



Seleção de Herbicidas para Uso em Pós-plantio do Cajueiro



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura e Pecuária***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
244**

**Seleção de Herbicidas para Uso
em Pós-plantio do Cajueiro**

*Luiz Augusto Lopes Serrano
Cláudio Pagotto Ronchi
Dheyne Silva Melo*

***Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2023***

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
José Roberto Vieira Júnior

Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
Afrânio Arley Teles Montenegro, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Christiana de Fátima Bruce da Silva, Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira, José Roberto Vieira Júnior, Laura Maria Bruno, Roselayne Ferro Furtado, Sandra Maria Morais Rodrigues

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
José Cesamildo Cruz Magalhães

Foto da capa
Luiz Augusto Lopes Serrano

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria Tropical

Serrano, Luiz Augusto Lopes

Seleção de herbicidas para uso em pós-plantio do cajueiro / Luiz Augusto Lopes Serrano, Cláudio Pagotto Ronchi e Dheyne Silva Melo – Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2023.

PDF (29 p.) : il. ; – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543 ; 244).

1. *Anacardium occidentale*. 2. Herbicidas. 3. Crescimento. 4. Fitotoxicidade. I. Ronchi, Cláudio Pagotto. II. Melo, Dheyne Silva. III. Título. IV. Série.

CDD 632.954

Sumário

Resumo.....	4
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	27
Agradecimentos.....	27
Referências.....	27

Seleção de Herbicidas para Uso em Pós-plantio do Cajueiro

Luiz Augusto Lopes Serrano¹

Cláudio Pagotto Ronchi²

Dheyne Silva Melo³

Resumo – Os herbicidas são uma importante ferramenta no manejo de plantas daninhas devido à alta eficácia de controle e ao elevado rendimento operacional. No entanto, o número de moléculas registradas para a cultura do cajueiro no Brasil ainda é baixo. Assim, objetivou-se avaliar diferentes herbicidas registrados em outras culturas para possível uso na cultura do cajueiro na fase de pós-plantio no campo. O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa, em Pacajus, Ceará. Logo após o plantio das mudas do clone de cajueiro-anão ‘BRS 226’ em vasos de 21,5 L, foram aplicados em jato dirigido ao solo cinco herbicidas em diferentes doses do produto comercial para 2 litros de água: saflufenacil (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); oxifluorfem (0 mL; 15 mL; 30 mL; 45 mL; e 60 mL); atrazina + S-metolacloro (0 mL; 45 mL; 90 mL; 135 mL; e 180 mL); isoxaflutole (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); e metsulfurom-metílico (0 g; 0,15 g; 0,30 g; 0,45 g; e 0,60 g). Os herbicidas metsulfurom-metílico e isoxaflutole provocaram severos danos nas plantas, não sendo recomendáveis para possível registro e uso na cultura. Os herbicidas saflufenacil e atrazina + S-metolacloro causaram sintomas leves a moderados de toxidez e interferência no crescimento das

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, professor da Universidade Federal de Viçosa, Florestal, MG

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento Genético Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

plantas. O herbicida oxifluorfem, mesmo nas maiores doses, causou apenas sintomas leves de intoxicação, com posterior recuperação das plantas, de forma que não afetou o crescimento delas. De acordo com os resultados, herbicidas à base de oxifluorfem (24% m/v) apresentam potencial para registro e uso na cultura do cajueiro.

Termos para indexação: *Anacardium occidentale* L., crescimento, fitotoxicidade, saflufenacil, oxifluorfem, atrazina, S-metolaclo, isoxaflutole, metsulfurom-metílico.

Herbicides Screening for Post-planting Cashew Trees

Abstract – The use of herbicides is an important weed management technique due to its control and service efficiencies. In Brazil, the number of molecules registered for the cashew crop is still low; therefore the objective of this work was to evaluate commercial herbicides for the post-planting phase in cashew crop. The research was carried in Experimental Field of Embrapa, Pacajus, Ceará, Brazil. After planting 'BRS 226' dwarf-cashew trees in pots, five herbicides were applied in directed jet to soil at different doses (for 2 liters of water): saflufenacil (0 g; 0.5 g; 1.0 g; 1.5 g and 2.0 g); oxyfluorfen (0 mL; 15 mL; 30 mL; 45 mL and 60 mL); atrazine + S-metolachlor (0 mL; 45 mL; 90 mL; 135 mL and 180 mL); isoxaflutole (0 g; 0.5 g; 1.0 g; 1.5 g and 2.0 g) and metsulfuron methyl (0 g; 0.15 g; 0.30 g; 0.45 g and 0.60 g). Metsulfuron-methyl and isoxaflutole caused severe damages to the plants, not being recommended for possible registration and use in cashew crop. Saflufenacil and atrazine + S-metolachlor caused moderate toxicity symptoms and interference in plant growth. Oxyfluorfen caused just light toxicity symptoms, even at the highest doses, with subsequent plants recovery, so that it did not affect their growth. According to the results, herbicides composed by oxyfluorfen oxifluorfem (24% m/v) have potential for registration and use in the cashew crop.

Index terms: *Anacardium occidentale* L., plant growth, phytotoxicity, saflufenacil, oxyfluorfen, atrazine, metolachlor, isoxaflutole, metsulfuron methyl.

Introdução

O Brasil apresenta em torno de 425 mil hectares cultivados com o cajueiro (*Anacardium occidentale*), sendo a região Nordeste responsável por 99,5% dessa área (IBGE, 2023). Nos pomares comerciais, predominam solos de textura arenosa, pobres em matéria orgânica e nutrientes. As temperaturas médias anuais dos municípios produtores estão entre 25 °C e 28 °C, e as precipitações anuais entre 400 mm (sertão) e 1.200 mm (litoral), distribuídas principalmente entre janeiro e maio.

Na estação chuvosa, as condições favorecem um intenso desenvolvimento de plantas daninhas, sendo mais problemáticas as espécies que rapidamente ultrapassam em altura os cajueiros recém-plantados, sombreando-os, fato que atrasa o crescimento; além de outras espécies com sistema radicular profundo na área da cova, que competem por água e nutrientes.

Tradicionalmente, os pequenos cajucultores utilizam capinas manuais para o controle das plantas daninhas; entretanto, devido ao aumento do custo e à escassez de mão de obra, muitas vezes a prática não é realizada ou é feita com atraso, o que prejudica o crescimento dos cajueiros, podendo até ser irreversível, conforme a extensão do período de competição. Em pomares de maior extensão, o controle é feito por meio de implementos agrícolas, muitas vezes por gradagem em área total, deixando o solo exposto às principais intempéries climáticas da região na época de pós-plantio, como chuvas fortes, irradiação solar intensa e ventos fortes.

Apesar de o cajueiro ser cultivado em uma expressiva área do país (uma das maiores em relação às espécies frutíferas), ele é classificado como “minor crop” (Brasil, 2014; 2023), isto é, uma cultura com suporte insuficiente de produtos fitossanitários registrados. Em 2014, por exemplo, não havia dez produtos registrados; todavia, a partir do programa “minor crops”, atualmente já são quase 50 produtos registrados para a cultura (Agrofit, 2023).

A utilização de herbicidas é uma importante técnica de manejo de plantas daninhas devido à sua significativa eficácia de controle, ao alto rendimento de serviço e ao baixo custo. Atualmente, os herbicidas comerciais registrados para a cultura do cajueiro são à base das seguintes moléculas: indaziflam, S-metolaclo, glifosato - sal de isopropilamina, glifosato - sal de amônio, glifosato - sal de potássio e cletodim (Agrofit, 2023). Os produtos à base

de glifosato não são seletivos ao cajueiro e são de aplicação em pós-emergência das plantas daninhas. Os produtos à base de cletodim são graminicidas, também com aplicação em pós-emergência. O herbicida à base de S-metolacoloro é eficaz sobre as espécies monocotiledôneas em aplicação em pré-emergência. O herbicida à base de indaziflam é caracterizado pelo controle de monocotiledôneas e dicotiledôneas, em aplicação em pré-emergência, porém em pomares a partir de três anos de idade.

Nos Estados Unidos, Zandstra e Particka (2004) relataram o registro das moléculas oxifluorfem e paraquate para o cajueiro, mas sem citar a fonte das pesquisas realizadas com esses produtos. Nos países africanos produtores de castanha-de-caju, há relatos do uso de herbicidas em pomares na Nigéria (Hammed et al., 2008), em Benin (Miassi et al., 2019), em Gana (Adjei; Alormu, 2020) e na Costa do Marfim (Yao et al., 2020), sendo aplicados dessecantes não seletivos e de aplicação em pós-emergência, como glifosato, 2,4-D e paraquate.

Diante dessas poucas informações, julga-se necessária a busca por mais produtos, principalmente para a fase de pós-plantio do cajueiro no campo, com preferência para os de amplo espectro de ação, isto é, controle de várias espécies, e de aplicação em pré-emergência, visto que esses herbicidas podem apresentar um longo período residual durante toda a estação chuvosa.

Alguns produtos utilizados em culturas semelhantes ao cajueiro (frutíferas arbóreas e outras perenes) ou disponíveis no mercado local (região produtora de caju), uma vez testados, poderão ser solicitados para o registro. Como exemplos, pode-se citar o saflufenacil, que é utilizado no controle de plantas daninhas de folhas largas (dicotiledôneas) em culturas perenes como banana, café, citros, maçã e manga; o oxifluorfem, indicado para o controle de espécies gramíneas (monocotiledôneas) e de folhas largas, em aplicações de pré ou pós-emergência inicial nas culturas de café, citros, pinus e eucalipto; a mistura entre atrazina e S-metolacoloro, indicada para o controle pré ou pós-emergente precoce de gramíneas e de algumas daninhas de folhas largas; o isoxaflutole, aplicado em pré-emergência na cultura da mandioca, atuando tanto sobre as gramíneas como em algumas espécies de folhas largas; e o metsulfurom-metílico, utilizado para o controle em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar e em aplicação dirigida na pós-emergência de plantas daninhas nas entrelinhas da cultura do cafeeiro.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar herbicidas visando a uma futura indicação de registro para uso na cultura do cajueiro na fase de pós-plantio no campo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em viveiro telado localizado no Campo Experimental da Embrapa (CEP), em Pacajus, Ceará, Brasil (4°11'40"S, 38°29'55"W e 80 m de altitude) (Figura 1). O município apresenta tipo climático As (clima tropical com estação seca de inverno), segundo a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). Durante o período experimental, os dados climáticos foram coletados em uma estação meteorológica instalada no próprio CEP, indicando ausência de precipitação, 27 °C de temperatura média e 76% de umidade relativa do ar.

Foto: Luiz Augusto Lopes Serrano



Figura 1. Experimento em viveiro telado: teste de herbicidas aplicados no solo após o plantio do clone de cajueiro-anão 'BRS 226'. Pacajus, CE.

Mudas do clone de cajueiro-anão 'BRS 226' foram plantadas em vasos com capacidade de 21,5 L (Figura 2). O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado em uma área representativa do CEP, na camada 0 cm a 10 cm, a fim de se assemelhar aos locais comumente utilizados para os plantios no campo e sem histórico de aplicação de herbicidas.

Foto: Luiz Augusto Lopes Serrano



Figura 2. Planta do clone de cajueiro-anão 'BRS 226' após o plantio em vaso com solo sem herbicida (tratamento controle). Pacajus, CE.

Os resultados da análise do solo indicaram textura arenosa e os seguintes valores: 5,3 de pH em H₂O; 5,3 mg dm⁻³ de P; 5,6 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 1,0 mmol_c dm⁻³ de K⁺; 8,0 mmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 5,0 mmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0 mmol_c dm⁻³ de Na⁺; 0 mmol_c dm⁻³ de Al³⁺; 14,0 mmol_c dm⁻³ de soma de bases; CTC de 29 mmol_c dm⁻³ e 51% de índice de saturação por bases (V). Na ocasião do plantio, foram misturados ao solo 100 g por vaso do fertilizante superfostato simples granulado.

Após sete dias do transplante, ao ser constatada a ausência de sintomas visuais de estresses nas folhas das mudas, realizou-se a medição de todas elas para a definição dos valores de referência do crescimento. As médias obtidas foram: 23,99 cm de altura; 10,17 mm de diâmetro de caule; e 6,48 folhas.

Em seguida, os vasos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5 herbicidas x 5 doses), com cinco

repetições de cada tratamento, sendo uma planta por vaso. Os cinco herbicidas utilizados são compostos pelos seguintes ingredientes ativos: saflufenacil 700 g/kg (70% m/m); oxifluorfem 240 g/L (24% m/v); atrazina 370 g/L (37% m/v) + S-metolacloro 290 g/L (29% m/v); isoxaflutole 750 g/kg (75% m/m) e metsulfurom-metílico 600 g/kg (60% m/m).

Para cada herbicida, foram estipuladas cinco doses do produto comercial: dose zero (controle) com aplicação de água; metade da dose referência; dose referência; uma vez e meia a dose referência; e o dobro da dose referência. A dose considerada referência foi a contida na bula de cada produto para uma cultura semelhante ao cajueiro (perene, frutífera ou arbórea). Posteriormente, as respectivas doses foram definidas para dois litros de água, resultando nas seguintes quantidades dos produtos comerciais: saflufenacil (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); oxifluorfem (0 mL; 15 mL; 30 mL; 45 mL; e 60 mL); atrazina + S-metolacloro (0 mL; 45 mL; 90 mL; 135 mL; e 180 mL); isoxaflutole (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g) e metsulfurom-metílico (0 g; 0,15 g; 0,30 g; 0,45 g; e 0,60 g). As plantas foram cobertas com sacolas plásticas e procedeu-se à aplicação com o uso de um pulverizador costal com ponta de pulverização tipo leque (TeeJet® TXA8001-VK cerâmico).

Durante todo o período experimental, as plantas foram irrigadas diariamente por aspersão convencional. Não houve necessidade de pulverizações para o controle de pragas ou doenças, e também não foram aplicados fertilizantes em cobertura no solo ou via foliar.

Aos 40 DAP e aos 60 DAP (avaliação final), foram aferidos novamente a altura das plantas (colo ao ápice da gema apical), o diâmetro do caule (\approx 5 cm do colo) e o número de folhas completamente desenvolvidas.

Avaliações quanto aos sintomas visuais das plantas foram realizadas nos seguintes dias após a aplicação dos produtos: 10, 17, 24, 31, 38, 45, 52 e 60. Nessas avaliações, foram atribuídos índices de 1 a 9, conforme a seguinte descrição de fitointoxicação (EWRC, 1964): 1 - sem dano; 2 - pequenas alterações visíveis em algumas plantas (descoloração e deformação); 3 - pequenas alterações visíveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento); 4 - forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose; 5 - necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos; 6 - redução no porte das plantas, encarquilhamento e

necrose das folhas; 7 - > 80% das folhas destruídas; 8 - danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas; e 9 - morte das plantas.

Os dados obtidos foram submetidos à Anova (Teste F, $p < 0,05$). As médias do efeito de cada produto sobre o crescimento das plantas nas duas datas de avaliação foram comparadas pelo teste de Tukey. Conforme a significância da interação entre produtos e suas respectivas doses, procedeu-se aos ajustes por meio de análises de regressão.

Resultados e Discussão

Todas as características biométricas das plantas avaliadas foram influenciadas tanto pelos herbicidas utilizados quanto pelas suas respectivas doses. Essas respostas variaram conforme as épocas de avaliação, devido ao efeito natural de crescimento das plantas e ao efeito fitotóxico, com definhamento e morte de plantas.

De modo geral, independentemente das doses, aos 40 DAP e 60 DAP foram detectados efeitos prejudiciais de alguns produtos, principalmente sobre o número de folhas das plantas (Tabela 1).

Aos 40 DAP, a característica altura das mudas não foi afetada, provavelmente por serem mudas provenientes de enxertia, em que os garfos são padronizados pelo tamanho. Já aos 60 DAP, no geral, o dano causado pelo herbicida metsulfurom-metílico foi severo (Tabela 1).

Do mesmo modo, o diâmetro do caule das plantas também foi afetado pelo herbicida metsulfurom-metílico; entretanto, tal severidade já começou a ser detectada aos 40 DAP, agravando-se até 60 DAP devido ao definhamento das plantas, fato consolidado também pela severidade dos danos causados no número de folhas das plantas (Figura 3). Esse herbicida possui ação sistêmica e é rapidamente absorvido pelas raízes, inibindo a enzima acetolactato sintase, responsável pela síntese dos aminoácidos vanila, leucina e isoleucina (de cadeias ramificadas), afetando diretamente o crescimento e o acúmulo de biomassa na forma de folhas, interferindo na divisão celular e levando as plantas não tolerantes à morte (Marchi et al., 2008). Quanto aos demais herbicidas, sintomas visuais de toxicidade ocorreram principalmente nas folhas, sendo mais severos com o uso do isoxaflutole.

Tabela 1. Médias gerais das características biométricas das plantas de cajueiro-anão 'BRS 226' em duas épocas após a aplicação de diferentes herbicidas. Pacajus, CE. ⁽¹⁾

Herbicidas	40 dias após a aplicação			60 dias após a aplicação		
	Altura (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Número de folhas	Altura (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Número de folhas
Saflufenacil	25,74 a	10,73 a	7,60 b	27,65 a	10,78 a	10,24 bc
Oxifluorfen	26,24 a	10,56 a	11,72 a	28,38 a	10,98 a	15,92 a
Atrazina + S-metolaclopro	26,28 a	10,70 a	10,40 a	27,87 a	11,05 a	11,16 b
Isoxaflutole	25,97 a	10,41 a	7,32 b	26,56 a	10,01 a	8,52 c
Metsulfurom-metilico	24,87 a	9,90 b	2,76 c	7,91 b	2,86 b	3,61 d

⁽¹⁾ Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $CV_{altura}(\%) = 12,59\%$; $CV_{diâmetro}(\%) = 16,24\%$; $CV_{NF}(\%) = 42,06\%$.

Fotos: Luiz Augusto Lopes Serrano

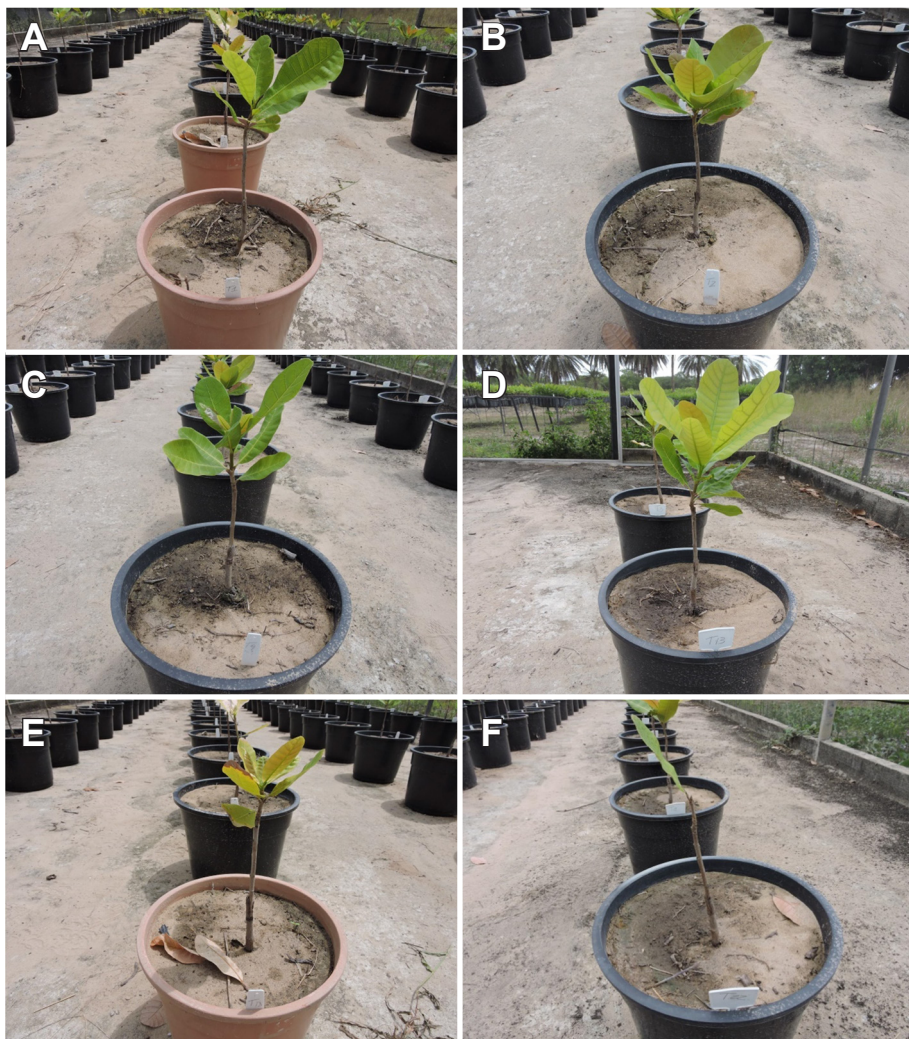


Figura 3. Plantas do clone de cajuputi-anão 'BRS 226' em diferentes tratamentos de herbicidas após 40 dias da aplicação: planta sem herbicida no solo - controle (A); saflufenacil (B); oxifluorfem (C); atrazina + S-metolaclo (D); isoxaflutole (E); e metsulfurom-metilico (F). Pacajus, CE.

Aos 40 DAP, interações significativas foram observadas entre produtos e doses aplicadas sobre algumas características biométricas das plantas (Figura 4). O aumento das doses de saflufenacil interferiu no diâmetro do caule e no número de folhas, constatando-se diminuição linear no número de folhas e um efeito negativo para o diâmetro de caule a partir de 1,2 g do produto comercial para 2 litros de água. Já o aumento das doses de oxifluorfem promoveu um aumento do número de folhas. Para os demais produtos, não foram constatadas interações significativas com as doses aplicadas, isto é, não houve efeito.

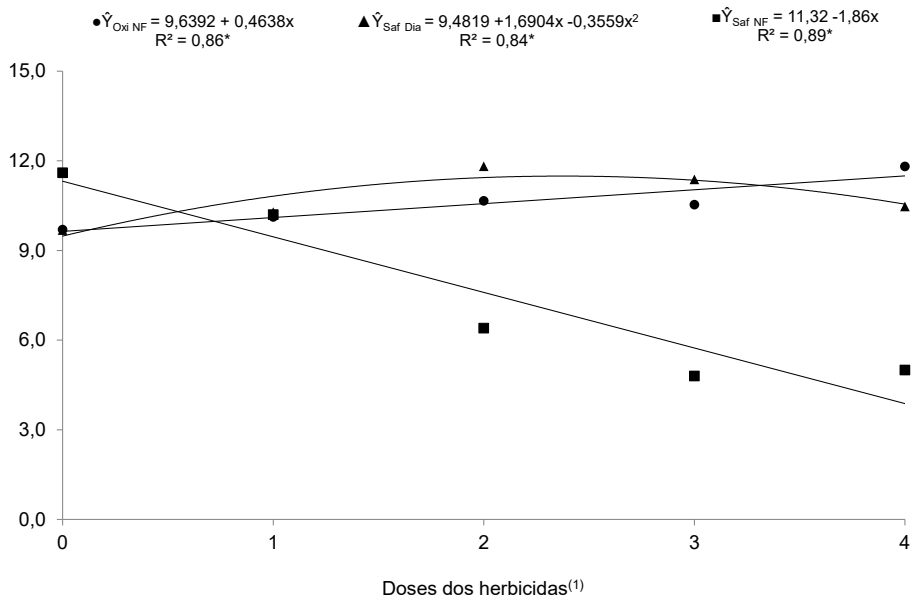


Figura 4. Efeitos das doses de herbicidas sobre o número de folhas e diâmetro do caule (mm) das plantas de cajueiro-anão 'BRS 226' aos 40 dias após a aplicação.

(¹) As cinco doses aplicadas em dois litros de água dos produtos comerciais foram: saflufenacil (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g) e oxifluorfem (0 mL; 15 mL; 30 mL; 45 mL; e 60 mL).

Rodrigues (2017) observou diminuição do diâmetro do caule de cafeeiros (*Coffea arabica*) jovens devido ao uso de saflufenacil. Contudo, Gonçalves et al. (2016) verificaram que o herbicida saflufenacil, aplicado isoladamente ou em combinação com glifosato, não apresentou influência no aumento da altura de plantas de cafeeiros 'Catuaí' em vasos, mas houve perda de folhas na primeira avaliação (15 DAA). Esses autores também verificaram que plantas de laranjeira 'Valência' (*Citrus sinensis*) submetidas a tratamentos com saflufenacil (0,070 e 0,105 kg i.a. ha⁻¹) apresentaram desfolhas nos primeiros dias de avaliação.

A altura das plantas pouco foi influenciada pelos produtos e pelas doses aplicadas (Tabela 1, Figura 5), fato explicado pela padronização das mudas (enxertia lateral realizada em uma mesma altura e garfos padronizados quanto ao tamanho) e pelo período curto do experimento, considerando-se uma planta perene arbórea. Aos 60 DAP, detectou-se interação significativa somente com o uso do produto à base de metsulfurom-metilico, em que o aumento das doses provocou a morte de quase todas as plantas.

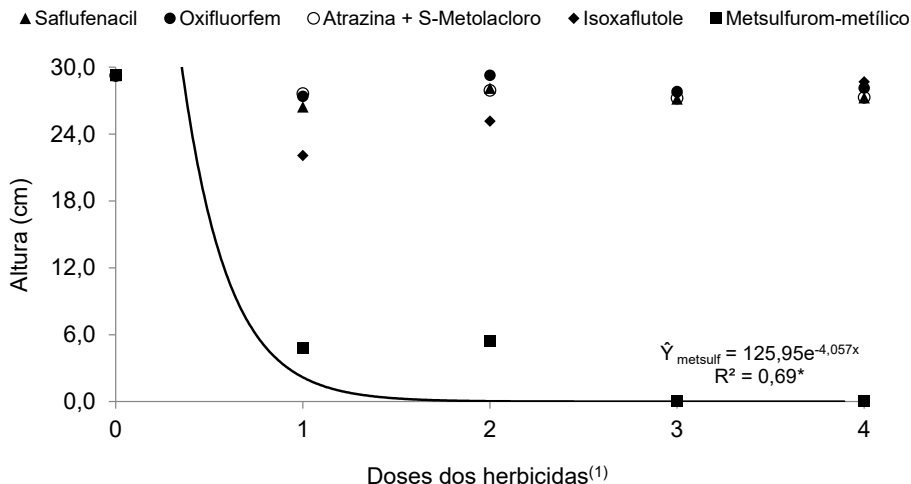


Figura 5. Efeitos das doses dos herbicidas sobre a altura das plantas de cajueiro-anão 'BRS 226' aos 60 dias da aplicação. ⁽¹⁾ As cinco doses aplicadas em dois litros de água dos produtos comerciais foram: saflufenacil (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); oxifluorfen (0 mL; 15 mL; 30 mL; 45 mL; e 60 mL); atrazina + S-metolacloro (0 mL; 45 mL; 90 mL; 135 mL; e 180 mL); isoxaflutole (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); e metsulfurom- -metílico (0 g; 0,15 g; 0,30 g; 0,45 g; e 0,60 g).

Quanto ao diâmetro do caule, interações entre produtos e doses ocorreram aos 60 DAP, novamente para o produto à base de metsulfurom-metílico, o qual provocou a morte de plantas; e para o produto à base de oxifluorferm, em que o aumento das doses promoveu influência positiva (Figura 6).

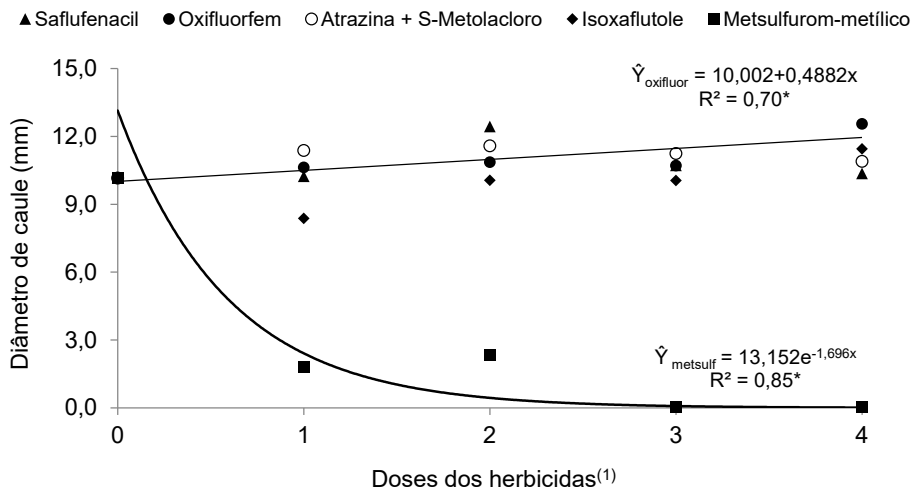


Figura 6. Efeitos das doses dos herbicidas sobre o diâmetro de caule das plantas de cajueiro-anão 'BRS 226' aos 60 dias da aplicação. ⁽¹⁾ As cinco doses aplicadas em dois litros de água dos produtos comerciais foram: saflufenacil (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); oxifluorferm (0 mL; 15 mL; 30 mL; 45 mL; e 60 mL); atrazina + S-metolaclo (0 mL; 45 mL; 90 mL; 135 mL; e 180 mL); isoxaflutole (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); e metsulfurom-metílico (0 g; 0,15 g; 0,30 g; 0,45 g; e 0,60 g).

Esse tipo de resposta observado em relação ao oxifluorferm ainda necessita ser estudado minuciosamente para melhor aferir se é simplesmente um efeito estimulante do produto ou se trata do fenômeno hormese, como mencionado por Carvalho et al. (2013), os quais verificaram em cafeeiros 'Catuaí Vermelho IAC-144' que doses subletais ou baixas doses do herbicida glifosato chegaram a estimular o crescimento das plantas. Em um trabalho recente, Araujo Neto et al. (2021) também observaram que tratamentos com oxifluorferm em áreas recém-plantadas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) promoveram incrementos de 8,3% na altura das plantas; 17,0% no diâmetro do caule; 29,1% para o número de folhas; 52,0% para a área foliar;

e 37,0% na massa seca da parte aérea, quando comparados ao tratamento sem aplicação de herbicida. Os autores também verificaram acréscimos na taxa fotossintética em função do aumento das doses desse herbicida, o que pode explicar o aumento de massa das plantas. Brancalion et al. (2009) também verificaram um potencial efeito estimulante do herbicida setoxidim no crescimento das mudas arbóreas de *Senna multijuga* e *Guazuma ulmifolia*.

Para o número de folhas, a interação foi observada para todos os produtos utilizados. Além da morte das plantas provocada pelas altas doses do herbicida metsulfurom-metilico, os aumentos das doses dos produtos saflufenacil, atrazina + S-metolacloro e isoxaflutole promoveram decréscimos no número de folhas das plantas de cajueiro-anão (Figura 7).

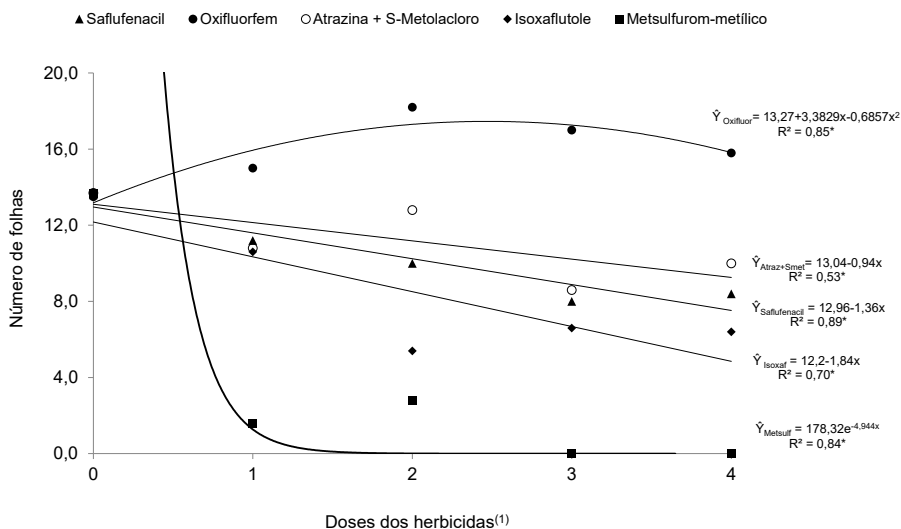


Figura 7. Efeitos das doses dos herbicidas sobre o número de folhas de cajueiro-anão 'BRS 226' aos 60 dias da aplicação. ⁽¹⁾ As cinco doses aplicadas em dois litros de água dos produtos comerciais foram: saflufenacil (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); oxifluorfen (0 mL; 15 mL; 30 mL; 45 mL; e 60 mL); atrazina + S-metolacloro (0 mL; 45 mL; 90 mL; 135 mL; e 180 mL); isoxaflutole (0 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g); e metsulfurom- -metílico (0 g; 0,15 g; 0,30 g; 0,45 g; e 0,60 g).

Nota-se que aos 60 DAP (Figura 7), o resultado apresentado pelo aumento das doses do produto saflufenacil foi semelhante ao constatado aos 40 DAP (Figura 4). Quanto ao produto composto pela mistura de atrazina com S-metolacoloro, tem-se que a atrazina, quando absorvida pelas raízes, desloca-se até o cloroplasto das folhas, inibindo o funcionamento do fotossistema II das plantas sensíveis, prejudicando a fotossíntese (Marchi, 2008) e favorecendo a queda de folhas; enquanto o S-metolacoloro tem efeito principal sobre monocotiledôneas, sendo seletivo para diversas dicotiledôneas.

Brancalion et al. (2009), ao estudarem a seletividade de herbicidas a espécies arbóreas nativas, verificaram que a aplicação de isoxaflutole reduziu a massa de matéria seca das folhas em 20% das espécies estudadas, evidenciando o risco de uso desse herbicida em plantios comerciais de espécies arbóreas nativas. Do mesmo modo, Rocha et al. (2010), ao estudarem a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência no cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas*), também observaram que o isoxaflutole causou severas injúrias em diferentes genótipos, provocando redução na matéria seca da parte aérea de até 95%.

Em relação às avaliações semanais dos sintomas visuais de fitointoxicação das plantas, conforme EWRC (1964), observou-se que os produtos à base de metsulfurom-metílico e isoxaflutole, em todas as doses utilizadas, promoveram danos consideráveis às plantas de cajueiro já aos 10 dias após a aplicação, sendo, portanto, não recomendáveis para uso (Figura 8). Marchi et al. (2008) descrevem que o metsulfurom-metílico inibe irreversivelmente a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada, componentes essenciais em proteínas e requeridos para a produção de novas células, sendo prontamente absorvido pelas raízes, com rápida parada do crescimento da parte aérea, amarelecimento das pontas das folhas e desenvolvimento de pigmentos púrpuros em folhas de dicotiledôneas (Figura 9). Já o isoxaflutole é um inibidor da biossíntese de carotenoides, pigmentos que protegem as moléculas de clorofila de radicais livres; assim, os sintomas nas plantas sensíveis são folhas novas albinas (Figura 10), não atingindo as folhas pré-existentes, mas, devido à sua maior persistência no solo, ele pode ter efeito de longa duração (Marchi et al., 2008).

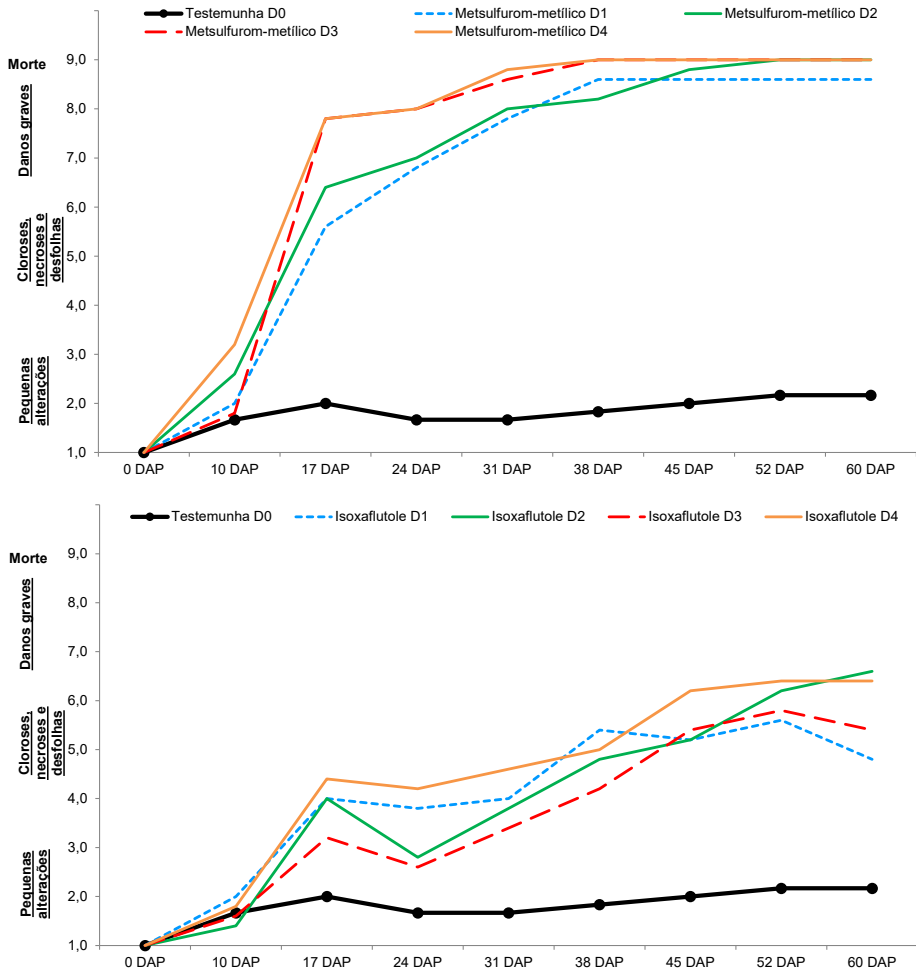


Figura 8. Evolução dos sintomas visuais de toxidez em cajueiro-anão ‘BRS 226’ após a aplicação de diferentes doses dos herbicidas metsulfurom-metílico (acima) e isoxaflutole (abaixo), até 60 dias após a aplicação (DAP).

Os índices correspondem aos seguintes sintomas visíveis: 1 - sem dano; 2 - pequenas alterações em algumas plantas (descoloração e deformação); 3 - pequenas alterações em muitas plantas (clorose e encarquilhamento); 4 - forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose; 5 - necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos; 6 - redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas; 7 - > 80% das folhas destruídas; 8 - danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas; e 9 - morte das plantas (EWRC, 1964).

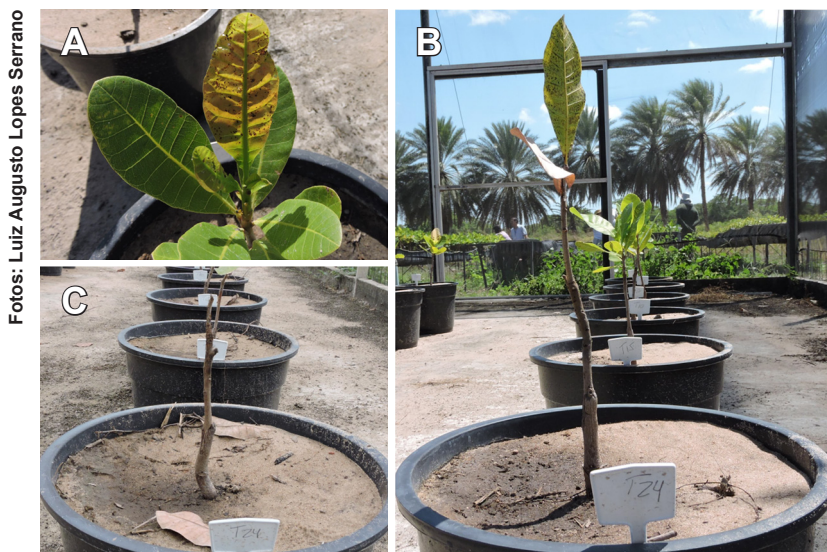


Figura 9. Evolução dos sintomas fitotóxicos do herbicida metsulfurom-metilico em plantas de cajueiro-anão recém-plantadas: amarelecimento das folhas aos 10 dias após a aplicação no solo – DAP (A); desenvolvimento de pigmentos púrpuros nas folhas aos 17 DAP (B); e morte das plantas aos 24 DAP (C).



Figura 10. Sintomas fitotóxicos do herbicida isoxaflutole em plantas de cajueiro-anão, caracterizados pelas folhas novas albinas aos 24 DAP.

A evolução dos sintomas visuais decorrentes da aplicação dos herbicidas saflufenacil, atrazina + S-metolaclo-ro e oxifluorfem é apresentada na Figura 11. Nota-se que, para esses três produtos, até aos 60 DAP, os sintomas visuais de toxidez prevaleceram na faixa considerada como sintomas leves (pequenas alterações).

A molécula saflufenacil é um inibidor da protox, uma enzima presente nos cloroplastos e responsável pela síntese de clorofila. Sua inibição leva a danos oxidativos nas plantas sensíveis. No presente trabalho, a menor dose (correspondente à metade da recomendação) provocou sintomas leves de toxidez ao cajueiro (Figura 11), com aparecimento de alguns pontos de necroses e queda de folhas conforme o aumento das doses (Figura 12). Também foram observadas pontuações roxas nas folhas; contudo, não houve morte das plantas em nenhuma das doses aplicadas. Rodrigues (2017) verificou que esse herbicida também provocou sintomas visuais semelhantes de intoxicação em folhas de cafeeiros.

A aplicação do herbicida à base da mistura de atrazina com S-metolaclo-ro provocou sintomas visuais leves de toxicidade nas primeiras avaliações, fato também observado nos resultados para a altura e o diâmetro do caule das plantas. No entanto, a partir dos 45 DAP, iniciou-se uma tendência de subida de escalas referentes aos sintomas visuais de toxidez (Figura 11), sendo observada ligeira queda de folhas conforme o aumento das doses (Figura 7) e clorose nas folhas (Figura 13). Segundo Marchi (2008), a atrazina pode promover sintomas que se desenvolvem vagarosamente nas dicotiledôneas, iniciando por clorose internerval, seguida de necrose ao redor das margens das folhas.

Já a aplicação do herbicida oxifluorfem causou poucos e leves sintomas visuais às plantas de cajueiro-anão 'BRS 226'. Pela Figura 11, é possível observar que em todas as doses os sintomas permaneceram classificados como danos leves (pequenas alterações). Houve um aumento de sintomas leves nos primeiros dias após a aplicação, caracterizados por uma clorose "mosqueada" (Figura 14); contudo, as plantas se recuperaram, apresentando aspecto normal (comparado às plantas controle) aos 60 DAP, mesmo nas doses mais elevadas (Figura 15).

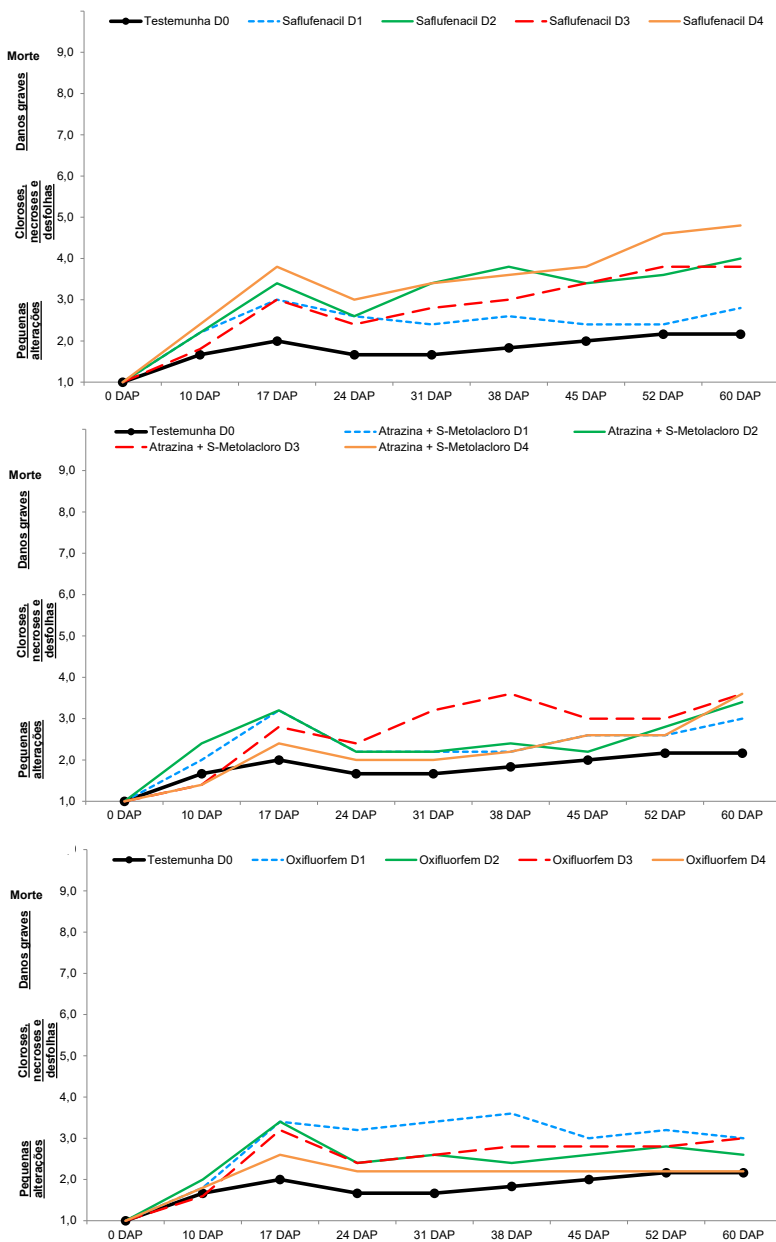


Figura 11. Evolução dos sintomas visuais de toxidez em cajueiro-anão ‘BRS 226’ até 60 dias após a aplicação (DAP) de diferentes doses de herbicidas: saflufenacil (acima), atrazina + S-metolaclopro (centro) e oxifluorfen (abaixo).

Fotos: Luiz Augusto Lopes Serrano



Figura 12. Sintomas visuais de toxidez por saflufenacil em plantas de cajueiro-anão, conforme o aumento das doses aplicadas (0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; e 2,0 g / 2 L de água), em ordem crescente da esquerda para a direita.

Fotos: Luiz Augusto Lopes Serrano



Figura 13. Sintomas visuais de toxidez em cajueiro-anão 'BRS 226' conforme o aumento das doses de atrazina + S-metolacloro (45 mL; 90 mL; 135 mL; e 180 mL / 2 L de água, da esquerda para a direita).

Fotos: Luiz Augusto Lopes Serrano



Figura 14. Sintomas visuais de toxidez em cajueiro-anão 'BRS 226' conforme o aumento das doses do herbicida oxifluorfen (15 mL, 30 mL, 45 mL e 60 mL / 2 L de água, da esquerda para a direita) aos 17 dias após a aplicação.

Fotos: Luiz Augusto Lopes Serrano



Figura 15. Plantas de cajueiro-anão 'BRS 226' aos 60 dias após a aplicação do herbicida oxifluorfen na dose referência (à esquerda) e duas vezes a dose referência (à direita).

Na implantação de uma lavoura de café 'Catuaí Vermelho IAC 144', Magalhães et al. (2012) aplicaram o herbicida oxifluorfem (0,36 e 0,72 kg i.a. ha⁻¹) em jato dirigido (com proteção das mudas) e em área total (sobre as plantas) e observaram sintomas visuais de toxicidade (queimaduras e necroses espalhadas pela lâmina foliar) apenas quando o herbicida foi aplicado sobre as plantas. No entanto, observaram redução da toxicidade a partir dos 30 DAP na maior dose aplicada. Ronchi e Silva (2004) também observaram leve toxicidade ao cafeeiro submetido à aplicação sobre as plantas do herbicida oxifluorfem (0,48 kg i.a. ha⁻¹), não havendo comprometimento no crescimento das mudas recém-plantadas aos 130 dias após o transplante. Ambos os autores recomendaram que esse herbicida seja aplicado em jato dirigido ao solo, sem atingir a copa das plantas.

Em condições de campo, Silva et al. (1999) observaram que o herbicida oxifluorfem, na dose 0,72 kg i.a. ha⁻¹, aplicado sobre as mudas de pinus (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*) sete dias após o transplante no campo, não afetou o crescimento das plantas nos 30 dias após a aplicação (DAP). Gonçalves et al. (2009) verificaram que, quando aplicado sobre as plantas de pinhão-mansão, o herbicida oxifluorfem provocou sintomas visuais de toxidez nos primeiros sete dias após a aplicação; contudo, as mudas recuperaram o vigor e as novas brotações já não apresentavam sintomas de toxicidade. Os mesmos autores constataram que quando o herbicida foi aplicado em jato dirigido no solo, as plantas não apresentaram sintomas visuais de fitotoxicidade, concluindo ser essa a forma de aplicação recomendada para a cultura. Também na cultura do pinhão-mansão, Rocha et al. (2010) observaram intoxicação do oxifluorfem até os 19 DAP, havendo boa recuperação das plantas posteriormente, sendo que aos 56 DAP os sintomas de intoxicação já estavam abaixo de 20%.

Pelos resultados obtidos, a aplicação do herbicida oxifluorfem nas diferentes doses testadas não provocou danos severos às mudas recém-plantadas de cajueiro-anão. Aliado a diversos outros trabalhos realizados com outras espécies perenes, permite inferir que esse produto tem potencial para ser registrado para uso em jato dirigido ao solo na época de pós-plantio do cajueiro no campo.

Conclusões

Os herbicidas com os ingredientes ativos metsulfurom-metílico e isoxaflutole promovem severos danos em plantas de cajueiro recém-plantadas, não sendo recomendáveis para uso na cultura.

O herbicida oxifluorfen 240 g/L (24% m/v) apresenta potencial para registro e recomendação de uso para a fase pós-plantio no campo do cajueiro.

Agradecimentos

À estagiária Renata Cristina Lima Silva, do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão; e aos funcionários do Campo Experimental da Embrapa, em Pacajus, Ceará, pelo apoio operacional na realização desta pesquisa.

Referências

ADJEI, V.; ALORMU, M. A. Cashew production as a climate change adaptation and mitigation tool for agriculture. **Advances in Earth and Environmental Science**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2020.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 24 abr. 2023.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ARAUJO NETO, A. C.; JOSÉ, A. R. S.; SOARES, M. R. S.; MOREIRA, E. S.; LIMA, R. S.; PRADO, T. R. Eficiência e toxicidade do oxyfluorfen em água de irrigação na implantação a campo do gênero *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 634-657, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509830453>.

BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; MACHADO, R. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; RODRIGUES, R. R. Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutole e bentazon a espécies arbóreas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 251-257, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300005>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ato nº 12, de 9 de março de 2023. **Diário Oficial da União**, 13 março de 2023, Edição: 49, Seção: 1, Página: 12. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/ato-n-12-de-9-de-marco-de-2023-469387137>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Conjunta ANVISA/IBAMA/SDA/MAPA 1/2014. **Diário Oficial da União**, Seção 1, 18 de junho de 2014.

CARVALHO, L. B. D.; ALVES, P. L. C. A.; DUKE, S. O. Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 2, p. 813-822, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013005000027>.

GONÇALVES, C. G.; SILVA JUNIOR, A. C.; PEREIRA, M. R. R.; MARCHI, S. R.; MARTINS, D. Selectivity of saflufenacil applied singly and in combination with glyphosate on coffee and citrus crops. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 1, p. 45-53, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n106rc>.

GONÇALVES, K. S.; SÃO JOSÉ, A. R.; VELINI, E. D. Seletividade do oxyfluorfen para a cultura do pinhão-manso. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1111-1116, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000500025>.

HAMMED, L. A.; ANIKWE, J. C.; ADEDEJI, A. R. Cashew nuts and production development in Nigeria. **American-Eurasian Journal of Scientific Research**, v. 3, n. 1, p. 54-61, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237383811>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 10 abr. 2023.

MAGALHÃES, C. E. O.; RONCHI, C. P.; RUAS, R. A. A.; SILVA, M. A. A.; ARAÚJO, F. C.; ALMEIDA, W. L. Seletividade e controle de plantas daninhas com oxyfluorfen e sulfentrazone na implantação de lavoura de café. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 607-616, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000300017>.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 36 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 227). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/30295/1/doc-227.pdf>.

MIASSI, Y. E.; DOSSA, F. K.; LABIYI, I. A.; DOSSOUHOU, S.; YABI, J. A. Contract farming and cashew production in North Benin: sócio-economic importance and determinants of profitability. **Journal of Agricultural Research Advances**, v. 1, n. 1, p. 29-38, 2019. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02095883>.

ROCHA, P. R. R.; SILVA, A. F.; FARIA, A. T.; GALON, L.; FERREIRA, E. A.; FELIPE, R. S.; SILVA, A. A. DIAS, L. A. S. Seletividade de herbicidas pré-emergentes ao pinhão-manso (*Jatropha curcas*). **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 801-806, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000400013>.

RODRIGUES, R. J. A. **Eficácia e seletividade de herbicidas isolados e em associações no cafeeiro**. 2017. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Weed control in young coffee plantations through post-emergence herbicide application onto total area. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 607-615, 2004.

DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000400016>.

SILVA, W.; FERREIRA, F. A.; SILVA, J. F.; FIRMINO, L. E. Eficiência dos herbicidas oxadiazon, oxyfluorfen e imazapyr sobre a cultura de pinus. **Planta Daninha**, v. 17, n. 2, p. 281-287, 1999.

DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83581999000200012>.

YAO, S. K.; JAMES, H. K.; YEBOUÉ-KOUAMÉ, B. Y.; JOSEPH, S.; ASSANVO, J. E. Study of pesticides use conditions in cashew production in Côte d'Ivoire. **Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences**, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2020.

DOI: [10.5897/JTEHS2018.0427](https://doi.org/10.5897/JTEHS2018.0427).

ZANDSTRA, B.; PARTICKA, M. **Guide to tolerance of crops and susceptibility of weeds to herbicides**. Michigan State University, Bulletin E-2833, 2004. 147 p.

Embrapa

Agroindústria Tropical



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA



CGPE 018212