as espécies mais plantadas de café são *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, sendo conhecidas como café arábica e café robusta, respectivamente. Com uma área total de cultivo no Brasil de 2,18 milhões de hectares, sendo 1,75 milhão de hectares em produção e 431,9 mil hectares em formação, o café arábica representa cerca de 81% da área total destinada a cafeicultura nacional. Dentre os estados produtores dessa espécie, Minas Gerais destaca-se como o responsável por aproximadamente 71% da área ocupada com café arábica no país nesse ano agrícola (CONAB, 2021), com estimativa de produtividade média de 22,84 scs/ha, valor esse considerado baixo em relação ao potencial produtivo da cultura, e isso é relacionado as várias interferências bióticas e abióticas, entre elas as plantas daninhas.

Segundo Blanco (1982), planta daninha é definida “como toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interfira prejudicialmente nas atividades agropecuárias do homem”.

As plantas daninhas são espécies não desejáveis que possuem uma relação interespecífica competitiva com as culturas por recursos do ambiente. As relações podem ocorrer acima ou abaixo do solo, e as plantas daninhas tendem a levar vantagem. A vantagem é obtida devido as características peculiares que garantem a sobrevivência e manutenção da espécie, tais como: grande capacidade de absorção de água e nutrientes por meio do sistema radicular abundante, facilidade de adaptação, tolerância a variações climáticas, habilidade de dispersão e rápido crescimento inicial e germinação (AGOSTINETTO et al., 2015).

Devido a todas essas características, as plantas daninhas quando não manejadas de forma correta, leva a índices de perdas de produtividade em torno de 40% a 60% (BLANCO et al., 1976; MIGUEL et al., 1980; MATIELLO et al., 2015). Essas plantas causam prejuízos diretos, como a liberação de substâncias alelopáticas e competição por água, luz, espaço e nutrientes (FAY & DUKE, 1977). Além disso, ocasionam prejuízos indiretos, como a dificuldade de colheita e a realização de tratos culturais (SILVA; RONCHI, 2008).

O período crítico de competição e interferência entre plantas daninhas e a cultura do café é o período em que a cultura sofre maiores danos pela presença de plantas daninhas. No cafeeiro esse período ocorre entre os meses de outubro a março (época das águas), momento que coincide com a formação da lavoura e quando em estágio reprodutivo na fase de frutificação (SILVA et al., 2008). De acordo com os mesmos autores, as plantas jovens de café são muito sensíveis à interferência das plantas daninhas. Entre o transplântio das mudas para o campo até

o segundo ano pós-plantio, as plantas de café apresentam crescimento lento, favorecendo a exposição de luz. Assim, a infestação e o crescimento das plantas daninhas são favorecidos, e consequentemente, o crescimento do cafeeiro é prejudicado, caso não ocorra o controle no momento correto.

De acordo com Fialho et al. (2011), em estudos com intuito de verificar o efeito da interferência de plantas daninhas em cafeeiros jovens, concluíram que existe uma relação negativa entre a densidade de plantas daninhas em competição com plantas jovens de café e as variáveis de crescimento das mesmas, mostrando a importância do controle inicial das plantas daninhas na linha da cultura, em especial pelo crescimento inicial rápido e alta habilidade competitiva das plantas daninhas com a cultura do café.

Entre os possíveis métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro, estão o manejo preventivo e o controle químico, manual, mecânico e biológico. No entanto, para um manejo eficiente, é necessário a integração das medidas de controle citadas acima, levando em consideração as características do solo, do clima e com relação ao aspecto socioeconômico do produtor.

Nos dias atuais, muitos produtores ainda adotam o uso da capina manual na linha de plantio no controle de plantas daninhas, contudo, é um método de baixo rendimento operacional, além da possibilidade de danificar as plantas de café com eventuais cortes na região do coleto e raízes das plantas, quando não realizadas de forma correta e por profissionais capacitados (TOLEDO et al., 1996; ALCÂNTARA et al., 2008). Visto isso, em estudos França et al. (2010) chegaram à conclusão que o manejo das plantas daninhas na linha de plantio do café se torna inviável quando se usa o controle manual, pelo baixo rendimento operacional e alto custo por área. Desse modo, o método que se mostra mais vantajoso, tornando viável a produção em larga escala, é o método químico, sendo ele o mais utilizado (TIBURCIO et al., 2012).

## **2.2 Controle químico e seletividade**

Quando nos referimos ao controle químico de plantas daninhas, um fator importante a se levar em consideração, é a seletividade. Para a cultura do café, existem diversos produtos com diferentes mecanismos de ação registrados para a cultura, porém, poucos são seletivos e sua aplicação deve seguir critérios técnicos que garantam menor fitotoxicidade. Os herbicidas podem ser classificados de diversas maneiras, entre elas, em relação a sua capacidade de provocar a morte das plantas alvo, no seu modo de ação e se é seletivo ou não a cultura. Quando

o controle das plantas daninhas é feito sem prejudicar a cultura, o herbicida é dito seletivo. Em relação a época de aplicação, pode ser classificado como, pré-plantio incorporado (PPI), pré-emergentes e pós-emergentes. Essa classificação deve sempre levar em consideração a planta daninha (LORENZI, 2014). Em estudos durante 30 anos, Alcântara e Ferreira (2007) concluíram que aplicações em pré-emergência e capina manual apresentam maiores produtividades em sacas beneficiadas por hectare. Esse resultado mostra a importância de fazer o controle das plantas daninhas antes da sua emergência e de iniciar a competição com o cafeeiro.

Para entrar no mérito de seletividade, é preciso definir alguns conceitos quanto a suscetibilidade e tolerância a herbicidas. Uma espécie susceptível a determinado herbicida é definida como o grau de injúria ou morte da planta, que pode ser observado após a aplicação do produto, sendo o grau de suscetibilidade dependente do resultado da ação do herbicida e suas alterações no crescimento e desenvolvimento da planta submetida ao tratamento. A tolerância é a capacidade inerente de uma espécie, seja ela daninha ou não, em sobreviver e se reproduzir após um tratamento com herbicida na dose recomendada em bula, onde seria letal para outras espécies (CHRISTOFFOLETI et al., 2016). Os mecanismos anatômicos, morfológicos e fisiológicos que tornam mais difícil a chegada do herbicida até o sítio de ação, confere o grau de tolerância das espécies (AZANIA; AZANIA, 2014).

Apesar de existir diversos herbicidas registrados para a cultura do café, há poucos que apresentam seletividade total e que podem ser aplicados diretamente sobre a planta do cafeeiro, principalmente os utilizados na pós-emergência das plantas daninhas (RONCHI et al., 2003). Em ensaios com intuito de selecionar herbicidas seletivos para o café, Alcântara e Carvalho (2000), Ronchi e Silva (2003) e Voltolini et al. (2019) constataram que os herbicidas, oxyfluorfen, fomesafen, flazasulfuron, chlorimuron-ethyl, sethoxydim, halosulfuron e fluazifop-p-butyl + fomesafen, foram seletivos para plantas jovens, quando utilizados em pós-emergência e em área total. Entretanto, nem todos possuem registro para a cultura, o que explica a utilização por partes dos produtores, afim de obter maior eficiência e economia no controle de plantas daninhas, a utilização de herbicidas não seletivos com o uso de jato-dirigido, com intuito de evitar contato das gotas aspergidas com a cultura (FRANÇA. et al., 2010).

### **2.3 Mecanismo de ação dos inibidores da acetolactato sintase (ALS)**

Para falar sobre herbicidas, é importante agrupa-los de acordo com seu mecanismo de ação e sua estrutura química. Para não haver erros, é necessário a caracterização que diferencia

mecanismo de ação e modo de ação. O mecanismo de ação, refere-se ao primeiro ponto do metabolismo das plantas onde o herbicida atua, ou seja, é o primeiro de vários eventos metabólicos que vai resultar na expressão final do herbicida sobre a planta. Em relação ao modo de ação, é o conjunto dos eventos metabólicos, que inclui além disso, os sintomas visíveis do herbicida na planta (OLIVEIRA JR et al., 2021).

Além disso, vale ressaltar sobre a classificação utilizada para os mecanismos de ação. Essa classificação, tem sofrido alterações ao longo do tempo devido a descoberta de novos herbicidas e elucidação dos sítios de atuação nas plantas. Existem duas classificações: a classificação internacionalmente aceita atualmente, proposta pelo Herbicide Resistance Action Committee (HRAC), onde os herbicidas são classificados por ordem alfabética de acordo com seus sítios de atuação e classes químicas e a classificação feita pela Weed Science Society of America (WSSA), que utiliza números (OLIVEIRA JR et al., 2021).

A classe de herbicidas pertencentes aos inibidores da acetolactato sintase (ALS), são classificados com a letra B e o número 2, de acordo com a HRAC e WSSA, respectivamente. Foram descobertos pelos cientistas da American Cyanamid Company durante a década de 70 e vem sendo utilizado em larga escala, em função da sua alta eficiência em doses baixas, boa seletividade a várias culturas e baixa toxicidade para os mamíferos, pois agem inibindo um processo biossintético em um sítio presente apenas nas plantas. Devido ao uso excessivo de modo incorreto e a facilidade das plantas daninhas desenvolverem resistência aos inibidores da ALS, o resultado foi a seleção de diversas espécies resistentes, sendo o grupo com o maior número de casos nos últimos 192 anos. A morte das plantas é resultado de vários eventos que ocorrem em função da inibição da ALS e da produção de aminoácidos de cadeia ramificada, mais especificamente os aminoácidos valina, leucina e isoleucina (CHRISTOFFOLETI et al., 2016).

Os grupos químicos pertencentes aos inibidores da ALS são: Imidazolinonas, pirimidinil(tio)benzoatos, sulfonilaminocarbonitriazolinonas, sulfonilureias e triazolopirimidinas. As imidazolinonas e as sulfonilureias, embora quimicamente diferentes, atuam no mesmo sítio de ação e produzem sintomas de fitotoxicidade semelhantes nas plantas suscetíveis. Os dois grupos são efetivos em doses muito baixas ( $< 0,15 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e altamente seletivos, controlando um largo espectro de folhas largas de ciclo anual (OLIVEIRA JR et al., 2021).

O modo de ação se inicia com a inibição das ALS, que é uma enzima-chave na rota da biossíntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, como citado anteriormente. Após os herbicidas serem absorvidos pela planta, o mesmo é translocado para áreas de crescimento ativo

(meristemas). Nas plantas suscetíveis, ocorre a paralização do crescimento e o desenvolvimento de clorose internerval e/ou arroxamento foliar dentro de 7 a 10 dias após o tratamento do herbicida sobre a planta. As folhas que se encontram em emergência, podem aparecer manchadas e malformadas, sendo um sintoma do herbicida. Além desses sintomas, pode ocorrer a inibição do crescimento de raízes laterais quando há resíduos de herbicidas dessa classe no solo. Nas folhas largas, ocorre uma necrose e morte do meristema apical antes das demais partes velhas da planta. A morte das plantas se dá pela incapacidade de produzir esses aminoácidos, que são essenciais para o seu desenvolvimento e sobrevivência (CHRISTOFFOLETI et al., 2016).

Em relação ao grupo químico das imidazolinonas, o mecanismo primário de seletividade natural é a capacidade das espécies de metabolizar os herbicidas a metabólitos não tóxicos, onde a absorção e a translocação influenciam pouco a tolerância. Os princípios ativos pertencentes a esse grupo são imazamox, imazapic, imazapyr, imazaquin e imazethapyr (OLIVEIRA JR et al., 2021). No mercado, existem produtos que utilizam a mistura de dois princípios ativos desse grupo, sendo eles, imazapyr e imazapic.

#### **2.4 Comportamento no ambiente do grupo químico das imidazolinonas**

Os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas em água, possuem hidrólise extremamente lenta em condições normais de pH e temperatura, enquanto a fotólise em água é extremamente rápida. Em relação a volatilização para os herbicidas desse grupo, é considerado desprezíveis. São herbicidas que possuem persistência no solo, no qual é influenciado pelo grau de sorção do solo, temperatura, umidade e exposição a luz (RENNER, MEGGIT e MANGELS, 1988). O grau de sorção, é influenciado pela matéria orgânica, pH, teor de argila e com a presença de hidróxidos de ferro e alumínio. Sendo assim, ocorre um aumento no grau de sorção quando há uma elevação do teor de matéria orgânica e a redução do pH (LOUX et al., 1989; CHE et al., 1992) e com o teor de argila e de hidróxidos de ferro e alumínio presentes (O' BRYAN et al., 1994).

O movimento dos herbicidas é influenciado por várias propriedades químicas do solo, principalmente o pH e matéria orgânica, seguido do teor de argila. Devido aos solos brasileiros serem ácidos e as superfícies se tornarem mais ácidas de acordo que o nível de umidade decresce, a mobilidade no perfil do solo é limitada. O principal mecanismo de degradação é a microbiana sob condições aeróbicas, e uma pequena parte é resultado da fotólise. As imadazolinonas, são rapidamente degradadas em temperaturas elevadas e solos úmidos, as

mesmas condições que favorece a atividade microbiana (GOETZ et al., 1990; LOUX e REESE, 1992). Em solos que existem fatores limitantes para a degradação microbiana, podem ocorrer injúrias nas culturas (MONKS e BANKS, 1991; MOYER e ESAU, 1996).

## 2.5 Caracterização dos herbicidas imazapyr e imazapic

O herbicida Imazapyr ou Imazapir tem o nome químico de 2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl) nicotinic acid, com solubilidade em água de 11.272 mg/L (pH 7 e a 25°C), densidade de 0,34 g/ml, pressão de vapor  $< 1,3 \times 10^{-5}$  Pa (45°C), pKa de 1,9 e 3,6 (ácido fraco) e Kow de 1,3. Esse ingrediente ativo é recomendado para o controle de folhas estreitas anuais e perenes, folhas largas, ciperáceas e arbustos. A translocação se dá tanto por xilema como floema, acumulando nos meristemas de crescimento. Além disso, é pouco adsorvido no solo, a degradação microbiana é o principal meio de dissipação do herbicida no solo, a fotólise na superfície do solo é limitada, a volatilização é insignificante e possui alta persistência no solo, entre 3 meses a 2 anos, dependendo da dose utilizada (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

O Imazapic ou Imazapique, tem o nome químico de (RS)-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl)-5-methylnicotinic acid, com solubilidade em água de 2200 mg/L a 25°C, densidade de 0,38 g/ml, pressão de vapor  $< 1,3 \times 10^{-5}$  Pa (60°C), pKa de 2,0; 3,9 e 11,1 (ácido fraco) e Kow de 0,16 (pH 5,0); 0,01 (pH 7,0) e 0,002 (pH 9,0). Essa molécula é um herbicida seletivo, indicado para o controle de plantas daninhas de folhas largas, estreitas e ciperáceas, na cultura da cana-de-açúcar e amendoim. Pode ser utilizado em pré e pós-emergência das plantas daninhas, de acordo com cada situação. A sua absorção se dá via radicular e foliar, é translocado através do xilema e floema para as regiões meristemáticas, onde se acumula. A sua adsorção aumenta com a redução do pH no solo e com o aumento do teor de argila e matéria orgânica. A principal forma de degradação é a microbiana, e não se degrada facilmente em condições anaeróbicas. Possui volatilização insignificante e atividade residual no solo que lhe confere ação herbicida sobre sementeira de plantas daninhas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

No mercado, existe a mistura entre esses dois ingredientes ativos, onde resulta em um herbicida com espectro de ação sobre folhas largas, folhas estreitas e cyperaceas. O herbicida pode ser utilizado tanto em pós-emergência como em pré-emergência, devido à sua persistência no solo. Porém, o mesmo só possui registro para a cultura do milho e da soja, ambos geneticamente modificados para ter tolerância aos herbicidas do grupo químico das imadazolinonas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Implantação e condução do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Sul de Minas Gerais. O plantio das mudas ocorreu no dia 17 de março de 2020, quando as mesmas se encontravam no estágio de 8 pares de folhas verdadeiras, em vaso de polietileno, com capacidade de 12 litros de solo peneirado, com uma planta por vaso. A cultivar utilizada foi a Acauã Novo, da espécie *Coffea arabica* L.

A correção do solo com calcário foi feita 30 dias antes do plantio, objetivando-se elevar a saturação de bases a 70% (GUIMARÃES et. al., 1999). As garantias do calcário empregado foram: 38,5% de CaO, 10,9% de MgO e PRNT de 80%. Após o período de incubação do solo para reação do calcário, na ocasião do plantio, realizou-se a adubação fosfatado com a fonte superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Depois do pegamento das mudas nos vasos foi fornecido o nitrogênio e potássio utilizando-se as fontes ureia (44% N) e cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O), respectivamente, em duas aplicações, intervaladas entre 45 dias. Essas adubações de solo foram baseadas na análise de solo e recomendações de Guimarães et. al. (1999). A aplicação foliar de micronutrientes seguiram as especificações de Guimarães et. al. (1999).

O monitoramento de pragas e doenças foi feito semanalmente e, quando atingiam os níveis de controle, foi realizado o manejo fitossanitário, com produtos registrados para a cultura, seguindo as orientações dos fabricantes. O manejo das plantas daninhas foi feito de forma manual e as irrigações dos cafeeiros foram realizadas semanalmente desde o plantio até a finalização do experimento.

#### **3.2 Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental utilizado no experimento foi blocos casualizados (DBC), com 4 doses do herbicida Imazapic + Imazapyr (0,00%, 50,00%, 100,00% e 200,00% da dose recomendada na bula do fabricante) e quatro repetições. Cada parcela foi composta por duas plantas. Assim, o experimento totalizou 16 parcelas experimentais.

A dose estabelecida como padrão do herbicida Imazapic + Imazapyr foi de 150,00 gramas de produto comercial por hectare. As descrições das demais doses aplicadas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das doses do herbicida Imazapyr + Imazapic empregadas em cada tratamento. Lavras-MG, 2021.

Tratamento	Dose do p.c (g/ha <sup>-1</sup> )
T1 (0%)	0,00
T2 (50%)	75,00
T3 (100%)	150,00
T4(200%)	300,00

Nota: p.c = produto comercial

Fonte: Do Autor (2021).

### 3.3 Aplicação dos tratamentos

A aplicação dos tratamentos sobre as mudas de cafeeiro ocorreu no dia 25 de junho de 2020, às 16:00h, com o pulverizador costal de pressão constante à base de CO<sub>2</sub>, com 45 libras/pol<sup>-2</sup>, munido de uma barra de pulverização direcionada perto do topo das plantas e bico do tipo leque, com volume de pulverização de 200 L.ha<sup>-1</sup>.

### 3.4 Avaliações

#### 3.4.1 Crescimento vegetativo

As características de crescimento vegetativo foram avaliadas aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos. As variáveis mensuradas foram:

- Altura (ALT): em centímetro, medida do nível do solo até a última folha totalmente expandida com régua graduada;
- Diâmetro de caule (DC): em milímetro, medido a cerca de três centímetros acima do solo com auxílio do paquímetro eletrônico digital;
- Número de folhas (NF): contagem de folhas verdadeiras, considerando somente aquelas com mais que 2,5 cm de comprimento (GOMIDE et al., 1977);
- Número de ramos pagliotrópicos (NP): contagem dos ramos plagiotrópicos com mais de um par de folha;

#### 3.4.2 Massa seca das plantas

Aos 63 dias após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram seccionadas na região do colo, sendo separadas em partes aéreas (folhas e caules) e raiz. Em seguida, essas partes foram colocadas separadamente em sacos de papel e levadas para secar na estufa de circulação forçada de ar a 65°C até o peso constante. Depois da secagem, cada tratamento foi pesado em

balança de precisão, na qual foram determinados os pesos secos das folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR).

### 3.4.3 Fitotoxicidade do herbicida

Os sintomas de fitotoxicidade foram avaliados aos 7, 14, 21, 28, 35 e 63 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos levando em conta o parâmetro de notas (Tabela 2) nos quais, “1” corresponde a nenhuma fitointoxicação causada pelo herbicida na planta e “9” correspondente a morte de toda a planta, conforme a escala EWRC (European Weed Research Council, 1964).

Tabela 2. Escala visual de fitotoxidez EWRC (1964) utilizada nas avaliações de seletividade em mudas de cafeeiro arábica, cultivar Acauã Novo. Lavras-MG, 2021.

Conceito	Descrição conceitual
1	Nenhum dano
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas
3	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas
4	Forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação, sem, contudo, ocorrer necrose (morte dos tecidos)
5	Necrosamento (queima) de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhado de deformações em folhas e brotos
6	Mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamente e/ou severa deformação
7	Mais de 80% de folhas e brotos destruídos
8	Danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas
9	Danos totais (morte de toda a planta)

### 3.5 Análise estatística

As análises estatísticas foram feitas no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016). Para interpretação os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Quando se observou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, realizou-se a análise de regressão para analisar o comportamento dos dados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação de crescimento vegetativo aos 63 dias após aplicação das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café notou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) no número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NP) e, não observou-se efeito significativo ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos na altura (ALT) e diâmetro de caule (DC) (TABELA 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NP) em função das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café aos 63 dias após a aplicação (DAA). Lavras-MG, 2021.

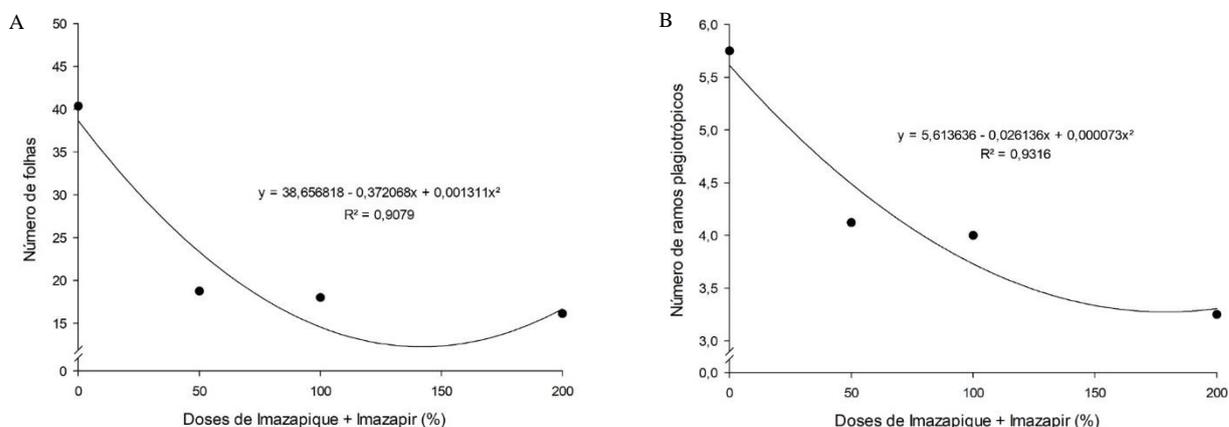
FV	GL	QM			
		ALT	DC	NF	NP
Tratamento	3	13,960208	0,281842	522,437500*	4,432292*
Bloco	3	3,214375	0,863242	11,395833	0,182292
Erro	9	6,827292	0,710836	16,604167	0,237847
Total	15				
CV (%) =		9,02	11,71	17,48	11,39

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

Para as variáveis NF e NP o efeito foi quadrático, sendo os pontos de mínima encontrados em 141,90% e 179,01% da dose do herbicida, respectivamente. O valor mínimo do NF foi igual a 12,26 e o NP de 3,27 (FIGURAS 1).

Figura 1 – Número de folhas (NF) (A) e número de ramos plagiotrópicos (NP) (B) de mudas de café submetidas a diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr. Lavras-MG, 2021.



Fonte: Do autor (2021).

Rodrigues (2017) em trabalho para avaliar a seletividade de herbicidas de vários mecanismos de ação isolados e mistura em mudas de café não observou efeito dos tratamentos com herbicidas inibidores da ALS (pyrazosulfuron-ethyl, imazethapyr, iodosulfuron-methyl, chlorimuron-ethyl, pyrazosulfuron-ethyl + sethoxydim, imazethapyr + sethoxydim, chlorimuron-ethyl + sethoxydim e iodosulfuron-methyl + sethoxydim) em relação a testemunha aos 65 DAA na altura, número de folhas e área foliar. Ainda, no diâmetro de caule o mesmo autor relatou efeito negativo dos tratamentos com herbicidas inibidores da ALS (imazethapyr, iodosulfuron-methyl, metsulfuron-methyl, chlorimuron-ethyl, iodosulfuron-methyl + sethoxydim e metsulfuron-methyl + sethoxydim).

Castanheira et al. (2019) com objetivo de avaliar a seletividade do herbicida inibidor da ALS, chlorimuron-ethyl em mudas de café relataram que as variáveis altura e comprimento dos ramos plagiotrópicos foram afetados negativamente em resposta a doses de herbicida, de modo que diminuições lineares ocorreram à medida que as doses de herbicida aumentaram até 200%. Para diâmetro do caule, número de ramos plagiotrópicos e número de folhas os mesmos autores não observaram efeito significativo dos tratamentos.

Ronchi et al. (2003) com o objetivo avaliar a tolerância de mudas de café à aplicação de herbicidas em pós-emergência relataram que dentre os herbicidas avaliados, aqueles que mais reduziram a altura das plantas, em relação à testemunha, foram imazamox (inibidor da ALS) e sulfentrazone (62 e 68%, respectivamente).

Nas avaliações de fitotoxicidade das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) em todas as épocas

avaliadas (TABELA 4 e 5).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para a variável fitotoxicidade em função das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). Lavras-MG, 2021.

FV	GL	QM			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Tratamento	3	0,906250*	3,015625*	4,947917*	6,795573*
Bloco	3	0,031250	0,276042	0,447917	0,097656
Erro	9	0,006944	0,137153	0,194444	0,118490
Total	15				
CV (%) =		5,13	16,69	17,21	11,91

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para a variável fitotoxicidade em função das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café aos 35 e 63 dias após a aplicação (DAA). Lavras-MG, 2021.

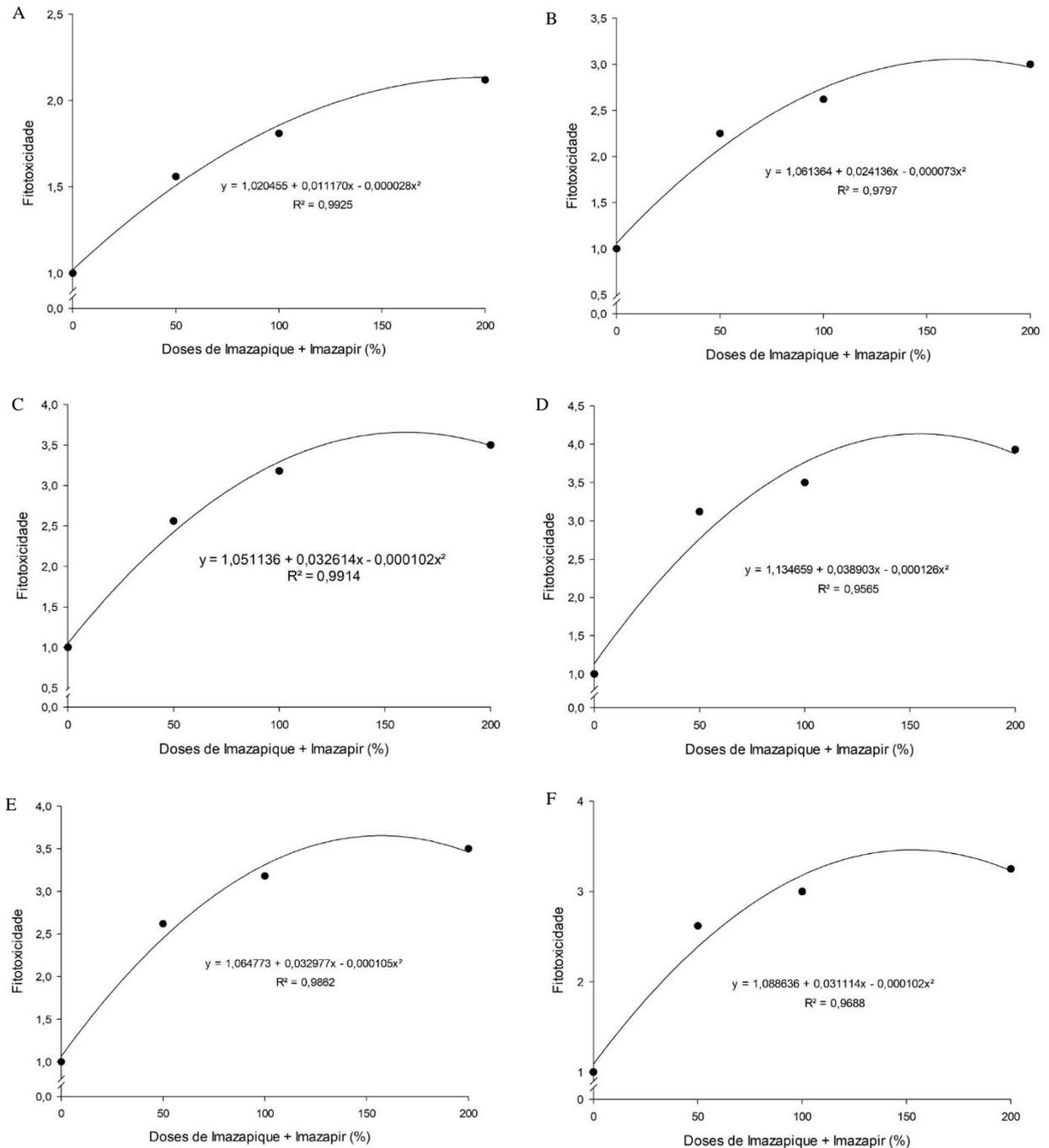
FV	GL	QM	
		35 DAA	63 DAA
Tratamento	3	4,951823*	4,098958*
Bloco	3	0,076823	0,057292
Erro	9	0,292101	0,140625
Total	15		
CV (%)		20,96	15,19

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

As notas de fitotoxicidade aos 7, 14, 21, 28, 35 e 63 DAA apresentaram comportamento quadrático e atingiram os pontos de máxima em 199,46%, 165,32%, 159,87, 154,38%, 157,03% e 152,52% e com valores máximos de 2,13; 3,06; 3,66; 4,14; 3,65 e 3,46, respectivamente (FIGURA 2).

Figura 2 – Nota de fitotoxicidade aos 7DAA (A), 14DAA (B), 21DAA (C), 28DAA (D), 35DAA (E) e 63DAA (F) de mudas de café submetidas a diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapir. Lavras-MG, 2021.



Fonte: Do autor (2021).

Os sintomas visualizados nas avaliações foram encarquilhamento e clorose das folhas novas no início. Com o passar do tempo ocorreu a evolução da clorose das folhas para necrose e, ainda, observou-se a queima dos pontos de crescimento nas doses de 100% e 200% do herbicida. Ainda, na dose de 50% notou-se o início de superbrotações no caule do cafeeiro.

Rodrigues e Almeida (2018) citam que a translocação dos herbicidas inibidores da ALS pertencentes ao grupo químico imidazolinonas são através do xilema e floema, o que resulta em acúmulos nos meristemas de crescimento e, com isso, explica a paralisação na formação de novos órgãos vegetativos e a queima dos ponteiros das mudas de café.

Ao avaliar o potencial de utilização de herbicidas em pós-plantio de cafeeiro, Ronchi e Silva (2003) concluíram que chlorimuron-ethyl (inibidor da ALS) causou manchas cloróticas e encarquilhamentos nas folhas, sintomas estes que surgiram tardiamente nas folhas. Também com esse mesmo herbicida, Castanheira et al. (2019) observaram em algumas plantas, sintomas como rachaduras e deformação da folha, especialmente nas regiões de crescimento.

Para a massa seca de raiz (MSR) e de folhas (MSF) notou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café e a variável massa seca do caule (MSC) não foi significativa ( $p > 0,05$ ) (TABELA 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca de raiz (MSR), massa seca do caule (MSC) e massa seca de folhas (MSF) em função das diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr em mudas de café aos 63 dias após a aplicação (DAA). Lavras-MG, 2021.

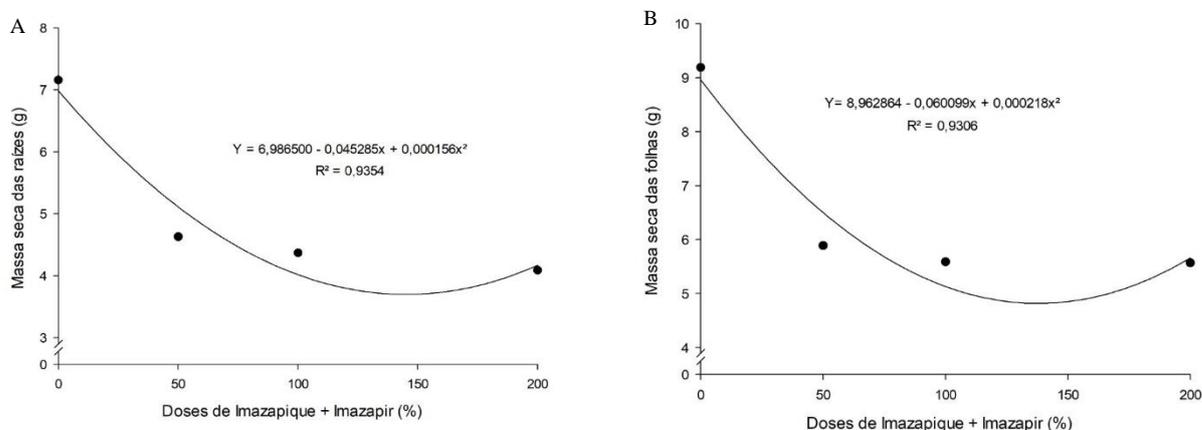
FV	GL	QM		
		MSR	MSC	MSF
Tratamento	3	8,038067*	2,828156	12,380183*
Bloco	3	0,704567	0,786106	0,499317
Erro	9	0,729300	0,871673	2,305333
Total	15			
CV (%) =		16,86	25,99	23,14

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

As variáveis MSR e MSF tiveram comportamento quadrático com os pontos de mínimos encontrados na dose de 145,14% e 137,84%, com pesos de 3,70 g e 4,82 g, respectivamente (FIGURA 3).

Figura 3 – Massa seca de raiz (MSR) (A) e massa seca de folhas (MSF) (B) de mudas de café submetidas a diferentes doses do herbicida Imazapic + Imazapyr. Lavras-MG, 2021.



Fonte: Do autor (2021).

O mecanismo de ação do herbicida Imazapic + Imazapyr é a inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS), molécula essa chave na rota de biossíntese de aminoácidos alifáticos de cadeia lateral valina, leucina e isoleucina. Os herbicidas desse mecanismo de ação quando aplicados em pós-emergência são mais tóxicos em plantas jovens, possuidoras de tecidos meristemáticos, todavia, quando resíduos do herbicida estão presentes ao solo, pode também inibir o crescimento de raízes laterais. (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018; OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Na planta de café nota-se a estreita interdependência fisiológica entre parte aérea e sistema radicular, no qual, as folhas são a fonte principal de fotoassimilados para as raízes e de modo inverso o sistema radicular fornece água, sais minerais e fitohormônios para a parte aérea (LIVRAMENTO, 2010). Como observado pelos resultados de crescimento e massa seca, provavelmente, houve interferência nas relações entre a partição de assimilados entre raízes e parte aérea nos tratamentos com o herbicida Imazapic + Imazapyr.

Castanheira et al. (2019) em ensaio com o herbicida chlorimuron ethyl notaram efeitos negativos no peso de folhas e ramos plagiotrópicos com comportamento linear, sendo assim, à medida que as doses de herbicida aumentaram houve redução dos pesos dessas variáveis até a dose de 200%. Ainda, para o peso de ramos ortotrópico houve um efeito quadrático, com diminuições conforme o a dose do herbicida aumentou para um ponto mínimo de 139% da dose comercial recomendada.

Rodrigues (2017) conclui em seu trabalho que o herbicida metsulfuron-methyl isolado e em associação com sethoxydim diferiram significativamente dos demais tratamentos, isto é, apresentaram menores valores de acúmulo de massa seca de raiz, caule e folhas em relação a

testemunha, resultados esses semelhantes ao presente trabalho com herbicida do mesmo mecanismo de ação.

## **5. CONCLUSÕES**

1. O herbicida Imazapic + Imazapyr afetou as variáveis números de folhas, número de ramos plagiotrópicos, nota de fitotoxicidade, massa seca de raiz e massa seca de folhas de mudas de café.
2. Os sintomas do herbicida Imazapic + Imazapyr no cafeeiro foram encarquilhamento, clorose seguida de necrose e interrupção do crescimento dos pontos de crescimento.
3. O herbicida Imazapic + Imazapyr não apresentou seletividade a mudas de café até 63 dias após a aplicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINETTO, D. et al. **Manejo de Plantas Daninhas**. In: SEDIYAMA, T. N.; SILVA, F.; BORÉM, A. ED (s). Soja do Plantio à Colheita. Viçosa. UFV, p. 234-251, 2015.
- ALCÂNTARA, E. N. et al. Manejo de mato em cafeeiro: métodos e coeficientes técnicos utilizados. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 247, p. 74-82, 2008.
- ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeitos sobre a produção de cafeeiros após 30 anos de aplicação nas entrelinhas de diversos métodos de controle plantas daninhas. In: **Simpósio Internacional sobre o Glyphosate**. Trabalhos Científicos. Botucatu: Unesp, p. 304-306, 2007.
- ALCANTARA, E. N.; CARVALHO, G. R. de. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas sobre o desenvolvimento de cafeeiros em formação. In: **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Poços de Caldas. Resumos expandidos**. Brasília: EMBRAPA CAFÉ, v. 2. p. 1004-1006, 2000.
- AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de Herbicidas. In: MONQUERO, P. A. Ed (s) **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: RiMa Editora, v.1, p.217-234. 2014.
- BLANCO, H. G. **Ecologia das plantas daninhas** - competição de plantas daninhas em culturas brasileiras. Controle integrado de plantas daninhas, p. 42-75, 1982.
- BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; PUPU, EIH. Estudo dos efeitos da época de controle do mato sobre a produção de uma lavoura de café em formação. **Seminário Brasileiro de Herbicidas e Ervas Daninhas**, Londrina - PR (Brasil), 20-22 de julho. Resumos, 1976.
- CASTANHEIRA, D. T. et al. Selectivity of the herbicide chlorimuron on young coffee plants. **Coffee Science**, Lavras-MG, v. 14, n. 4, p.467-472, 2019.
- CHE, M. et al. Effect of pH on sorption and desorption of imazaquin and imazethapyr on clays and humic acid. **Journal of Environmental Quality**, p. 698-703, 1992.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas: Termos e Definições Importantes. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Coord. (s) **Aspectos da Resistência de Plantas Daninhas**. 4º ed. Piracicaba: ESALQ; p.11-32, 2016.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da Safra de Café. Levantamento de safra de Janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/infoagro/safra/cafe>. Acesso em: 15 abril. 2021.
- EWRC (European Weed Research Council). Report of 3rd and 4th meetings of EWRC – Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, v.4, n.1, p.88. 1964.
- FAY, P.K; DUKE, W.B. Na assessment of allelopathic potential in Avena germplasm. **Weed Science**, v.25, p.224-228, 1977.
- FIALHO, C. M. T., FRANÇA, A. C., TIRONI, S. P., RONCHI, C. P. e SILVA, A. A. Interferência de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de *Coffea arabica*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 137-147, 2011.

- FRANÇA, A. C. et al. Teores de nutrientes em cultivares de café arábica submetidos à deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p.877-885, 2010
- GOETZ, A.J.; LAVY, T.L.; GBUR, E.E., Degradation and persistence of imazethapyr. **Weed Science**, p. 421-428, 1990.
- GOMIDE, M. B. *et al.* Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 118-23, jul./dez. 1977.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, p. 289-302, 1999.
- LIVRAMENTO, D. E. Morfologia e fisiologia do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. Ed (s) **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, v.1, p. 87-161, 2010.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 383p.
- LOUX, M.M.; LIEBL, R.A.; SLIFE, F.W., Adsorption of imazaquin and imazethapyr on soils, sediments and selected sorbents. **Weed Science**, p. 712-718, 1989.
- LOUX, M.M.; REESE, K.D. Effect of soil pH on adsorption and persistence of imazaquin. **Weed Science**, p. 490-496, 1992.
- MANGELS, G. Behavior of the imidazolinone herbicides in soil - a review of the literature. In: Shaner, D.L.; O'Connor, S.L. (Eds.), **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton, EUA: CRC Press, p. 191-209, 1991.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Mapa, 2015. 584 p.
- MIGUEL, A. E. et al. Mobilização de nutrientes pelas plantas daninhas na cultura do café. In: **VIII Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 25-28 de novembro de 1980, Campos do Jordão, SP (Brasil). Instituto Brasileiro do Café, Rio de Janeiro (Brasil), 1980.
- MONKS, C.D.; BANKS, P.A., Rotational crop response to chlorimuron, clomazone, and imazaquin applied the previous year. **Weed Science**, p. 629-633, 1991.
- MOYER, J.R.; ESAU, R. Imidazolinone herbicide effects on following rotational crops in Southern Alberta. **Weed Technology**, p. 100-106, 1996.
- O'BRYAN, K.A. et al. Comparison of bioassay techniques for detecting imazaquin in soil. **Weed Technology**, p. 203-206, 1994.
- OLIVEIRA JR, R.S. et al. Mecanismo de ação de herbicidas. In: BARROSO, A.M.B.; MURATA, A.T. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal, SP: Fábrica de Palavras, 2021. p. 170-205.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Ed (s) **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, Curitiba, Omnipax, v.1; p. 141-192, 2011.

RENNER, K.A.; MEGGIT, W.F.; PENNER, D., Effect of soil pH on imazaquin and imazethapyr adsorption to soil and phytotoxicity to corn (*Zea mays*). **Weed Science**, 36:78-83, 1988.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina: Produção Independente, 2018. 764 p.

RODRIGUES, R. J.A. Eficácia e seletividade de herbicidas isolados e em associações no cafeeiro. **Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. p. 108. 2017.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 421-426, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.

SILVA, A. A.; RONCHI, C. P. Manejo e controle de plantas daninhas em café. In: VARGAS, L; ROMAN, E. S. (Org.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 417-475.

SILVA, A. A. et al. **Manejo integrado de plantas daninhas em lavouras de café**. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEZZOPANE, J. R. M. (Eds.). Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura. Alegre: UFES-ES, 2008. p. 251-268.

TOLEDO, S. V. et al. Efeito da frequência de capinas na produção do cafeeiro. **Bragantia**, v. 55, n. 2, p. 317-324, 1996.

TIBURCIO, R. A. S. et al. Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 65-73, 2012.

VOLTOLINI, G. B. et al. Selectivity of fluazifop-p-butyl in young coffee plants. **Coffee Science**, Lavras-MG, v. 14, n. 3, p.302-307, 2019.