

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ETIL-TRINEXAPAC COMO ATENUADOR DE ESTRESSE QUÍMICO CAUSADO
PELA DERIVA DE GLIFOSATO EM MUDAS DE CAFÉ**

ISABELA ALMAGRO RIBEIRO

JABOTICABAL 2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ETIL-TRINEXAPAC COMO ATENUADOR DE ESTRESSE QUÍMICO CAUSADO
PELA DERIVA DE GLIFOSATO EM MUDAS DE CAFÉ**

Isabela Almagro Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves

Coorientadores: Dr. Allan Lopes Bacha

Ma. Bruna Dal’Pizol Novello

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, para graduação
em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

JABOTICABAL – SP
1º Semestre/2025

FICHA CATALOGRÁFICA

	Ribeiro, Isabela Almagro
R484e	Etil-trinexapac como atenuador de estresse químico causado pela deriva de glifosato em mudas de café / Isabela Almagro Ribeiro. -- Jaboticabal, 2025
	Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
	Orientador: Pedro Luís da Costa Aguiar Alves
	Coorientador: Allan Lopes Bacha
	1. Coffea arabica. 2. Sub-doses. 3. Glifosato. 4. Etil-trinexapac. 5. Deriva. I.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
CÂMPUS JABOTICABAL



AUTOR
ISABELA ALMAGRO RIBEIRO

TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO
ETIL-TRINEXAPAC COMO ATENUADOR DE ESTRESSE QUÍMICO CAUSADO
PELA DERIVA DE GLIFOSATO EM MUDAS DE CAFÉ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves

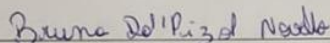
Coorientadores: Dr. Allan Lopes Bacha
Me. Bruna Dal'Pizol Novello

Área de Concentração: Engenharia Agrônômica

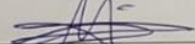
Data da defesa: 02/07/2025

(x) Aprovado
() Reprovado

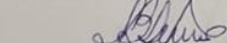
Banca Examinadora:



Me. Bruna Dal'Pizol Novello
Doutoranda em Agronomia (Produção Vegetal)
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal – UNESP

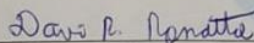


Biol. Ailton Alves Martins
Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal)
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal – UNESP



Prof. Dr. Leandro Borges Lemos
Departamento de Produção Vegetal
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal – UNESP

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 15/07/2025



Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus, pela oportunidade de concluir a faculdade dos meus sonhos, superar os obstáculos e realizar este trabalho da melhor maneira possível.

Agradeço aos meus pais Luciana e Alessandro, que nunca mediram esforços e sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória, que debaixo de muito sol se esforçaram para que eu pudesse caminhar na sombra. Ao meu irmão, Otávio em quem me inspiro para levar as coisas de maneira leve e divertida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, pelas orientações, paciência, compreensão e suporte.

Ao meu coorientador Dr. Allan Lopes Bacha, por toda dedicação, paciência e ajuda ao longo do desenvolvimento do trabalho.

A todos os colegas do Laboratório de Plantas Daninhas, que auxiliaram na execução do trabalho. Em especial a Bruna Novello pelo apoio e colaboração ao longo da elaboração deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus Jaboticabal pelas oportunidades oferecidas.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa - 2024/07585-9

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
<i>Coffea arábica</i> : História e importância.....	12
Plantas daninhas	17
Interferência de plantas daninhas na cultura do café e seu manejo	20
Glifosato	24
Deriva de herbicidas	27
Maturador como estratégia de mitigação de estresse químico causado pelo glifosato	32
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
Experimento 1 – Aplicação de glifosato em mudas de café após 2 anos de plantio.....	38
Experimento 2 – Aplicação de etil-trinexapac antes da deriva de glifosato	41
4. RESULTADOS.....	44
Experimento 1 - Aplicação de glifosato em mudas de café	44
Experimento 2 - Aplicação de etil-trinexapac antes da deriva de glifosato	56
5. DISCUSSÃO	85
6. CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

ETIL-TRINEXAPAC COMO ATENUADOR DE ESTRESSE QUÍMICO CAUSADO PELA DERIVA DE GLIFOSATO EM MUDAS DE CAFÉ

RESUMO

A cultura do café tem elevada importância econômica no Brasil, sendo frequentemente afetada por plantas daninhas e, para o controle das mesmas utiliza-se o herbicida glifosato. Contudo, a deriva desse produto pode causar estresse químico nas plantas não alvo, como o cafeeiro. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do etil-trinexapac como atenuador do estresse químico induzido pela deriva de glifosato em mudas de café. Foram conduzidos dois experimentos em condições semicontroladas, envolvendo aplicações isoladas e combinadas de glifosato e etil-trinexapac. O primeiro consistiu na aplicação de sete doses de glifosato (0, 868, 1736, 3472, 5208, 6944 e 8680 g i.a. ha⁻¹). O segundo experimento constitui-se de dois fatores: três doses de etil-trinexapac 0, 100 e 200 g i.a. ha⁻¹ e sete doses de glifosato: 0; 868; 1736; 3472; 5208; 6944; e 8680 g.i.a. ha⁻¹. Avaliaram-se parâmetros como: altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar, massa seca e fitotoxicidade, ao longo do desenvolvimento das mudas de café e após essas avaliações, os resultados foram submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados indicaram que o etil-trinexapac contribuiu para a mitigação dos efeitos negativos do glifosato, favorecendo a recuperação fisiológica das mudas. Assim, o uso desse regulador de crescimento representa uma estratégia promissora para reduzir os impactos da deriva do herbicida na cafeicultura.

Palavras-chave: Coffea arabica, sub-doses, glifosato, etil-trinexapac, deriva.

TRINEXAPAC-ETHYL AS A CHEMICAL STRESS ATTENUATOR CAUSED BY GLYPHOSATE DRIFT ON COFFEE SEEDLINGS

Trinexapac-ethyl as a chemical stress attenuator caused by glyphosate drift on coffee seedlings

SUMMARY

Coffee cultivation holds high economic importance in Brazil and is frequently affected by weed infestation. To control these weeds, the herbicide glyphosate is commonly used. However, drift from this product can cause chemical stress in non-target plants, such as coffee. This study aimed to evaluate the effect of trinexapac-ethyl as a mitigator of chemical stress induced by glyphosate drift in coffee seedlings. Two experiments were conducted under semi-controlled conditions, involving isolated and combined applications of glyphosate and trinexapac-ethyl. The first experiment consisted of the application of seven glyphosate doses (0, 868, 1736, 3472, 5208, 6944, and 8680 g a.e. ha⁻¹). The second experiment used a factorial design with two factors: three doses of trinexapac-ethyl (0, 100, and 200 g a.e. ha⁻¹) and seven doses of glyphosate 0; 868; 1736; 3472; 5208; 6944; e 8680 g a.e. ha⁻¹). Parameters such as plant height, number of leaves, stem diameter, leaf area, dry mass, and phytotoxicity were evaluated throughout the development of the coffee seedlings and after these evaluations, the results were submitted to the Tukey test at 5% probability. The results indicated that trinexapac-ethyl contributed to mitigating the negative effects of glyphosate, promoting the physiological recovery of the seedlings. Thus, the use of this growth regulator represents a promising strategy to reduce the impact of herbicide drift in coffee production systems.

Keywords: *Coffea arabica*, sub-doses, glyphosate, ethyl-trinexapac, drift.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil lidera a produção mundial de café, sendo responsável por cerca de 33,3% da produção global, com previsão de 55,7 milhões de sacas para a safra de 2025 (CONAB, 2025). No entanto, fatores como a presença de plantas daninhas comprometem significativamente a produtividade, sobretudo nas fases iniciais do desenvolvimento do cafeeiro, ao competirem por recursos essenciais como luz, água e nutrientes (Ronchi *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2013).

O controle dessas plantas é realizado, majoritariamente, com o herbicida glifosato, aplicado de forma localizada nas entrelinhas do cafezal. Contudo, mesmo em subdoses, a deriva desse herbicida pode atingir as plantas de café, causando fitotoxicidade visível, especialmente em folhas jovens, com sintomas como clorose, necrose e estreitamento foliar (França *et al.*, 2010; Schrübbers *et al.*, 2014). Essas reações se intensificam sob condições ambientais adversas, como vento, calor e baixa umidade (Velini *et al.*, 2008).

Diante disso, maturadores como o etil-trinexapac têm sido estudados como possível solução. Essas substâncias, ao atuarem como reguladores de crescimento, estimulam enzimas antioxidantes e aumentam a tolerância das plantas ao estresse químico (Gomide, Lavanholi & Veloso, 2008; Garcia, 2014). Pesquisas recentes mostram que subdoses de etil-trinexapac podem mitigar os efeitos negativos da deriva do glifosato, favorecendo a recuperação fisiológica e a funcionalidade dos tecidos vegetais (Corrêa, 2023; Bacha *et al.*, 2024).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo: avaliar o efeito do etil-trinexapac como atenuador do estresse químico causado pela deriva do herbicida glifosato em mudas de café e analisar sua capacidade de reduzir os sintomas de fitotoxicidade, melhorar a recuperação fisiológica das plantas e contribuir para a manutenção do desenvolvimento vegetativo e produtivo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

***Coffea arábica*: História e importância**

A história do café teve início na África, mais especificamente na Etiópia, um dos primeiros locais a aprofundar o conhecimento sobre esse fruto, que recebeu o nome de *coffea* (Silva, 2005). Embora existam diversas lendas sobre sua origem, evidências arqueológicas indicam que o uso do café remonta ao ano 800, em regiões do Oriente Médio, especialmente na Península Arábica. O primeiro registro histórico confiável da planta encontra-se na antiga Abissínia (atual Etiópia), na região de Kaffa, por volta do século X. Inicialmente, atribuía-se à planta propriedades medicinais. O médico árabe Razi foi um dos primeiros a descrever os grãos de café, destacando seus efeitos estimulantes e sua utilidade no combate à melancolia (Fisac, 2014).

Cerca de dois séculos mais tarde, por volta do ano 1000, o filósofo e médico persa Abu Ali al-Husayn ibn Sina, conhecido no Ocidente como Avicena, registrou o uso do café em sua obra *O Cânone da Medicina*. Traduzida para o latim em 1200, a obra foi utilizada como referência nos estudos médicos europeus até o século XVII. Nela, Avicena descrevia o café como uma infusão capaz de "fortalecer os

membros, limpar a pele, eliminar os humores nocivos e conferir ao corpo um aroma agradável" (Fisac, 2014).

O café adquiriu grande importância entre os povos árabes, que protegiam rigorosamente seu cultivo. O acesso às plantações era restrito, e as mudas eram guardadas com zelo. Na Pérsia, os primeiros grãos foram torrados para a preparação da bebida como se conhece hoje. A partir de 1615, o consumo começou a se espalhar pela Europa, trazido por viajantes do Oriente. Até o século XVII, a produção era exclusiva dos árabes. Apesar das tentativas de franceses, alemães e italianos, foram os holandeses os primeiros a obter êxito, cultivando mudas nas estufas do Jardim Botânico de Amsterdã. Assim, o café consolidou-se como a bebida mais consumida no Velho Continente (Moreli, 2009).

No Brasil, as primeiras mudas chegaram pela Guiana Francesa e foram plantadas no Pará por volta de 1730. A cultura se estabeleceu a partir de 1760, quando o café chegou ao Rio de Janeiro. A produção expandiu-se, tornando a província de Vassouras o principal polo cafeeiro no início do século XIX. Até 1860, o Rio de Janeiro liderava a produção brasileira, com 78,5% do total, seguido por São Paulo, com 12,1%.

A partir de 1880, a economia cafeeira do Vale do Paraíba entrou em declínio, influenciada pela baixa adoção de tecnologias, avanço do movimento abolicionista, crise de superprodução de 1897 e política deflacionista entre 1898 e 1902. No Oeste Paulista, a cafeicultura prosperou, beneficiada por terras disponíveis, clima propício,

solos férteis, relevo adequado e uso de técnicas agrícolas mais modernas (Nagay, 1999).

Com a inserção do café no mercado internacional, o produto consolidou-se como principal item das exportações brasileiras, sendo a principal fonte de riqueza do país por quase um século. O comércio do café impulsionou o desenvolvimento econômico, favorecendo a criação de cidades e a expansão urbana em estados como Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Em 1850, o Brasil já liderava a produção mundial, respondendo por 40% do volume global. Nesse contexto, Vassouras era reconhecida como a capital mundial do café (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2021).

O café tornou-se um dos produtos mais importantes da economia brasileira, sendo considerado uma cultura de alta rentabilidade (Silva, 2005). As variedades mais cultivadas são o arábica e o conilon. A produção de *Coffea arabica* representa cerca de 70% da produção mundial, mantendo proporção semelhante no Brasil. Essa espécie é originária do Sudoeste da Etiópia, Sudeste do Sudão e Norte do Quênia, em altitudes entre 1.000 e 3.000 metros (Carvalho, 1946).

O café é cultivado em diferentes sistemas de manejo e representa importante fonte de renda e empregos, sendo um produto de relevância global para produtores e exportadores (Davis et al., 2006). A cafeicultura possui grande importância econômica e social no Brasil. Em janeiro de 2025, o país exportou cerca de 3,977 milhões de sacas de 60 kg, resultando em aumento de 59,9% na receita em relação a 2024 — de US\$ 823 milhões para US\$ 1,316 bilhão. O arábica liderou as

exportações, com 3,278 milhões de sacas (82,4% do total), apesar de uma leve queda de 0,3% (CECAFÉ, 2025).

A safra de 2025 está estimada em 53,2 milhões de sacas, sendo 35,6 milhões de arábica e 17,6 milhões de robusta, representando um aumento de 3,4% em relação a 2024 (CCCMG, 2025). As principais regiões produtoras incluem Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Bahia. Minas Gerais lidera nacionalmente, especialmente no Sul de Minas e Cerrado Mineiro. O Espírito Santo destaca-se no conilon, enquanto São Paulo se sobressai no arábica. A Bahia vem se consolidando na produção de cafés especiais, sobretudo na Chapada Diamantina (Rehagro, 2024).

No âmbito social, o consumo de café também tem aumentado. Em 2018, registrou-se crescimento de 4,8% em relação ao ano anterior, totalizando 21 milhões de sacas consumidas (Souza et al., 2013). O café é atualmente a segunda bebida mais consumida no país. Em 2024, a área cultivada foi de 2,23 milhões de hectares, sendo 1,88 milhão em produção (aumento de 4% em relação a 2023) e 353,6 mil hectares em formação, apresentando queda de 2,2% (CONAB, 2025).

O cultivo do café evoluiu de commodity básica para produto de alto valor agregado, com variedades especiais conquistando mercados exigentes. A planta pertence à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea* L., com mais de cem espécies. É um arbusto perene, de porte médio, cerca de três metros de altura. As espécies cultivadas principais são *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, responsáveis por 70% e 30% da produção mundial, respectivamente (Peruzzolo et al., 2019).

O ciclo fenológico do cafeeiro vai da brotação à colheita. A maturação dos frutos é sinalizada pela mudança de cor — do verde ao vermelho ou amarelo, dependendo da variedade. A colheita no ponto ideal é essencial para a qualidade do café. O rendimento e a qualidade são influenciados por clima, altitude e manejo (Pezzopane *et al.*, 2009). Recomenda-se cultivo entre 700 e 2.000 metros, pois maior altitude tende a favorecer a qualidade do grão (Nasser, 2007).

Coffea arabica é um arbusto monocaule, com altura média de 3 a 5 metros, podendo chegar a 10 metros. Suas folhas são ovaladas, verde-escuras e brilhantes. Os frutos geralmente contêm duas sementes e adquirem coloração vermelha ou amarela na maturação. A bebida é mais ácida, com nove meses entre floração e maturação, e teor de cafeína entre 0,8% e 1,4% (OIC, 2020).

No entanto, a cafeicultura é vulnerável a riscos climáticos, biológicos e de mercado. A bienalidade, pragas, doenças, manejo inadequado e presença de plantas daninhas afetam negativamente a produtividade (Vale *et al.*, 2000; Zambolim *et al.*, 2002; Caixeta *et al.*, 2008). A competição com plantas daninhas é severa nos primeiros anos, especialmente entre outubro e março, período chuvoso que coincide com a frutificação. O crescimento rápido das plantas daninhas compromete o desenvolvimento do cafeeiro, reduzindo o acúmulo de nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade (Ronchi *et al.*, 2003; 2006).

Dessa forma, o café exerce papel crucial na história, economia e identidade do Brasil. Sua trajetória, desde os primeiros registros na Etiópia até sua consolidação como símbolo nacional, revela uma cultura agrícola profundamente

ligada ao desenvolvimento do país. Compreender seus aspectos históricos, botânicos, agronômicos e socioeconômicos é essencial para fortalecer a cafeicultura brasileira, assegurando destaque no cenário mundial e promovendo equilíbrio entre produtividade, qualidade e responsabilidade socioambiental.

Plantas daninhas

Desde os primórdios da agricultura e da pecuária, plantas que surgiam espontaneamente em áreas ocupadas pelo homem e que não possuíam utilidade alimentar, têxtil ou forrageira passaram a ser classificadas como indesejáveis. Do ponto de vista botânico, essas espécies são consideradas pioneiras, pois estão adaptadas a colonizar ambientes onde a vegetação nativa foi significativamente alterada, apresentando elevada disponibilidade de espaço e recursos para o crescimento vegetal. Seu papel ecológico consiste em favorecer o início do processo de sucessão ecológica, contribuindo para a reestruturação do ecossistema e, eventualmente, para a recuperação da vegetação original (Pitelli, 2015).

Um conceito amplo de planta daninha é apresentado por Shaw (1956), que a define como "toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada". Já Blanco (1972) propõe uma definição mais específica ao contexto agropecuário, considerando planta daninha como "toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interfira de maneira prejudicial nas atividades agropecuárias". O termo "planta daninha" não

possui uma definição baseada em função biológica específica. Espécies vegetais que causam impactos negativos às atividades humanas, à saúde pública ou ao meio ambiente, especialmente quando ocorrem fora de sua área geográfica natural ou em densidades populacionais superiores à capacidade de suporte do ecossistema, recebem diversas denominações conforme seu papel ecológico. Entre essas classificações estão: planta parasita, exótica invasora, pioneira, trepadeira, entre outras (Pitelli, 2015).

Atualmente, apesar da agricultura ser um processo altamente tecnológico, a produtividade em muitos locais fica abaixo do potencial genético que a cultura poderia expressar. A cultura não expressa essa máxima, dentre outros fatores, devido à presença de plantas daninhas e se não forem controladas, podem levar a perdas de até 95% de produtividade (Teixeira *et al.*, 2000; Deuber, 1999). A redução de produtividade causada pela planta daninha, pode ser por razões de interferência direta (competição por água, luz, espaço, nutrientes e liberação de compostos alelopáticos) ou por conta de plantas daninhas que podem hospedar pragas e doenças, obstruir operações agrícolas e por fim, interferir na qualidade final do produto colhido (Carvalho & Velini, 2001)

As plantas daninhas apresentam características como comportamento agressivo, elevada produção de diásporos, germinação irregular, rápido crescimento vegetativo e florescimento precoce (Silva e Silva, 2007; Brighenti & Oliveira, 2011; Monquero, 2014).

Dessa forma, a interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas é influenciada por diversos fatores, sendo os principais: o tipo de cultura cultivada, as espécies de plantas daninhas presentes, sua densidade populacional e os estágios de desenvolvimento envolvidos. A competição é mais intensa quando há sobreposição nas exigências fisiológicas das espécies. Por exemplo, no caso do trigo e do azevém, ambos apresentam estágios fenológicos semelhantes e exigem os mesmos recursos do ambiente, no mesmo período, o que intensifica a competição direta entre eles. A densidade das plantas daninhas também é um fator determinante: em geral, quanto maior a densidade, maior será a interferência na cultura, até um ponto em que ocorre competição interespecífica, ou seja, entre indivíduos da mesma espécie, o que pode limitar ainda mais o crescimento das plantas daninhas e modificar a dinâmica da competição com a cultura (Kissmann & Groth, 1999; Zimdahl, 2004; Oliveira & Silva, 2005).

Visto que as plantas daninhas causam perdas significativas na produtividade agrícola, se faz necessário o manejo das mesmas. Deve-se utilizar o Manejo Integrado de Plantas Daninhas, aliando vários métodos de controle, desde impedir a entrada de sementes de plantas daninhas na área, até métodos químicos.

Compreender o comportamento, a ecologia e os impactos das plantas daninhas são essenciais para o manejo integrado. Buscando um manejo eficiente e sustentável dessas espécies, que é um dos grandes desafios da agricultura, que exige conhecimento técnico, planejamento e responsabilidade ambiental (Kissmann & Groth, 1999; Zimdahl, 2004; Oliveira & Silva, 2005).

Interferência de plantas daninhas na cultura do café e seu manejo

Assim como em outras culturas, o cafezal também sofre interferência de plantas daninhas. Quando jovem, o cafeeiro apresenta alta sensibilidade à competição com essas plantas na linha de plantio. O grau de interferência depende de fatores como a densidade e a espécie invasora (Ronchi *et al.*, 2007). Um estudo de Ronchi *et al.*, (2007) demonstrou que o aumento da densidade de plantas daninhas como *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, *Brachiaria plantaginea* e *Mucuna aterrima* reduz significativamente o crescimento inicial de *Coffea arabica*, afetando variáveis como massa radicular e a relação entre sistema radicular e parte aérea. O trabalho comprovou relação negativa entre a densidade de plantas daninhas e as variáveis de crescimento, razão de massa radicular e razão sistema radicular/parte aérea, comprovando que a quantidade de plantas daninhas afeta negativamente as variáveis descritas acima. A competição imposta por plantas daninhas interfere diretamente no desenvolvimento do café, promovendo alterações significativas na estatura, no diâmetro do caule, no número de folhas e na capacidade de absorção de nutrientes (Ronchi *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2004, 2005; Oliveira *et al.*, 2005; Ronchi & Silva, 2006).

Os danos provocados pelas plantas daninhas no café, independente da fase em que está a cultura, podem ser classificados em diretos e indiretos. Os prejuízos diretos incidem sobre a produtividade e a qualidade das culturas, comprometendo a eficiência no uso dos recursos hídricos e podendo resultar na contaminação de lotes de sementes certificadas. Por outro lado, os impactos indiretos referem-se às

dificuldades operacionais nas atividades de manejo e colheita, como a redução da eficiência no aproveitamento da área cultivada, a maior suscetibilidade das lavouras à infestação por pragas e doenças, a diminuição da produtividade da mão de obra, o aumento dos custos de produção e a obstrução de equipamentos agrícolas e sistemas de irrigação (Concenção *et al.*, 2014).

Considerando o estágio fenológico da cultura do cafeeiro, observa-se que a interferência das plantas daninhas, quando não manejada adequadamente, resulta em perdas mais expressivas na produtividade durante o período de outubro a abril. Esse intervalo coincide com as fases de florescimento e frutificação da planta. Dessa forma, o controle de plantas daninhas deve ser priorizado antes do início do florescimento, a fim de minimizar os efeitos negativos sobre o desenvolvimento e a produção do cafeeiro (Blanco *et al.*, 1982).

Portanto, a presença das plantas daninhas influencia negativamente o crescimento do cafeeiro, devido ao desenvolvimento inicial lento da planta de café (Alcântara & Ferreira, 2000; Ronchi & Silva, 2003; Fialho *et al.*, 2011; Magalhães *et al.*, 2012; Rodrigues, 2017; Freitas *et al.*, 2018). O café, por ser uma planta muito sensível à mato-competição, requer um sistema de manejo de plantas daninhas eficaz (Alcântara & Ferreira, 2009). Entretanto, por apresentar competição por nutrientes, as plantas daninhas se tornam um fator limitante reduzindo o teor de macronutrientes em até 50% e o teor de micronutrientes em até 41%, comprometendo o desenvolvimento de cafeeiros jovens (Carvalho *et al.*, 2013). Em

lavouras adultas, a perda de produtividade por competição atingiu 20% (Alcântara & Ferreira, 2009).

O manejo de plantas daninhas na cafeicultura pode ser realizado por meio de métodos químicos, mecânicos, culturais e biológicos. Dentre essas abordagens, o controle integrado se destaca como a estratégia mais eficiente, pois alia diferentes técnicas para preservar a sanidade da lavoura e minimizar perdas na produção. No controle químico, utiliza-se herbicidas de ação pré e pós-emergente. Já o controle mecânico compreende práticas como a capina manual, roçadas e o emprego de implementos agrícolas para a eliminação das plantas infestantes (Santos, 2014).

O controle químico é um dos métodos de controle mais eficientes para plantas daninhas (Duringan *et al.*, 2005). O controle químico é a principal forma de controle de plantas daninhas na cafeicultura e é facilmente difundido por conta da possibilidade de utilização em períodos chuvosos, quando o controle mecânico não é conveniente (Njoroge, 1994). O controle químico das plantas daninhas na cultura do café baseia-se na aplicação de herbicidas pré e pós emergentes. Esses produtos químicos provocam distúrbios fisiológicos nas plantas daninhas, resultando na sua morte ou na inibição da germinação. Para que um herbicida seja considerado adequado, deve apresentar alta eficiência no manejo das plantas indesejadas, causar baixa fitotoxicidade à cultura do café, além de ter reduzido impacto ambiental e baixa toxicidade para seres humanos e animais (Santos, 2005). O emprego de herbicidas em lavouras de café recém-implantadas reduz os riscos de danos mecânicos à cultura, comuns durante a capina manual com enxada. Além disso,

essa prática apresenta custo mais baixo e facilita a realização de outras atividades culturais. Em sistemas que utilizam o cultivo intercalar, é importante aplicar herbicidas menos tóxicos nas linhas onde está o cafeeiro e optar por produtos seletivos para as entrelinhas, utilizando jatos dirigidos e protegidos para evitar danos à cultura principal (Matiello, 1991).

Dentre as práticas de manejo de plantas daninha destacam-se o manejo preventivo (visa evitar a entrada, estabelecimento e disseminação de espécies indesejadas em áreas ainda não infestadas), medidas de controle (práticas e técnicas utilizadas para eliminar ou reduzir a presença de plantas daninhas) e medidas de erradicação (visam eliminar completamente as plantas indesejadas). Essas medidas, bem planejadas e executadas, impedem a interferência das plantas daninhas sobre a planta de café impedindo também a redução da produtividade da lavoura, além de atenuar os gastos com herbicidas (Victoria Filho, 2000).

O manejo de plantas daninhas na cafeicultura pode ser realizado por meio de métodos químicos, mecânicos, culturais e biológicos. Dentre essas abordagens, o controle integrado se destaca como a estratégia mais eficiente, pois alia diferentes técnicas para preservar a sanidade da lavoura e minimizar perdas na produção. No controle químico, utiliza-se herbicidas de ação pré e pós-emergente. Já o controle mecânico compreende práticas como a capina manual, roçadas e o emprego de implementos agrícolas para a eliminação das plantas infestantes (Santos, 2017).

Para a realização eficiente do controle químico de plantas daninhas, é fundamental compreender o mecanismo de ação dos herbicidas e os processos

bioquímicos que ocorrem nas células vegetais (Vidal, 1997). Os herbicidas podem ser classificados, principalmente, em seletivos e não seletivos. Os seletivos, como o próprio nome já diz, são seletivos para algumas culturas, exemplo graminicidas não irão causar danos em culturas dicotiledôneas como a soja, já herbicidas mimetizadores de auxina não são seletivos para a soja, exceto cultivares geneticamente modificadas resistente aos mesmos. Já os herbicidas não seletivos possuem amplo espectro de ação, atuando no controle tanto de monocotiledôneas quanto de dicotiledôneas. Um exemplo é o glifosato, que possui amplo espectro de ação, e é amplamente utilizado para o controle de plantas daninhas na cultura do café (Oliveira Jr., 2011).

Glifosato

O glifosato, sintetizado inicialmente na década de 1950 pelo químico suíço Dr. Henri Martin e redescoberto por Dr. John Franz da Monsanto em 1970, foi lançado comercialmente nos Estados Unidos em 1974 sob o nome Roundup® (Auling, 2009). Trata-se de um herbicida sistêmico, amplamente utilizado na dessecação de culturas de cobertura e no controle de plantas daninhas anuais e perenes (Rodrigues & Almeida, 2005; Timossi *et al.*, 2006). Seu sucesso se deve ao amplo espectro de ação e à eficiência no controle de mais de 160 espécies de plantas daninhas (Rodrigues & Almeida, 2005; Christoffoleti *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2023).

Após a expiração da patente da Monsanto em 2000, o glifosato passou a ser produzido por diversas empresas, reduzindo seu custo e ampliando seu uso (Kottow, 2023). Sua utilização é predominante em sistemas com culturas geneticamente modificadas resistentes ao herbicida (RR), como soja, milho e algodão. O lançamento da soja Roundup Ready® em 1996, tolerante ao glifosato devido à inserção do gene *cp4 epsps* proveniente da bactéria *Agrobacterium sp.*, marcou um avanço significativo no manejo de plantas daninhas (Padgett *et al.*, 1995). Essa modificação permite que a soja continue produzindo aminoácidos essenciais mesmo sob aplicação do herbicida, enquanto as plantas daninhas são controladas.

O modo de ação do glifosato baseia-se na inibição da enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPS), crucial na via do ácido chiquímico. Essa via é responsável pela síntese de aminoácidos como fenilalanina, tirosina e triptofano. Ao bloquear essa rota metabólica, o glifosato compromete a produção de proteínas, levando à morte da planta (Roberts *et al.*, 2002; Yamada & Castro, 2007). O herbicida também interfere negativamente em processos fisiológicos como fotossíntese, metabolismo do carbono e absorção de nutrientes, resultando em clorose, inibição da brotação e redução do crescimento (Gomes *et al.*, 2014).

O glifosato é rapidamente absorvido pelas folhas, translocando-se via floema até os meristemas, raízes e rizomas. Essa ação sistêmica permite controlar eficientemente plantas daninhas perenes e de difícil erradicação, como capim-cogon (*Imperata cylindrica*), grama-bermuda (*Cynodon dactylon*) e tiririca (*Cyperus spp.*) (Franz, 1985; Gruys & Sikorski, 1999). Seu transporte ocorre principalmente

por difusão passiva através da cutícula foliar, seguindo um gradiente de concentração (Caseley & Coupland, 1985). A estrutura polar da molécula favorece sua movimentação por vias hidrofílicas, sendo rapidamente translocada pelo floema com o fluxo de assimilados.

Apesar de sua eficiência, o glifosato apresenta efeitos negativos. Estudos mostram que resíduos no solo podem alterar a microbiota e prejudicar a simbiose com microrganismos benéficos, como bactérias fixadoras de nitrogênio (Eker *et al.*, 2019). Há também registros de persistência ambiental, com impactos em plantas não alvo, como deformações em estruturas reprodutivas mais de um ano após a aplicação (Frontiers, 2021). Além disso, o glifosato atua como quelante de micronutrientes essenciais, reduzindo a resistência das plantas a patógenos.

Outro problema recorrente é a deriva de pulverização, que pode atingir culturas vizinhas sensíveis. Mesmo doses subletais podem causar danos, como deformações em tomates e lesões em milho não resistente a até 35 metros da área tratada (Al-Khatib *et al.*, 2010; Eker *et al.*, 2019).

O herbicida pode ser absorvido por plantas vizinhas via solo, afetando seu desenvolvimento mesmo após a decomposição de plantas tratadas que liberam o composto. Portanto, embora o glifosato seja um dos herbicidas mais eficazes e amplamente utilizados no controle de plantas daninhas, sua aplicação deve ser estruturada na tecnologia de aplicação, para evitar a deriva.

Deriva de herbicidas

Em áreas onde o controle químico é feito e o glifosato é muito utilizado, problemas de intoxicação em espécies não alvos, como por exemplo o café, vêm sendo observadas, por conta da deriva produzida no momento da aplicação (Corrêa, 2023; Maruca, 2022). De modo geral, deriva refere-se ao movimento de partículas de determinado produto, como o glifosato, para fora da área alvo durante ou após a aplicação. Esse deslocamento pode ocorrer por meio de gotas suspensas no ar, vapores ou partículas aderidas à poeira, resultando em deposição em locais não desejados (Cederlund *et al.*, 2017). Nesse âmbito, o termo “deriva” pode apresentar diferentes definições segundo a literatura. A definição de deriva pode ser associada como tudo aquilo que não atinja o alvo (Christofolletti, 1999). Outra definição pode representar a deriva como parte de uma aplicação agrícola que é conduzida para fora da planta alvo, por ação do vento, podendo ser transportado em gotas ou em forma de vapor (Miller, 2004). O desvio da trajetória das partículas liberadas na aplicação é denominado de deriva (Matuo, 1990).

Para que a deriva ocorra e a molécula de herbicida entre em contato com o organismo não alvo, existem alguns fatores que favorecem este processo. Esse fenômeno é frequente nas atividades agrícolas, mas tende a se intensificar quando há uso incorreto dos equipamentos de pulverização, ausência de regulação adequada ou aplicação em condições climáticas desfavoráveis, como em momentos do dia com baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas (Velini *et al.*, 2008).

O vento, como exemplo de situação climática desfavorável, é um grande agente a favorecer a deriva, ventos acima de 10 km/h aumentam significativamente o risco de deriva, transportando gotas finas para distâncias maiores. Estudos demonstram que a toxicidade em culturas sensíveis, como o milho não resistente ao glifosato, pode ocorrer até 35 metros de distância da área tratada (Reddy *et al.*, 2010). Outro exemplo relacionado a condições climáticas desfavoráveis são temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar, que aceleram a evaporação das gotas, aumentando a probabilidade de deriva. É ideal realizar aplicações em temperaturas abaixo de 30°C e umidade relativa acima de 60% para minimizar esse risco (Cederlund *et al.*, 2017). Além disso, outras condições como altura da barra de aplicação, pressão de aplicação e tamanho de gotas influenciam diretamente na ocorrência da deriva. Barras posicionadas a alturas elevadas aumentam o tempo de queda das gotas, expondo-as mais ao vento e à evaporação, o que favorece a deriva. Recomenda-se manter a barra a aproximadamente 50 cm acima do topo da cultura para minimizar esse risco (Cederlund *et al.*, 2017). Pressões elevadas geram gotas menores, que são mais suscetíveis à deriva. Ajustar a pressão dentro dos limites recomendados pelo fabricante é essencial para produzir gotas de tamanho adequado e reduzir a deriva (Hewitt, 2024). Gotas com diâmetro inferior a 150 µm são mais propensas à deriva devido à sua leveza e maior tempo de suspensão no ar. A utilização de bicos que produzam gotas maiores pode reduzir significativamente o risco de deriva (Hewitt, 2024).

Por isso, é fundamental redobrar a atenção em aplicações de herbicidas não seletivos, a fim de evitar danos à própria cultura. O impacto da deriva está

diretamente relacionado à quantidade de ingrediente ativo que atinge outras plantas e às doses utilizadas no manejo de plantas daninhas (Santos, 2006).

A deriva de herbicidas para plantas não alvo pode variar de 1 a 10% do total aplicado (Wolf *et al.*, 1992). Poucos herbicidas seletivos (tanto para pré quanto para pós-emergentes) estão disponíveis no mercado com registro para uso na cultura do café, ainda mais quando o cafezal está recém-transplantado (Agrofit, 2024). Nesta fase, o cafeeiro precisa de maiores cuidados, principalmente relacionados à deriva de herbicidas (Rodrigues, 2017). Esse desvio ocasiona diversos problemas na agricultura, pois podem ocasionar a contaminação das culturas e de áreas não destinadas à aplicação de herbicidas (Franco, Naime & Neto, 2014).

A exposição de cafeeiros a subdoses de glifosato pode resultar em sintomas de fitotoxicidade, como clorose, estreitamento foliar e necrose, especialmente em folhas jovens. Estudos demonstram que doses a partir de 28 g e.a. ha⁻¹ já podem causar esses efeitos, com agravamento dos sintomas em doses superiores a 230 g e.a. ha⁻¹ (França *et al.*, 2010; Schrübbers *et al.*, 2014). O glifosato interfere na atividade fotossintética dos cafeeiros, reduzindo a taxa de assimilação de CO₂, transpiração e condutância estomática. Essas alterações comprometem o crescimento vegetativo e podem induzir estresse oxidativo, afetando a eficiência do fotossistema II (Carvalho *et al.*, 2012).

Adicionalmente, a deriva de glifosato pode comprometer o desenvolvimento dos frutos do cafeeiro, resultando em redução da produtividade. Estudos indicam que a exposição a subdoses do herbicida durante o período de formação dos frutos

pode afetar negativamente o enchimento dos grãos e a qualidade final da produção (Carvalho *et al.*, 2012).

Por fim, o glifosato em contato com a planta de café, provoca alterações morfológicas, caracterizadas como intoxicação e sendo semelhantes a sintomas causados por problemas nutricionais, como: deficiência de N (nitrogênio), B (boro), Fe (ferro) e Zn (zinco), aparecimento de folhas cloróticas, pequenas e quebradiças (Malavolta, 2006). Em vista disso, aplicações dirigidas de produtos não seletivos (característica do herbicida glifosato) fazem com que a cultura seja afetada em contato com o herbicida, podendo causar os sintomas já descritos, além da diminuição da resistência a ataque de doenças fúngicas, deficiência nutricional (por conta da intoxicação e clorose causada pelo glifosato), estresse químico e até a morte das plantas (Rizzardi *et al.*, 2003; Yamashita & Guimarães, 2005; Santos *et al.*, 2005, 2006, 2007a, b, 2008; Powell & Swanton, 2008; Wagner Júnior *et al.*, 2008).

O uso inadequado de defensivos agrícolas tem gerado preocupação devido à sua contribuição para a contaminação do meio ambiente, sendo a deriva o principal fator de perda responsável por essa contaminação (Costa *et al.*, 2007).

O resultado da deriva do glifosato está ligado à dosagem que a planta foi exposta (Gomes *et al.*, 2014; França *et al.*, 2013). Quanto maior for a exposição ao herbicida e maior for a dose do herbicida utilizada, a chance de a planta sofrer com efeitos tóxicos será maior. Entre os efeitos estão: redução na taxa de crescimento, clorose e a morte da planta (Schrübbbers *et al.*, 2016; Corrêa, 2023). A situação se agrava ainda mais quando a cultura é submetida a aplicações repetidas do

herbicida. A metabolização do glifosato nas plantas é extremamente lenta ou, em alguns casos, não ocorre, o que possibilita a bioacumulação do produto, elevando sua concentração nos tecidos vegetais a cada nova aplicação (Duke, 2011).

Compreendendo que o principal mecanismo de ação do glifosato consiste na inibição da enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPS), essencial para a biosíntese de aminoácidos aromáticos e, de forma mais significativa, ácidos graxos. Como consequência dessa inibição, ocorre um estresse metabólico generalizado, que pode comprometer vias biossintéticas secundárias, como as de carotenóides, quinonas e clorofila. Esses efeitos colaterais afetam diretamente processos fisiológicos como a fotossíntese, prejudicando o desenvolvimento e a funcionalidade das plantas (Mateos-Naranjo *et al.*, 2009; Gomes *et al.*, 2016; Gomes *et al.*, 2014).

A interrupção dessas e de outras vias metabólicas essenciais faz com que a planta utilize seus reservatórios de nutrientes e afete a produção de outros processos metabólicos cruciais, levando à morte da planta por efeitos secundários (De Maria *et al.*, 2006; Gomes *et al.*, 2014). No entanto, pesquisas têm evidenciado o efeito hormético de vários herbicidas, com respostas de estímulo em vez de controle. Dessa forma, a quantidade do princípio ativo absorvido pela planta, pode influenciar se haverá impactos prejudiciais ou efeitos estimulantes no seu desenvolvimento (Belza e Duke, 2014). Estudos demonstram que diferentes cultivares de cafeeiro apresentam variações na resposta ao glifosato. Por exemplo, o cultivar Acaíá mostrou-se mais tolerante, mantendo a eficiência no uso da água mesmo após a aplicação de subdoses do herbicida, enquanto outros cultivares

apresentaram reduções significativas na transpiração e condutância estomática (Martim, 2003).

Maturador como estratégia de mitigação de estresse químico causado pelo glifosato

Maturadores são substâncias químicas ou biológicas utilizadas na agricultura com o objetivo de uniformizar e/ou antecipar a maturação dos frutos ou colmos em diversas culturas. Sua aplicação tem como principal finalidade a otimização do processo de colheita, promovendo maior eficiência operacional, melhor aproveitamento da matéria-prima e incremento na qualidade do produto colhido (Gomide Lavanholi & Veloso, 2008). Esses produtos atuam fisiologicamente sobre as plantas, induzindo alterações no metabolismo que resultam, por exemplo, na redistribuição de assimilados, redução do crescimento vegetativo e acúmulo de compostos como açúcares, lipídios ou pigmentos. Dependendo da substância e da cultura, os maturadores podem ainda inibir a síntese de hormônios vegetais como as giberelinas, acelerando a senescência e, conseqüentemente, a maturação (Gonçalves, 2017).

Na cultura da cana-de-açúcar, por exemplo, o uso de maturadores como o etefom e o etil-trinexapac é amplamente adotado para elevar os níveis de sacarose, uniformizar o ponto de colheita e melhorar a eficiência industrial. Além disso, essa prática permite flexibilidade na logística da colheita, otimizando o planejamento e reduzindo perdas (Gomide Lavanholi e Veloso, 2008). No caso do café, os maturadores podem ser utilizados com o intuito de uniformizar a maturação dos frutos, facilitando a colheita, principalmente em regiões onde o florescimento é

mais escalonado. Essa uniformidade contribui para uma colheita mais precisa, redução de perdas por frutos verdes ou passados e maior qualidade do lote colhido (Rehagro, 2023).

O efeito benéfico (resultante da aplicação de pequenas quantidades de produtos químicos, como é o caso de maturadores por exemplo) compõe o fenômeno hormético (ou hormesis). A hormesis é caracterizada como um efeito estimulante causado pela aplicação de doses baixas de uma substância química que seria prejudicial em concentrações elevadas (Calabrese e Baldwin, 2002).

Esse conceito já teve seu resultado comprovado em várias espécies vegetais, incluindo árvores, como eucalipto, pinus e café, sendo o glifosato o produto mais investigado para esse efeito (Duke *et al.*, 2006; Carbonari *et al.*, 2007; Cedergreen *et al.*, 2007; Velini *et al.*, 2008; Velini *et al.*, 2010; Carvalho *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2013; Brito *et al.*, 2017).

O etil-trinexapac, comumente utilizado como maturador em cana-de-açúcar e redutor de crescimento em cereais de inverno, é um regulador de crescimento vegetal, fazendo parte do grupo químico das acilciclohexanedionas, além de atuar também nas fases finais da biossíntese da giberelina (Rademacher, 2000; Hedden e Sponsel, 2015). A molécula do etil-trinexapac participa reduzindo a conversão de GA20 para GA1 (uma das principais giberelinas ativas), por conta da competição entre o maturador e o 2-oxogluterato pelo cosubstrato Fe⁺²/ascorbato dependente dioxigenase. O resultado é a inibição da hidroxilação na posição 3β da molécula (Adams *et al.*, 1992; Hedden, 2016). Todavia, antagonicamente, o maturador inibe a hidroxilação na posição 2β, fazendo com que as giberelinas GA1

que já estão na planta, não sejam convertidas em GA8 (conformação bioinativa da molécula) (Griggs *et al.*, 1991; Hisamatsu *et al.*, 1998; Rademacher, 2016), conforme recentemente comprovado por Bacha *et al.* (2024).

Além de atuar como efeito estimulatório positivo em algumas culturas, o etil-trinexapac também é usado com o objetivo de reduzir a incidência de acamamento em espécies cultivadas, tem-se investigado o uso desse regulador de crescimento em culturas como soja (*Glycine max*) (Souza *et al.*, 2013), arroz (*Oryza sativa*) (Arf *et al.*, 2012), trigo (*Triticum aestivum*) (Berti *et al.*, 2007; Zagonel & Fernandes, 2007) e crotalária (*Crotalaria juncea*) (Kappes *et al.*, 2011). Os reguladores de crescimento são aplicados para modificar a arquitetura das plantas, tornando-as mais eficientes na utilização de recursos naturais e insumos, com o objetivo de alcançar altos rendimentos (Souza *et al.*, 2013).

No caso dos cereais de inverno, o etil-trinexapac já é utilizado em lavouras comerciais no Brasil, principalmente para reduzir a estatura das plantas e fortalecer os entrenós. Apesar da escassez de estudos específicos sobre os efeitos desses reguladores na cultura da aveia-branca, sua aplicação surge como uma alternativa viável para mitigar os prejuízos causados pelo acamamento (Rajala & Peltonen-Sainio, 2001; Rajala, 2004; Witkowicz, 2010). O uso tradicional de maturadores na agricultura visa antecipar ou uniformizar a maturação dos cultivos, promovendo a colheita em momentos mais adequados. No entanto, estudos recentes têm revelado que a aplicação de subdoses — doses inferiores às recomendadas pelos fabricantes — pode gerar efeitos fisiológicos interessantes, que vão além do objetivo primário de maturação (Gonçalves, 2017).

Em vez de induzir senescência ou acelerar a maturação, as subdoses de maturadores podem atuar como bioestimulantes, promovendo respostas adaptativas benéficas nas plantas, especialmente em situações de estresse abiótico, como seca ou altas temperaturas. Esse efeito está relacionado a uma regulação mais sutil do crescimento e da fisiologia vegetal, favorecendo o equilíbrio hormonal e aumentando a tolerância das plantas a condições adversas (Lima *et al.*, 2022). Na cultura do milho, por exemplo, pesquisas conduzidas pelo Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA) indicam que o uso de subdoses de reguladores pode melhorar a arquitetura da planta, o acúmulo de massa seca e a eficiência no uso da água, sem comprometer o desenvolvimento reprodutivo.

Esses efeitos secundários são especialmente relevantes em regiões sujeitas a veranicos ou limitação hídrica. Garcia (2014), em estudo com milho, demonstrou que a aplicação de doses reduzidas de etil-trinexapac e etefom foi capaz de antecipar a colheita sem comprometer a produtividade, especialmente quando aplicadas no momento fenológico apropriado. As doses de $0,6 \text{ L ha}^{-1}$, aplicadas aos 90 dias após a semeadura, proporcionaram redução no grau de umidade dos grãos, permitindo colheita antecipada em até sete dias, o que é vantajoso em sistemas de cultivo intensivo. Além disso, não foram observadas reduções significativas em parâmetros morfológicos ou produtivos, o que sugere um bom potencial para uso de subdoses em sistemas sob restrição hídrica ou de tempo.

Além da cultura do milho, estudos anteriores realizados na cultura do café observaram que a aplicação do maturador etil-trinexapac a $250 \text{ g i.a.ha}^{-1}$

em cana-de-de-açúcar, aumentou o comprimento dos ramos e altura das plantas em condições normais de cultivo. O tratamento com etil-trinexapac a 250 g i.a. ha⁻¹ em comparação aos outros tratamentos, apresentou um ganho de 22,82% em relação a altura de plantas desde o começo das avaliações (7 DAA) até o seu corte, aos 120 DAA (Corrêa, 2023). Já em eucalipto, o etil-trinexapac, sendo aplicado através de pulverização, também proporcionou ganhos de até 70% na fase de desenvolvimento inicial da planta de eucalipto em condições normais (Pires *et al.*, 2013, 2019; Correia e Villela, 2015; Bacha *et al.*, 2017, 2018).

Quando aplicado em doses adequadas, o etil-trinexapac pode atuar na atenuação dos sintomas de fitotoxicidade induzidos pela deriva ou aplicação incorreta de glifosato. Essa atenuação ocorre devido à ativação de mecanismos fisiológicos secundários, como o aumento da atividade de enzimas antioxidantes e a regulação da síntese de hormônios vegetais. Com isso, as plantas apresentam maior capacidade de recuperação após o estresse químico (Garcia, 2014; Arf *et al.*, 2009). Além disso, esse composto inibe a biossíntese de giberelinas, o que reduz o alongamento celular e promove maior acúmulo de reservas e resistência estrutural. Essa modulação hormonal favorece a recuperação fisiológica das plantas submetidas ao estresse, contribuindo para a manutenção da taxa fotossintética, a condução estomática e da integridade dos tecidos foliares (Siqueira, 2009). Ademais, já é de conhecimento de pesquisadores que este maturador pode agir como atenuador de deficiência hídrica em espécies de gramíneas, por um aumento na atividade de enzimas do metabolismo antioxidante (Xu e Huang, 2012; Etemadi *et al.*, 2015; Krishnan e Merewitz, 2015; Mohammadi *et al.*, 2017).

Sendo assim, aventa-se a possibilidade de que o etil-trinexapac pode agir atenuando os efeitos do estresse químico causados pela deriva de glifosato em plantas de café, em decorrência de aplicações mal-sucedidas para o controle de plantas daninhas nas entrelinhas da cultura.

O LAPDA, Laboratório de Plantas Daninhas da FCAV-UNESP, têm desenvolvido diversos trabalhos de pesquisa que discorrem o efeito de subdoses de maturadores em culturas relevantes (Takahashi *et al.*, 2009; Gravena *et al.*, 2009; Salgado *et al.*, 2011, 2017; Carvalho *et al.*, 2012, 2013, 2015, 2018; Pereira *et al.*, 2013, 2018; Pires *et al.*, 2013, 2019; Bacha *et al.*, 2017, 2018, 2019, 2024; Gavassi *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2021; Gasparino, 2021; Maruca, 2022; Corrêa, 2023), sendo a tese de Carvalho (2011) a primeira a avaliar subdoses de glifosato em cafezais. Estes trabalhos motivaram o presente estudo, e permitiram levantar a hipótese de que subdoses do etil-trinexapac possam atenuar o estresse químico causado pela deriva de glifosato; concomitantemente, o maturador também pode apresentar efeitos positivos na cultura do café.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar o efeito do maturador etil-trinexapac na atenuação do estresse químico causado pela deriva de glifosato em mudas de café.

No primeiro experimento, realizou-se a determinação da dose adequada de glifosato a ser utilizada nos experimentos subsequentes. Essa etapa foi

fundamental para estabelecer as concentrações que possibilitasse a observação dos efeitos fitotóxicos do glifosato.

No segundo experimento, o maturador etil-trinexapac foi aplicado em mudas de café ainda em tubetes. Após 24 horas da aplicação do maturador, as mudas foram transplantadas para vasos e, um mês após o plantio, foi realizada a aplicação de glifosato. Esse protocolo permitiu avaliar o efeito preventivo do maturador quando aplicado antes da exposição ao herbicida.

Para tanto, os experimentos foram instalados em condições semicontroladas, em área aberta do Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA) localizado no Departamento de Biologia pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, SP, Brasil. O clima da região, segundo classificação Köppen (1948), é do tipo Cwa, subtropical, seco no inverno, com chuvas de verão, temperatura média de 22,6 °C e precipitação média anual de 1460 mm. A altitude do local é de 590 m e as coordenadas geográficas são: latitude 21°15'17"S e longitude 48°19'20"W.

Experimento 1 – Aplicação de glifosato em mudas de café após 2 anos de plantio

O experimento foi conduzido por 1125 dias após o plantio do café em vasos de 10 litros. Foi utilizado como substrato uma mistura de Latossolo Vermelho Escuro e areia na proporção de 2:1 (v/v). Para a realização deste experimento, foram

utilizadas mudas comerciais de café da cultivar Catucaí 2 SL adquiridas na fazenda Bela Época (Franca -SP).

Tabela 1. Condições meteorológicas durante o período do experimento, realizado em Jaboticabal – SP, no período pós-aplicação. T_{máx}: temperatura máxima; T_{min}: temperatura mínima; T_{med}: temperatura média; UR: umidade relativa do ar.

Mês	T _{máx} (°C)	T _{min} (°C)	T _{med} (°C)	UR (%)	Insolação (h/dia)
Dezembro	29,0	20,5	24,1	77	9,0
Janeiro	29,0	21,0	24,1	78	9,1
Fevereiro	29,0	21,0	24,3	77	9,4
Março	28,0	20,0	23,7	78	8,9
Abril	27,7	18,5	22,8	71	9,1

Foi utilizado delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições e 7 doses de glifosato (Tabela 2) em 36 vasos com uma muda de café plantado no centro do vaso. As aplicações foram constituídas por sete doses de glifosato (0, 868, 1736, 3472, 5208, 6944 e 8680 g i.a. ha⁻¹). As aplicações foram realizadas após 730 dias após o plantio (DAP) do café. As doses foram propostas com base em trabalhos realizados anteriormente por Carvalho *et al.* (2013)

Tabela 2. Descrição dos tratamentos e respectivas doses de glifosato (g i.a. ha⁻¹) utilizadas no Experimento 1, conduzido com aplicação sequencial na cultura do café, sem a utilização de etil-trinexapac. Jaboticabal – SP, 2024.

Tratamentos	Doses (g i.a. ha ⁻¹)
Dose 1	0
Dose 2	868
Dose 3	1736
Dose 4	3472
Dose 5	5208
Dose 6	6944
Dose 7	8680

Antes da aplicação de glifosato, ao longo dos 730 DAP, as mudas de café foram adubadas com uréia a cada 15 dias e NPK (4-14-8) a cada 30 dias. Para a realização da aplicação de glifosato, foi utilizado um pulverizador costal, compressão constante (CO₂), munido de barra com duas pontas TT 11002, regulado para um volume de calda de 200 L ha⁻¹. A aplicação ocorreu em sala de pulverização, onde a temperatura e a umidade do ar eram de, respectivamente, 29°C e 50%.

Para avaliar o efeito glifosato, aos 7, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 70 e 84 dias após a aplicação (DAA) foram avaliados a altura das plantas (com régua graduada em

milímetros), diâmetro do caule (utilizando um paquímetro digital), o número de folhas e a nota de fitotoxicidade, utilizando a escala de 1 a 9 da EWRC, onde níveis mais altos indicam maior fitotoxicidade.

Ao final do período experimental (84 DAA), as plantas foram cortadas em sua base e suas folhas foram retiradas para a determinação da área foliar (LiCor®, mod. LI 3100 A). Em seguida, folhas e caules foram acondicionados em sacos de papel e levados para secar em estufa de circulação forçada de ar (70°C) por 96 horas, para posterior determinação de massa seca.

Os dados coletados durante o período experimental foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Experimento 2 – Aplicação de etil-trinexapac antes da deriva de glifosato

Considerando que o etil-trinexapac pode atuar prevenindo os danos causados pelo estresse decorrente da deriva de glifosato, o segundo experimento foi planejado para avaliar esse efeito preventivo. Para isso, as mudas de café receberam o tratamento com etil-trinexapac ainda em tubetes, antes de serem transplantadas para vasos e, posteriormente, expostas à deriva de glifosato.

O experimento foi conduzido durante 120 dias após o plantio (DAP) do café em vasos de 5 litros. Foi utilizado como substrato uma mistura de Latossolo Vermelho Escuro e areia na proporção de 2:1 (v/v), o qual foi submetido às análises

química (Tabela 3) e física (Tabela 4) de rotina. Foi realizada a adubação pré-plantio com NPK (4-14-8).

Tabela 3. Análise química do substrato.

pH	MO	P res	K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----							%
6,8	29	154	3,5	24	22	14	0	49,4	63,7	78

Tabela 4. Análise física do substrato.

Argila (%)	Silte (%)	Areia					
		Total (%)	Muito grossa (AMG)	Grossa (AG)	Média (AM)	Areia fina (AF)	Muito fina (AMF)
30	8	63	--	48	--	15	--

Tabela 5. Condições meteorológicas durante o período experimental do Experimento 2. T_{máx}: temperatura máxima; T_{min}: temperatura mínima; T_{med}: temperatura média; UR: umidade relativa do ar.

Meses	T _{máx} (°C)	T _{min} (°C)	T _{med} (°C)	UR (%)	Insolação (h)
Dezembro	29	20,5	24,1	77	9,0
Janeiro	29	21,0	24,1	78	9,1
Fevereiro	29	21,0	24,3	77	9,4
Março	28	20,0	23,7	78	8,9
Abril	27,7	18,5	22,8	71	9,1

As mudas comerciais de café (cultivar Catucaí Apa) foram adquiridas em um viveiro localizado em Franca-SP e, antecedendo ao plantio, foram caracterizadas quanto à altura (com régua graduada em milímetros), diâmetro do caule (com a utilização de um paquímetro digital) e número de folhas.

Foi utilizado delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco repetições, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 3x7, totalizando 105 parcelas experimentais. Constituíram os fatores as três doses de etil-trinexapac 0, 100 e 200 g i.a. ha⁻¹ e sete doses de glifosato: 0; 868; 1736; 3472; 5208; 6944; e 8680 g.i.a. ha⁻¹.

Antecedendo ao plantio, as mudas de café, ainda acondicionadas em tubetes, foram pulverizadas com etil-trinexapac nas doses anteriormente citadas. Para isso, foi utilizado um pulverizador costal, com pressão constante (CO₂), munido de barra com duas pontas TT 110.02, regulado para um volume de calda de 200 L ha⁻¹. Na ocasião da aplicação, a qual ocorreu em sala de pulverização, a temperatura e a umidade do ar foram registradas (temperatura de 27°C e umidade de 62%). Vinte e quatro horas após a aplicação do etil-trinexapac, todas as mudas foram transplantadas para vasos. Aos 30 dias após a aplicação (DAA) as doses de glifosato foram aplicadas, simulando deriva ocasionada pela aplicação deste herbicida para controle de plantas-daninhas nas entrelinhas de plantio do cafezal. A tecnologia de aplicação e a sala de pulverização foram as mesmas anteriormente descritas.

Quinzenalmente (aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 e 135 DAP) foram determinados a altura das plantas (com régua graduada em mm) e o diâmetro do caule (utilizando-se paquímetro digital), o número de folhas e a nota de fitossanidade.

4. RESULTADOS

Experimento 1 - Aplicação de glifosato em mudas de café

Para a variável altura, apenas após 28 DAA ocorreu diferença significativa, entre as doses de glifosato e a testemunha (Tabela 6). Apenas dose mais alta de glifosato (8680 g.i.a.) causou redução na altura das mudas de café.

A análise da altura das mudas de café, do 35º ao 84º Dia Após a Aplicação (DAP), evidenciou um impacto consistente das doses mais elevadas de glifosato, mantendo o padrão de supressão de crescimento (Tabela 7). Em todos os pontos de avaliação, o efeito dos tratamentos foi estatisticamente significativo. Aos 35 DAA, as doses 6 e 7 já exibiam alturas significativamente menores (68,60 cm e 69,00 cm, respectivamente) quando comparadas à dose de 2 (76,00 cm) e a dose 3 (76,20 cm).

Embora a testemunha (dose 1 com 74,80 cm,) não tenha diferido dessas doses mais altas, ela se manteve em um patamar de crescimento superior. Essa tendência de redução acentuou-se nas avaliações seguintes. Aos 42, 49 e 56 DAA, a dose 7 consistentemente apresentou a menor altura (68,80 cm, 69,20 cm e 69,20 cm, respectivamente). Esses valores foram estatisticamente inferiores aos da dose

1 (76,40 cm, 78,20 cm e 78,60 cm,) e à maioria das doses mais baixas. A dose 6 (70,60 cm, 72,00 cm e 72,00 cm) também demonstrou uma altura significativamente menor em relação a diversos tratamentos e, em alguns casos, à testemunha.

Tabela 6. Altura média (cm) das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Altura (cm)				
	0 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Dose 1	74,60 a	74,60 a	73,80 a	73,80 a	74,40 ab
Dose 2	74,60 a	74,60 a	74,40 a	74,40 a	74,60 ab
Dose 3	72,80 a	72,80 a	70,40 a	70,40 a	71,80 ab
Dose 4	78,00 a	78,00 a	76,20 a	76,20 a	76,20 ab
Dose 5	77,00 a	77,00 a	76,20 a	76,20 a	76,40 a
Dose 6	73,80 a	73,80 a	70,20 a	70,20 a	69,80 ab
Dose 7	73,60 a	73,60 a	71,40 a	71,40 a	69,60 b
F (Trat)	1,55NS	1,55NS	3,05*	3,05*	3,86**
F (Bloco)	6,36 **	6,36**	10,15**	10,15**	7,29**
C.V.(%)	4,53	4,53	4,50	4,50	4,44

Letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos períodos finais, 70 e 84 DAA, o impacto das doses mais elevadas persistiu. A dose 7 (69,20 cm e 68,80 cm) continuou a exibir uma altura significativamente menor em relação à testemunha (76,60 cm e 76,40 cm,

respectivamente) e à dose 2 (77,20 cm e 77,60 cm). A dose 6 (71,40 cm, em ambos os períodos) também demonstrou uma tendência de redução, mas com menor distinção estatística em relação à testemunha nesses momentos.

Tabela 7. Altura média (cm) das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 35, 42, 49, 56, 70 e 84 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Altura (cm)					
	35 DAA	42 DAA	49 DAA	56 DAA	70 DAA	84 DAA
Dose 1	74,80 ab	76,40 b	78,20 ab	78,60 ab	76,60 a	76,40 ab
Dose 2	76,00 a	77,40 a	78,60 a	79,00 a	77,20 a	77,60 a
Dose 3	72,00 ab	75,60 ab	75,60 ab	75,60 abc	76,20 a	74,60 ab
Dose 4	76,20 a	77,20 a	77,00 b	77,00 ab	76,80 a	77,80 a
Dose 5	74,80 ab	75,20 ab	75,20 abc	75,20 abc	75,60 ab	75,60 ab
Dose 6	68,60 b	70,60 bc	72,00 bc	72,00 bc	71,40 ab	71,40 ab
Dose 7	69,00 b	68,80 c	69,20 c	69,20 c	69,20 b	68,80 b
F (Trat)	4,65**	6,90**	5,91**	5,95**	4,18**	3,23*
F (Bloco)	6,22**	8,50**	6,31 **	5,95**	7,10**	6,19**
C.V.(%)	4,56	3,86	4,18	4,32	4,56	5,58

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise do diâmetro do caule das mudas de café (Tabela 8) mostram que, aos 0 e 7 (DAA), houve efeito significativo dos tratamentos

com glifosato. No entanto, não se verificaram diferenças estatísticas entre as médias de diâmetro de nenhuma das doses aplicadas e a testemunha (Dose 1), indicando que, apesar da significância do teste F, as comparações múltiplas não detectaram grupos distintos nessas avaliações iniciais. Todas as doses testadas, incluindo a testemunha, apresentaram diâmetros estatisticamente semelhantes.

Aos 14 e 21 DAA, o efeito dos tratamentos sobre o diâmetro do caule não foi significativo, confirmando a ausência de diferenças entre as doses de glifosato e a testemunha nesses períodos. As mudas mantiveram diâmetros similares independentemente da dose de glifosato aplicada.

Tabela 8. Diâmetro médio (mm) do colo das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 0, 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Diâmetro			
	00 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA
Dose 1	15,94 a	15,94 a	15,96 a	15,96 a
Dose 2	14,98 a	14,98 a	15,60 a	15,60 a
Dose 3	15,42 a	15,42 a	16,00 a	16,00 a
Dose 4	17,07 a	17,07 a	17,34 a	17,34 a
Dose 5	17,01 a	17,01 a	16,39 a	16,39 a
Dose 6	16,15 a	16,15 a	16,05 a	16,05 a
Dose 7	17,13 a	17,13 a	16,72 a	16,72 a
F (Trat)	2,57*	2,57*	1,48 ^{NS}	1,48 ^{NS}
F (Bloco)	2,42 ^{NS}	2,42 ^{NS}	6,49 **	6,49**
C.V.(%)	7,37	7,37	6,54	6,54

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não ocorreu diferença significativa para o diâmetro do caule avaliado aos 28, 35, 42 e 49, 56, 70 e 84 DAA (Tabela 9 e 10).

Tabela 9. Diâmetro médio (mm) do colo das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 28, 35, 42 e 49 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Diâmetro			
	28 DAA	35 DAA	42 DAA	49 DAA
Dose 1	16,17 a	16,28 a	16,48 a	16,44 a
Dose 2	15,87 a	15,92 a	15,91 a	15,92 a
Dose 3	16,15 a	16,24 a	15,20 a	15,20 a
Dose 4	17,40 a	17,43 a	16,95 a	16,97 a
Dose 5	16,38 a	16,41 a	16,08 a	16,17 a
Dose 6	16,11 a	16,15 a	15,69 a	15,34 a
Dose 7	16,89 a	16,89 a	17,37 a	17,15 a
F (Trat)	1,39 ^{NS}	1,30 ^{NS}	1,82 ^{NS}	1,44 ^{NS}
F (Bloco)	7,36 ^{**}	7,41 ^{**}	0,81 ^{NS}	0,89 ^{NS}
C.V.(%)	6,17	6,12	7,64	8,61

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 10. Diâmetro médio (mm) do colo das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 56, 70 e 84 dias após aplicação (DAA). Jaboticabal

Tratamentos	Diâmetro		
	56 DAA	70 DAA	84 DAA
Dose 1	16,45 a	16,88 a	16,53 a
Dose 2	15,93 a	16,47 a	16,23 a
Dose 3	16,27 a	16,95 a	17,25 a
Dose 4	16,98 a	17,22 a	16,54 a
Dose 5	16,06 a	16,66 a	17,08 a
Dose 6	15,34 a	15,76 a	16,07 a
Dose 7	17,15 a	16,92 a	16,25 a
F (Trat)	0,81 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,45 ^{NS}
F (Bloco)	1,18 ^{NS}	1,74 ^{NS}	2,91*
C.V.(%)	9,47	7,96	8,93

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O resultado do número de folhas mostrou um impacto significativo das doses de glifosato desde o início do experimento, mantendo-se até os 21 DAA (Tabela 11). De maneira geral, com o aumento das doses ocorre diminuição do número de folhas. Sendo que doses acima da dose 5 do herbicida obtiveram maior redução em todos os dias avaliados (0-21 DAA).

Tabela 11. Número médio de folhas das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 0, 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Número médio de folhas			
	00 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA
Dose 1	216,20 a	210,20 a	222,00 a	220,20 a
Dose 2	208,20 ab	205,20 ab	199,60 ab	195,60 ab
Dose 3	211,40 ab	209,60 a	204,80 ab	200,60 ab
Dose 4	215,20 a	209,40 a	202,60 ab	194,40 ab
Dose 5	205,20 b	197,40 bc	185,40 b	176,80 b
Dose 6	205,00 b	196,80 bc	184,00 b	174,80 b
Dose 7	205,00 b	192,20 c	179,60 b	169,80 b
F (Trat)	5,76**	10,76**	4,33**	5,83**
F (Bloco)	1,30 ^{NS}	1,00 ^{NS}	0,40 ^{NS}	0,34 ^{NS}
C.V.(%)	2,16	2,48	8,12	8,63

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os dias 28 e 35 DAA, manteve-se o padrão, doses elevadas apresentaram maior redução no número de folhas (Tabela 12). Já para os dias 42 e 49 e 56 houve uma estabilização do número de folhas, não há vendo diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 12 e 13). Para os dias 70 e 84 voltou a ocorrer redução no número de folhas, seguindo o mesmo padrão, a maior dose obteve menor número de folhas.

Na avaliação do número de folhas por muda, a aplicação de glifosato apresentou efeito significativo aos 28 e 35 DAA, onde as maiores doses reduziram

o número de folhas. Contudo, nas avaliações subsequentes aos 42 e 49 DAA, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 12: Número médio de folhas das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 28, 35, 42 e 49 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Número médio de folhas			
	28 DAA	35 DAA	42 DAA	49 DAA
Dose 1	218,40 a	217,40 a	217,20 a	217,80 a
Dose 2	190,40 abc	185,60 ab	186,80 a	186,40 a
Dose 3	197,40 ab	193,60 ab	197,00 a	197,00 a
Dose 4	184,20 abc	177,40 bc	171,60 a	171,40 a
Dose 5	171,00 bc	161,80 bc	157,60 a	157,80 a
Dose 6	170,80 bc	162,20 bc	157,40 a	157,60 a
Dose 7	162,60 c	149,80 c	156,80 a	156, 20 a
F (Trat)	6,40**	9,07**	0,75 ^{NS}	0,85 ^{NS}
F (Bloco)	0,59 ^{NS}	0,62 ^{NS}	1,23 ^{NS}	1,25 ^{NS}
C.V.(%)	9,14	9,55	74,19	74,37

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o número de folhas por muda nas avaliações finais, aos 56 DAA, não foi verificado efeito significativo das doses de glifosato. No entanto, aos 70 e 84 DAA, a aplicação do herbicida voltou a influenciar significativamente o número de folhas, com as concentrações mais elevadas resultando em menor quantidade de folhas nas mudas de café (Tabela 13).

Tabela 13. Número médio de folhas das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 56, 70 e 84 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Número médio de folhas		
	Nº Folhas 56	Nº Folhas 70	Nº Folhas 84
	DAA	DAA	DAA
Dose 1	217,60 a	217,20 a	199,00 a
Dose 2	186,60 a	186,80 abc	180,40 ab
Dose 3	197,20 a	197,00 ab	168,40 ab
Dose 4	171,40 a	171,60 bcd	158,80 abc
Dose 5	157,20 a	157,60 cd	142,80 bc
Dose 6	157,40 a	157,40 cd	140,40 bc
Dose 7	156,40 a	143,20 d	120,00 c
F (Trat)	0,87 ^{NS}	11,91 ^{**}	6,50 ^{**}
F (Bloco)	1,27 ^{NS}	1,15 ^{NS}	1,40 ^{NS}
C.V.(%)	74,40	9,55	14,76

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a fitotoxicidade observada nas mudas de café ao longo das avaliações (7 ao 84 DAA), observa-se que com o aumento das doses causou aumento da fitotoxicidade, sendo que doses acima da dose 5 causaram maior fitotoxicidade (Tabela 14, 15, 16).

Tabela 14. Nota média de fitotoxicidade das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Fitotoxicidade		
	7 DAA	14 DAA	21 DAA
Dose 1	1,00 c	1,00 e	1,00 e
Dose 2	1,40 bc	2,00 de	2,00 d
Dose 3	1,80 ab	2,40 cd	2,40 d
Dose 4	2,00 a	3,4 bc	3,60 c
Dose 5	2,00 a	4,20 ab	5,20 b
Dose 6	2,00 a	5,00 a	5,60 ab
Dose 7	2,00 a	5,20 a	6,20 a
F (Trat)	11,71**	44,81**	92,26**
F (Bloco)	1,50 ^{NS}	1,12 ^{NS}	2,31 ^{NS}
C.V.(%)	14,81	15,99	12,53

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 15. Nota média de fitotoxicidade das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 28, 35 e 42 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Fitotoxicidade		
	28 DAA	35 DAA	42 DAA
Dose 1	1,00 e	1,00 e	1,00 e
Dose 2	2,00 d	2,20 d	2,20 d
Dose 3	2,80 d	2,80 d	3,00 d
Dose 4	4,00 c	4,20 c	4,20 c
Dose 5	5,40 b	5,60 b	5,80 b
Dose 6	6,40 a	6,40 ab	6,60 ab
Dose 7	7,00 a	7,00 a	7,00 a
F (Trat)	139,59**	105,80 **	105,06**
F (Bloco)	1,00 ^{NS}	1,00 ^{NS}	1,53 ^{NS}
C.V.(%)	10,54	11,81	11,80

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 16. Nota média de fitotoxicidade das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 56, 70 e 84 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	Fitotoxicidade		
	56 DAA	70 DAA	84 DAA
Dose 1	1,00 e	1,00 e	1,00 e
Dose 2	2,20 d	2,20 d	2,20 d
Dose 3	3,00 d	3,00 d	3,00 d
Dose 4	4,20 c	4,20 c	4,20 c
Dose 5	5,80 b	5,80 b	5,80 b
Dose 6	6,60 ab	6,60 ab	6,60 ab
Dose 7	7,00 a	7,00 a	7,00 a
F (Trat)	105,06**	105,06**	105,06**
F (Bloco)	1,53 ^{NS}	1,53 ^{NS}	1,53 ^{NS}
C.V.(%)	11,80	11,80	11,80

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A avaliação final, realizada aos 84 DAA, ofereceu percepções sobre os efeitos a longo prazo do glifosato nos parâmetros de área foliar e matéria seca de mudas de café (Tabela 17). Para as variáveis área foliar e massa seca do caule, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Já para a massa seca das folhas e massa seca total, seguiu o mesmo padrão das demais variáveis, com o aumento da dose de glifosato, ocorre redução da massa seca, sendo que doses acima da dose 6 causaram maiores redução de ambas as variáveis (Tabela 17), culminado com os resultados das demais avaliações realizadas ao longo do

experimento, demonstrando que doses altas de herbicida glifosato afetam o desenvolvimento de mudas de café.

Tabela 17. Área foliar (cm²) e massa seca (g) das folhas e caule das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato, avaliadas aos 84 dias após aplicação (DAA).

Tratamentos	84 DAA		
	Área foliar	Massa seca	Massa seca
		Folhas	Caule
Dose 1	8434,98 a	53,20 a	80,00 a
Dose 2	6875,06 a	54,40 a	76,20 a
Dose 3	7238,01 a	46,00 ab	77,60 a
Dose 4	6335,55 a	51,20 ab	91,40 a
Dose 5	5702,56 a	44,60 bc	85,20 a
Dose 6	5359,27 a	36,80 c	76,00 a
Dose 7	5152,97 a	36,80 c	78,40 a
F (Trat)	2,45 ^{NS}	15,30 ^{**}	1,18 ^{NS}
F (Bloco)	2,10 ^{NS}	2,16 ^{NS}	3,68*
C.V.(%)	25,87	9,05	14,47

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Experimento 2 - Aplicação de etil-trinexapac antes da deriva de glifosato

A análise da altura das mudas de café mostrou que a combinação de glifosato e etil-trinexapac teve um efeito notável. A partir dos 45 dias e por todo o restante das avaliações que seguiram até o dia 135, houve uma interação significativa entre esses fatores (Tabela 18). De modo geral, percebe-se que as misturas de glifosato e etil-trinexapac resultaram em mudas mais altas em comparação ao uso de

glifosato sozinho. O tratamento que incluiu glifosato e 100 g ha⁻¹ de etil-trinexapac foi associado aos maiores valores de altura ao longo do experimento.

Tabela 18. Altura média (cm) das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato e à aplicação do maturador etil-trinexapac, avaliadas aos 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 e 135 dias após plantio (DAP).

Dias após a aplicação										
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Glifosato	24,0	25,0	29,0	28,5	29,77	30,9	31,3	31,9	32,62	33,14
	0 b	0a	0a	4b	b	1b	1b	4b	c	c
Glifosato+	26,0	27,0	28,0	30,4	31,20	32,1	32,9	3,54	34,00	34,74
100	0a	0a	0a	2a	a	7a	4a	a	b	b
Glifosato	24,0	25,0	27,0	30,2	31,25	32,0	32,8	33,5	34,42	35,31
+200	0b	0a	0a	2a	a	8a	2a	7a	a	a
Doses										
Dose 1	24,6	25,6	28,0	30,3	31,80	32,8	33,5	34,1	35,20	36,20
	6 a	6a	0a	3a	a	0a	3a	3a	a	a
Dose 2	24,6	25,6	28,0	30,4	31,60	32,6	33,3	34,1	34,93	35,73
	6 a	6a	0a	0a	ab	6a	3a	3a	ab	ab
Dose 3	24,7	25,6	28,0	30,2	31,40	32,7	33,4	34,0	34,60	35,33
	a	6a	0a	0a	ab	3a	6a	0a	ab	ab

(continua)

Tabela 18. Continuação

	Dias após a aplicação									
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Dose 4	24,6	25,6	28,0	30,1	31,1	32,06	32,86	33,4	34,1	34,86
	a	6a	0a	3a	3b	ab	ab	6a	3b	b
Dose 5	24,6	25,6	28,0	30,1	31,1	32,06	32,86	33,4	34,1	33,93
	0a	6a	0a	3a	3b	ab	ab	6a	3b	c
Dose 6	24,6	24,6	25,6	28,0	28,9	29,60	30,73	31,2	32,0	32,66
	6a	6a	6a	0a	3bc	d	c	6c	6b	c
Dose 7	24,6	24,6	25,6	28,0	28,7	29,20	29,40	29,8	30,7	31,06
	6 ^a	6a	6a	0a	3c	d	d	6d	3c	d
FQ	1088	1088	0,98	0,74	187,	70,38*	24,84*	46,7	63,8	57,00
	,89**	,89**	NS	NS	76**	*	*	2**	6**	**
FD	0,52	0,52	0,00	-	36,6	43,98*	34,41*	45,4	52,2	56,96
	N	NS	NS		7**	*	*	1**	5**	**
FQXD	0,52	0,52	0,00	-	4,43*	3,75**	5,34**	9,2**	13,9	8,57*
	NS	NS	NS		*				7**	*
C.V	0,83	26,9	24,5	1,50	1,93	2,62	2,43	2,89	2,18	2,28
		0	4							

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 45 DAP, a altura das mudas de café mostrou uma interação significativa entre o glifosato e as doses de etil-trinexapac (Tabela 19). Ao analisar o desdobramento, percebe-se que, nas doses mais baixas (Doses 1 a 4), a adição de 100 ou 200 g ha⁻¹ do maturador junto do glifosato resultou em mudas mais altas do

que o uso do glifosato sozinho. Isso indica que, nesses níveis, o etil-trinexapac foi eficaz em mitigar o efeito deletério mesmo na presença do herbicida.

Tabela 19. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 45 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	29Ba	31Aa	31Aab
Dose 2	29Ba	30Aab	31,40Aa
Dose 3	29Ba	30Aabc	31Aab
Dose 4	29Ba	30Aa	30,40Ab
Dose 5	29Ba	30Abc	29,2Bc
Dose 6	27,6Bb	29,80Ac	29,40Ac
Dose 7	27,20Bb	29,60Ac	29,20Ac

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Por outro lado, nas doses mais elevadas (Doses 5, 6 e 7), embora a combinação com glifosato ainda superasse o glifosato isolado em termos de altura, o aumento no crescimento foi menos expressivo (Tabela 19). Além disso, dentro de cada tratamento com glifosato, as doses mais altas do etil-trinexapac (200 g.i.a.) tenderam a ser menos eficazes que as doses intermediárias (100 g.i.a.), sugerindo um possível efeito de saturação em concentrações mais altas do maturador.

A altura das mudas de café, avaliadas aos 60 DAP, continuou a apresentar uma interação significativa entre o glifosato e as doses de etil-trinexapac (Tabela 20). Ao analisar o desdobramento, percebe-se que o glifosato aplicado sozinho, resultou em mudas com menor altura. Já a adição de etil-trinexapac (nos tratamentos 100 g.i.a e 200 g.i.a.) promoveu um maior crescimento, indicando que o maturador foi eficaz em mitigar o efeito deletério do herbicida. No tratamento com glifosato isolado, as doses mais altas (5, 6 e 7) provocaram uma redução acentuada na altura das mudas. Por outro lado, nos tratamentos combinados (glifosato com etil-trinexapac), embora as doses mais elevadas do herbicida pudessem levar a alturas numericamente menores, a diminuição foi menos severa em comparação ao glifosato puro. Isso reforça a capacidade do etil-trinexapac em atenuar a fitotoxicidade do glifosato, permitindo que as mudas mantivessem um melhor desenvolvimento em altura, mesmo sob concentrações mais altas do herbicida.

Tabela 20. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 60 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	31,00Ba	32,00Aa	31Aa
Dose 2	31,00Ba	31,40Bab	31,40Aa
Dose 3	30,80Ba	31,20Bab	31Ab
Dose 4	30,00Bab	31,60Aa	30,40Aa
Dose 5	29,60Bb	30,20Aa	29,2Bb
Dose 6	28,20Bc	30,20Abc	29,40Ab
Dose 7	27,80Bc	29,80Ac	29,20Ab

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Aos 75 DAP, a altura das mudas seguiu mostrando uma interação significativa (Tabela 21). Percebe-se que, nas doses mais baixas (Doses 1 a 4), os tratamentos combinados com glifosato não diferiram do glifosato sozinho. No entanto, em doses mais altas (Doses 5, 6 e 7), a presença do etil-trinexapac foi crucial para mitigar a redução da altura causada pelo glifosato, resultando em plantas mais altas.

Tabela 21. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 75 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	32,60Aa	32,80Aa	33,00Aa
Dose 2	32,40Aab	32,60Ab	33,00Aa
Dose 3	32,00Ba	32,80ABab	33,40Ab
Dose 4	31,40Aab	32,20Aa	32,60Aab
Dose 5	31,00Bb	31,40Aa	32,60Abc
Dose 6	29,20Bc	31,20Aab	31,80Abc
Dose 7	27,00Bd	30,40Ab	30,80Ac

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Nas avaliações aos 90, 105, 120 e 135 DAP, a altura das mudas de café ainda demonstra a interação significativa entre o glifosato e as doses de etil-trinexapac (Tabela 22, 23 e 24). Ao comparar os tratamentos dentro de cada dose, observa-se que, nas doses elevadas do glifosato, houve diferença significativa: o glifosato isolado resultou em mudas com menor altura, enquanto com a adição de etil-trinexapac (Glifosato+100 e Glifosato+200) proporcionou maior altura. Isso reforça o papel do maturador na atenuação do estresse causado pelo glifosato nas plantas de café. Ao avaliar as doses de etil-trinexapac dentro de cada tratamento, para os mesmos períodos, a tendência geral foi de diminuição da altura das mudas de café com o aumento da dose de glifosato.

Tabela 22. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 90 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	33,40Aab	33,60Aa	33,40Aab
Dose 2	33,00Aab	33,40Aa	33,60Aab
Dose 3	33,60ABa	32,80ABab	34,00Aa
Dose 4	32,00Bbc	33,20Aab	33,40Aab
Dose 5	31,20Bc	33,00Aab	32,40Abc
Dose 6	29,20Bd	32,80Aab	31,80Ac
Dose 7	26,80Be	31,80Ab	31,00Ac

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 23. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 105 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	34,20Aa	34,20Aa	34,00Aa
Dose 2	34,00Aab	34,00Aa	34,40Aa
Dose 3	34,20Aa	33,60Aab	34,20Aa
Dose 4	32,80Bb	33,60ABab	34,00Aa
Dose 5	31,20Bc	33,40Aab	33,20Aab
Dose 6	29,60Bd	33,40Aab	33,20Aab
Dose 7	27,60Be	32,60Ab	32,00Ab

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 24. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 120 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	35,20Aa	35,20Aa	35,20Aa
Dose 2	34,80Aab	34,80Aab	35,20Aa
Dose 3	34,40Aab	34,20Aab	35,20Aa
Dose 4	33,40Bb	34,40ABab	34,60Aa
Dose 5	31,80Bc	33,60Abc	34,20Aa
Dose 6	30,60Bc	33,40Abc	34,00Aab
Dose 7	28,20Bd	32,40Ac	32,60Ab

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 25. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 135 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	35,80Aa	36,20Aa	36,60Aa
Dose 2	35,40Aa	35,60Aab	36,20Aa
Dose 3	34,80Bab	35,00Babc	36,20Aa
Dose 4	33,80Bbc	35,20Aabc	35,60Aab
Dose 5	32,40Bcd	34,20Abcd	35,20Aab
Dose 6	31,00Bd	34,00Acd	34,60Ab
Dose 7	28,80Be	32,80Ad	33,00Ac

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

O glifosato isolado inibiu significativamente o crescimento, a presença do maturador permitiu um crescimento maior das mudas de café.

Ao avaliar o diâmetro das mudas de café foi possível notar que nos primeiros 15 e 30 dias após aplicação (DAA), a resposta não foi dose-dependente, caracterizando-se pela ausência de interação entre os fatores (Tabela 26). Contudo, de forma geral, o diâmetro das mudas apresentou variações significativas ao longo do período de avaliação. Neste período inicial, as mudas que receberam glifosato isolado apresentaram diâmetro menor em comparação àquelas tratadas com a combinação de glifosato e etil-trinexapac, que tiveram desempenho similar entre si.

Tabela 26. Diâmetro médio (mm) das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato e do maturador etil-trinexapac, avaliadas em diferentes dias após plantio (DAP).

	Dias após a aplicação									
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Glifosato	4,13	4,1	4,3	4,47	4,53	4,57b	4,59	4,62	4,64	4,67
	b	6b	8a	c	c		c	c	c	b
Glifosato	4,41	4,3	4,5	4,58	4,60	4,65a	4,67	4,69	4,72	4,76
+100	a	0a	2a	a	b		b	b	b	a
Glifosato	4,18	4,3	4,4	4,56	4,63	4,66a	4,68	4,70	4,73	4,76
+200	ab	0a	6a	b	a		a	a	a	a
Doses										
Dose 1	4,24	4,2	4,4	4,54	4,60	4,63a	4,66	4,69	4,71	4,74
	a	5a	5a	ab	ab	b	a	ab	ab	a
Dose 2	4,24	4,2	4,4	4,54	4,60	4,66a	4,66	4,69	4,72	4,74
	a	5a	5a	a	b		a	a	a	a
Dose 3	4,24	4,2	4,4	4,54	4,60	4,64b	4,66	4,69	4,72	4,74
	a	5a	5a	a	a		a	a	a	a
Dose 4	2,24	4,2	4,4	4,54	4,60	4,63a	4,65	4,67	4,70	4,73
	a	5a	5a	b	b	bc	ab	bc	ab	ab
Dose 5	4,24	4,2	4,4	4,53	4,59	4,63a	4,66	4,68	4,70	4,72
	a	5a	5a	b	ab	b	a	ab	bc	b

Tabela 26. Continuação

Dias após a aplicação										
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Dos e 6	4,24 a	4,25 a	4,45 a	4,53b	4,58b	4,62 bc	4,64b	4,66c	4,68 cd	4,72b
Dos e 7	4,24 a	4,25 a	4,45 a	4,53b	4,55c	4,59 c	4,62c	4,64d	4,67 d	4,70c
FQ	3,47 *	10,6 2**	1,42 NS	670,1 6**	259,1 2**	62,9 7**	372,8 4**	410,5 6**	429, 52*	527,9 5**
FD	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	5,50* *	17,72 **	5,62 **	14,09 **	23,41 **	22,6 5**	20,21 **
FQ	0,00	0,00	0,00	2,23* *	3,79* *	1,21 NS	1,01 NS	2,48* *	1,99* *	2,18* *
XD	NS	NS	NS		*	NS	NS	*		
CV	11,1	3,44	7,59	0,30	0,40	0,75	0,33	0,27	0,30	0,30

6

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A partir dos 45 dias o efeito do tratamento foi dose-dependente (Tabela 27), as mudas que receberam a combinação de glifosato com etil-trinexapac desenvolveram diâmetros significativamente maiores do que as mudas tratadas apenas com glifosato. Isso evidencia de forma clara a capacidade do etil-trinexapac em mitigar o efeito deletério do glifosato no desenvolvimento do diâmetro do caule.

Aos 45 DAP, o diâmetro das mudas demonstrou uma interação significativa. Em todas as doses de etil-trinexapac, o tratamento com glifosato isolado resultou em mudas com diâmetro inferior. As combinações de glifosato com etil-trinexapac, por sua vez, proporcionaram diâmetros superiores, confirmando a capacidade do maturador em mitigar o efeito deletério do herbicida no crescimento do diâmetro. Ao observar o efeito das doses de etil-trinexapac dentro de cada tratamento, não houve diferença nas doses de glifosato isolado. Já para as combinações com etil-trinexapac, as doses mais elevadas (Doses 5, 6 e 7) tendem a apresentar diâmetros ligeiramente menores em comparação com as doses iniciais do maturador.

Tabela 27. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 45 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	4,47Ba	4,59Aa	4,57Aab
Dose 2	4,47Ba	4,58Aa	4,58Aa
Dose 3	4,47Ba	4,58Aa	4,58Aa
Dose 4	4,47Ca	4,59Aa	4,56Bab
Dose 5	4,47Ca	4,58Aa	4,55Bb
Dose 6	4,45Ca	4,58Aa	4,55Bb
Dose 7	4,46Ca	4,58Aa	4,54Bb

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Aos 60 DAP, o diâmetro das mudas continuou a mostrar uma interação significativa (Tabela 28). Em todas as doses do maturador, as mudas tratadas

apenas com glifosato apresentaram diâmetro menor em comparação com aquelas que receberam a combinação de glifosato e etil-trinexapac. Os tratamentos com glifosato mais etil-trinexapac (tanto 100 quanto 200) proporcionaram os maiores diâmetros, reiterando o papel do maturador na atenuação do efeito deletério do herbicida sobre o crescimento. Ao observar as doses do etil-trinexapac dentro de cada tratamento, as doses mais elevadas do glifosato isolado (Doses 6 e 7) resultaram em diâmetros menores. No entanto, para as combinações com etil-trinexapac, o diâmetro se manteve mais uniforme entre as doses do maturador (Tabela 28).

Tabela 28. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 60 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	4,54Ba	4,62Aa	4,64Aa
Dose 2	4,55Ca	4,61Ba	4,64Aa
Dose 3	4,55Ca	4,62Ba	4,65Aa
Dose 4	4,55Ba	4,61Aa	4,64Aa
Dose 5	4,56Ba	4,60Aa	4,62Aa
Dose 6	4,50Cb	4,60Ba	4,64Aa
Dose 7	4,49Cb	4,53Bb	4,62Aa

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Aos 105 DAP, o diâmetro das mudas seguiu apresentando uma interação significativa (Tabela 29). Em quase todas as doses do maturador, as mudas tratadas

apenas com glifosato tiveram diâmetro menor em comparação com aquelas que receberam a combinação de glifosato e etil-trinexapac. Os tratamentos com glifosato+200 g.i.a. de etil-trinexapac frequentemente resultaram nos maiores diâmetros, confirmando a capacidade do maturador em mitigar o efeito deletério do herbicida sobre o crescimento. Ao observar o efeito das doses de etil-trinexapac dentro de cada tratamento, notou-se uma tendência geral de diminuição do diâmetro com o aumento das doses mais elevadas do herbicida. No entanto, nos tratamentos combinados com etil-trinexapac, essa redução foi menos acentuada, indicando que mesmo em doses mais altas de glifosato, a presença do maturador contribuiu para um melhor desenvolvimento do diâmetro do caule.

Tabela 29. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 105 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	4,64Ba	4,71Aab	4,71Aab
Dose 2	4,63Ba	4,71Aa	4,72Aa
Dose 3	4,65Ba	4,70Aab	4,71Aab
Dose 4	4,63Ba	4,69Aab	4,70Aab
Dose 5	4,63Ba	4,70Aab	4,71Aab
Dose 6	4,60Bb	4,69Abc	4,70ab
Dose 7	4,58Cb	4,66Bc	4,69Ab

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Aos 135 DAP, o diâmetro das mudas seguiu demonstrando uma interação significativa entre o glifosato e as doses de etil-trinexapac (Tabela 30). As mudas tratadas apenas com glifosato apresentaram diâmetro inferior em comparação com aquelas que receberam a combinação de glifosato e etil-trinexapac. Isso reforça a capacidade do maturador em mitigar o efeito deletério do herbicida sobre o crescimento do diâmetro. Ao observar o efeito das doses do etil-trinexapac dentro de cada tratamento, notou-se uma tendência clara de diminuição do diâmetro com o aumento das doses mais elevadas de glifosato. Contudo, nos tratamentos onde o etil-trinexapac foi adicionado, essa redução foi menos acentuada, com as doses iniciais do maturador geralmente mantendo diâmetros maiores.

Tabela 30. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 135 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	4,69Ba	4,77Aabc	4,77Aa
Dose 2	4,68Bab	4,79Aa	4,78Aa
Dose 3	4,69Ba	4,78Aab	4,77Aa
Dose 4	4,68Bab	4,76Aabc	4,76Aa
Dose 5	4,66Bbc	4,75Abc	4,76Aa
Dose 6	4,65Bcd	4,76Aabc	4,75Aab
Dose 7	4,63Bd	4,75Ac	4,73Ab

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Ao avaliar o número de folhas das mudas de café, observou-se variações com os tratamentos e ao longo dos dias de avaliação. No dia 45, não houve efeito significativo das doses ou interação entre elas (Tabela 31). A partir do Dia 45, as mudas com glifosato isolado apresentaram menor número de folhas. As combinações com etil-trinexapac (principalmente a 200) resultaram em mais folhas, demonstrando a mitigação do estresse.

Nas avaliações finais (Dia 90 a 135), embora doses mais altas de glifosato reduzissem o número de folhas, a presença do etil-trinexapac (especialmente a 200) foi crucial. Ele atenuou significativamente essa redução, permitindo que as mudas mantivessem um desenvolvimento foliar superior ao glifosato puro nas mesmas doses elevadas.

Tabela 31. Número médio de folhas das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato e do maturador etil-trinexapac, avaliadas em diferentes dias após plantio (DAP).

	Dias após a aplicação									
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Glifosato	18,1	18,0	20,0	21,4	22,4	22,3	22,3	22,4	22,9	24,1
	0a	8b	3b	5b	5b	1b	7b	0c	4c	7c
Glifosato	17,9	20,0	22,3	23,5	23,6	23,6	24,4	25,1	25,9	27,2
+100	7a	3a	9a	5a	5a	0a	2a	4b	7b	5b
Glifosato	18,0	18,0	22,2	23,4	23,4	23,8	24,9	26,1	27,0	28,3
+200	1a	2b	0a	7a	8a	5a	7a	4a	8a	4a
Doses										

(Continua)

Tabela 31. Continuação

		Dias após a aplicação								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Dos	17,9	18,6	21,2	23,0	24,00	24,1	25,0	25,8	26,6	28,6
e 1	1a	6a	0a	0a	a	3a	0a	0a	6a	0a
Dos	18,1	18,7	21,5	22,9	24,33	24,4	24,9	25,7	27,1	28,6
e 2	2a	3a	3a	2a	a	6a	3a	3a	3a	0a
Dos	18,1	18,6	21,4	22,7	23,66	24,5	25,3	25,8	26,8	28,0
e 3	5a	6a	0a	9a	a	3a	3a	6a	6a	0a
Dos	17,8	18,7	21,3	22,7	24,00	24,5	25,1	25,8	26,9	27,8
e 4	9a	3a	7a	3a	a	3a	3a	6a	3a	6a
Dos	17,9	18,6	21,5	22,8	22,73	22,9	23,7	24,0	24,8	25,8
e 5	0a	6a	2a	1a	b	6b	3b	6b	6b	6b
Dos	18,0	18,7	21,9	22,8	22,20	21,7	22,2	22,7	23,1	24,5
e 6	1a	1a	2a	8a	bc	3c	0c	3c	3c	3c
Dos	18,2	18,8	21,8	22,6	21,46	20,4	21,1	21,8	21,7	22,6
e 7	4a	0a	6a	6a	c	6d	3c	6c	3d	6d

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de folhas das mudas de café mostrou um padrão consistente e significativo, entre os 90 e 135 DAP (tabelas 32, 33, 34 e 35). O glifosato isolado resultou em um número notavelmente menor de folhas, especialmente nas doses mais elevadas do herbicida.

Entretanto, as mudas que receberam a combinação de glifosato com etil-trinexapac (especialmente a 200) mantiveram um número significativamente maior de folhas (tabelas 32, 33, 34 e 35).

Isso confirma a eficácia do maturador em mitigar o impacto negativo do glifosato no desenvolvimento foliar das plantas. Embora o número de folhas tendesse a diminuir com o aumento das concentrações de glifosato, o etil-trinexapac atenuou essa queda de forma crucial. Sua presença permitiu que as mudas mantivessem um desenvolvimento foliar superior, mesmo sob as doses mais elevadas de glifosato.

Tabela 32. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 90 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	24,60Aa	25,20Aa	25,20Aabc
Dose 2	24,60Aa	25,00Aab	25,20Aabc
Dose 3	24,20Ba	25,40ABa	26,40Aa
Dose 4	23,80Ba	25,80Aa	25,80Aab
Dose 5	21,60Bb	25,00Aab	24,60Aabc
Dose 6	19,40Bc	23,00Abc	24,20Abc
Dose 7	18,40Cc	21,60Bc	23,40Ac

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 33. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 105 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	25,20Aa	26,20Aa	26,00Aabc
Dose 2	25,20Aa	25,80Aab	26,20Aabc
Dose 3	24,80Ba	25,60Bab	27,20Aab
Dose 4	24,40Ba	25,80Bab	27,40Aa
Dose 5	20,80Bb	25,40Aab	26,00Aabc
Dose 6	18,60Bc	24,20Abc	24,40Abc
Dose 7	17,80Cc	23,00Bc	24,80Ac

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 34. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 120 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	25,80Aa	27,20Aa	27,00Aabc
Dose 2	26,00Ba	27,40Ba	28,00Aab
Dose 3	25,80Ba	26,40Bab	28,40Aa
Dose 4	26,00Ba	26,80ABa	28,00Aab
Dose 5	21,20Bb	26,20Aab	27,20Aab
Dose 6	19,00Cc	24,40Bbc	26,00Abc
Dose 7	16,80Cd	23,40Bc	25,00Ac

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 35. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 135 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	27,80Aa	29,20Aa	28,80Aab
Dose 2	27,80Aa	28,60Aa	29,40Aa
Dose 3	26,60Ba	27,60Bab	29,80Aa
Dose 4	26,80Ba	27,80ABab	29,00Aab
Dose 5	22,20Bb	27,20Aab	28,20Aabc
Dose 6	20,40bB	26,200Abc	27,00Abc
Dose 7	17,60Cc	24,20Bc	26,20Ac

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Ao avaliar a fitotoxicidade das mudas de café demonstrou a clara interação entre o glifosato e o etil-trinexapac ao longo do ciclo (Tabela 36). Até os 45 dias, não houve diferença significativa entre as doses e tratamentos. A partir do Dia 60, a fitotoxicidade se tornou evidente e aumentou progressivamente com o tempo, apresentando diferença estatística (Tabela 36). Em todos os períodos, as mudas tratadas apenas com glifosato apresentaram as maiores notas de fitotoxicidade, indicando o maior dano.

Em contrapartida, as mudas que receberam a combinação de glifosato com etil-trinexapac (tanto a dose de 100 quanto a de 200) tiveram notas de fitotoxicidade significativamente menores (Tabela 36). Isso comprova que o maturador foi eficaz

em atenuar os sintomas de estresse e o dano causado pelo herbicida. Analisando o efeito das doses do glifosato, percebe-se um aumento direto na fitotoxicidade conforme a dose do herbicida crescia. No entanto, o etil-trinexapac teve um papel crucial nesse cenário minimizando o impacto das doses mais altas de glifosato, resultando em notas de fitotoxicidade inferiores mesmo quando o herbicida estava em concentrações elevadas.

Tabela 36. Nota de fitotoxicidade das mudas de café submetidas à aplicação de doses crescentes do herbicida glifosato e do maturador etil-trinexapac, avaliadas em diferentes dias após plantio (DAP).

	Dias após a aplicação									
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Glifosato	1,0	1,00	1,00	1,00	2,00	2,57	3,22	3,42	3,57	3,57
	0a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Glifosato	1,0	1,00	1,00	1,00	1,88	2,22	2,57	2,68	2,68	2,68
+100	0a	a	a	a	a	b	b	c	c	c
Glifosato	1,0	1,00	1,00	1,00	1,88	2,20	2,42	2,91	2,91	2,91
+200	0a	a	a	a	a	b	b	b	b	b
Doses										
Dose 1	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0a	a	a	a	d	e	e	d	e	e

(Continua)

Tabela 36. Continuação

Dias após a aplicação										
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Dose 2	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0a	a	a	a		e	e	d	e	e
Dose 3	1,0	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	0a	a	a	a	c	d	d	c	d	d
Dose 4	1,0	1,00	1,00	1,00	2,00	2,46	3,00	3,13	3,13	3,13
	0a	a	a	a	c	c	c	b	c	c
Dose 5	1,0	1,00	1,00	1,00	2,00	2,60	3,00	3,33	3,46	3,46
	0a	a	a	a	c	c	c	b	c	c
Dose 6	1,0	1,00	1,00	1,00	2,60	3,40	4,40	5,13	5,13	5,13
	0a	a	a	a	b	b	b	a	b	b
Dose 7	1,0	1,04	1,04	1,04	2,86	3,86	4,80	5,46	5,66	5,66
	4a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

(Continua)

Tabela 36. Continuação

	Dias após a aplicação									
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
FQ	0,0	0,00	0,00	0,00	3,52	25,3	77,7	54,2	61,1	61,1
	0 ^{NS}	NS	NS	NS	*	5**	9**	9**	8**	8**
FD	0,2	0,20	0,20	0,20	177,	306,	419,	529,	431,	431,
	0 ^{NS}	NS	NS	NS	14**	72**	30**	39**	47**	47**
FQXD	0,0	0,00	0,00	0,00	1,98	9,14	12,6	7,86	8,08	8,08
	0 ^{NS}	NS	NS	NS	*	**	7**	**	**	**
C,V	12,	12,9	12,9	12,9	10,8	10,4	10,4	10,1	11,3	11,3
	96	6	6	6	2	1	3	5	7	7

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 60 DAP, as mudas começaram a apresentar sintomas de fitotoxicidade, com uma clara interação entre os tratamentos (Tabela 37). Em todas as doses, as mudas com glifosato isolado apresentaram notas de fitotoxicidade mais elevadas, indicando maior dano em comparação com as combinações. Ao analisar o efeito das doses, a fitotoxicidade aumentou significativamente com o incremento da dose de glifosato. Contudo, nas doses mais altas, a presença do etil-trinexapac (tanto 100 quanto 200) atenuou os sintomas, resultando em notas de fitotoxicidade menores se comparadas ao glifosato puro.

Tabela 37. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 60 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	1,00Ac	1,00Ad	1,00Ad
Dose 2	1,00Ac	1,00Ad	1,00Ad
Dose 3	2,00Ab	2,00Ac	2,00Ac
Dose 4	2,00Ab	2,00Ac	2,00Ac
Dose 5	2,00Ab	2,00Ac	2,00Ac
Dose 6	3,00Aa	2,40Ba	2,40Ba
Dose 7	3,00Aa	2,80Ab	2,80Ab

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Ao longo das avaliações quanto a nota de fitotoxicidade, entre os 75 e 135 DAP (tabelas 38, 39, 40, 41 e 42), a nota de fitotoxicidade das mudas de café mostrou um padrão consistente e significativo. Em todos esses períodos, o glifosato isolado resultou em elevada fitotoxicidade, indicando o maior dano às plantas, principalmente nas doses mais altas. Porém, as mudas que receberam a combinação de glifosato com etil-trinexapac (tanto a 100 quanto a 200) apresentaram notas de fitotoxicidade significativamente menores.

Isso comprova de forma contínua a eficácia do maturador em reduzir os sintomas de estresse e o impacto negativo causado pelo herbicida. A fitotoxicidade aumentou diretamente com o incremento das doses de glifosato. No entanto, o etil-

trinexapac atenuou de forma crucial esse aumento, permitindo que as mudas mantivessem notas de fitotoxicidade inferiores mesmo sobre as mais altas concentrações do herbicida.

Tabela 38. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 75 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	1,00Ad	1,00Ad	1,00Ad
Dose 2	1,00Ad	1,00Ad	1,00Ad
Dose 3	2,00Ac	2,00Ac	2,00Ac
Dose 4	3,00Ab	2,40Abc	2,00Ac
Dose 5	3,00Ab	2,80Ab	2,00Bc
Dose 6	4,00Aa	3,40Bb	2,80Cb
Dose 7	4,00Aa	3,60Ba	4,00Aa

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 39. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 90 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	1,00Ad	1,00Ae	1,00Ad
Dose 2	1,00Ad	1,00Ae	1,00Ad
Dose 3	2,00Ac	2,00Ad	2,00Ac
Dose 4	4,00Ab	2,60Bd	2,40Bc
Dose 5	4,00Ab	3,00Bc	2,00Cb
Dose 6	5,20Aa	4,00Bb	4,00Ba
Dose 7	5,40Aa	4,60Ba	4,40Ba

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 40. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 105 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	1,00Ad	1,00Ae	1,00Ad
Dose 2	1,00Ad	1,00Ae	1,00Ad
Dose 3	2,00Ac	2,00Ad	2,00Ac
Dose 4	4,00Ab	2,40Cd	3,00Bb
Dose 5	4,00Ab	3,00Bc	3,00Bb
Dose 6	6,00Aa	4,40Cb	5,00Ba
Dose 7	6,00Aa	5,00Ba	5,40Ba

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 41. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 120 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	1,00Ad	1,00Ad	1,00Ad
Dose 2	1,00Ad	1,00Ad	1,00Ad
Dose 3	2,00Ac	2,00Ac	2,00Ac
Dose 4	4,00Ab	2,40Cbc	3,00Bb
Dose 5	4,40Ab	3,00Bb	3,00Bb
Dose 6	6,00Aa	4,40Ca	5,00Ba
Dose 7	6,60Aa	5,00Ba	5,40Ba

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

Tabela 42. Fitotoxicidade do herbicida glifosato, aplicado isoladamente e em mistura com etil-trinexapac, em mudas de café aos 135 dias após a plantio.

	Glifosato	Glifosato+100 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac	Glifosato+200 g i.a. ha⁻¹ etil- trinexapac
Dose 1	1,00Ad	1,00Ad	1,00Ad
Dose 2	1,00Ad	1,00Ad	1,00Ad
Dose 3	2,00Ac	2,00Ac	2,00Ac
Dose 4	4,00Ab	2,40Cbc	3,00Bb
Dose 5	4,40Ab	3,00Bb	3,00Bb
Dose 6	6,00Aa	4,40Ca	5,00Ba
Dose 7	6,60Aa	5,00Ba	5,40Ba

Letras maiúsculas comparam linhas (Efeito do tratamento dentro de cada dose) e letras minúsculas comparam colunas (Efeito da dose dentro de cada tratamento).

5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram claramente os impactos negativos da deriva do herbicida glifosato sobre mudas de café, bem como a ação atenuadora do etil-trinexapac quando aplicado de forma preventiva. A análise do segundo experimento permitiu observar que o etil-trinexapac exerceu efeito mitigador relevante, favorecendo a recuperação fisiológica e o desenvolvimento das plantas mesmo sob estresse químico.

O glifosato, aplicado em subdoses, ocasionou efeitos fitotóxicos e deletérios severos nas mudas, com reduções significativas nas variáveis morfológicas como altura de planta, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar e massa seca total. Esses efeitos são condizentes com o seu modo de ação, já que o glifosato inibe a enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPS), essencial para a síntese de aminoácidos aromáticos, interferindo diretamente no metabolismo da planta (Gomes *et al.*, 2014; Rodrigues & Almeida, 2005; Yamada & Castro, 2007).

A consequência é a interrupção de processos biossintéticos, como a produção de proteínas, carotenóides e clorofila, levando a um estresse oxidativo generalizado e à senescência precoce (Mateos-Naranjo *et al.*, 2009; Gomes *et al.*, 2016).

Essas alterações fisiológicas, somadas à ação quelante do glifosato, que compromete a absorção de nutrientes essenciais como Fe, Zn, N e B (Malavolta, 2006; Eker *et al.*, 2019), comprometem o desempenho da cultura, principalmente em estágios iniciais. Como observado por Schrübbers *et al.* (2014), até mesmo doses baixas podem resultar em clorose, necrose e estreitamento foliar, sintomas

que também foram evidentes neste estudo a partir de doses intermediárias (tais resultados ficaram evidentes com a diminuição da altura, diminuição do diâmetro do caule, diminuição do número de folhas, diminuição de área foliar e massa seca total à medida que a dose de glifosato aumentava, aumentando também a nota de fitotoxidade)

Entretanto, a aplicação preventiva do etil-trinexapac promoveu atenuação significativa desses sintomas, mitigando o efeito deletério e degradante do glifosato, com melhora em praticamente todas as variáveis morfofisiológicas. Tal comportamento está de acordo com a literatura, que descreve o etil-trinexapac como um regulador do crescimento vegetal pertencente ao grupo das acilciclohexanedionas, capaz de inibir a conversão de GA20 em GA1 e, assim, reduzir o alongamento celular e favorecer o acúmulo de reservas (Rademacher, 2000; Hedden & Sponsel, 2015). Além disso, o etil-trinexapac pode estimular a atividade de enzimas antioxidantes, como catalase, peroxidase e superóxido dismutase, as quais têm papel fundamental nas espécies reativas de oxigênio (EROs), típicas do estresse oxidativo induzido por herbicidas (Xu & Huang, 2012; Krishnan & Merewitz, 2015; Corrêa, 2023). Essa ação protetora contribuiu para a redução da fitotoxidade observada ao longo do tempo, principalmente a partir dos 60 dias após aplicação, onde as plantas tratadas com etil-trinexapac apresentaram menor intensidade dos sintomas, mesmo nas doses mais altas de glifosato.

A literatura corrobora esses resultados, trabalhos anteriores do laboratório de plantas daninhas (LAPDA), constatou o efeito desse maturador em diversas culturas como milho, trigo, crotalária e eucalipto, que já demonstraram que o etil-trinexapac,

mesmo em subdoses, pode atuar como estimulante, promovendo ganhos em massa seca, crescimento da planta e tolerância a estresses abióticos (Arf *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2013; Bacha *et al.*, 2017, 2018; Garcia, 2014). No café, especificamente, estudos como o de Carvalho *et al.*, (2013) e Corrêa (2023) já haviam apontado os benefícios do uso desse maturador como ferramenta para atenuação de sintomas causados por glifosato. No presente estudo, o aumento nas variáveis estudadas como altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas nas plantas tratadas com etil-trinexapac evidencia a capacidade do produto em preservar o funcionamento fisiológico da planta, mesmo sob estresse químico. A manutenção do crescimento vegetativo indica também que o maturador atua sobre vias secundárias, como a biossíntese de compostos estruturais e a integridade dos tecidos foliares, aspectos essenciais para o restabelecimento da homeostase após estresse (Siqueira, 2009; Gomide Lavanholi & Veloso, 2008).

Portanto, os dados obtidos validam a hipótese de que o etil-trinexapac, quando aplicado previamente à exposição ao glifosato, pode atuar como eficiente atenuador de estresse químico em mudas de café. Essa estratégia se mostra promissora para áreas cafeeiras onde o risco de deriva é constante, sendo uma alternativa viável para preservar o crescimento e a produtividade inicial das plantas.

6. CONCLUSÃO

A deriva do herbicida glifosato causou estresse químico nas mudas de café, com prejuízos expressivos ao crescimento vegetativo, evidenciado pela redução na

altura, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar e massa seca. A aplicação preventiva de etil-trinexapac atenuou esses efeitos negativos, contribuindo para a preservação do desenvolvimento das plantas. Os resultados indicam que o regulador de crescimento promoveu maior tolerância ao estresse, possivelmente por modulação hormonal e ativação de mecanismos fisiológicos de defesa. Conclui-se, portanto, que o etil-trinexapac é uma alternativa promissora para reduzir os danos causados pela deriva do glifosato em mudas de café, podendo ser incluído como estratégia complementar no manejo da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na produção de café durante 30 anos. In: **SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL**, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2009. 1 CD-ROM.
- ALCÂNTARA, E. N.; NÓBREGA, J. C. A.; FERREIRA, M. M. Métodos de controle de plantas daninhas no café afetam os atributos químicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 749–757, 2009.
- AL-KHATIB, K. et al. Biological responses to glyphosate drift from aerial application in non-glyphosate-resistant corn. **Pest Management Science**, v. 66, n. 3, p. 345–349, 2010.
- AMARANTE JÚNIOR, O. P. de; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589–593, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Z9DJG6fy8ZQR79ch8cdxwVP/>. Acesso em: 30 maio 2025.
- ARF, O. et al. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 765–773, 2009.
- ARF, O.; NASCIMENTO, V. do; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. de C. F.; GITTI, D. de C.; SÁ, M. E. de. Uso de etil-trinexapac em cultivares de arroz de terras

altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 150–158, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200008>.

AULING, R. Development of LC-MS method for determination of glyphosate residues in wheat. 2009. Dissertation (Master) – University of Tartu, Faculty of Science and Technology, Institute of Chemistry, Tartu, Estônia. 32 p.

BELZA, R. G.; DUKE, S. O. Herbicides and plant hormesis. **Pest Management Science**, online, v. 70, 2014.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, v. 6, p. 127–134, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v8i2.8376>.

BLANCO, F. M. Plantas daninhas: definição, importância e controle. In: BLANCO, F. M. (Org.). **Plantas daninhas e seu controle**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1982. p. 1–15. Disponível em: <https://sbicare.ufv.br/handle/123456789/1234>. Acesso em: 21 maio 2025.

BLANCO, H. G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. **O Biológico**, v. 38, n. 10, p. 343–350, 1972.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Conheça a história do café no mundo e como o Brasil se tornou o maior produtor e exportador da bebida**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/conheca-a-historia-do-cafe-no-mundo-e-como-o-brasil-se-tornou-o-maior-produtor-e-exportador-da-bebida>. Acesso em: 19 maio 2025.

BRITO, I. P. F. S.; TROPALDI, L.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Hormetic effects of glyphosate on plants. **Pest Management Science**, 2017.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Defining hormesis. **Human Experimental Toxicology**, v. 21, p. 91–97, 2002.

CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D. Efeitos da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE**, 1., 2007, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2007. v. 1, p. 68–70.

CARVALHO, A. **Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero Coffea com referência especial à espécie Arabica**. Separata dos Boletins da Superintendência dos Serviços do Café, São Paulo, n. 226–230, 1946.

CARVALHO, L. B. **Avaliação de subdoses de glyphosate e trinexapac-ethyl na cultura do cafeeiro (Coffea arabica L.) e na planta daninha Brachiaria**

decumbens. 2011. 106 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2011.

CARVALHO, F. T.; VELINI, E. D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 19, p. 317–322, 2001.

CARVALHO, L. B. et al. Resposta fisiológica de plantas de café (*Coffea arabica* L.) ao glyphosate depende do estágio de crescimento. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 72, n. 2, p. 212–217, 2012.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; BIANCO, S. Sourgrass densities affecting the initial growth and macronutrient content of coffee plants. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 109–115, 2013.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; DUKE, S. O. Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 85, n. 2, p. 813–821, 2013.

CARVALHO, L.B.; ALVES, P.L.C.A.; DUKE, S.O. Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 85, n. 2, p. 813-821, 2013.

CASELEY, J.C.; COUPLAND, D. Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake movement and acidity. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D.A. (Ed.). **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p. 92-123.

CEDERGREEN, N. et al. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose–Response**, v. 5, n. 2, p. 150-162, 2007.

CEDERLUND, H. et al. Effects of spray drift of glyphosate on nontarget terrestrial plants—A critical review. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, n. 6, p. 1475–1486, 2017.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet South America, 1999. 14 p. (Boletim técnico, 5).

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA (CTNBIO). Disponível em: <http://ctnbio.mctic.gov.br/processo-deogm>. Acesso em: 15 dez. 2019.

CONCENÇO, G. et al. Ciência das plantas daninhas: histórico, biologia, ecologia e fisiologia. In: MONQUERO, P.A. (Ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RiMa, 2014. v. 1, p. 1-32.

CORRÊA, F. T. **Efeito de maturadores na cultura do café sob condição de estresse químico**. 2023. 97 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2023.

COSTA, A.G.F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, jan./mar. 2007.

DAVIS, A.P. et al. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 152, n. 4, p. 465-512, dez. 2006.

DE MARIA, N. et al. New insights on glyphosate mode of action in nodular metabolism: role of shikimate accumulation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, 2006.

DEUBER, R. Manejo de plantas infestantes na cultura do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, J.W. (Ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 4-12.

DIAS, G.F.S.; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S. *Brachiaria decumbens* suprime o crescimento inicial de *Coffea arabica*. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 6, p. 579-583, 2004.

DIAS, T.C.S.; ALVES, P.L.C.A.; LEMES, L.N. Períodos de interferência de *Commelina benghalensis* na cultura do café recém-plantada. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 397-404, 2005.

DUARTE, N.F.; SILVA, J.B.; SOUZA, I.F. Competição de plantas daninhas com a cultura do milho no município de Ijaci, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 983-992, 2002.

DUKE, S.O. Glyphosate degradation in glyphosate-resistant and -susceptible crops and weeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2011.

DUKE, S.O.; CEDERGREEN, N.; VELINI, E.D.; BELZ, R.G. Hormesis: is it an important factor in herbicide use and allelopathy? **Outlooks on Pest Management**, v. 17, n. 1, p. 29-33, 2006.

DURIGAN, J.C.; CORREIA, N.M.; TIMOSSI, P.C. Estádios de desenvolvimento e vias de contato e absorção dos herbicidas na inviabilização de tubérculos de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 621-626, 2005.

EKER, S. et al. Glyphosate: its environmental persistence and impact on crop health and nutrition. **Plants**, v. 8, n. 11, p. 499, 2019.

FIALHO, C.M.T. et al. Competição de plantas daninhas com a cultura do café em duas épocas de infestação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. esp., p. 969-978, 2010.

FISAC PEDRAJAS, R. **El mundo del café: origen y expansión del café**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52350075/ORIGEN_Y_EXPANSION_DEL_CAFE-libre.pdf. Acesso em: 19 maio 2025.

FRANÇA, A.C. et al. Efeitos da deriva de glyphosate em cafeeiros. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 85-90, 2010.

FRANZ, J.E. Discovery, development and chemistry of glyphosate. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. (Ed.). **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p. 3-17.

FRONTIERS IN PLANT SCIENCE. Glyphosate pesticides persist for years in wild plants and cause flower infertility. **Frontiers in Plant Science**, 2021.

GARCIA, R.A.F. **Utilização de maturadores para antecipação da colheita do milho**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

GASPARINO, R. C. **Efeito de subdoses de trinexapac-ethyl e paclobutrazol em mudas de eucalipto**. 2021. 79 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2021.

GOMES, M.P. et al. Alteration of plant physiology by glyphosate and its by-product aminomethylphosphonic acid: an overview. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 17, p. 4691–4703, 2014. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/65/17/4691/558768>. Acesso em: 30 maio 2025.

GOMES, M.P.; GINGRAS LE MANACH, S.; MACCARIO, S.; LABRECQUE, M.; LUCOTTE, M.; JUNEAU, J. Differential effects of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) on photosynthesis and chlorophyll metabolism in willow plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 2016.

GOMIDE, A.L.O.; LAVANHOLI, M.G.D.P.; VELOSO, L.A. Uso dos maturadores químicos na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Nucleus**, Edição Especial, 2008.

GONÇALVES, R.A. Reguladores de crescimento, desfolhantes e maturadores. **SlideShare**, 2017. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/reguladores-de-crescimento-desfolhantes-e-maturadores/80755845>. Acesso em: 30 maio 2025.

GONÇALVES, R. A. Reguladores de crescimento, desfolhantes e maturadores. **SlideShare**, 2017. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/reguladores-de-crescimento-desfolhantes-e-maturadores/80755845>. Acesso em: 31 maio 2025.

GRIGGS, D. L. et al. The regulation of gibberellin biosynthesis by plant growth retardants. In: FUJINO, D. W. et al. (Ed.). **Plant growth regulation**. Oregon: Timber Press, 1991. p. 69-78.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. (Ed.). **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.

HEWITT, A. J. Adjuvant use for the management of pesticide drift, leaching and runoff. **Pest Management Science**, v. 80, n. 1, p. 1–12, 2024.

HISAMATSU, T. et al. Regulation of GA20 and GA1 levels by phytochrome and gibberellin in relation to photoperiodic stem elongation in ***Silene armeria***. **Plant Physiology**, Rockville, v. 117, n. 2, p. 545-552, 1998.

JÚNIOR, O. P. A.; SANTOS, T. C. R. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

KAPPES, C. et al. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 508-518, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/pat.v41i4.10768>.

KISSAMANN, K. G.; Groth, D. **Identificação e biologia das plantas daninhas**. São Paulo: BASF, 1999.

KOTTOW, M. Glifosato y precaución. **Cuadernos Médico Sociales (Chile)**, v. 63, n. 4, p. 67–68, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.56116/cms.v63.n.4.2023.1735>. Acesso em: 30 maio 2025.

LAPDA. **Utilização de maturadores para antecipação da colheita do milho**. Laboratório de Análises de Produtos Agropecuários, 2014. Disponível em: <https://www.lapda.org.br/storage/downloads/utilizacao-de-maturadores-para-antecipacao-da-colheita-do-milho-3665.pdf>. Acesso em: 30 maio 2025.

LIMA, M. A. et al. Subdoses de reguladores vegetais e sua influência em plantas sob estresse. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 34, n. 2, p. 158-166, 2022.

MARTIM, S. A. **Pulverização do cafeeiro com açúcar: potencial de uso em mudas submetidas à deficiência hídrica e na recuperação de plantas atingidas por glyphosate**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MATEOS-NARANJO, E. et al. Effectiveness of glyphosate and imazamox on the control of the invasive. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 2009.

MATIELLO, J. B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.
MILLER, P. C. H. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASI, U. R. (Ed.). **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. p. 110-124.

MARUCA, A. S. **Avaliação de reguladores vegetais como atenuadores de estresse causado por subdoses de glyphosate em eucalipto**. 2022. 83 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2022.

MORELI, A. P. **Café – Histórico, variedades e mercados**. Espírito Santo, 2009. Disponível em: https://www.agais.com/tpc/capitulo_1_aldeamar.pdf. Acesso em: 19 maio 2025.

NAGAY, J. H. C. **Café no Brasil: dois séculos de história. Formação Econômica**, Campinas, n. 3, p. 17–23, jun. 1999. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/882/formacao3-2.pdf>. Acesso em: 19 maio 2025.

NASSER, P. **O Gigante do Café**. Brasil: Mexido de Ideias, 2007. Disponível em: <http://www.mexidodeideias.com.br/industria/brasil-o-gigante-do-cafe/>. Acesso em: 06 maio 2025.

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

OIC – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. Aspectos botânicos. Disponível em: https://www.ico.org/pt/botanical_p.asp. Acesso em: 19 maio 2025.

OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ominipax, 2011. p. 141-192.

OLIVEIRA, F. A.; Silva, A. L. **Plantas daninhas na agricultura brasileira**. Viçosa: UFV, 2005.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P.; VIEIRA, H. D. Interferência de trapoerabas no desenvolvimento de mudas de café. **Agronomia**, v. 39, n. 1-2, p. 17-21, 2005.

PADGETTE, S.R. et al. New weed control opportunities: development of glifosato-tolerant soybeans. In: DUKE, S.O. (Ed.). **Herbicide resistant crops**. Boca Raton: CRC, 1995. p. 54-80.

PEREIRA, F.C.M.; NEPOMUCENO, M.P.; PIRES, R.N.; PARREIRA, M.C.; ALVES, P.L.C.A. Response of eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*) plants at different doses of glyphosate. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 1, p. 66-74, 2013.

PERUZZOLO, M.; CRUZ, B.; RONQUI, L. Polinização e produtividade do café no Brasil. **PUBVET**, Paraná, v. 13, n. 4, p. 1-6, 2019.

PEZZOPANE, C.D.; FAVARIN, J.L.; MALUF, M.P.; PEZZOPANE, J.R.M.; GUERREIRO FILHO, O. Atributos fenológicos e agronômicos em cultivares de cafeeiro arábica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 711-717, 2009.

PITELLI, R.A. O termo planta-daninha. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/MY3k43DccjZxbpJpy8dR6Gr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 maio 2025.

RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 34, n. 4, p. 845-872, 2016.

RAJALA, A. Plant growth regulators to manipulate oat stands. **Agriculture and Food Science**, v. 13, p. 186-197, 2004. DOI: <https://doi.org/10.2137/1239099041838058>.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 936-943, 2001. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2001.934936x>.

RAMULA, S. et al. Glyphosate residues alter the microbiota of a perennial weed with a minimal indirect impact on plant performance. **Plant and Soil**, 2022.

REDDY, K.N. et al. Biological responses to glyphosate drift from aerial application in non-glyphosate-resistant corn. **Pest Management Science**, v. 66, n. 11, p. 1148–1154, 2010.

REHAGRO. Maturadores na cultura do café: como utilizar? **Disponível em:** <https://rehagro.com.br/blog/maturadores-na-cultura-do-cafe/>. **Acesso em:** 30 maio 2025.

REHAGRO. Produção de café no Brasil: qual a importância para o país? **Disponível em:** <https://rehagro.com.br/blog/cenario-e-importancia-do-cafe-no-brasil/>. **Acesso em:** 19 maio 2025.

RONCHI, C.P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.

RONCHI, C.P.; SILVA, A.A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. *Planta Daninha*, v. 24, n. 2, p. 415-423, 2006.

SANTOS, J.R. dos. *Café na Amazônia: tecnologia de produção*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. **Disponível em:** <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1040714/1/Cafe-na-AmazoniaSANTOS.pdf>. **Acesso em:** 21 maio 2025.

SANTOS, J.H. dos. *Café na Amazônia*. Brasília: Embrapa, 2017. **Disponível em:** <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1040714/1/Cafe-na-AmazoniaSANTOS.pdf>. **Acesso em:** 21 maio 2025.

SANTOS, L.D.T. *Efeitos diretos e indiretos do glyphosate em eucalipto*. 2006. 90 f. **Tese** (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

SANTOS, R.S. dos. *Café na Amazônia: manejo de plantas daninhas*. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2014. 25 p. (*Embrapa Rondônia. Documentos*, 152). **Disponível em:** <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1040714/1/Cafe-na-AmazoniaSANTOS.pdf>. **Acesso em:** 21 maio 2025.

SCHRÜBBERS, L.C. et al. Efeitos fisiológicos da deriva de glyphosate em cafeeiros. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 13, n. 3, p. 224-230, 2014.

SHAW, W.C. Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Science*, v. 30, supl. 1, p. 2-12, 1982.

SILVA, A.A. et al. 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, A.F. da; BATISTA, A.C.; SILVA, R.S. da. *Dispersão de plantas daninhas resistentes a glifosato no Brasil: recomendações de manejo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2023. 9 p. (*Comunicado Técnico*, 259). **Disponível em:**

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1158894/1/Dispersao-de-plantas-daninhas-resistentes-a-glifosato-no-Brasil.pdf>. **Acesso em:** 30 maio 2025.

SILVA, A.F.; ADEGAS, F.S.; CONCENÇO, G. Characterizations of emergence flows of volunteer corn as function of type of harvest grain loss. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 10, n. 5, p. 258-267, 2018. **DOI:** <https://doi.org/10.5539/jas.v10n5p258>.

SILVA, H.T.S. **Frutas Brasil Frutas**. São Paulo: Empresa das Artes, 2005. **Disponível em:** <http://www.kaldicafe.com.br/site/origem-do-cafe.php>. **Acesso em:** 06 maio 2025.

SILVA, M.R.M. **Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas**. 2006. 90 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.

SIQUEIRA, G. F. DE. Eficácia da mistura de glifosato a outros maturadores na cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal.

SIQUEIRA, J.O.; TRANNIN, I.C. DE B.; RAMALHO, M.A.P.; FONTES, E.M.G. Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 21, p. 11-81, 2004.

SOUZA, A.M.; PEREIRA, R.A.; YOKOO, E.M.; LEVY, R.B.; SICHIERI, R. Most consumed foods in Brazil: National Dietary Survey 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, p. 190s-199s, 2013.

SOUZA, C.A.; FIGUEIREDO, B.P.; COELHO, C.M.M.; CASA, R.C.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 634-643, 2013.

STAHLMAN, P.W.; PHILLIPS, W.M. Effects of water quality and spray volume on glyphosate phytotoxicity. **Weed Science**, Chichester, v. 27, n. 1, p. 38-41, 1979.

TEIXEIRA, I.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, p. 399–408, 2000. **Cerrado Agrociências**, n. 5, nov. 2014, p. 82-90.

TIMOSSI, P.C.; FREITAS, T.T. Eficácia de nicosulfuron isolado e associado com atrazine no manejo de plantas daninhas em milho. **Revista Brasileira de**

Herbicidas, Londrina, v. 10, n. 3, p. 210-218, 2011. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i3.123>

VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. DE. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. **Anais: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2000. p. 171-174.

VELINI, E.D.; ALVES, E.; GODOY, M.C.; MESCHEDE, D.K.; SOUZA, R.T.; DUKE, S.O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 489-496, 2008.

VELINI, E.D.; TRINDADE, M.L.B.; BARBERIS, L.R.M.; DUKE, S.O. Growth regulation and other secondary effects of herbicides. **Weed Science**, v. 58, n. 3, p. 351-354, 2010.

VELLINI, A.L.T.T.; DE PAULA, N.F.; ALVES, P.L.C.A.; PAVANI, L.C.; BONINE, C.A.V.; SCARPINATI, D.A.; DE PAULA, R.C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.

VICTORIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: TOMAZ, M.A. et al. (Eds.). **Manejo integrado de doenças, pragas e plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 349-363.

VIDAL, R.A. *Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas*. Porto Alegre, 1997. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=559041>. Acesso em: 12 maio 2005.

WITKOWICZ, R. How do mineral fertilization and plant growth regulators affect yield and morphology of naked oat? **Communications in Biometry and Crop Science**, v. 5, p. 96-107, 2010.

YAMADA, T.; CASTRO, P. Efeito do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **International Plant Nutrition Institute (IPNI). Encarte Técnico**, n. 119, 2007.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, p. 331-339, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000200013>

ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.; COSTA, H.; PEREIRA, A.; CHAVES, G.M. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 369-450.

ZIMDAHL R. L.
Fundamentals of weed science. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2004.
