

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO SUL DE MINAS GERAIS – CAMPUS MACHADO**

Matheus Freire Spuri

**Pulverização de isoxaflutole e indaziflam em cafeeiro recém-
plantado**

**MACHADO - MG
2019**

Matheus Freire Spuri

Pulverização de isoxaflutole e indaziflam em cafeeiro recém-plantado

Monografia apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do curso de Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Saul Jorge Pinto de Carvalho

**MACHADO - MG
2019**

S759p Spuri, Matheus Freire
Pulverização de isoxaflutole e indaziflam em cafeeiro recém-plantado. – Matheus Freire Spuri. – Machado: [s.n.], 2019.
30 p. il.

Orientador: Prof. Dr. Saul Jorge Pinto de Carvalho.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Machado.

Inclui bibliografia

1.Coffea arábica. 2. Herbicida. 3. Mato competição. I Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Machado. II.

Título.

CDD: 633.7

Matheus Freire Spuri

Pulverização de isoxaflutole e indaziflam em cafeeiro recém-plantado

Monografia apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrônômica.

Orientador: _____

Prof. Dr. Saul Jorge Pinto de Carvalho

Membros: _____

Prof. Dr. Vanderson Rabelo de Paula

Prof. Dr. Ivan Franco Caixeta

**MACHADO - MG
2019**

DEDICATÓRIA

Dedico a minha família, amigos e professores que sempre estiveram presentes em minha carreira acadêmica me dando todo apoio e incentivo, lutando sempre pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me permitir realizar essa conquista. Aos meus pais por estarem sempre ao meu lado me apoiando e proporcionando esse sonho. Ao meu orientador Saul Jorge Pinto de Carvalho, que contribuindo diretamente para minha formação acadêmica e futuro profissional. Aos meus amigos e colegas que estiveram sempre ao meu lado nesta conquista.

RESUMO

As plantas daninhas possuem grande potencial de competição com as plantas de café (*Coffea arabica*), sobretudo durante a fase de implantação da cultura. Embora existam vários herbicidas registrados para a cultura do café, pouquíssimos possuem seletividade total para serem aplicados diretamente sobre as plantas jovens, em pós-emergência. O isoxaflutole é um inibidor da síntese de caroteno, já o indaziflam é um inibidor da síntese de celulose. Assim sendo, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a seletividade dos herbicidas isoxaflutole e indaziflam para mudas de cafeeiro, isolados ou em mistura, quando aplicados em pós-emergência, após implantação do cafeeiro. O trabalho foi desenvolvido em 2018, em casa-de-vegetação do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – câmpus Machado, utilizando mudas de café cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, adquiridas de viveiro comercial. As mudas foram plantadas em vasos de polietileno de 4L de capacidade, preenchidos com solo argiloso e substrato comercial. Foi adotado delineamento de blocos ao acaso com seis tratamentos e seis repetições, totalizando 36 parcelas. Os tratamentos foram: testemunha sem aplicação amostrada no dia das pulverizações, testemunha colhida ao final do experimento, isoxaflutole a 90 g ha^{-1} , indaziflam a 30 g ha^{-1} , isoxaflutole + indaziflam ($90 + 30 \text{ g ha}^{-1}$, mistura em tanque), isoxaflutole + indaziflam ($90 + 30 \text{ g ha}^{-1}$, mistura formulada). As aplicações foram realizadas com auxílio de um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO_2 , pulverizando o equivalente a 200 L ha^{-1} de calda. Aos 7, 14, 21, 28, 35 e 45 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), foi realizada avaliação visual da toxicidade dos herbicidas às plantas de café. No experimento, aos 35 e 45 DAT foi avaliado o teor de clorofila das plantas com o auxílio do clorofilômetro modelo SPAD 502. Aos 45 dias, as plantas foram colhidas e secadas em estufa de circulação forçada de ar, a 70° C , até massa constante, para determinação da biomassa seca da parte aérea e das raízes. Todos os dados foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância. Em seguida, utilizou-se teste de Scott Knott para comparação dos dados. Os herbicidas indaziflam e isoxaflutole isolados ou em mistura causaram danos as plantas de cafeeiro jovem, porém, a planta conseguiu metabolizar as moléculas e se recuperar parcialmente dos danos.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, herbicida, mato competição, controle.

ABSTRACT

Weeds have a great potential for competing with coffee plants, mainly during the crop implantation phase. Although there are several herbicides registered for the coffee plantations, very few of them have full selectivity to be post-emergence applied directly to young plants. Isoxaflutole is a carotene synthesis inhibitor, while indaziflam is a cell wall inhibitor, acting on its biosynthesis. Therefore, this work was developed with the objective of evaluating the selectivity of isoxaflutole and indaziflam herbicides for coffee plants, when post-emergence applied, after coffee implantation. The work was developed in 2018, in greenhouse of the Federal Institute of Southern Minas Gerais - Machado campus, using coffee seedlings (*Coffea arabica*), cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, purchased from a commercial nursery. Seedlings were planted in 4L polyethylene pots filled with clay soil and commercial substrate. A randomized block design with six treatments and six replications was adopted, totaling 36 plots. The treatments were: check plots without application harvested on the day of application, check plots harvest at the end of the experiment, isoxaflutole at 90 g ha⁻¹, indaziflam at 30 g ha⁻¹, isoxaflutole + indaziflam (90 + 30 g ha⁻¹, mixture in tank), isoxaflutole + indaziflam (90 + 30 g ha⁻¹, formulated mixture). The applications were carried out using a CO₂-backpack sprayer, pressurized by CO₂, spraying the equivalent of 200 L ha⁻¹ of solution. At 7, 14, 21, 28, 35 and 45 days after the application of the treatments (DAT), a visual evaluation of herbicide toxicity to the coffee plants was performed. In the experiment, at 35 and 45 DAT, the chlorophyll content of the plants was evaluated with the aid of the chlorophyll meter model SPAD 502. At 45 days, plants were harvested and dried in a forced air circulation oven, at 70° C, until constant mass to determination of shoots and roots dry biomass. All data were submitted to the application of the F test in the analysis of variance. Then, Scott Knott test was used for data comparison. The herbicides indaziflam and isoxaflutole isolated or combined, damaged the young coffee plants, but they were able to metabolize both herbicides and partially recover.

Keywords: *Coffea arabica*, herbicide, weed competition, chemical control.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. A Cultura do Café	10
2.2. Plantas Daninhas	11
2.3 Controle de Plantas Daninhas	12
2.4 Herbicidas	13
2.4.1 Isoxaflutote (IFT)	14
2.4.2 Indaziflam.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÕES	26
6. REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

O cafeeiro (*Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre), pertence à família Rubiaceae e há tempos vem sendo cultivado e é uma atividade de suma importância na economia brasileira, pois é uma força que alavanca o desenvolvimento socioeconômico, produzindo e distribuindo renda, além de ter grande capacidade de gerar empregos. As riquezas geradas pela cafeicultura possibilitaram o desenvolvimento e a industrialização de muitas regiões brasileiras (REIS e CUNHA, 2010).

O café começou a ser cultivado no Brasil no início do século XVII, no século XIX se tornou o principal produto da economia brasileira, pois a produção aumentou o suficiente para conseguir a obtenção deste título. A partir do século XX verificou-se aumento da produção e consumo mundial do café, destacando-se como principal área de produção a América do Sul, em grande parte devido ao Brasil e à Colômbia, que são os principais produtores mundiais de café (MALAVOLTA, 2000).

Em números atuais, o Brasil é o maior produtor de café no mundo, com estimativa de produção de 52,48 milhões de sacas do produto beneficiado, correspondendo a 36% de toda a produção mundial; e o estado de Minas Gerais corresponde a 50% de produção nacional, com 26,24 milhões de sacas produzidas. A área total cultivada no país é de 2,13 milhões de hectares, desse total, 319,17 mil hectares (15%) estão em formação e 1,81 milhão de hectares (85%) em produção (CONAB, 2019a). O Brasil também se destaca quanto à exportação, sendo o país que mais exporta café no mundo com 38,72 milhões de sacas (CONAB, 2019b). Sobre o consumo, recentemente o Brasil alcançou o primeiro lugar no ranking de nações que mais consomem a bebida no mundo (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2018).

Porém, segundo a CONAB (2018), a produtividade de café no Brasil é aquém de sua capacidade, sendo esta superior a 40 sacas ha⁻¹, contra a média atual de 29,47 sacas ha⁻¹. Como descreveram Caixeta, Guimarães e Romaniello (2008), dentre os principais fatores que limitam o alcance desta produtividade almejada destacam-se lavouras depauperadas, bionalidade de produção, estresses bióticos e abióticos, problemas no manejo da cultura, principalmente o manejo incorreto de plantas daninhas e deficiências nutricionais.

A concorrência dos cafeeiros com as plantas daninhas é uma das principais causas da redução da produtividade dos cafezais (SANTOS et al., 2001), pois elas competem pelos mesmos recursos exigidos pelo cafeeiro, que são, água, luz e nutrientes. Essa competição é ainda maior em plantas jovens de café que são extremamente sensíveis à interferência de

plantas daninhas. Do transplântio no campo até o segundo ano, as plantas de café ainda pequenas deixam grande área de solo descoberta à radiação solar, possibilitando crescimento das espécies daninhas, o que vai ocasionar a competição entre ambas (SILVA et al., 2008). Este fato se justifica pelo crescimento lento do cafeeiro em relação às plantas daninhas, permitindo que elas exerçam maior concorrência pelos recursos disponíveis (RONCHI, 2001).

Para o correto manejo de plantas daninhas, o controle químico é um dos mais eficazes e em vários casos o mais econômico, além de possuir aplicação prática, rapidez de sua ação de controle e não revolvimento do solo (YAMASHITA et al., 2008). Atualmente, existem 30 ingredientes ativos registrados para uso na cafeicultura (AGROFIT, 2019). No entanto poucos possuem seletividade e, portanto, podem ser aplicados diretamente sobre as plantas sem ocasionar injúrias (RONCHI, 2001).

Em cafeeiro em estágio de implantação evidenciam-se os herbicidas aplicados logo após o plantio das mudas, mas antes da emergência das plantas daninhas. A principal alternativa utilizada pelos cafeicultores tem sido o uso de herbicidas não seletivos aplicados em jato dirigido sobre as espécies de plantas daninhas, tentando evitar a deriva das gotas sobre as plantas de café. Dentre os herbicidas utilizados se tem o indaziflam, cujo seu mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de celulose e possui amplo espectro de ação e longa eficiência até em baixas doses (SILVA, 2016). Outro herbicida que tem potencial para o uso no controle de plantas daninhas na cultura do café é o isoxaflutole, pertencente ao grupo químico dos isoxazoles, em que seu mecanismo de ação está relacionado com o impedimento da biossíntese de pigmentos carotenoides, essenciais para a proteção da clorofila (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

Entretanto, deve-se ter muito cuidado com a aplicação desses herbicidas no cafeeiro jovem principalmente, pois apesar de serem tolerados pelo cafeeiro, pode ocorrer alguns sintomas de intoxicação que não desaparecem com o desenvolvimento da cultura (RONCHI, 2001). As principais causas para acontecer essa intoxicação na cultura são inadequação de doses, baixa tolerância da cultivar ao herbicida e inadequada tecnologia de aplicação (MAGALHÃES et al., 2012).

Assim, esse trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a seletividade dos herbicidas isoxaflutole e indaziflam, isolados ou em mistura, sobre mudas de cafeeiro recém-plantado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Cultura do Café

O cafeeiro (*Coffea* sp.) é originário da África e possui aproximadamente 103 espécies, cujas principais espécies são *C. arabica* L. (café arábica) e *C. canephora* (café robusta ou conilon) (DAVIS et al., 2016). Desde o início do Século XX, o Brasil já se destacava na produção de café, sendo responsável por 80% da produção mundial. A maior parte da produção vem do cultivo de *C. arabica*, que corresponde 74,9% da produção total de café produzido em território nacional, sendo Minas Gerais o estado que mais produz, com cerca de 25 milhões de sacas e é onde também se consegue ter a maior produção do Brasil, influenciada pelo clima e pelo solo (CONAB, 2019b).

De acordo com Camargo e Camargo (2001) o ciclo fenológico completo do cafeeiro foi subdividido em seis etapas: 1) vegetação e gemas foliares; 2) indução e maturação das gemas florais; 3) florada; 4) granação dos frutos; 5) maturação dos frutos; 6) repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários. Já Pezzopane et al. (2003) descreveram uma escala das fases fenológicas reprodutivas do cafeeiro com base em números: 0 (gema dormente); 1 (gema intumescida); 2 (abotoado); 3 (florada); 4 (pós-florada); 5 (chumbinho); 6 (expansão dos frutos); 7 (grão verde); 8 (verde-cana); 9 (cereja); 10 (passa); 11 (seco).

Conforme a forma de exploração, a cultura do café proporcionou grandes avanços tecnológicos para otimizar seu produto final. Buscando garantir a competitividade e a permanência na atividade, o cafeicultor brasileiro tem de se esforçar para tornar a lavoura mais produtiva, rentável e lucrativa (FRANÇA et al., 2010).

Dentre as diversas culturas perenes cultivadas no Brasil, o café se destaca por sua sensibilidade à competição exercida pelas plantas daninhas, com reflexos negativos no crescimento das plantas jovens (FIALHO et al., 2012).

Para a manutenção dos cafezais, é importante que o controle de plantas daninhas seja efetuatedo, pois a competição entre plantas tem como efeito a diminuição do rendimento e da qualidade do café, embora essas operações impliquem em altos custos para o produtor (RONCHI e SILVA, 2006).

Segundo Silva (2008), a competição das plantas daninhas com o cafeeiro é maior durante o início da formação da lavoura (primeiro e segundo ano após a implantação) e

também nos meses de outubro a março (época das águas), período que coincide com a frutificação do cafeeiro.

2.2. Plantas Daninhas

Segundo Fisher (1973), planta daninha pode ser definida como toda planta cujas vantagens não têm sido ainda descobertas ou como planta que interfere negativamente com os objetivos do homem. Ashton e Mônaco (1991) definem planta daninha como sendo a planta que cresce onde não é desejada.

As plantas daninhas são consideradas um problema sério para a agricultura, pois se desenvolvem em condições semelhantes ou mais adversas às das plantas cultivadas. Se as condições edafoclimáticas são propícias à lavoura, são também para as espécies daninhas, porém se as condições ambientais são antagônicas às espécies cultivadas, por possuírem elevado grau de adaptação, as plantas daninhas podem sobreviver e se perpetuar mais facilmente (RONCHI, 2003).

O manejo intensivo de plantas daninhas é uma das práticas mais realizadas na agricultura (YANG et al., 2007), sendo essencial ao cafeeiro, uma vez que este é extremamente sensível e suscetível à competição por nutrientes (RONCHI e SILVA, 2006), luz e água, prejudicando o florescimento, frutificação e, conseqüentemente, a sua produção (ALCÂNTARA e FERREIRA, 2000).

Existem diversos fatores que interferem no desenvolvimento do café quando este está competindo com plantas daninhas na área, mas o principal são os nutrientes, que podem ser afetados por diversos fatores, como as diferenças no hábito de crescimento e o requerimento de nutrientes pelas espécies envolvidas (FIALHO et al., 2012).

O cafeeiro possui crescimento lento em relação ao das plantas daninhas, permitindo que elas exerçam maior competição pelos recursos disponíveis (FIALHO et al., 2010). A interferência imposta por essas plantas resulta na diminuição do teor de nutrientes nas folhas (RONCHI, 2001).

Vale ressaltar que os efeitos negativos causados pela presença das plantas daninhas não devem ser atribuídos exclusivamente à competição, mas sim a uma resultante total de pressões ambientais, que podem ser diretas (competição, alelopatia, interferência na colheita e outras) e indiretas (hospedar insetos, doenças e outras). O grau de interferência imposto pelas plantas daninhas à cultura do café é determinado pela composição florística (espécies que

ocorrem na área e distribuição espacial da comunidade infestante) e pelo período de convivência entre as plantas daninhas e a cultura (RONCHI e SILVA, 2003).

Dentre as espécies de plantas daninhas, existem algumas que conseguem ter maior eficiência na absorção e na utilização de nutrientes quando comparada a outras espécies. Como por exemplo, a planta *Bidens pilosa* que pode alcançar densidade equivalente a 75 plantas por m², onde conseguem extrair até quinze vezes mais os nutrientes presentes no solo que são de extrema importância para a produção cafeeira (RONCHI, SILVA, 2004).

De acordo com Ashton e Mônaco (1991), as plantas daninhas reduzem a produção das lavouras e aumentam os custos de produção, causando danos de ordem social e à manutenção de áreas não cultivadas.

Porém, Santos, Marchi e Marchi (2008) relatam que dependendo do manejo adotado pelo cafeicultor, as plantas daninhas podem trazer benefícios à cafeicultura, como, por exemplo a proteção contra erosão, retenção de umidade, aumento da matéria orgânica do solo, formação de microclima e melhoria na qualidade do solo.

Quando as plantas daninhas são eliminadas totalmente, pode ocorrer severa deterioração da superfície do solo e em determinadas condições como, por exemplo, em locais de solo arenoso, bastante sujeito a erosão, e não é aconselhável à manutenção da cultura isenta de cobertura por período prolongado (ALCÂNTRA e CARVALHO, 2015).

2.3 Controle de Plantas Daninhas

O manejo adequado das plantas daninhas envolve um conjunto de práticas que permitem manter a infestação em níveis que não prejudiquem a lavoura. O manejo agroecológico utiliza práticas culturais, onde as plantas daninhas são aproveitadas como cobertura morta na preservação da umidade do solo no inverno e contra a erosão durante o período chuvoso, sem que a infestação prejudique a colheita e a qualidade do produto (ALCÂNTARA et al., 1989).

Os métodos de controle de plantas daninhas são práticas de grande importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer exploração agrícola, sendo a prevenção e os métodos biológico, mecânico e químico os mais utilizados.

O manejo de plantas daninhas na cultura do cafeeiro está relacionado com o uso de máquinas agrícolas, que podem causar compactação do solo (SANTOS et al., 2010; DIAS, ALVES, DIAS, 2004; DIAS JUNIOR e PIERCE, 1996) e alteração do meio onde o sistema

radicular desenvolve (GYSI, 2001), promovendo degradação da estrutura do solo e redução da produção das culturas (ARAUJO JUNIOR, 2007).

Segundo Ronchi, Silva e Ferreira (2001) existem diversos tipos de controle de plantas daninhas na cultura cafeeira, que dentre eles estão: a capina manual, controle mecânico, controle semi-mecanizado, aplicação de herbicidas seletivos de pré ou pós-emergência de plantas daninhas e herbicidas não seletivos, porém existem algumas dificuldades na aplicação dessas formas de controle.

O manejo de plantas daninhas na linha de plantio é dificultado, uma vez que o controle manual é de alto custo devido à escassez de mão de obra e/ou excessiva umidade do solo. Já o controle químico, necessita de produtos seletivos para essa fase, no entanto, são poucos os herbicidas à disposição do produtor para uso em cafeeiros em formação. Em relação aos herbicidas não seletivos, deve-se ressaltar a importância de tecnologias de aplicação adequadas destes produtos, para que não ocorra intoxicação da cultura (RONCHI, SILVA e FERREIRA, 2001).

2.4 Herbicidas

Os herbicidas são a principal medida de controle de plantas daninhas empregada na cafeicultura. Eles sobressaem por poderem ser usados em períodos chuvosos, quando o controle mecânico e a mão de obra não são eficientes. Além disso, permitem que a cobertura morta persista por maior tempo sobre o solo, em comparação ao controle mecânico, e propicia controle por tempo mais prolongado (NJOROGÉ, 1994).

O controle químico de plantas daninhas possui baixo custo/área, rapidez na operação e eficiência, sendo essas as razões principais de seu uso generalizado (PEREIRA, 2000). Segundo Santos, Marchi e Marchi. (2008), um herbicida adequado deve possuir maior eficiência no controle das plantas daninhas e mínima fitotoxicidade sobre a cultura, menor impacto ambiental, baixa toxidez ao homem e aos animais, baixa persistência no ambiente e maior viabilidade econômica.

O uso de herbicidas que não são seletivos é uma opção de manejo das plantas daninhas na linha de plantio, porém, devem-se utilizar barreiras físicas, afim de evitar o contato das gotas com a planta da cultura, assim evitando problemas como fitotoxidez (FRANÇA et al., 2010).

Dentre os efeitos fitotóxicos causados pelos herbicidas sobre as plantas de café estão a clorose, seguido por deformações onde pode gerar até a morte da planta. A variação dos danos depende de diversos fatores como a idade da planta, a molécula do herbicida utilizado, a dose e das condições edafoclimáticas a qual a planta está sujeita (YAMASHITA et al., 2009).

Ainda com a aplicação correta e criteriosa dos defensivos agrícolas, o que se pode observar é a falta de informação dos produtores quanto a tecnologia de aplicação. Este fato pode ser comprovado ao observar grande número de plantas intoxicadas por herbicidas na cafeicultura, mesmo utilizando herbicidas adequados para a cultura (GUEDES et al., 2017).

Dentre os tipos de intoxicação as que mais aparecem são as alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas, que por diversas vezes podem ser confundidas por deficiência de N, B, Fe e Zn, que são caracterizados pelo aparecimento de manchas cloróticas nas folhas, pequenas e quebradiças, além de reduzir o crescimento das plantas pela falta de folhas que depois de um certo tempo caem, assim, afetando a fotossíntese consequentemente a produção de energia da planta que não se desenvolverá de forma adequada (MALAVOLTA, 2006).

Embora existam vários herbicidas registrados para a cultura do café, não existem muitos produtos para aplicar em cafeeiros novos ou recém-plantados. Somente três herbicidas estão sendo comercializados no momento. Esses produtos são recomendados para serem utilizados a partir do momento em que as plantas de café são levadas a campo e transplantadas e em sua maioria são aplicados na pré-emergência das plantas daninhas. (ALCÂNTARA, 2000).

Segundo Ronchi e Silva (2003), os herbicidas fluazifop-p-butyl, oryzalin e oxyfluorfen são um dos herbicidas recomendados para utilização em plantas de café recém-transplantadas, aplicados em pré ou pós-emergência das plantas daninhas. Para os demais, é necessário evitar que a calda herbicida atinja diretamente as folhas da planta, o que implica o uso de adequada tecnologia de aplicação (RONCHI e SILVA, 2003).

2.4.1 Isoxaflutole (IFT)

O herbicida Isoxaflutole (IFT) pertence ao grupo dos inibidores da síntese de carotenos, que são aplicados em pré-emergência, gerando sintomas com características de albinismo e despigmentação seguindo-se paralisação do crescimento e necrose. Quando esse herbicida entra em contato com o solo ele muda sua composição para metabólito

diquetonitrila (DKN) que é a molécula biologicamente ativa no controle de plantas daninhas (OLIVEIRA et al., 2006).

Os sintomas foliares estão associados com o acúmulo do fitoeno, típico dos herbicidas que inibem o fitoeno desaturase. No entanto, o DKN inibe a 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD), com inibição indireta do fitoeno desaturase resultante da depleção de um co-fator essencial, a plastoquinona (PALLET, VIVIANI, LITTLEK, 1998).

Para o isoxaflutole (IFT), a sua sorção no solo diminui com o decréscimo do teor de matéria orgânica e com o aumento do pH do solo. Por sua vez, o conteúdo de argila e a concentração de Ca^{2+} não afetam o grau de sorção de IFT. Conforme Mitra, Bhowmilk e Xing (1999), em solos com teores de matéria orgânica maiores ou iguais a 2%, a sorção, a persistência e a mobilidade do IFT no solo correlacionam-se com o teor de matéria orgânica, mas não com a textura. Além disso, o IFT não persiste em concentrações altas no solo, devido, principalmente, à sua hidrólise. Segundo Taylor-Lovell et al. (2002), sua meia-vida diminui de 74 para 38 horas quando a umidade do solo passa de 10 para 40%; se o solo estiver seco, essa reação não ocorre ou se dá muito lentamente.

Atualmente, o IFT é recomendado para o controle de plantas daninhas em milho, mandioca, batata, algodão e cana-de-açúcar (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Nessas culturas, esse herbicida pode ser usado em pré e pós-emergência precoce (VIDAL; MEROTTO JR., 2001), onde não possui registro para cafeicultura.

2.4.2 Indaziflam

O indaziflam (N-[(1R,2S)-2,3-dihydro-2,6-dimethyl-1H-inden-1-yl]-6-[(1R)-1-fluoroethyl]-1,3,5-triazine-2,4-diamine) é um ingrediente ativo com efeito herbicida, pertencente à nova classe química "alkylazine". Seu mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de celulose (TOMPKINS, 2010).

Considerado o mais potente inibidor da parede celular já descoberto, ele atua na biossíntese de parede celular (KAAPRO e HALL, 2012). O mecanismo exato de ação deste herbicida não foi completamente esclarecido, entretanto, sabe-se que evita a formação de novas células da parede celular, provocando desta forma a paralisação do crescimento da planta. A formação de parede celular é inibida, mas a síntese de polímeros de polissacarídeos não é afetada..

O indaziflam possui maior $t_{1/2}$ (meia vida) no solo (> 150 dias), o que permite maior flexibilidade no momento de sua aplicação (TOMPKINS, 2010; KAAPRO & HALL, 2012). Aplicado em pré-emergência, o indaziflam proporcionou controle entre 91 e 94% de *Digitaria ischaemum* aos 195 dias após a aplicação do herbicida (BROSNAN, McCULLOUGH, BREEDEN, 2011) e maior que 90% para *Digitaria sanguinalis* aos 203 DAA (PERRY et al., 2011).

A inibição provavelmente ocorre em algum ponto na etapa da reticulação das microfibrilas de celulose. A inibição da divisão celular do tecido meristemático também tem sido proposta, como um mecanismo de ação secundário. Este herbicida também inibe a deposição de cristais na parede celular, afetando severamente a sua formação, a divisão e o alongamento das células. A eficácia em aplicações em pós-emergência tem sido observada até o estágio de duas folhas. A aplicação de indaziflam em pós emergência pode ser limitado por fatores como o tamanho da planta, seu estágio fenológico e as condições ambientais (SILVA, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em casa-de-vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, Campus Machado (21° 40' S; 45° 55' W; 850 m de altitude), entre junho e outubro de 2018. Cada unidade experimental constou de um vaso de 4 L, preenchido com mistura de solo argiloso peneirado (Tabela 1) e substrato comercial, em proporção de 3:2 v/v, devidamente fertilizado com 9,0 g de superfosfato simples, 1,0 g de sulfato de magnésio e 4,0 g de fertilizante comercial 15:15:20 (N:P:K + micronutrientes) (Figura 1).

Em 22/06/2018 cada muda de café, cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, foi transplantada para cada vaso com aproximadamente oito meses de cultivo e 6-7 pares de folhas. Após transplante, as plantas foram mantidas em casa-de-vegetação com irrigação automatizada para aclimação até setembro de 2018, quando foram administrados os tratamentos herbicidas. As plantas se desenvolveram adequadamente sem deficiência hídrica ou nutricional.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas do solo utilizado no experimento (LATOSSOLO Vermelho Amarelo). Machado - MG, 2017

Análise Físico-Granulométrica										
Areia						Argila	Silte	Floculação	Classe Textural:	
Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	Total					
g kg ⁻¹						--- % ---			Argilosa	
12	37	70	149	64	332	529	139	100		
Análise Química ⁽¹⁾										
CaCl ₂		pH	M.O.		P		CTC			
K		KCl	H ₂ O	g dm ⁻³		mg dm ⁻³		mmol _c dm ⁻³		
5,6		5,7	5,8	15,7		3,0		21,0		
K		Ca	Mg	Al	H + Al	SB	V	M		
mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				%				
28		0,4	0,8	0,1	0,8	1,3	61,9	7,14		

⁽¹⁾M.O. – Matéria orgânica; CTC – Capacidade de troca catiônica; SB – soma de bases; V - saturação por bases, Laboratório de Análise de Solos – ESALQ/USP, Piracicaba – SP.



Figura 1. Visão geral das parcelas experimentais de café (Catuaí Vermelho IAC 144) nas condições de aplicações. Machado – MG, 2018.

Foi adotado delineamento de blocos ao acaso com seis tratamentos e seis repetições, totalizando 36 parcelas. Os tratamentos foram: testemunha sem aplicação amostrada no dia das aplicações, testemunha colhida ao final do experimento, isoxaflutole a 90 g ha^{-1} , indaziflam a 30 g ha^{-1} , isoxaflutole + indaziflam ($90 + 30 \text{ g ha}^{-1}$, mistura em tanque), isoxaflutole + indaziflam ($90 + 30 \text{ g ha}^{-1}$, mistura formulada). Para a aplicação isolada de isoxaflutole e mistura em tanque, adotou-se o produto comercial Provence 750 WG[®]; para indaziflam, adotou-se Alion[®]; para a mistura formulada, adotou-se Provence Total[®].

As pulverizações foram realizadas em 7 de setembro de 2018, diretamente sobre as mudas. Para tanto, foi utilizado pulverizador costal pressurizado por CO_2 , acoplado à barra de pulverização com duas pontas do tipo leque XR 110.02, operando à pressão constante de 2,5 bar, devidamente calibrado para volume de calda proporcional a 200 L ha^{-1} e posicionado à 0,50 m acima das plantas. Em todas as aplicações, foi utilizada água deionizada como veículo (Figura 2).



Figura 2. Detalhe das caldas de herbicidas preparadas para pulverização em cafeeiro recém-implantado. T3 – isoxaflutole; T4 – indaziflam; T5 – Mistura em tanque; T6 – Mistura formulada. Machado – MG, 2018

A primeira testemunha foi coletada no dia das pulverizações, de modo a caracterizar as plantas no momento da aplicação. Estas parcelas foram lavadas e as plantas separadas em raízes e parte aérea, passaram por secagem para quantificar massa de matéria seca. As demais parcelas foram mantidas em casa-de-vegetação para avaliação de fitotoxicidade aos 5, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após aplicação (DAA). A fitotoxicidade foi avaliada considerando-se escala variável entre zero e 100% de dano, em que zero representou plantas saudias, sem sintomas, e 100% representou plantas mortas.

Aos 42 DAA, todas as parcelas foram lavadas em água corrente para limpeza das raízes e encaminhadas para secagem. Em laboratório, todas as plantas foram secadas em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, por 72 horas para obtenção e matéria seca de parte aérea e raízes (Figura 3).

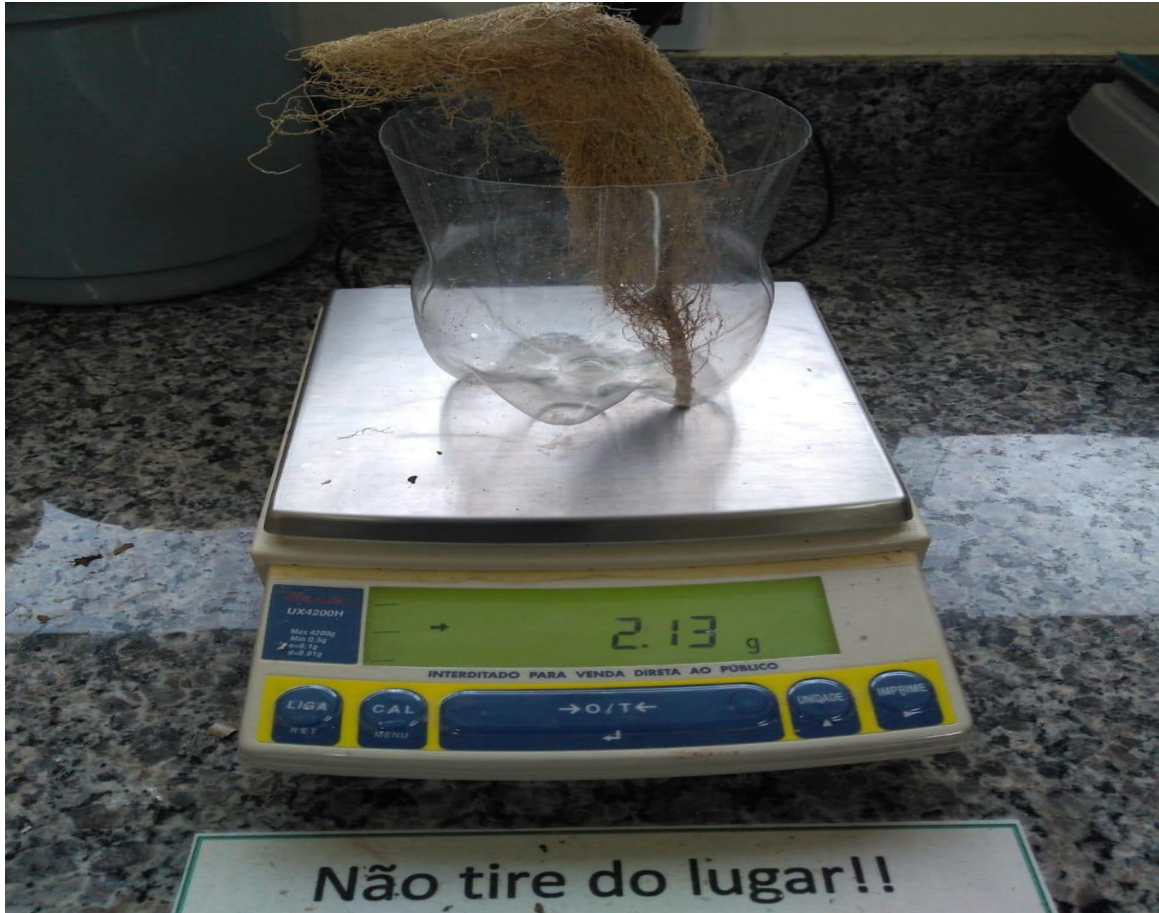


Figura 3. Pesagem do sistema radicular da muda de cafeeiro após secagem na estufa. Machado – MG, 2018.

Aos 14 e 42 DAA, também foi avaliado o índice SPAD das plantas, utilizando o aparelho Konica-Minolta 502 Plus (Figura 4). Nesta medição, foi realizada a média da amostragem de cinco folhas por parcela, sendo duas folhas novas (terço superior das plantas) e três folhas velhas (terço médio-inferior das plantas).

Todos os dados foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância, seguido do teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, ambos com 5% de significância.



Figura 4. Coleta de dados nas mudas de café com a utilização do SPAD. Machado – MG, 2018.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, observa-se os dados de seletividade de isoxaflutole e indaziflam às mudas de café, em todas as datas de avaliação. Aos 7 DAA, observaram-se baixos níveis de intoxicação, porém com diferenças entre os tratamentos, nos quais os tratamentos de mistura em tanque e mistura formulada os sintomas de toxidez foram mais expressivos chegando a 10,7% e 12,0%, respectivamente. A partir dos 14 DAA, os valores de intoxicação aumentaram entre os tratamentos, sendo que o pico de fitotoxicidade foi observado aos 21 DAA, em que a mistura em tanque e formulada obtiveram 27,2% e 25,0% de nível de fitotoxicidade, sendo estes os maiores níveis entre os tratamentos. Já o tratamento no qual se aplicou indaziflam obteve 22,5% de fitotoxicidade e para o isoxaflutole observaram 18,5% de intoxicação.

A partir dos 28 DAA, foi observada redução gradativa nos valores de intoxicação das mudas, em que os tratamentos que receberam aplicação das moléculas de herbicidas individualmente ou em mistura não diferiram entre si no nível de intoxicação, indicando a capacidade das mudas de café em metabolizar a molécula do herbicida (Tabela 2). Aos 35 DAA, a redução continuou acontecendo, podendo ser notada redução maior para o tratamento que foi aplicado indaziflam. Finalmente ao 42 DAA, nota-se que todos os tratamentos com exceção à testemunha obtiveram os mesmos níveis de fitotoxicidade e também evidenciado a queda nos valores de intoxicação. Resultado semelhante foi relatado por Nascimento (2018) que observou o pico de maior intoxicação em mudas de café após foi aos 25 DAA, em que os valores de intoxicação causada por isoxaflutole + indaziflam, isoxaflutole e indaziflam foram de 58,1; 50,6 e 54,3 % respectivamente; aos 75 DAA percebeu queda na intoxicação, com 28,1; 10,6; 36,2 % respectivamente. Comportamento similar observado neste estudo.

A seletividade desses herbicidas, principalmente do indaziflam, vem sendo avaliada por pesquisadores brasileiros em relação aos seus efeitos de longo prazo em culturas perenes. As culturas do café e de citros não sofreram nenhum tipo de injúria após a pulverização em pré-emergência das doses de 75 e 150 g ha⁻¹ deste herbicida (BLANCO e RAMOS, 2012).

Tabela 2. Fitotoxicidade de isoxaflutole e indaziflam sobre mudas de cafeeiro recém-implantadas, quando aplicados isoladamente ou em mistura, em sucessivas avaliações (dias após aplicação – DAA). Machado – MG, 2018

Trat.	Fitotoxicidade ¹ (%)					
	5 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	42 DAA
Testemunha	0,0 A	0,0 A	0,0 A	0,0 A	0,0 A	0,0 A
Isoxaflutole (90 g ha ⁻¹)	0,0 A	8,8 B	18,5 B	19,7 B	19,2 C	17,7 B
Indaziflam (30 g ha ⁻¹)	6,5 B	18,3 C	22,5 B	18,2 B	14,2 B	13,2 B
Mistura em Tanque	10,7 C	23,5 C	27,2 C	24,2 B	20,8 C	15,7 B
Mistura Formulada	12,0 C	20,0 C	25,0 C	21,3 B	22,5 C	19,3 B
F _{trat}	18,220*	29,792*	39,796*	26,090*	25,381*	19,766*
CV (%)	56,06	30,44	22,72	27,56	28,92	32,27

¹Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade; *Teste F significativo a 1%.

Podem ser observados na Tabela 3 os valores para o índice SPAD, medido pelo clorofilômetro Minolta SPAD-502. Nota-se que aos 14 DAA, o tratamento em que se aplicou o herbicida isoxaflutole individualmente obteve o menor valor para este índice. Aos 42 DAA, o tratamento com isoxaflutole continuou com os menores valores de índice SPAD, seguido pelos tratamentos com mistura em tanque e formulada, com 33,12 e 31,53, respectivamente.

Esses valores mais baixos do índice SPAD ocorrem pelo fato do herbicida isoxaflutole bloquear a síntese dos pigmentos carotenoides. Os carotenoides possuem ação fotoprotetora importante para a clorofila e diversas proteínas presentes no cloroplasto. Esses pigmentos são essenciais para absorverem o excesso de energia da clorofila, após excitação pela luz. Desta forma, os pigmentos evitam a fotoxidação da molécula da clorofila e a formação de radicais tóxicos em excesso no citoplasma celular, que vão destruir as membranas plasmáticas. Com o bloqueio ocorre a oxidação da clorofila pela luz, devido à falta de pigmentos que não protegem da fotoxidação, resultando em perda de moléculas de clorofila (DEVINE et al., 1993; SPRAGUE et al., 1999; VIDAL, 1997).

Tabela 3. Índice SPAD de mudas de cafeeiro recém-implantadas, após aplicação de isoxaflutole e indaziflam, isolados ou em mistura, aos 14 e 42 dias após aplicação (DAA). Machado – MG, 2018

Trat.	Índice SPAD ¹	
	14 DAA	42 DAA
Testemunha	48,32 A	37,30 A
Isoxaflutole (90 g ha ⁻¹)	42,92 B	20,72 C
Indaziflam (30 g ha ⁻¹)	53,42 A	36,50 A
Mistura em Tanque	53,05 A	33,12 B
Mistura Formulada	50,03 A	31,53 B
F _{trat}	3,319*	18,436**
CV (%)	11,59	11,92

¹Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade; *Teste F significativo a 5%; **Teste F significativo a 1%.

Na Tabela 4, observam-se os dados de massa de matéria seca. Na parte aérea, nota-se o quanto de massa a testemunha final ganhou em relação a inicial e também pode ser notado que os tratamentos com aplicação isolada de isoxaflutole e mistura formulada foram os que produziram menos massa de matéria seca de parte aérea comparados a testemunha final, com 4,55 e 4,66 g, respectivamente. Para massa de matéria seca total, também foi observada menor produção para esses respectivos tratamentos. Visualmente a intoxicação não foi alta, visto que não afetou fortemente a massa, com exceção do tratamento com isoxaflutole, pois este afetou o teor de verde das folhas das mudas, conseqüentemente afetando a fotossíntese, diminuindo a massa de parte aérea e total.

As plantas suscetíveis que recebem aplicação de isoxaflutole produzem folhas albinas (conforme observado nesse estudo), ou seja, perdem a cor verde (HESS, BRIDGES, 2003). A produção de massa dessas plantas tratadas com este herbicida que é um inibidor de pigmentos continua por alguns dias, entretanto, devido à falta de clorofila, as plantas não conseguem se manter produzindo massa regularmente (SENSEMAN, 2007). Essa menor produção deve-se pelo fato do herbicida em questão inibir a enzima HPPD, bloqueando a biossíntese de homogentisato, o precursor da plastoquinona (molécula de quinona envolvida na cadeia de transporte de elétrons das reações fotossintéticas), com isso o isoxaflutole bloqueia o transporte de elétrons da fotossíntese, em nível do Fotossistema II, pela menor produção da

plastoquinona necessária para o transporte de elétrons, elevando o estresse oxidativo já provocado pela ausência da proteção dos carotenoides (PALLET, VIVIANI, LITTLEK, 1998).

Por fim, não houve diferenças na produção de massa de matéria seca de raízes para os tratamentos avaliados (Tabela 4), o que sugere que os herbicidas não afetaram o sistema radículas das mudas de café. Resultado semelhante foi encontrado por Silva (2016), que avaliando a aplicação do herbicida indaziflam em diferentes doses em mudas de café conilon, observou que 40% de deriva da dose recomendada para a cultura (150 g ha^{-1}) não ocasionou em diferenças significativas em relação a testemunha no sistema radicular das mudas.

Tabela 4. Massa de matéria fresca e seca (parte aérea, raízes e total) de mudas de cafeeiro recém-implantadas, quando submetidas à aplicação de isoxaflutole e indaziflam, isolados ou em mistura, avaliadas aos 42 dias após aplicação (DAA). Machado – MG, 2018

Trat.	Massa de Matéria Seca (g)		
	Parte Aérea	Raízes	Total
Testemunha Inicial	4,93 B	2,85	7,78 A
Testemunha Final	6,13 A	2,32	8,46 A
Isoxaflutole (90 g ha^{-1})	4,55 B	2,18	6,73 B
Indaziflam (30 g ha^{-1})	5,91 A	2,56	8,47 A
Mistura em Tanque	5,80 A	2,45	8,26 A
Mistura Formulada	4,66 B	1,97	6,64 B
F_{trat}	3,226*	1,474 ^{ns}	2,893*
CV (%)	17,75	25,88	15,74

¹Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade; *Teste F significativo a 5%; ^{ns} Teste F não significativo.

5. CONCLUSÕES

Os herbicidas em mistura causaram maiores danos às mudas de café até os 21 DAA. O sintoma observado com a aplicação do indaziflam foi a queima no bordo das folhas com a queda da mesma; já o isoxaflutole provocou a despigmentação da folha. Após esse período a planta conseguiu metabolizar as moléculas e recuperar dos danos.

A aplicação de isoxaflutole interferiu no valor do índice SPAD e alterou a massa de matéria seca da parte aérea e total, estas últimas duas variáveis também sofreram alteração quando foi aplicada a mistura formulada contendo isoxaflutole e indaziflam.

A massa seca das raízes não sofreu alteração em nenhum dos tratamentos aplicados.

A aplicação tanto isolada quanto em mistura dos herbicidas causaram efeitos fitotóxicos as plantas, onde observa-se que os herbicidas não são seletivos as plantas de café, que conseguiu recuperar dos danos, porém, afetando sua massa e crescimento.

6. REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Consulta de produtos formulados.** Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 11 out. 2019
- ALCÂNTARA, E. N. de; BARTHOLO, G. F.; CHEBABI, M. A. A. O manejo do mato em cafeeiros. **Informe Agropecuário**, v. 14, n. 162, p. 2 -28, 1989.
- ALCÂNTARA, E. N. Avaliação de herbicidas para cafeeiros em formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos.** Londrina: SBCPD, 2000. p.344.
- ALCÂNTARA, E. N.; CARVALHO, R. C. S (2015) Coffee Science, Lavras v. 10, (2) 138 – 148p.
- ALCÂNTARA, E.N.; FERREIRA, M.M. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas sobre a produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) instalados em Latossolo Roxo distrófico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.1, p 54-51, 2000.
- ARAÚJO JUNIOR, C.F. **Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas em lavoura cafeeira.** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Lavras, 2007. 132 p.
- ASHTON, F.M., MÔNACO, T.J. Weed science: principles and practices. 3. ed. **New York: John Wiley**, 1991. 466 p.
- BLANCO, F.M.G.; RAMOS, Y.G. Avaliação da seletividade do herbicida indaziflam sobre as raízes e parte epigeas da cultura de café cv. Catuaí. Resultado do primeiro ano. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Anais...** Campo Grande: SBCPD, 2012. p.54-59.
- BROSNAN, J. T.; McCULLOUGH, P. E.; BREEDEN, G. K. Smooth crabgrass control with indaziflam at various spring timings. **Weed Technology**, v. 25, n. 3, p. 363-366, 2011.
- CAIXETA, G. Z. T.; GUIMARÃES, P. T. G.; ROMANIELLO, M. M. Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura. **Informe Agropecuário**. v. 29. n. 247, p. 14-23, 2008.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v.20, n.1, p.65-68, 2001.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira.** [19/09/2019]. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em 11 out. 2019a.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Análise mensal. Setembro, 2019.** Disponível em: < <https://www.conab.gov.br> > Acesso em: 11 out. 2019b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Análise de consumo anual de café.** Disponível em: < <https://www.conab.gov.br> > Acesso em: 11 out. 2009.

DAVIS, A.P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D.M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 152, n. 4, p. 465-512, 2006.

DEVINE, M.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. 441 p.

DIAS JUNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 2, p. 175-182, 1996.

DIAS, G.F.S.; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S. *Brachiaria decumbens* suppresses the initial growth of coffee. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 6, p. 579-583, 2004.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Os cinco países mais promissores para o café.** 2018. Disponível em: < <https://blog.euromonitor.com/os-cinco-paises-mais-promissores-para-o-cafe/> > Acesso em: 11 out. 2019.

FIALHO, C.M.T.; SILVA, G.R.; FREITAS, M.A.M.; FRANÇA, A.C.; MELO, C.A.D.; SILVA, A.A. Competição de plantas daninhas com a cultura do café em duas épocas de infestação. **Planta Daninha**, v. 28, n. especial, p. 969-978, 2010.

FIALHO, C.M.T.; SILVA, A.A.; FARIA, A.T.; TORRES, L.G.; ROCHA, P.R.R.; SANTOS, J.B. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2012.

FISHER, H.H. **Conceito de erva daninha.** Curso intensivo de controle de ervas daninhas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1973. p. 5-10.

FRANÇA, A.C.; FREITAS, M.A.M.; FIALHO, C.M.T.; SILVA, A.A.; REIS, M.R.; GALON, L.; e VICTORIA FILHO, R. Crescimento de cultivares de café arábica submetidos a doses do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 599-607, 2010.

KAAPRO, J.; HALL, J. Indaziflam - a new herbicide for pre-emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v.18, Special Issue, p. 267-270, 2012.

HESS, F. D.; BRIDGES, D. Mode of action of carotenoid biosynthesis inhibitors. In: **Herbicide action course.** West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 383-396

GYSI, M. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheeltraffic Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. **Soil and Tillage Research**, v.61, n.3/4, p.133-142, 2001.

GUEDES, L.S.; CASTANHEIRA, D.T.; VOLTOLINI, G.B.; SOUZA, I.F.; GONÇALVES, A.H.; GUIMARÃES, R.J. Sintomas de fitotoxicidade e crescimento de mudas de café submetidas aos herbicidas inibidores da protox. **Coffee Science**, v. 12, n. 3, p. 290 - 296, 2017.

MAGALHÃES, C. E.; RONCHI, C. P.; RUAS, R. A. A.; SILVA, M. A. A.; ARAÚJO, F. C.; ALMEIDA, W. L. Seletividade e controle de plantas daninhas com oxyfluorfen e sulfentrazone na implantação de lavoura de café. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 607- 616, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **História do café no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Ceres, 2000. p. 464.

MITRA, S.; BHOWMILK, P. C.; XING, B. Sorption of isoxaflutole by five different soils varying in physical and chemical properties. **Journal of Pesticide Science**, v. 55, n.9, p. 935-942, 1999.

NASCIMENTO, J. L. M. **Efeito do Fertiactyl na proteção de plantas de café atingidas por herbicidas e no controle de plantas daninhas**. 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018

NJOROGE, J. M. Weeds and weed control in coffee. **Experimental Agriculture**, v. 30, n.4, p. 421-429, 1994.

OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; MARCHIORI JR, O.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. Influência do período de restrição hídrica na atividade residual de isoxaflutole no solo. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 733-740, 2006.

PALLET, K. E.; VIVIANI, F.; LITTLEK, J.P. The mode of action of isoxaflutole. I. Physiological effects, metabolism, and selectivity. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 62, n. 1, p. 113-124, 1998.

PEREIRA, R.C.A.; MARINHO, J.T.S.; SALES, F.; AZEVEDO, K.S., **Manejo e controle de plantas invasoras do café no Acre**, Instruções Técnicas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Acre, nº30, p.1-3, 2000.

PERRY, D. H.; SCOTT MC ELROY, J.; DOROH, M. C.; WALKER, R. H. Indaziflam utilization for controlling problematic turfgrass weeds. Plant Management Network, 2011. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/>>. Acesso em: 11 out. 2019.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica: do plantio à colheita**. 1. ed. Lavras: EPAMIG, 2010. 895 p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, E. S. **Guia de herbicidas**. 4 ed. Londrina: Edição dos autores, 2005. p. 591.

- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Efeito na competição de plantas daninhas sobre o crescimento de plantas jovens de café. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 415-423, 2006.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Weed control in young coffee plantations through post-emergence herbicide application onto total area. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 607-615, 2004.
- RONCHI, C.P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.421-426, 2003.
- RONCHI, C. P.; TERRA, A.A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2001.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, 2001. 94 p.
- SANTOS, J. C. F.; MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S. **Cobertura do solo no controle de plantas daninhas do café**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. Documentos /Embrapa Cerrado. 56p.
- SANTOS, G. A.; JUNIOR DIAS, M. S.; GUIMARÃES, P. T. G.; PAIS, P. S. M., Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de controle de plantas invasoras, na cultura cafeeira. **Coffee Science**, v. 5, n.2, p. 123-136, 2010.
- SANTOS, I. C.; SANTOS, I. C.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; MIRANDA, G. V.; PINHEIRO, R. A. N. Eficiência de glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 135-143, 2001.
- SENSEMAN, S. A. (Ed.). **Herbicide handbook**. 9.ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.
- SILVA, A. A. Manejo integrado de plantas daninhas em lavouras de café. In: TOMAZ, M. A. et al. (Eds.). **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: UFES, 2008. p. 251-268.
- SILVA, W. C. **Desempenho dos herbicidas indaziflam e glifosato na cultura do café conilon**. 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, 2016.
- SPRAGUE, C. L.; PENNER, D.; KELLS, J. J. Important considerations for RPA 201772 utility. **Weed Technology**, v. 13, n.4, p. 814-820, 1999.
- TAYLOR-LOVELL, S.; SIMS, G. K.; WAX, L. M.; HASSETT, J.J. Hydrolysis and soil adsorption of the labile herbicide isoxaflutole. **Environmental Science Technology**, v. 34, n.15, p. 3186-3190, 2000.

TOMPKINS, J. **Pesticide fact sheet: indaziflam**. United States, Environmental Protection Agency. Disponível em: <http://www.epa.gov/opp00001/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-080818_26-Jul-10.pdf>. Acesso em: 11 out. 2019

VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Edição dos Autores, 2001. 75 p.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R.A. Vidal, 1997. 165 p

YAMASHITA, O.M.; ORSI, J.V.N.; CAMPOS, O.R.; MENDONÇA, F.S.; RESENDE, D.D.; KAPPES, C.; GUIMARÃES, S.C. Tolerância de mudas de café conillon (*Coffea canephora*) a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Scientia Agraria**, v.10, n.2, p.169-174, 2009.

YAMASHITA, O. M.; MENDONÇA, F. S.; ORSI, J. V. N.; RESENDE, D. D.; KAPPES, C.; GUIMARÃES, S. C. Efeito de doses reduzidas de oxyfluorfen em cultivares de algodoeiro. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 917-921, 2008.

YANG, Y.; WANG, H.; TANG, H.; CHEN, X., Effects of weed management practices on orchard soil biological and fertility properties in southeastern China. **Soil and Tillage Research**, v.93, n. 1, p.179-185, 2007.