UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ROBERTO COURY FILHO

EFEITOS DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO CRESCIMENTO INICIAL DA MAMONA

Uberlândia – MG
2025

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis L.*) é uma cultura de grande relevância socioeconômica, porém, sua produtividade é significativamente limitada pela interferência de plantas daninhas, especialmente na fase inicial de desenvolvimento. O controle químico em pré-emergência é uma estratégia fundamental para mitigar essa competição, mas, não há herbicidas registrados para essa modalidade. Este estudo teve como objetivo avaliar a seletividade e a eficácia de herbicidas pré-emergentes, comumente utilizados nas culturas de soja e milho, aplicados na cultura da mamona. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia/MG, utilizando o híbrido de mamona Kariel em delineamento de blocos casualizados com 18 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação em pré-emergência ("plante e aplique") de 17 herbicidas, de forma isolada ou em mistura, e uma testemunha sem uso de herbicidas. Foram realizadas avaliações de fitotoxicidade à cultura da mamona e de eficácia no controle de plantas daninhas aos 16, 26 e 32 dias após a aplicação, estande de plantas aos 16 e 40 dias após a aplicação, altura e número de folhas aos 16, 37 e 60 dias após a aplicação. A comunidade infestante presente na área experimental foi composta principalmente por *Bidens pilosa, Ipomoea triloba, Euphorbia heterophylla, Digitaria insularis* e *Eleusine indica*. Os resultados demonstraram que os herbicidas clomazone e s-metolachlor, tanto isolados quanto em misturas (s-metolachlor + atrazine e s-metolachlor + clomazone), apresentaram os menores índices de fitotoxicidade e foram seletivos. Estes tratamentos não afetaram negativamente o estande, a altura ou o número de folhas das plantas de mamona, indicando que a cultura possui capacidade de metabolizar os compostos. Além disso, essas opções se mostraram altamente eficazes, com controle superior a 80% sobre a comunidade de plantas daninhas. Por outro lado, os tratamentos com oxyfluorfen, metribuzim, diuron e imazetapyr causaram elevada fitotoxicidade, com sintomas severos de necrose e clorose, resultando em redução da altura, do número de folhas e até mesmo na morte das plântulas, o que os torna inviáveis para essa modalidade de aplicação na cultura da mamona. Conclui-se que os herbicidas clomazone e s-metolachlor, bem como suas misturas com atrazine e clomazone, são as alternativas mais promissoras para o manejo de plantas daninhas em pré-emergência na cultura da mamona.

Palavras chaves: *Ricinus communis L.*, clomazone, S-metolachlor

ABSTRACT

The castor bean (*Ricinus communis L.*) is a crop of great socioeconomic relevance; however, its productivity is significantly limited by weed interference, especially in the initial development stage. Pre-emergence chemical control is a fundamental strategy to mitigate this competition, but there are no herbicides registered for this application method. This study aimed to evaluate the selectivity and efficacy of pre-emergent herbicides, commonly used in soybean and corn crops, when applied to the castor bean crop. The experiment was conducted in Uberlândia/MG, using the castor bean hybrid Kariel (Kaiima Seeds) in a randomized block design with 18 treatments and four replications. The treatments consisted of the pre-emergence application ("plant and apply") of 17 herbicides, either isolated or in mixtures, and a control without application. Evaluations of phytotoxicity and weed control efficacy were performed at 16, 26, and 32 days after application; plant stand was evaluated at 16 and 40 days after application; and height and number of leaves were evaluated at 16, 37, and 60 days after application. The weed community was mainly composed of *Bidens pilosa, Ipomoea triloba, Euphorbia heterophylla, Digitaria insularis, and Eleusine indica*. The results showed that the herbicides clomazone and s-metolachlor, both isolated and in mixtures (S-metolachlor + atrazine and S-metolachlor + clomazone), exhibited the lowest levels of phytotoxicity and were selective. These treatments did not negatively affect the stand, height, or number of leaves of the castor bean plants, indicating that the crop has the ability to metabolize the compounds. Furthermore, these options proved to be highly effective, with over 80% control of the weed community. On the other hand, treatments with oxyfluorfen, metribuzim, diuron, and imazetapyr caused high phytotoxicity, with severe symptoms of necrosis and chlorosis, resulting in a reduction in height, number of leaves, and even the death of seedlings, making them unviable for this application method in the castor bean crop. It is concluded that the herbicides clomazone and s-metolachlor, as well as their mixtures with atrazine and clomazone, are the most promising alternatives for pre-emergence weed management in the castor bean crop.

Keywords: *Ricinus communis L.*, clomazone, S-metolachlor

SUMÁRIO

RESUMO 2

ABSTRACT 3

1 INTRODUÇÃO 4

2 REVISÃO DE LITERATURA 6

3 MATERIAL E MÉTODOS 10

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 15

5 CONCLUSÕES 35

REFERÊNCIAS 36

1 INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis L.*) é uma oleaginosa de grande importância socioeconômica, especialmente em regiões semiáridas, devido à rusticidade e ao óleo das sementes, com diversas aplicações industriais, desde a produção de biocombustíveis e lubrificantes até a indústria farmacêutica e de cosméticos (Severino *et al.*, 2012; AOCS, 2017). No entanto, a cultura da mamona enfrenta desafios significativos, sendo a interferência de plantas daninhas um dos principais fatores limitantes para o estabelecimento e desenvolvimento adequado da lavoura, podendo acarretar em perdas consideráveis na produtividade (Pitelli, 1985; Constantin *et al*., 2007).

O controle de plantas daninhas em pré-emergência, através da aplicação de herbicidas, representa uma estratégia fundamental para minimizar a competição inicial e garantir o potencial produtivo da cultura (Oliveira Júnior *et al.,* 2011). Este tipo de manejo preventivo permite atuação sobre as sementes das plantas daninhas no solo antes da sua germinação e emergência, reduzindo a necessidade de intervenções pós-emergentes, que podem ser mais onerosas e menos eficientes em estádios avançados de desenvolvimento das invasoras (Rodrigues; Almeida, 2018).

Apesar dos benefícios do uso de herbicidas pré-emergentes, é crucial considerar seus potenciais efeitos sobre a cultura da mamona. A seletividade dos herbicidas é um aspecto crítico, pois a aplicação de produtos não seletivos ou em doses inadequadas pode causar fitotoxicidade à cultura, comprometendo a germinação, o crescimento inicial e, consequentemente, a produção de grãos (Gazziero *et al.*, 1997; Procópio *et al.*, 2003). Além disso, a interação dos herbicidas com as condições edafoclimáticas e as características específicas de diferentes cultivares de mamona podem influenciar a resposta da cultura aos tratamentos químicos (Monquero *et al.*, 2009).

Devido à importância recente da mamona em áreas tradicionais de cultivo de soja e milho no Brasil, os agricultores têm utilizado áreas irrigadas e a segunda safra para produção da oleaginosa. Nesse sentido, a ocorrência de plantas daninhas nos cultivos de soja e milho será similar àquela nas áreas da mamona, e verificar a seletividade de herbicidas pré-emergentes utilizados em soja e milho torna-se importante do ponto de vista técnico. Dentre os principais herbicidas pré-emergentes utilizados em soja ou milho estão: atrazine, bixlozone, ametryn, clomazone, mesotrione, diuron, trifluralin, S-metolachlor, flumioxazin, fomesafen, metribuzim, oxyfluorfen, saflufenacil.

O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliar a seletividade e a eficácia de herbicidas pré-emergentes, normalmente utilizados nas culturas de soja e milho, quando aplicados na cultura da mamona (híbrido Kariel). A pesquisa visa encontrar opções viáveis para o controle químico de plantas daninhas em pré-emergência, uma vez que não há herbicidas registrados para esta modalidade na cultura e a competição com invasoras na fase inicial é um fator que limita significativamente a produtividade da mamona.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A mamona é uma oleaginosa de expressiva relevância socioeconômica, especialmente em regiões semiáridas, devido à adaptabilidade a condições adversas e ao óleo de suas sementes, com múltiplas aplicações industriais (Severino *et al.*, 2012; Azevedo *et al.*, 2015). Contudo, a obtenção de altas produtividades é frequentemente desafiada pela interferência de plantas daninhas, que competem por recursos essenciais, como água, luz e nutrientes, durante os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (Pitelli, 1985; Silva *et al.*, 2009).

O manejo de plantas daninhas é, portanto, uma prática crucial para o sucesso da cultura da mamona. Dentre as estratégias de controle, a aplicação de herbicidas em pré-emergência é uma ferramenta eficaz para minimizar a competição inicial, proporcionando um ambiente mais favorável ao estabelecimento da cultura e, consequentemente, contribuindo para o incremento da produtividade (Oliveira Júnior *et al.*, 2011; Rodrigues; Almeida, 2018). A utilização de herbicidas pré-emergentes visa controlar as plantas daninhas antes mesmo de sua emergência, reduzindo a necessidade de intervenções pós-emergentes, que podem ser menos eficientes e mais dispendiosas (Correia; Durigan, 2004).

No entanto, a eficácia e a segurança da utilização de herbicidas pré-emergentes na cultura da mamona dependem de diversos fatores, incluindo a seletividade do produto para a cultura, a dose aplicada, as condições ambientais (como tipo de solo, umidade e temperatura), as espécies de plantas daninhas presentes e as características da cultivar de mamona utilizada (Gazziero *et al.*, 1997; Monquero *et al.*, 2009). A aplicação inadequada de herbicidas pode resultar em fitotoxicidade à cultura, manifestada por sintomas como redução da germinação, injúrias foliares, estiolamento, nanismo e, em casos mais severos, a morte de plantas, comprometendo o rendimento final (Procópio *et al.*, 2003).

A seletividade de um herbicida refere-se à capacidade de controlar as plantas daninhas sem causar danos significativos à cultura de interesse. A seletividade pode ser fisiológica, baseada em diferenças na absorção, translocação ou metabolismo do herbicida entre a cultura e as plantas daninhas, ou posicional, relacionada à forma de aplicação que minimiza o contato do herbicida com a cultura (Hess; Foy, 2000).

Alguns estudos têm avaliado a seletividade de herbicidas pré-emergentes para a cultura da mamona. Compostos como a atrazina, pertencente ao grupo químico das triazinas, têm demonstrado seletividade em algumas condições, atuando na inibição da fotossíntese das plantas daninhas (Oliveira Júnior *et al.*, 2011). No entanto, a seletividade da atrazina pode ser influenciada por fatores como o tipo de solo, a matéria orgânica e a dose aplicada, sendo

relatados casos de fitotoxicidade em solos arenosos ou com baixa matéria orgânica, ou em doses elevadas (Senseman, 2007).

Outros herbicidas pré-emergentes, como os das classes das dinitroanilinas (ex: trifluralina, pendimetalina) e das acetanilidas (ex: metolacloro, acetocloro), que atuam inibindo o crescimento das raízes e brotos das plantas daninhas, também têm sido investigados quanto à sua seletividade para a mamona (Rodrigues; Almeida, 2018). A seletividade desses herbicidas geralmente está relacionada à menor absorção pela cultura ou à sua capacidade de metabolização mais rápida em comparação com as plantas daninhas sensíveis. No entanto, a profundidade de semeadura da mamona e as condições de umidade do solo podem influenciar a interação da cultura com esses herbicidas, afetando a seletividade (Cobucci *et al.*, 2000).

Herbicidas como o S-metolachlor têm apresentado potencial para o controle de gramíneas e algumas folhas largas em pré-emergência na cultura da mamona, com relatos de boa seletividade em doses adequadas (Embrapa, 2010). Da mesma forma, o fomesafen, um herbicida pós-emergente de contato que também pode apresentar alguma atividade residual em pré-emergência, tem sido estudado em programas de manejo integrado na cultura da mamona, com a necessidade de cautela quanto à dose e ao estádio de desenvolvimento da cultura para evitar fitotoxicidade (Agrofit, 2023).

Mesmo herbicidas considerados seletivos podem, em determinadas condições, causar efeitos transitórios no desenvolvimento inicial da cultura da mamona. Esses efeitos podem incluir uma leve redução na taxa de germinação, um atraso no crescimento inicial, alterações na morfologia das plântulas (como encurtamento do hipocótilo ou da radícula) ou um leve amarelecimento das folhas cotiledonares (Oliveira Júnior *et al.*, 2011). Geralmente, esses sintomas são superados com o desenvolvimento da planta, sem comprometer significativamente a produtividade final, desde que a dose do herbicida esteja dentro das recomendações e as condições ambientais sejam favoráveis.

Estudos têm demonstrado que a sensibilidade da mamona aos herbicidas pré-emergentes pode variar entre diferentes cultivares, evidenciando a importância de pesquisas regionais para identificar os produtos e as doses mais adequadas para cada material genético (Severino *et al.*, 2006). Além disso, a interação dos herbicidas com outros fatores de manejo, como a qualidade da semente, a profundidade de plantio e a disponibilidade de nutrientes, também pode influenciar a resposta da cultura aos tratamentos químicos (Alves *et al.*, 2013).

A principal justificativa para o uso de herbicidas pré-emergentes na cultura da mamona é a sua capacidade de controlar eficientemente um amplo espectro de plantas daninhas antes que estas estabeleçam competição com a cultura. Um controle eficaz no período inicial de

desenvolvimento da mamona é crucial, pois é nessa fase que a cultura é mais sensível à interferência das invasoras (Silva *et al.*, 2009).

A eficácia dos herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas depende da suscetibilidade das espécies presentes no banco de sementes do solo ao herbicida utilizado, da dose aplicada, da uniformidade da aplicação e das condições ambientais, especialmente a umidade do solo, que influencia a ativação e a persistência do herbicida (Senseman, 2007).

Estudos que avaliaram a eficácia de diferentes herbicidas pré-emergentes na cultura da mamona têm reportado um controle satisfatório de diversas espécies de plantas daninhas, tanto gramíneas quanto folhas largas, resultando em um menor acúmulo de biomassa das invasoras e, consequentemente, em um aumento significativo na produtividade de grãos da mamona (Constantin *et al.*, 2007; Oliveira Júnior *et al.*, 2011).

A seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da mamona é diretamente influenciada pelo momento preciso da sua aplicação, que pode ocorrer antes ou depois do plantio. A aplicação em pré-plantio incorporado (PPI), realizada antes da semeadura e com incorporação do produto ao solo, busca criar uma barreira química uniforme. No entanto, o revolvimento do solo durante a operação de plantio pode romper essa barreira na linha de semeadura, diminuindo a eficácia do controle de plantas daninhas exatamente onde a competição com a mamona seria mais crítica (Monquero, 2017). Por outro lado, a modalidade de pré-emergência (PRÉ), que ocorre após a semeadura, mas antes da emergência da cultura e das plantas daninhas, tem se mostrado vantajosa. Estudos indicam que o sistema "plante e aplique" tende a oferecer um controle mais eficaz, pois o herbicida depositado sobre o solo após o fechamento do sulco de plantio não é perturbado, garantindo uma camada tratada mais íntegra e protegendo a cultura em seu estágio inicial de desenvolvimento (Maciel *et al.*, 2017).

A avaliação da seletividade também depende intrinsecamente do número de dias transcorridos após a semeadura e a aplicação do herbicida. Pesquisas recentes demonstram que os sintomas de fitotoxicidade na mamoneira devem ser monitorados em intervalos regulares, como aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). Conforme observado por pesquisadores como Dogramaci et al. (2024), alguns herbicidas podem causar um estresse inicial nas plântulas de mamona, com sintomas visuais de clorose ou leve necrose foliar nos primeiros dias. Contudo, a cultura pode apresentar capacidade de metabolizar o produto, com a recuperação das plantas e desaparecimento dos sintomas nas avaliações subsequentes, um fenômeno também relatado em estudos sobre a tolerância da mamoneira a diferentes moléculas (Costa *et al.*, 2019). Portanto, a definição da seletividade não pode ser baseada em uma única avaliação precoce. É o acompanhamento ao longo das primeiras semanas que determina se a

fitotoxicidade inicial é transitória ou se resultará em danos permanentes que comprometam o desenvolvimento e a produtividade final da lavoura.

A redução da competição imposta pelas plantas daninhas permite que a cultura da mamona expresse seu máximo potencial produtivo, com melhor desenvolvimento da área foliar, maior acúmulo de biomassa e um maior número e peso de sementes por planta. A utilização de herbicidas pré-emergentes representa uma ferramenta importante para o manejo de plantas daninhas na cultura da mamona, contribuindo para a obtenção de maiores produtividades. No entanto, a escolha do herbicida, a dose de aplicação e o momento adequado devem ser cuidadosamente considerados, levando em conta a seletividade para a cultura, o espectro de controle das plantas daninhas presentes e as condições ambientais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no outono de 2025, na Fazenda Experimental do Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, localizada nas coordenadas -18.952395, -48.210631. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho e as características físicas e químicas da camada 0-20 cm são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo da área experimental de instalação do ensaio, na Fazenda Experimental do Glória - UFU. Uberlândia - MG, 2025.

Características Físicas		
Argila	53	%
Silte	18	%
Areia Total	29	%
Características Químicas		
pH em água (H2O)	6,37	-
pH em Cloreto de Cálcio (CaCl2)	5,9	-
Fósforo (P_Mehlich-1)	25,58	mg/dm³
Potássio (K)	0,39	cmol c /dm³
Cálcio (Ca)	3,04	cmol c /dm³
Magnésio (Mg)	1,86	cmol c /dm³
Alumínio (Al)	0	cmol c /dm³
Acidez Potencial (H+Al)	1,95	cmol c /dm³
Matéria Orgânica (M.O.)	1,58	%
Enxofre (S)	45,81	mg/dm³
Boro (B)	0,47	mg/dm³
Cobre (Cu)	0,66	mg/dm³
Ferro (Fe)	40,08	mg/dm³
Manganês (Mn)	2,72	mg/dm³
Zinco (Zn)	1,79	mg/dm³
Cálculos e Relações		
Soma de Bases (SB)	5,29	cmol c /dm³
CTC a pH 7,0	7,24	cmol c /dm³
CTC Efetiva	5,29	cmol c /dm³
Saturação por Bases (V%)	73	%
Saturação por Alumínio (m%)	0	%
Relação Ca/Mg	1,63	-
Relação Ca/K	7,63	-
Relação Mg/K	4,67	-

As condições meteorológicas de precipitação (chuva) e temperatura durante o período de condução do experimento na Fazenda Glória UFU, em 2025, estão apresentadas na figura a seguir (Figura 1). O gráfico detalha a precipitação em milímetros (mm) e as temperaturas máxima, mínima e média em graus Celsius (°C) durante os meses de março e abril. O período com maior volume de chuva foi entre 21 e 30 de março, superando 90 mm. Em contrapartida, a menor precipitação ocorreu entre 11 e 20 de abril, com cerca de 19 mm. A temperatura máxima oscilou, começando em aproximadamente 31°C, atingindo um pico de 32°C em meados de março e caindo para cerca de 28°C no final de abril. A temperatura mínima permaneceu estável, variando entre 16°C e 18°C, enquanto a temperatura média mostrou uma leve tendência de queda, passando de 24°C para 22°C ao longo dos dois meses. A seta destacada em vermelho foi onde foi feito a semeadura.

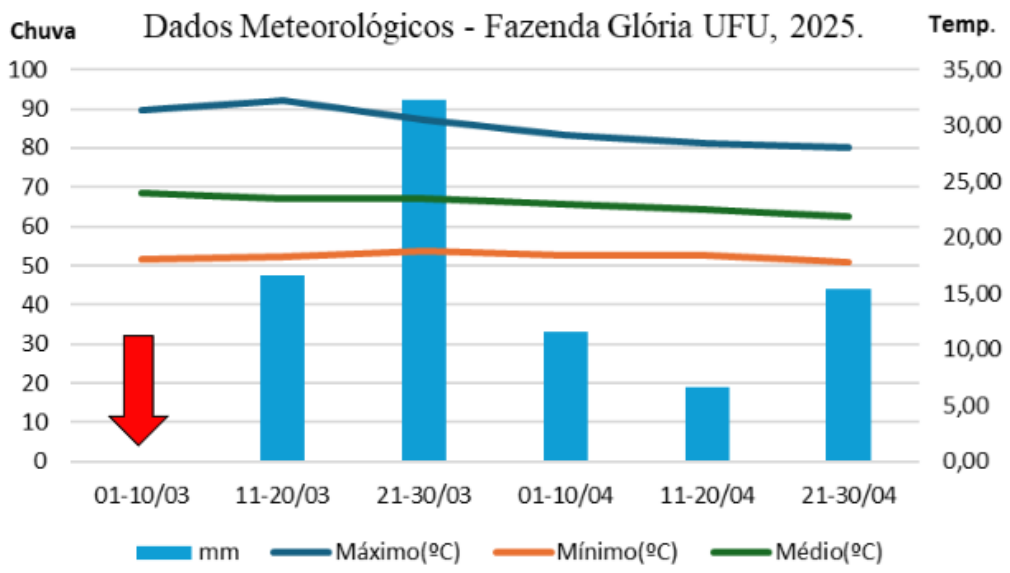

Figura 1. Preciptação, temperaturas máxima, mínima e média ocorridas durante a condução do ensaio sobre avaliação de herbicidas pré-emergentes na cultura da mamona. Fazenda Experimental do Glória - UFU. Uberlândia - MG, 2025. A seta indica a época de semeadura

Neste ensaio foi utilizado o híbrido comercial Kariel, que tem como características principais o fato de poder ser cultivado em todas as janelas de plantio (safra e safrinha) e melhor tolerância ao mofo cinzento causado pelo fungo *Botrytis cinerea*, o ciclo de dias dela vai de 120-140 dias, dependendo se é em sequeiro ou irrigado, sendo considerada precoce, e ao final do ciclo dando de 6 a 8 racemos.

Foram utilizados 18 tratamentos (Tabela 2), sendo compostos herbicidas ou suas misturas, mas uma testemunha sem aplicação de nenhuns herbicidas. Os herbicidas e suas combinações foram tiveram apenas uma época de aplicação, na de condição pré-emergente da cultura, ou seja, "plante e aplique".

Tabela 2. Tratamentos utilizados no ensaio sobre avaliação de herbicidas pré-emergentes na cultura da mamona. Fazenda Experimental do Glória - UFU. Uberlândia - MG, 2025

Tratamentos	**Composição dos tratamentos**	**(g i.a ha^{-1})[1]**	**Tratamentos**	**Composição dos tratamentos**	**(g i.a ha^{-1})**
T1	Bixlozone[2]	800	**T10**	Imazetapir[9]	106
T2	Atrazine[3]	2000	**T11**	Oxifluorfem[8]	480
T3	Atrazine + Mesotrione[4]	1000 + 100	**T12**	Saflufenacil[10]	24,5
T4	Clomazone[2]	720	**T13**	S-metalochlor[11]	1152
T5	Clomazone + Ametryn[3]	800 + 1200	**T14**	S-metalochlor + Atrazine	1152 + 1000
T6	Clomazone + Trifluralin[5]	720 + 801	**T15**	S-metalochlor + Clomazone	1152 + 720
T7	Diurom[6]	2000	**T16**	Metribuzim[12]	480
T8	Flumioxazin[7]	25	**T17**	Trifluralin	1602
T9	Fomesafen[8]	250	**T18**	Testemunha	---

[1]g.i.a ha^{-1}: grama de ingrediente ativo por hectare; [2]herbicida do grupo químico das isoxazolidinona; [3]herbicida do grupo químico das triazina; [4]herbicida do grupo químico das tricetona; [5]herbicida do grupo químico das dinitroanilina; [6]herbicida do grupo qumico das ureia; [7]herbicida do grupo qumico das ciclohexenodicarboximida; [8]herbicida do grupo químico dos éter difenilico; [9]herbicida do grupo químico das imidazolinonas; [10]herbicida do grupo químico das pirimidinadiona; [11]herbicida do grupo quíimico das cloroacetanilida; [12]herbicida do grupo quíimico das triazinonas.

O ensaio foi conduzindo em Delineamento em Blocos Casualizados, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 linhas, de 4,0 m de comprimento, espaçadas a 1 m, perfazendo-se uma área útil de 16 m², porém foram utilizadas para avaliações somente as duas

linhas centrais, utilizando-se os 4 m^2 centrais. O espaçamento entre plantas foi de aproximadamente 3,5 cm, planejado para uma população de 35.000 plantas por hectare.

A semeadura foi realizada em 8 de março de 2025, manualmente, após marcação de linhas realizada por um marcador puxado por trator. Foi realizada adubação de plantio com o fertilizante superfosfato simples, na dosagem de 340 kg ha^{-1}, e uma adubação por cobertura com a fórmula NPK 20-05-20, na dose de 450 kg ha^{-1} aos 40 dias após semeadura. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado pela cultura de forma a expressar o máximo potencial produtivo do híbrido utilizado.

As aplicações dos tratamentos com herbicidas (Tabela 2) foram realizadas cinco dias após a semeadura da mamona, por meio de pulverizador costal com pressão mantida por CO_2 e monitorada por manômetro (Figura 2A). A barra do equipamento continha 4 pontas de pulverização que cobriu uma faixa de 2,0 m (Figura 2B), regulada para aplicar um volume de calda de 150 L ha^{-1}.

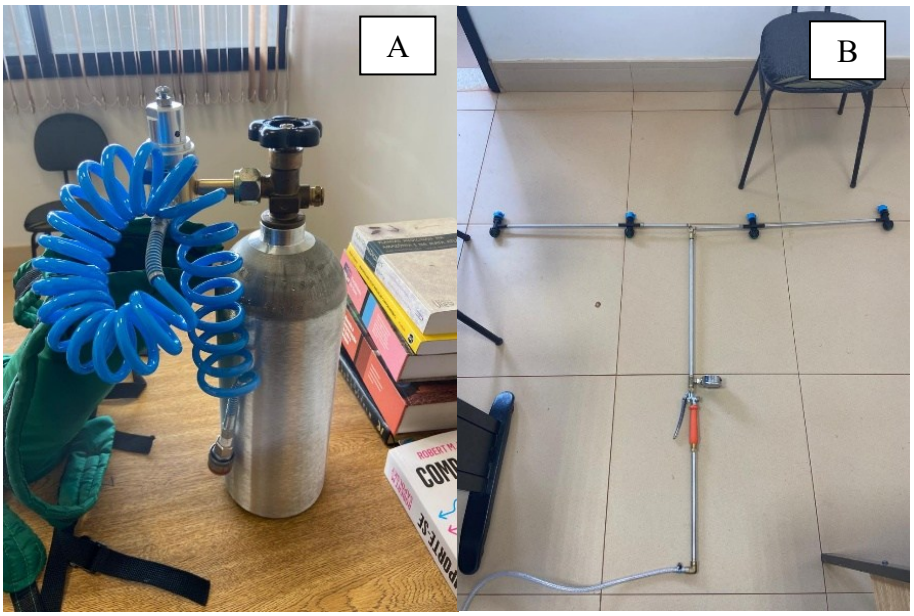

Figura 2. A) Pulverizador costal com pressão mantida por CO_2 e B) Barra do equipamento com 4 pontas, utilizado para aplicação de herbicidas pré-emergentes na cultura da mamona. Fazenda Experimental do Glória - UFU. Uberlândia - MG, 2025

As avaliações realizadas foram altura de plantas, estande, número de folhas, injúria causadas pelos herbicidas e controle de plantas daninhas, conforme descrição a seguir

Avaliação da toxicidade à mamona e do controle de plantas daninhas. Aos 16, 26 e 32 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foi realizada a avaliação de injúrias causadas pelos herbicidas e de controle de plantas daninhas. Na avaliação de injúrias foi utilizado uma escala

visual de 1 a 10, sendo 1 equivalente a 0% de injúria e 10 equivalente a 100% de injúria (SBCPD, 1995). Posteriormente, a nota foi convertida para porcentagem (%). Na avaliação de controle de plantas daninhas, foi utilizado uma escala visual de 1 a 9, sendo 1 representa a ausência de danos e 9 a morte da planta daninha presente na parcela experimental (EWRC, 1964), logo após a nota foi convertida em porcentagem (%).

A avaliação de altura de plantas e número de folhas por planta de mamona. Foram realizadas aos 16, 37 e 60 DAA. Para altura de plantas, foi utilizado uma trena e padronizada a medição da altura de planta a partir do colo da planta até a última folha completamente desenvolvida como o limite superior da planta, neste momento contabilizou-se o número de folhas contidas neste intervalo. Foram consideradas todas as plantas da área útil da parcela (duas linhas centrais), e posterior cálculo do valor médio considerando o total de plantas utilizadas.

Avaliação do estande de plantas de mamona. Aos 16 e 40 DAA foi realizada a avaliação de número de plantas mamona em cada parcela experimental foi realizada em, contando-se o número de plantas por parcela útil, ou seja, 4 m^2.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 0,05 de significância. As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 0,01 de significância, com auxílio dos softwares Excel e SISVAR (Ferreira, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis analisadas foram influenciadas pelos tratamentos. Com relação às injúrias, foi observado que S-metolachlor + atrazine, atrazine + mesotrione e clomazone provocaram injúrias discretas e abaixo de 10% aos 16 DAA. Trifluralin, S-metolachlor + clomazone, S-metolachlor, atrazine, bixlozone, clomazone + trifluralin, e saflufenacil também provocaram poucas injúrias, com média inferior a 20%, aos 16 DAA. Por outro lado, os herbicidas oxyfluorfen e imazetapyr promoveram severas injúrias, superiores a 70% aos 16 DAA (Figura 3).

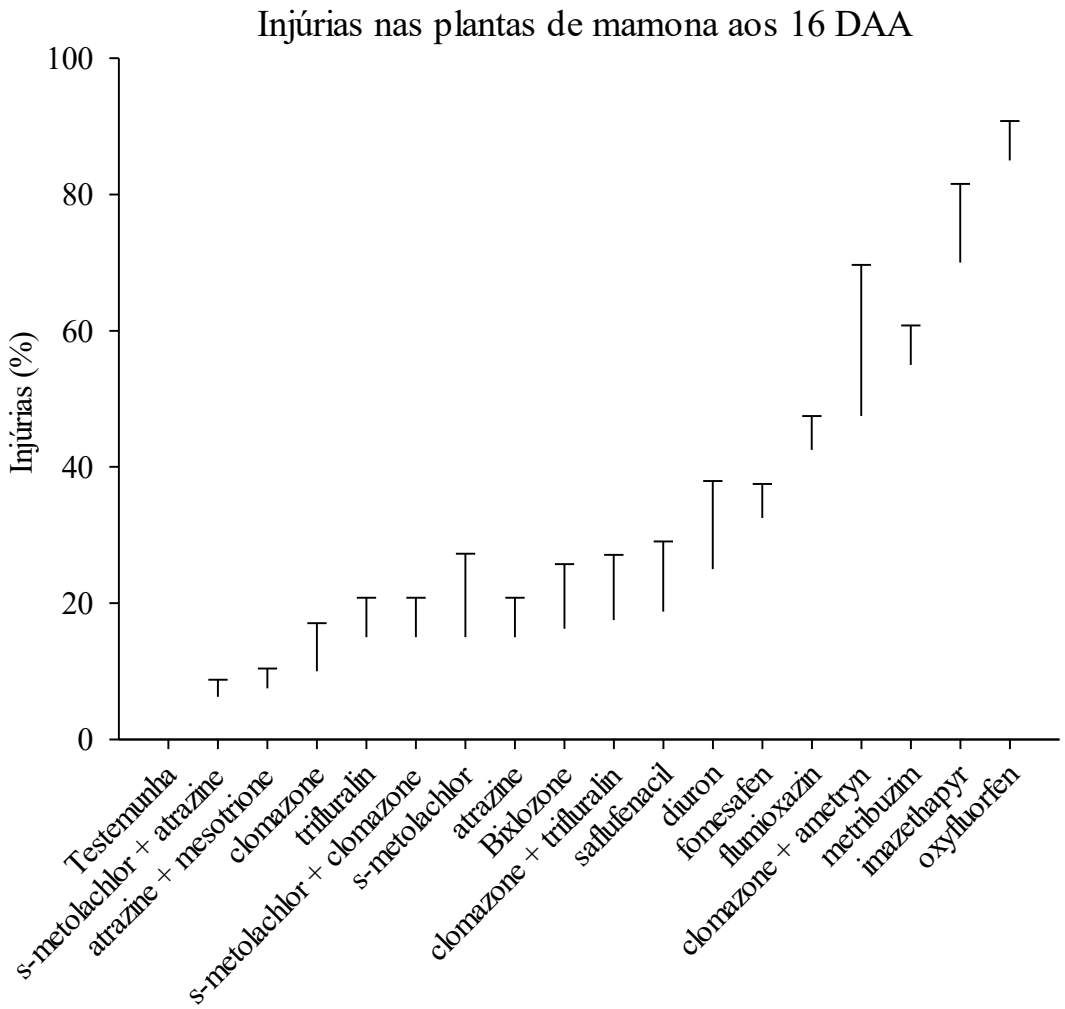

Figura 3. Injúrias (fitotoxicidade) em plantas de mamona (KARIEL) cultivadas em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos **16 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 32.22%).

Aos 26 DAA a avaliação demonstrou a evolução das injúrias provocadas pelos herbicidas, com a recuperação de algumas plantas. Os tratamentos com oxyfluorfen, imazetapyr, metribuzim e diuron continuaram a promover níveis de fitotoxicidade elevados, consolidando sua inviabilidade para a cultura. Em contraste, para os tratamentos com clomazone, S-metolachlor e as misturas com atrazine e clomazone, a fitotoxicidade permaneceu em níveis muito baixos, indicando uma recuperação da cultura (Figura 4).

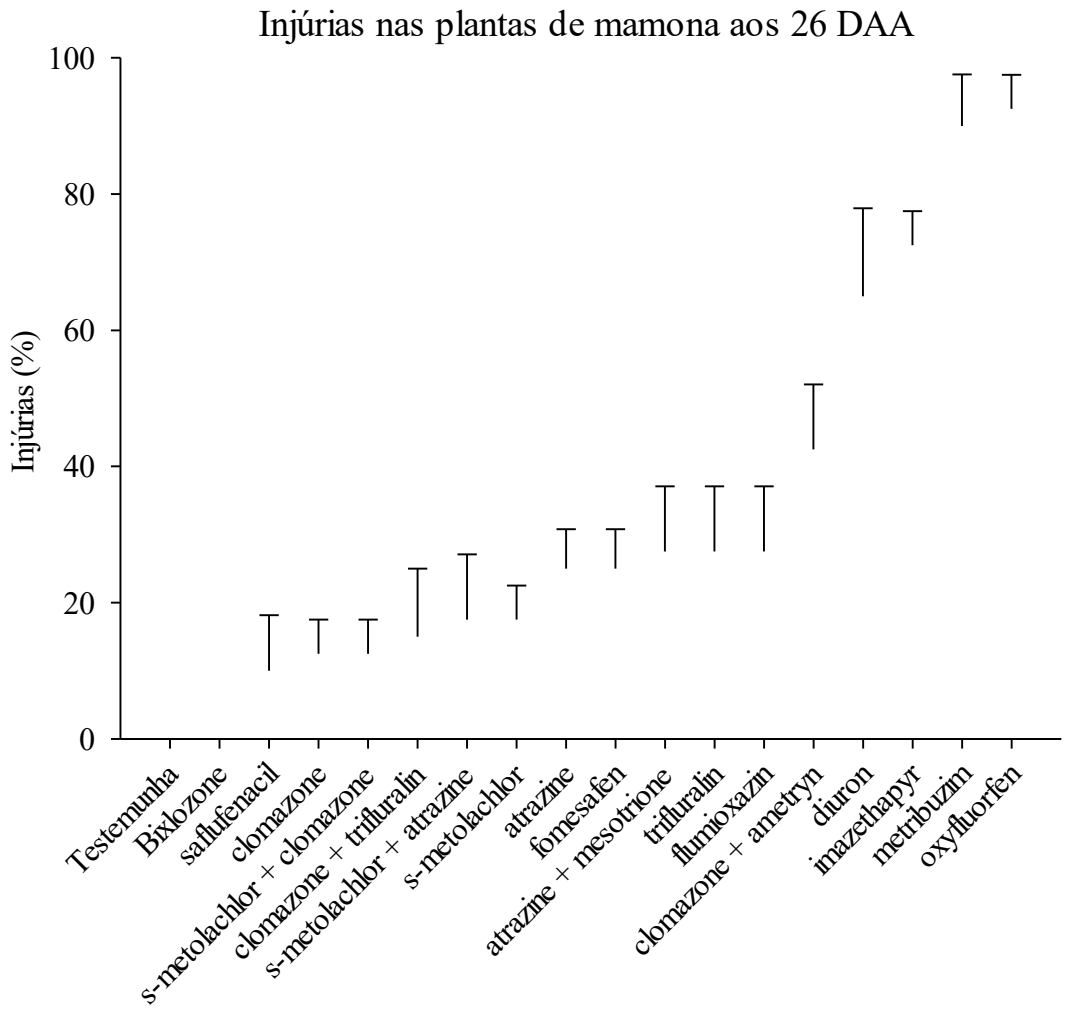

Figura 4. Injúrias (fitotoxicidade) em plantas de mamona (KARIEL) cultivadas em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos **26 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 24.52%).

Na última avaliação de injúrias, aos 32 DAA, a tendência observada aos 26 DAA se confirmou. Os tratamentos promissores, como clomazone e S-metolachlor (isolados ou em

misturas), mantiveram os níveis de injúria consistentemente baixos, evidenciando uma tolerância do híbrido ao residual dos produtos. Por outro lado, os danos causados por oxyfluorfen, imazetapyr, metribuzim e diuron permaneceram severos e irreversíveis (Figura 5).

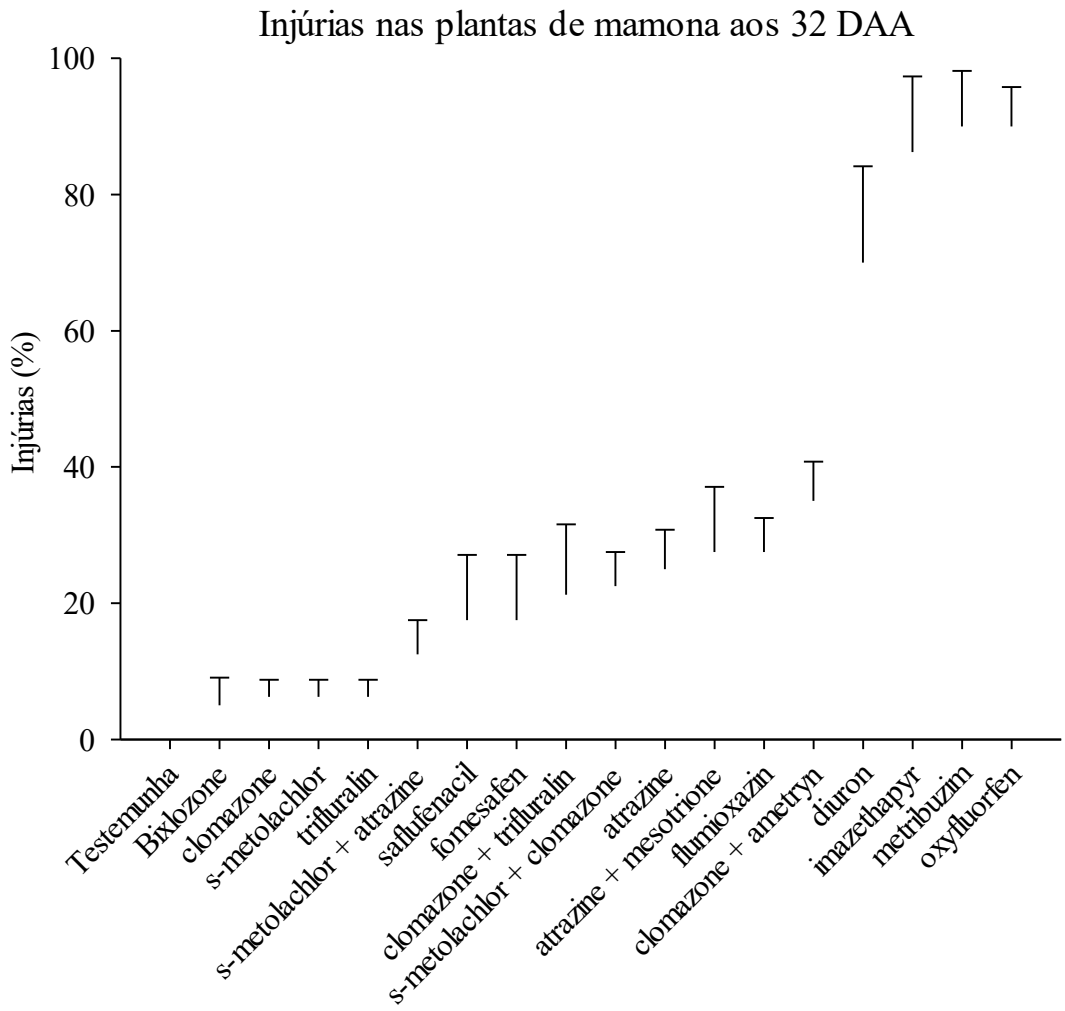

Figura 5. Injúrias (fitotoxicidade) em plantas de mamona (KARIEL) cultivadas em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos **32 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 22.51%).

As avaliações de injúrias foram cruciais para discriminar os efeitos dos herbicidas pré-emergentes na cultura da mamona, indicando que existe um grupo de herbicidas que apresentou elevada fitotoxicidade, sendo ele composto por: oxyfluorfen, metribuzim, imazetapyr e diuron, desde a primeira avaliação, aos 16 DAA, e com efeitos pronunciados nas avaliações seguintes. O herbicida oxyfluorfen é um inibidor da enzima protoporfirinogênico oxidase (PPO), cujo

mecanismo está relacionado à rápida necrose dos tecidos vegetais, o que explica a severidade das injúrias. Diuron e metribuzim, por sua vez, são inibidores do Fotossistema II, que também causam clorose acentuada e posterior necrose, efeitos que, conforme os dados, se mostraram incompatíveis com o desenvolvimento da mamona (Shanner, 2014).

Em contrapartida, os resultados indicam que os quatro herbicidas com maior potencial de uso na cultura da mamona, híbrido KARIEL, foram clomazone, S-metolachlor, S-metolachlor + atrazine e S-metolachlor + clomazone. Estes tratamentos apresentaram os menores índices de fitotoxicidade em todas as avaliações. Apesar de alguns desses tratamentos, terem causado uma leve injúria inicial, menor que 10%, observou-se que ao longo do tempo houve redução dos sintomas, sugerindo que a cultura pode possuir capacidade de metabolizar estes compostos, indicando a possibilidade de seletividade.

A hipótese para essa tolerância a herbicidas reside na capacidade metabólica da cultura, e a seletividade de herbicidas nas culturas é frequentemente atribuída à rápida detoxificação da molécula do herbicida antes que ela atinja seu local de ação em concentrações tóxicas (De Prado *et al.*, 2021). No caso do S-metolachlor, a principal via de metabolização em culturas tolerantes, como milho e soja, é a conjugação com a glutationa, catalisada por enzimas da família das glutationa S-transferases (GSTs). Esse processo torna a molécula do herbicida polar e inativa, compartimentalizando-a no vacúolo e impedindo sua ação (Scala; Starke, 2022). É provável que a mamona, híbrido Kariel, possua uma atividade constitutiva ou induzida de GSTs que seja eficiente na detoxificação do S-metolachlor. Para o clomazone, a seletividade em culturas como a soja e o arroz é mediada por uma rápida metabolização via citocromo P450 monoxigenases, que hidroxilam a molécula, iniciando o processo de degradação (Gomes *et al.*, 2023). A recuperação das plantas de mamona nos tratamentos com clomazone e S-metolachlor, observada entre 16 e 32 DAA, reforça a hipótese de que a cultura possui as rotas metabólicas necessárias para degradar esses compostos, um fenômeno crucial para a seletividade de herbicidas pré-emergentes (Yadav *et al.*, 2024).

Os sintomas causados nas plantas de mamona, híbrido Kariel, 25 dias após a aplicação dos herbicidas pré-emergentes podem ser observados na Figura 6, e variam desde a redução no desenvolvimento das plantas, no número de folhas e estande.

Figura 6. Sintomas de injúrias observadas a campo na cultura da mamona após a aplicação de herbicidas pré-emergentes em ensaio conduzido na Fazenda Experimental do Glória - UFU. Uberlândia - MG, 2025.

O estande de plantas é um parâmetro fundamental que reflete o impacto direto dos tratamentos herbicidas aplicados na sobrevivência da mamona. Na primeira avaliação, aos 16 DAA, a maioria dos tratamentos não diferiu da testemunha, indicando que, naquele momento, a mortalidade ainda foi expressiva, mesmo para os herbicidas que causaram alta fitotoxicidade visual (Figura 7).

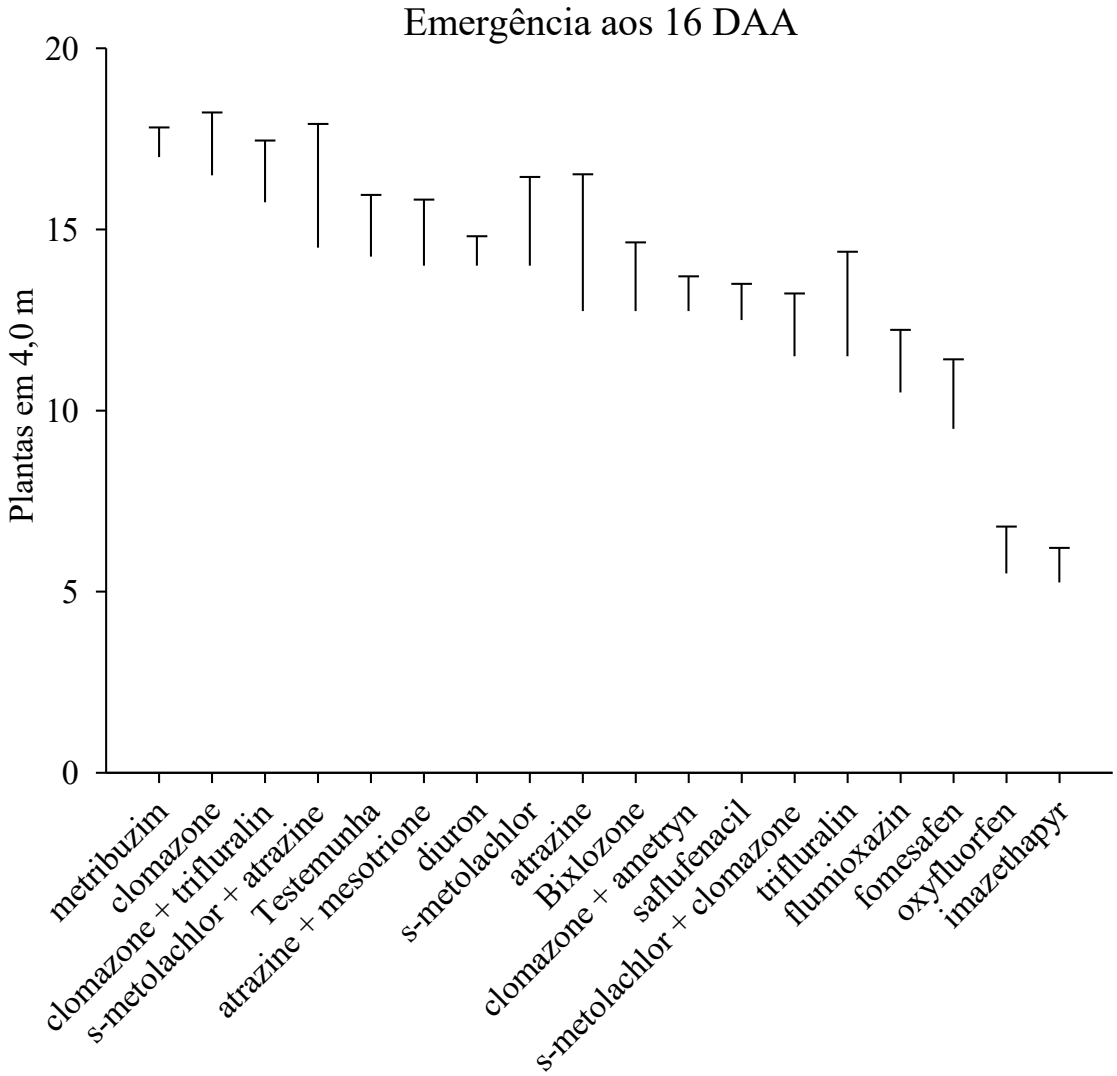

Figura 7. Número de plantas de mamona (KARIEL), em 4,0 metros, em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos **16 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 16.02%)

Contudo, na avaliação aos 40 DAA, o efeito dos tratamentos sobre a sobrevivência das plantas tornou-se evidente. Os herbicidas que causaram as maiores injúrias (oxyfluorfen,

imazetapyr, metribuzim e diuron) resultaram em uma redução drástica do número de plantas, sendo inferiores à testemunha e aos tratamentos mais seletivos. Em contrapartida, os tratamentos com clomazone, S-metolachlor e as misturas S-metolachlor + atrazine e S-metolachlor + clomazone mantiveram o estande de plantas similar ao da testemunha, confirmando sua segurança para a cultura (Figura 8).

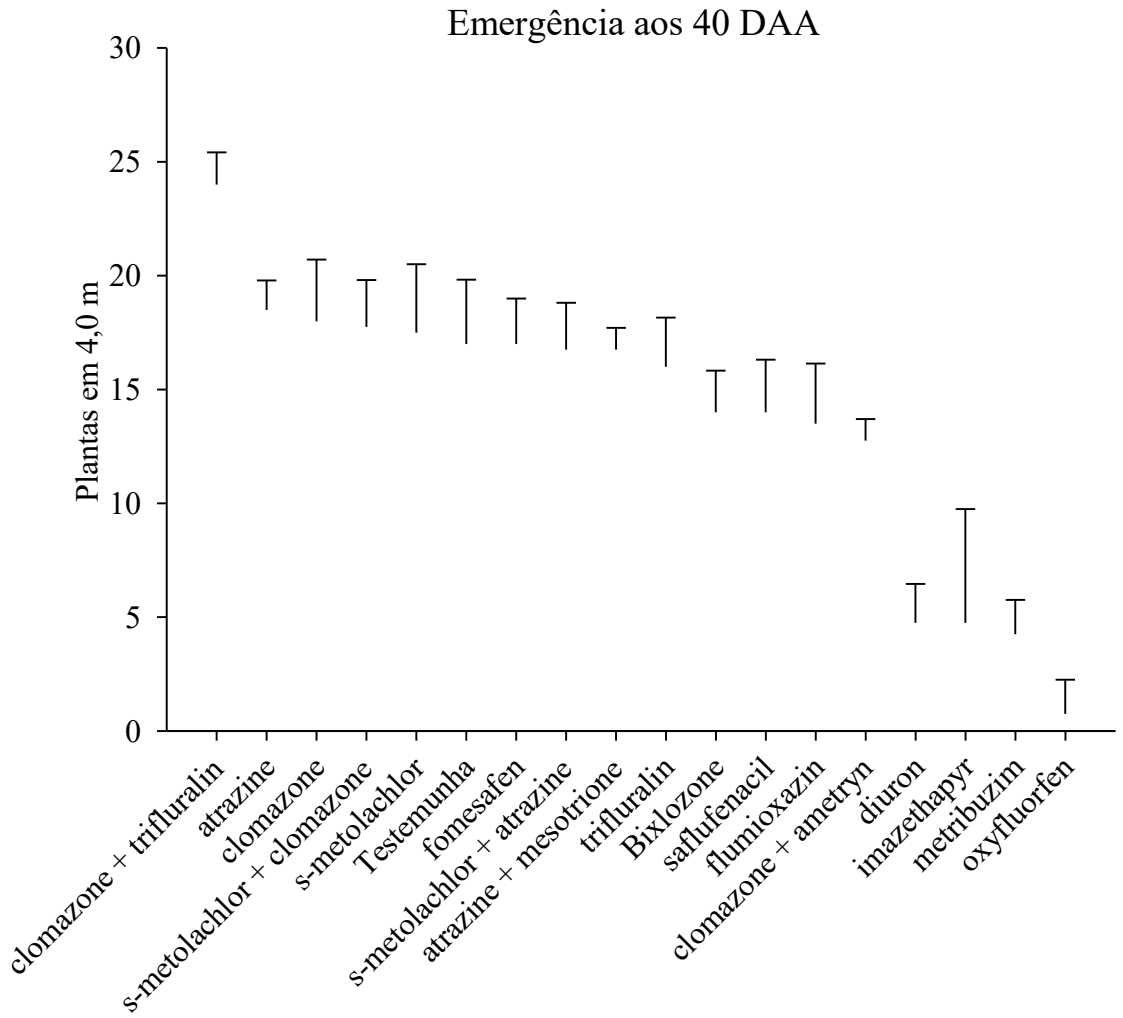

Figura 8. Número de plantas de mamona (KARIEL), em 4,0 metros, em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos **40 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 16.43%)

A manutenção do estande é um dos principais indicativos da seletividade de um herbicida pré-emergente. A redução no número de plantas observada nos tratamentos mais tóxicos é consequência direta das severas injúrias que levaram à morte das plântulas,

comprometendo o potencial produtivo da lavoura desde o início. A redução do estande ocorre porque os herbicidas não seletivos afetam processos vitais para a sobrevivência da plântula. Herbicidas como oxyfluorfen (inibidor de PPO) causam peroxidação lipídica das membranas celulares, levando ao rápido colapso e morte dos tecidos jovens que emergem do solo (Souza *et al.*, 2022). Diuron e metribuzim, ao inibirem o Fotossistema II, bloqueiam a produção de ATP e NADPH, essenciais para a sobrevivência da plântula, que esgota suas reservas e morre por inanição e estresse oxidativo (Carvalho, 2023). Imazetapyr, um inibidor da ALS, impede a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina), bloqueando a síntese proteica e a divisão celular nos meristemas, o que é letal para um organismo em desenvolvimento (Pagnussat *et al.*, 2021). Em contrapartida, nos tratamentos seletivos, a rápida metabolização do clomazone e do S-metolachlor, como discutido anteriormente, impede que esses processos letais sejam desencadeados, garantindo assim a sobrevivência das plântulas e a manutenção do estande inicial. Resultados similares, com a manutenção do estande em tratamentos com S-metolachlor, foram observados em girassol, outra oleaginosa de sementes grandes (Zimmer *et al.*, 2022).

A altura das plantas, como indicador do crescimento vertical e do vigor, foi diretamente impactada pelos herbicidas ao longo de todas as avaliações. Aos 16 DAA o impacto negativo dos herbicidas não seletivos já era mensurável. Tratamentos como oxyfluorfen, metribuzim, imazetapyr e diuron apresentaram as menores médias de altura, sendo estatisticamente inferiores ao grupo da testemunha e dos tratamentos mais seletivos, que não diferiram entre si (Figura 9).

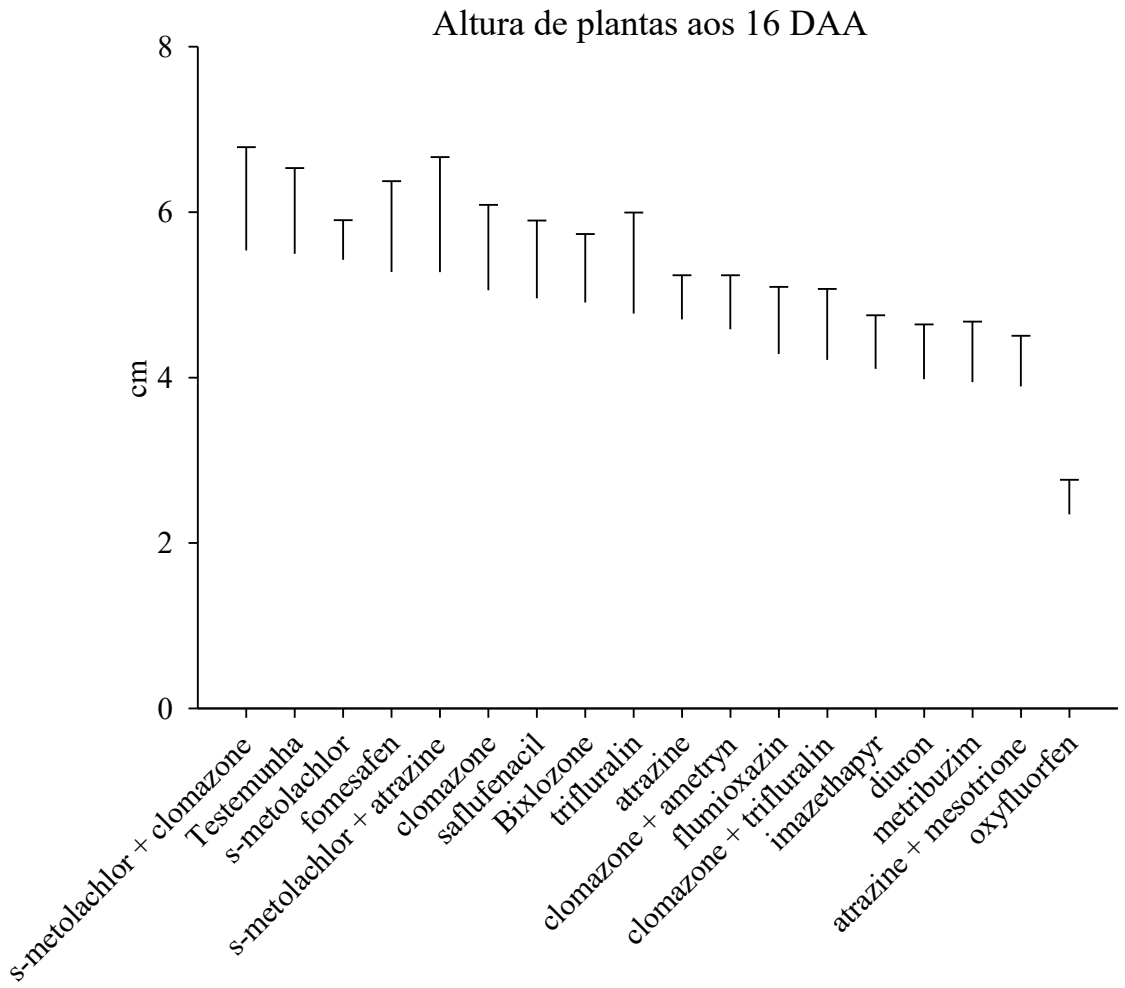

Figura 9. Altura de plantas de mamona (KARIEL) em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos **16 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 19.58%)

Na avaliação de 37 DAA, a diferença de crescimento entre os tratamentos se acentuou. As plantas nos tratamentos seletivos (clomazone, S-metolachlor e suas misturas) continuaram o desenvolvimento, mantendo-se no mesmo grupo estatístico da testemunha. Em contraste, as poucas plantas que sobreviveram nos tratamentos mais fitotóxicos (Figura 8) permaneceram com crescimento estagnado, evidenciando sua incapacidade de recuperação (Figura 10).

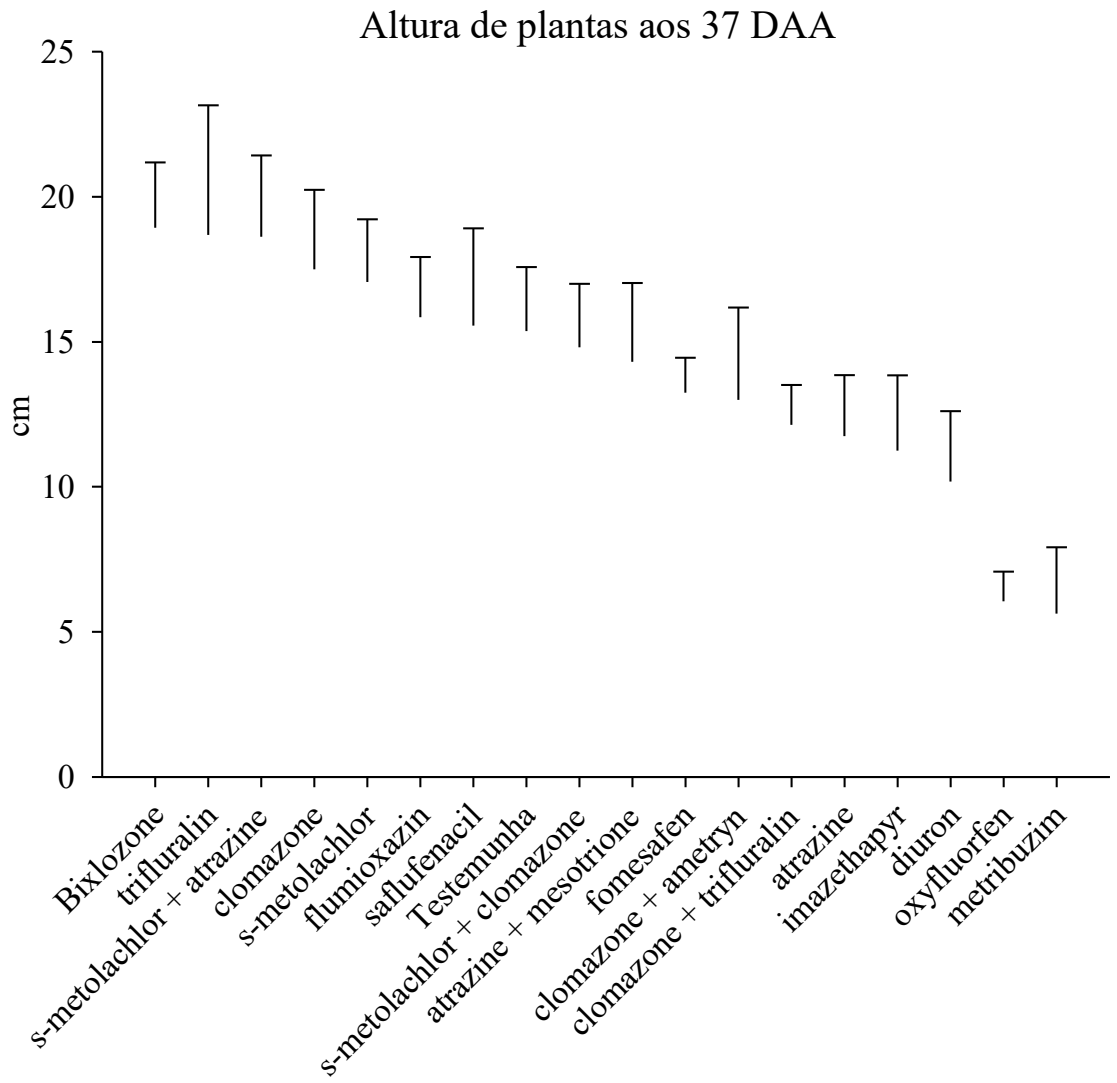

Figura 10. Altura de plantas de mamona (KARIEL) em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos **37 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 18.25%)

Aos 60 DAA, os resultados consolidaram o efeito permanente dos tratamentos na variável altura de plantas. Os tratamentos com clomazone e S-metolachlor (isolados ou em misturas) permaneceram iguais à testemunha, confirmando a potencial seletividade desses produtos em longo prazo. Os demais tratamentos, que causaram danos iniciais, apresentaram plantas com altura drasticamente inferiores, comprovando que o efeito fitotóxico de herbicidas

como oxyfluorfen e o metribuzim comprometeu irreversivelmente o potencial de crescimento da cultura (Figura 11).

.

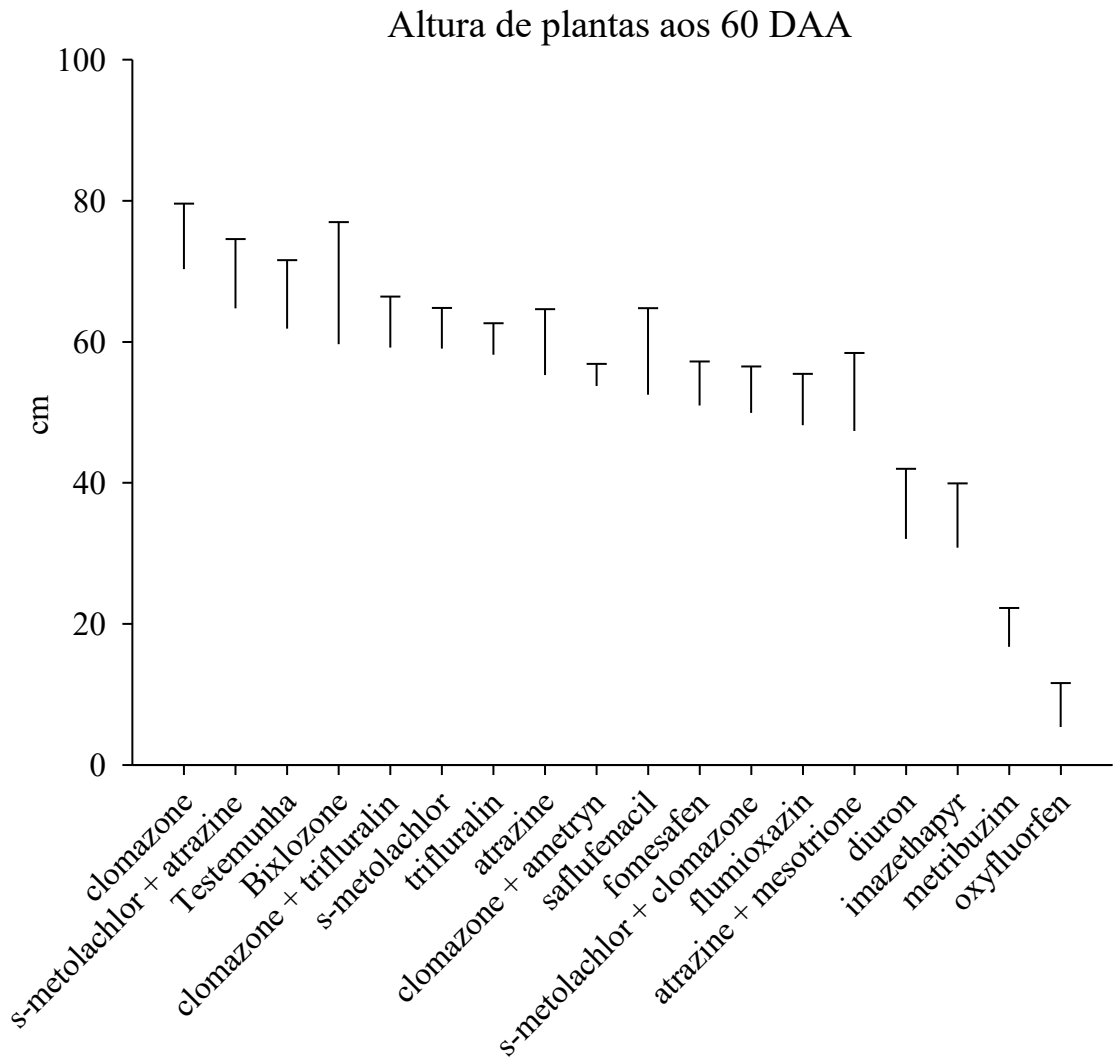

Figura 11. Altura de plantas de mamona (KARIEL) em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos **60 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 18.03%)

A altura das plantas foi prejudicada porque os herbicidas não seletivos comprometem diretamente a alocação de energia e a produção de biomassa. O crescimento em altura depende de uma intensa atividade de divisão e elongação celular nos meristemas apicais, processos que demandam grande quantidade de energia (ATP) e fotoassimilados (carboidratos e aminoácidos)

(Taiz; Zeiger, 2023). Herbicidas que inibem a fotossíntese (diuron, metribuzim) ou a síntese de aminoácidos essenciais (imazetapyr) criam um déficit energético e de componentes estruturais, paralisando o crescimento. Estudos recentes em outras culturas demonstram que a aplicação de inibidores do Fotossistema II resulta em uma redução significativa na taxa de assimilação de carbono, o que se correlaciona diretamente com a redução no alongamento do caule (Ribeiro *et al.*, 2022). Nos tratamentos com clomazone e S-metolachlor, a capacidade da cultura de metabolizar os produtos permitiu que a fotossíntese e as demais rotas metabólicas continuassem operando normalmente, sem desviar recursos para processos de detoxificação massiva ou reparo de danos, garantindo assim um crescimento em altura similar ao da testemunha não tratada (Petersen *et al.*, 2023).

O número de folhas por planta, um indicativo da capacidade da cultura de produzir novos tecidos e expandir a área fotossintética, também foi afetado de forma distinta pelos tratamentos. Na primeira avaliação, aos 16 DAA, o reflexo da fitotoxicidade no desenvolvimento de novas folhas já era visível. Os tratamentos mais danosos, como oxyfluorfen e imazetapyr, já formavam um grupo estatístico com o menor número de folhas, enquanto os tratamentos seletivos não diferiram da testemunha (Figura 12).

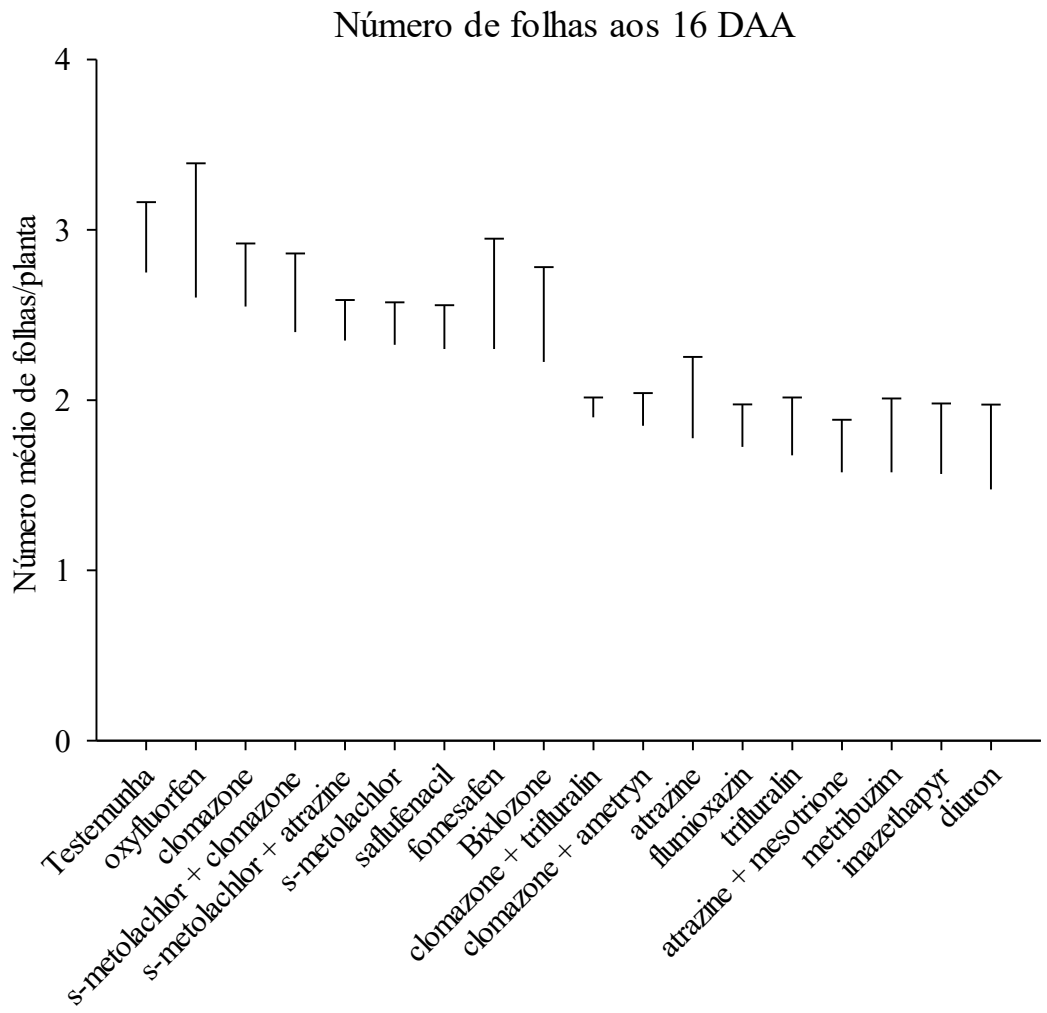

Figura 12. Número médio de folhas por planta em mamona (KARIEL) em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos 1**6 dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 20.76%).

Aos 37 DAA, a capacidade de recuperação e desenvolvimento contínuo ficou evidente. As plantas dos tratamentos seletivos (clomazone, S-metolachlor e misturas) continuaram a emitir folhas, mantendo-se no mesmo grupo da testemunha. Em contrapartida, as plantas nos tratamentos com alta fitotoxicidade não conseguiram se recuperar, apresentando um número de folhas significativamente menor, indicando paralisação no desenvolvimento de novos nós (Figura 13).

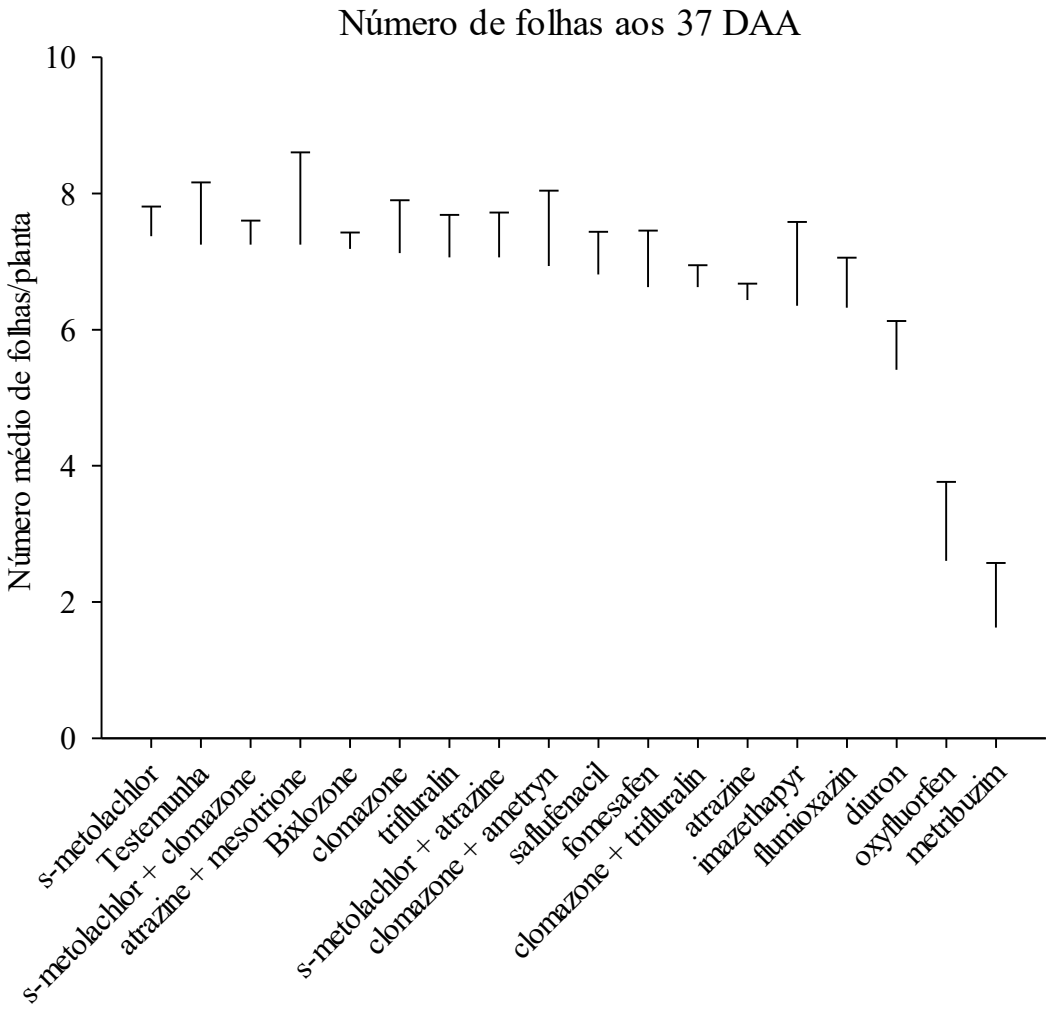

Figura 13. Número médio de folhas por planta em mamona (KARIEL) em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos 37 **dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 12.06%).

Na avaliação final, aos 60 DAA, o padrão se manteve. Os tratamentos com clomazone e S-metolachlor, além de suas misturas, resultaram em plantas com número de folhas estatisticamente igual ao da testemunha, o que demonstra a plena recuperação e o desenvolvimento normal da cultura. Os herbicidas não seletivos resultaram em plantas com um número de folhas drasticamente reduzido, confirmando o dano permanente (Figura 14).

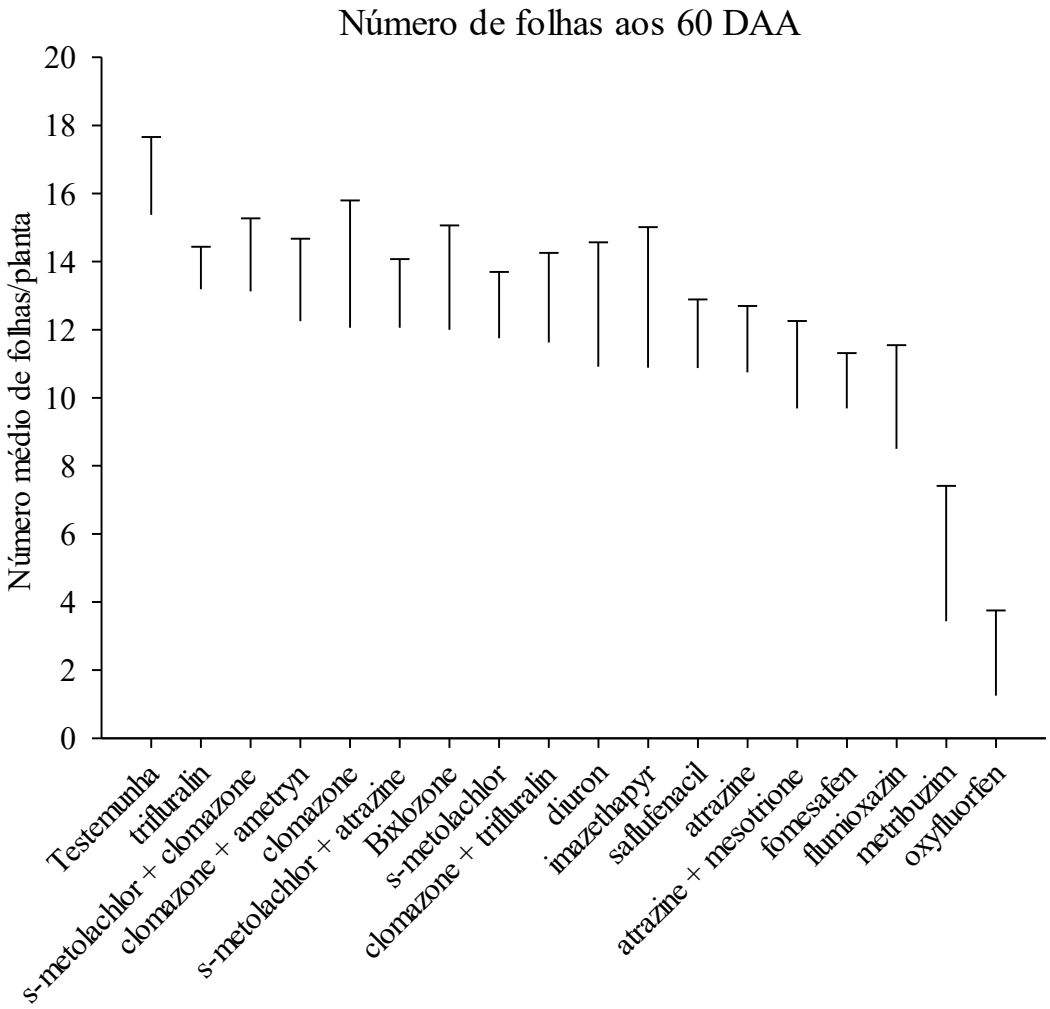

Figura 14. Número médio de folhas por planta em mamona (KARIEL) em solo tratado com herbicidas residuais aplicados cinco dias após a semeadura e avaliação aos 60 **dias** após as pulverizações. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 24.45%).

Os herbicidas promoveram danos ao número de folhas ao interromperem a atividade dos meristemas, que são os centros de produção de novos primórdios foliares. A iniciação de uma nova folha é um processo fisiológico complexo regulado por hormônios e pela disponibilidade de energia e nutrientes (Santos; Pereira, 2024). O imazetapyr, ao inibir a enzima ALS, paralisa a divisão celular nos meristemas apicais e axilares, interrompendo diretamente a emissão de novas folhas. O dano necrótico e a clorose severa causados por oxyfluorfen, diuron e metribuzim destroem a área fotossintética existente e impedem a produção de energia necessária para sustentar o desenvolvimento de novos órgãos. Um estudo recente demonstrou que a aplicação de herbicidas com ação sistêmica, como os inibidores da ALS, pode levar à

necrose do meristema apical, resultando na paralisação completa do desenvolvimento de novas folhas e na perda da dominância apical (Lang *et al.*, 2023). A ausência de efeitos negativos nos tratamentos com clomazone e S-metolachlor indica que a concentração desses herbicidas que atingiu os meristemas foi insuficiente para causar danos, mais uma vez apontando para uma metabolização eficiente antes da translocação para esses pontos de crescimento vitais.

Os efeitos de fitotoxicidade impactaram diretamente o desenvolvimento das plantas. Os tratamentos que causaram maiores injúrias resultaram em menor número médio de folhas por planta (Figuras 12, 13 e 14).

A eficácia no controle da comunidade infestante, composta principalmente por *Bidens pilosa, Ipomoea triloba, Euphorbia heterophylla, Digitaria insularis* e *Eleusine indica*, foi avaliada para determinar o potencial de manejo de cada tratamento. Na avaliação aos 16 DAA, a maioria dos tratamentos herbicidas demonstrou excelente eficácia inicial. Diversos tratamentos forneceram controle acima de 80%, com destaque para as misturas S-metolachlor + clomazone e S-metolachlor + atrazine, além de flumioxazin e clomazone + ametryn, que se aproximaram ou ultrapassaram 90% de controle, mostrando um forte efeito inicial sobre as plantas daninhas emergentes (Figura 15).

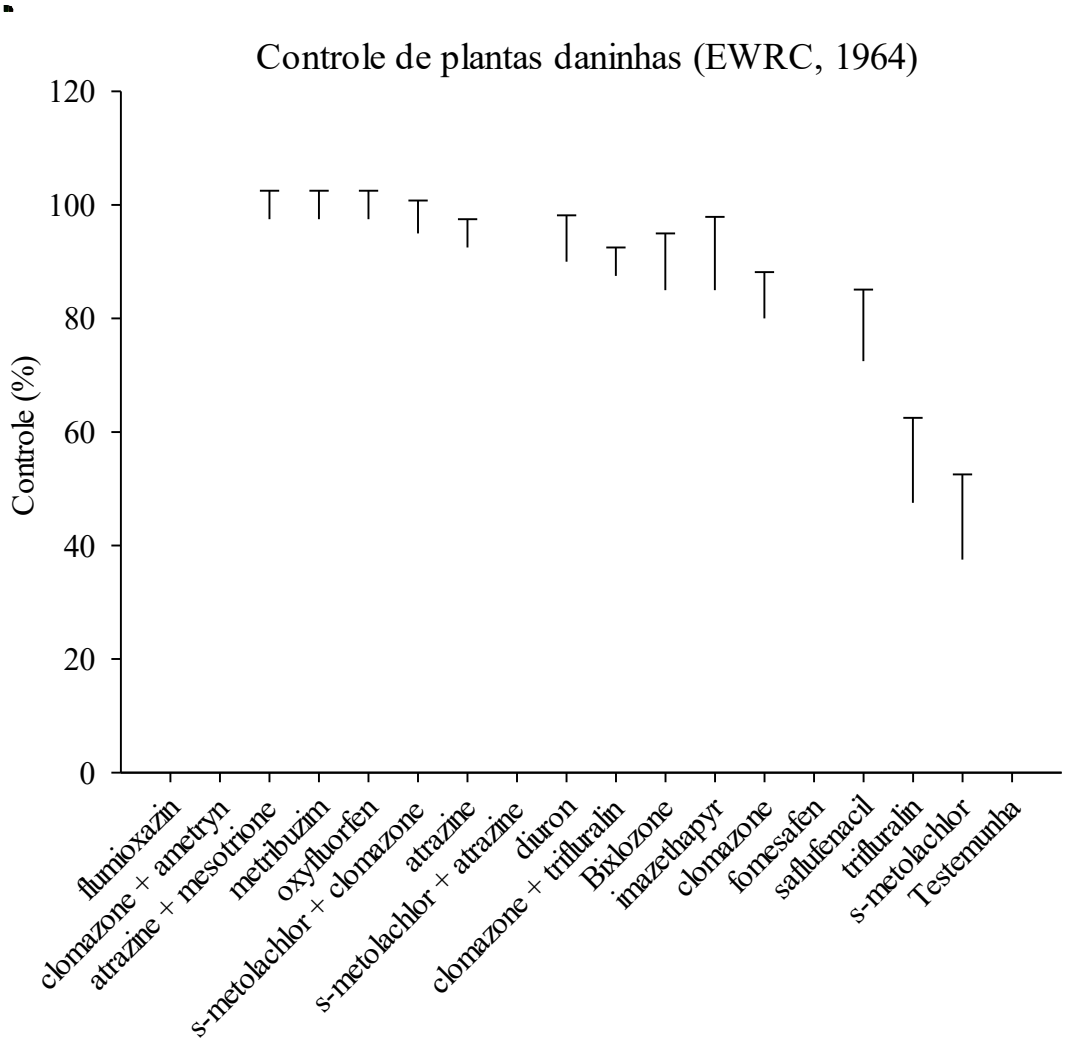

Figura 15. Controle de plantas daninhas (EWRC, 1964) em área cultivada com mamona (KARIEL) após a aplicação de residuais e avaliação aos **16 dias** após as pulverizações. Principais plantas daninhas na testemunha: *Bidens pilosa*, *Ipomoea triloba*, *Euphorbia heterophylla*, *Digitaria insularis* e *Eleusine indica*. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 9,96%).

Aos 26 DAA, a eficácia dos tratamentos foi novamente mensurada para avaliar a persistência do controle. Os tratamentos que se destacaram inicialmente, como as misturas contendo S-metolachlor e clomazone, mantiveram um alto nível de controle, ainda superior a 80%. Isso indica um bom efeito residual dos produtos, que continuaram a impedir o desenvolvimento da comunidade infestante (Figura 16).

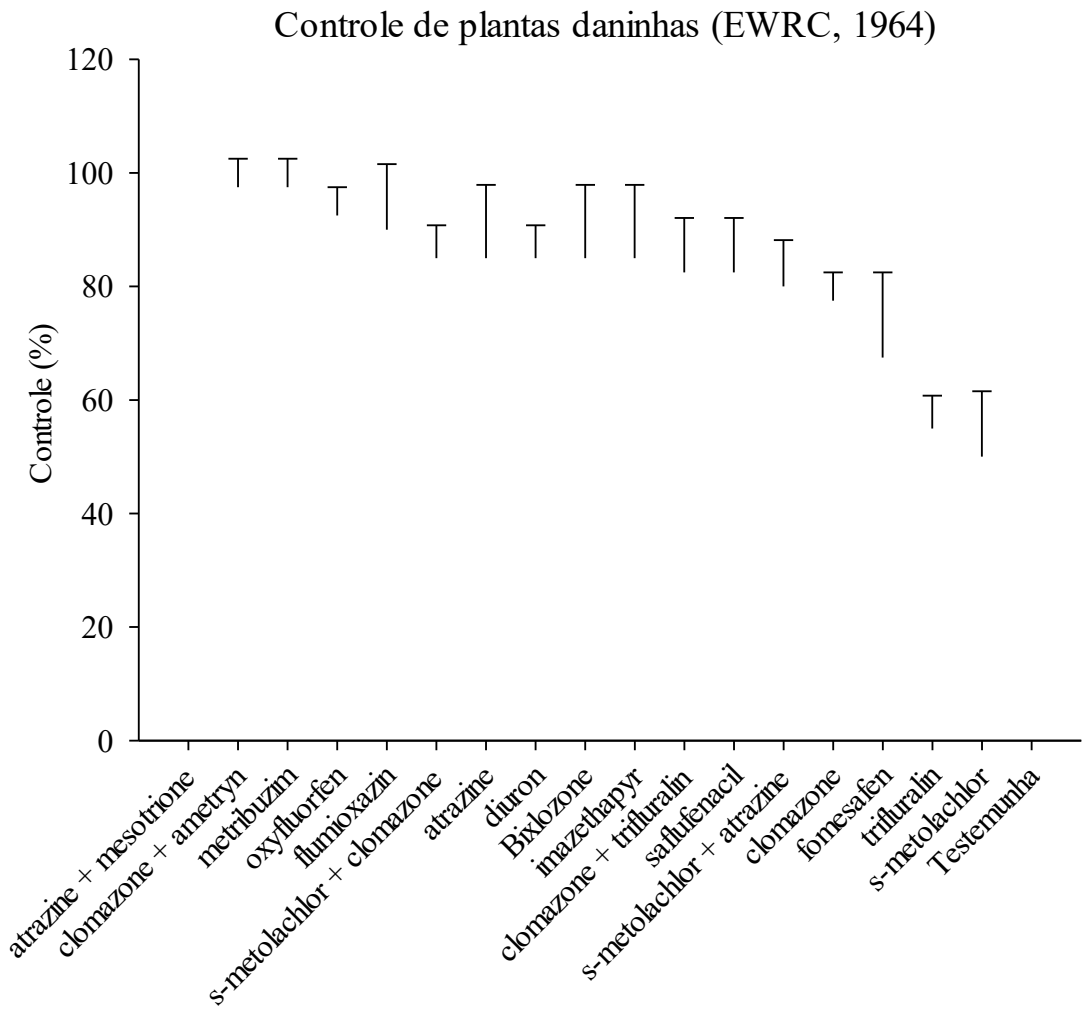

Figura 16. Controle de plantas daninhas (EWRC, 1964) em área cultivada com mamona (KARIEL) após a aplicação de residuais e avaliação aos **26 dias** após as pulverizações. Principais plantas daninhas na testemunha: *Bidens pilosa*, *Ipomoea triloba*, *Euphorbia heterophylla*, *Digitaria insularis* e *Eleusine indica*. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 11,61%).

Na última avaliação de controle, aos 32 DAA, a consistência dos melhores tratamentos foi confirmada. As misturas de S-metolachlor + clomazone e S-metolachlor + atrazine, que também foram seletivas à cultura, continuaram a apresentar controle eficaz, superior a 80%, demonstrando um período residual suficiente para proteger a cultura na sua fase inicial crítica (Figura 17).

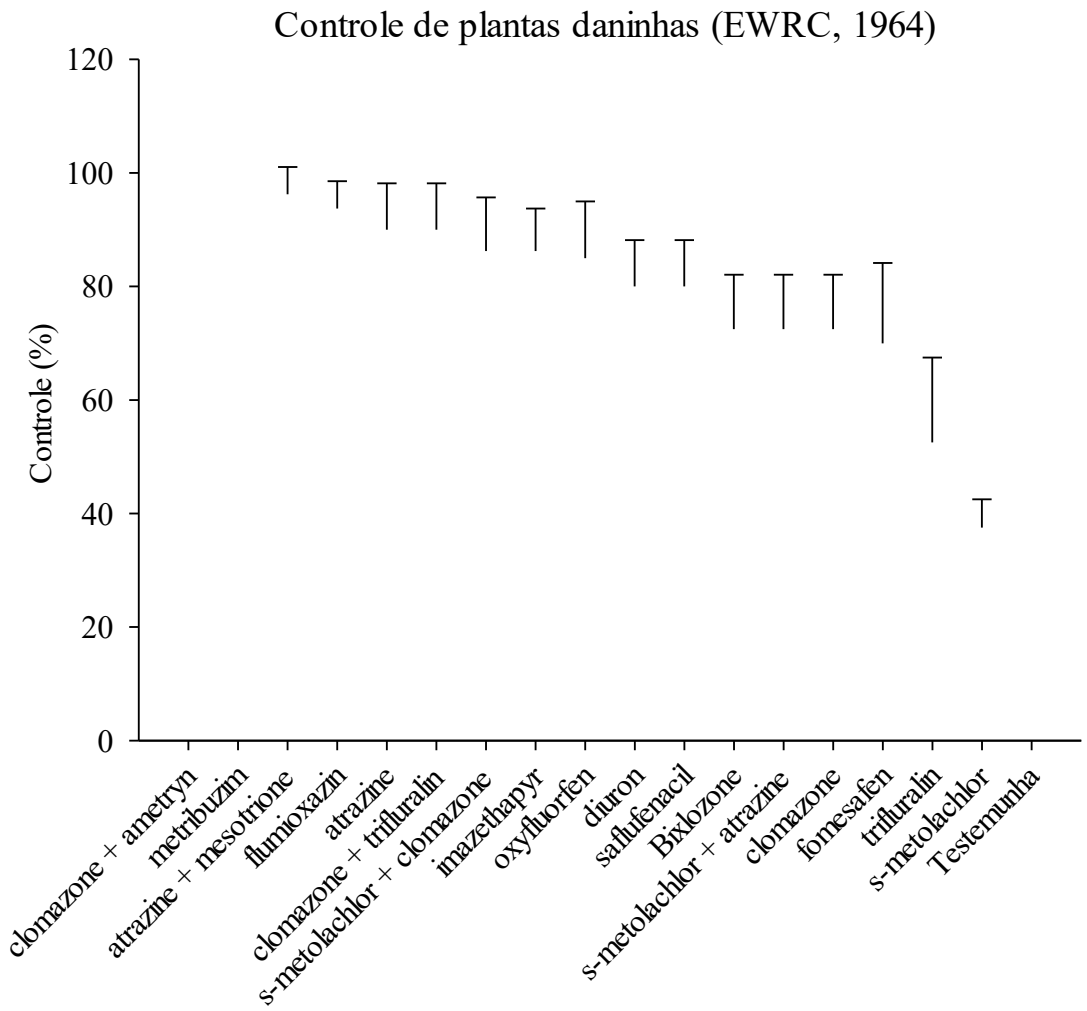

Figura 17. Controle de plantas daninhas (EWRC, 1964) em área cultivada com mamona (KARIEL) após a aplicação de residuais e avaliação aos **32 dias** após as pulverizações. Principais plantas daninhas na testemunha: *Bidens pilosa*, *Ipomoea triloba*, *Euphorbia heterophylla*, *Digitaria insularis* e *Eleusine indica*. Barras de mesma cor apresentam médias iguais de acordo com o teste de Skott Knott com 1% de probabilidade de erro. (CV = 11,00%).

O excelente controle obtido pelas misturas, especialmente S-metolachlor + clomazone, deve-se à complementaridade dos mecanismos de ação e do espectro de controle dos herbicidas. O S-metolachlor (grupo das cloroacetanilidas) é altamente eficaz no controle de gramíneas anuais, como *Digitaria insularis* e *Eleusine indica*, atuando na inibição do crescimento de plântulas muito jovens (Rodrigues; Almeida, 2018). Contudo, seu controle sobre eudicotiledôneas de sementes grandes, como *Ipomoea*, pode ser limitado. O clomazone (grupo das isoxazolidinonas), por sua vez, é um inibidor da síntese de carotenoides e é reconhecido por seu bom controle sobre espécies de folha larga de difícil controle, como *Ipomoea triloba* e

Euphorbia heterophylla, e também sobre algumas gramíneas (Marchesi *et al.*, 2020). A combinação desses dois modos de ação distintos amplia o espectro de controle, atingindo com alta eficácia os diferentes grupos de plantas daninhas presentes na área (*Bidens*, *Ipomoea*, *Euphorbia*, *Digitaria* e *Eleusine*), como observado nos resultados. Um estudo recente sobre o manejo de bancos de sementes de plantas daninhas confirmou que o uso de misturas formuladas com modos de ação complementares é a estratégia mais robusta para prevenir o escape de espécies e retardar a seleção de biótipos resistentes (Bressanin *et al.*, 2023). A ausência de controle ou o controle insatisfatório de uma determinada espécie por um herbicida isolado geralmente ocorre porque a planta possui um mecanismo de tolerância natural, como a capacidade de metabolizar rapidamente o produto, o que justifica a superioridade das misturas em tanque ou formuladas.

A principal justificativa para o uso de herbicidas pré-emergentes é controlar a mato competição no início do ciclo, período em que a mamona é mais sensível à interferência. O sucesso de uma estratégia de manejo químico depende da união entre seletividade para a cultura e eficácia no controle das plantas daninhas. Ao cruzar os dados, percebe-se que as misturas de S-metolachlor + clomazone e S-metolachlor + atrazine, assim como os produtos isolados clomazone e S-metolachlor, representam-se como alternativas promissoras, pois, unem a segurança para a cultura com um amplo espectro e persistência no controle da flora infestante.

5 CONCLUSÕES

Os resultados indicam uma clara distinção entre os herbicidas testados. Os produtos clomazone e S-metolachlor, aplicados de forma isolada ou em misturas, demonstraram promissora seletividade para o híbrido de mamona KARIEL, sem causar prejuízos importantes ao desenvolvimento inicial e, ao mesmo tempo, apresentando bom controle de plantas daninhas. Por outro lado, herbicidas como oxyfluorfen, metribuzim, diuron e imazetapyr mostraram-se inviáveis para aplicação em pré-emergência na cultura da mamona.

REFERÊNCIAS

AGROFIT - SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023.

ALVES, P. L. C. A.; FERREIRA, F. A.; SILVA, J. V.; BARROS, M. F. C. Interação entre herbicidas e cultivares de plantas cultivadas. **Revista Ceres**, v. 60, n. Supl., p. 391-398, 2013.

AOCS - AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official Methods and Recommended Practices of the AOCS**. 7. ed. Urbana, IL: AOCS Press, 2017.

AZEVEDO, A. C.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Castor bean (Ricinus communis L.) in Brazil: Challenges and opportunities. **Oil Crops Research**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2015.

BRESSANIN, F. N.; R., & LAMEGO, F. P. Herbicide mixtures as a tool for managing weed seed banks in no-till systems. *Weed Technology*, v. 37, n. 1, p. 55-64, 2023.

CARVALHO, S. J. P. Photooxidative stress and antioxidant responses in plants exposed to photosystem II inhibiting herbicides. *Journal of Plant Physiology*, v. 282, p. 153921, 2023.

COBUCCI, T.; MARTINS, D.; RODRIGUES, J. J. V.; CARBONARI, C. A. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do algodoeiro (Gossypium hirsutum L.). **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 415-424, 2000.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; OLIVEIRA NETO, A. M.; REGITANO, J. B.; PAVINATO, P. S. Eficácia de herbicidas em pós-emergência no controle de plantas daninhas na cultura da mamona (Ricinus communis L.). **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 559-566, 2007.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Controle de plantas daninhas na cultura do milho (Zea mays) com herbicidas em pré e pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 533-540, 2004.

COSTA, N. V.; MACIEL, C. D. G.; ZOBIOLE, L. H. S. Sumatran fleabane control with single and sequential applications of 2,4-D and glyphosate. **Planta Daninha**, v. 37, e019215579, 2019.

DE PRADO, R.; BARCELO, D.; & GAUVRIT, C. Mechanisms of herbicide tolerance and resistance in plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 175, p. 104845, 2021.

DOGRAMACI, M.; CUI, J.; AIKINS, K. A.; ANDERSON, J. V. Effects of Weed Management Strategies on Weed Infestation, Phytotoxicity to Castor, and Castor Seed Yield. **Agronomy**, v. 14, n. 3, p. 496, 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de Produção de Mamona para o Nordeste Brasileiro**. 5. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL - EWRC. Report of 3rd and 4 rd meetings of EWRC. Cittee of methods in weed research. Weed Research, v. 4, 1964. p. 88.

GAZZIERO, D. L. P.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; GALON, L. Seletividade de herbicidas para a cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 15, n. 2, p. 131-142, 1997.

GOMES, M. V.; NORSWORTHY, J. K.; & FONTES, J. R. A. Cytochrome P450-mediated metabolism of clomazone in tolerant soybean varieties. *Agronomy Journal*, v. 115, n. 2, p. 789-798, 2023.

HESS, F. D.; FOY, C. L. Herbicide mode of action and selectivity. *In*: **Herbicide bioassays**. CRC Press, 2000. p. 1-47.

LANG, A.; MÜLLER, T.; & KRAEHMER, H. U. Apical meristem damage in dicotyledonous weeds following application of systemic herbicides. *Plant Science*, v. 330, p. 111654, 2023.

MACIEL, C. D. G. et al. Weed control and selectivity of pre-emergent herbicides in the soybean crop. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 182-191, 2017. (Nota: Estudo em soja, mas demonstra os princípios do sistema "plante e aplique" em pré-emergência).

MARCHESI, J. E.; ALBRECHT, L. P.; & ROCHA, D. M. Spectrum of weed control of isoxazolidinone herbicides in pre-emergence. *Planta Daninha*, v. 38, e020237452, 2020.

MONQUERO, P. A. Herbicidas e suas utilizações. *In*: MONQUERO, P. A. (Ed.). **Tópicos de manejo de plantas daninhas**. São Carlos: RiMa, 2017. p. 43-74.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V.; AMARAL, L. R.; BIFFE, D. F. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do girassol. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 565-573, 2009.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H.; CAVALIERI, S. D.; BRAZ, G. B. P. Manejo de plantas daninhas na cultura da mamona. *In*: SEVERINO, A. A.; MORAES, R. E.; MILANI, D. C.; BELTRÃO, M. F. (Eds.). **Mamona: um agronegócio de sucesso**. Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 207-230.

PAGNUSSAT, L. A.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; & SCAPIM, C. A. Physiological and biochemical impacts of ALS-inhibiting herbicides on sensitive and resistant biotypes of *Amaranthus palmeri*. *Crop Protection*, v. 148, p. 105731, 2021.

PETERSEN, V.; GERHARDS, R.; & SCHMIDT, A. Sub-lethal effects of pre-emergent herbicides on crop growth and resource allocation. *Frontiers in Plant Science*, v. 14, p. 1120345, 2023.

PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 129, p. 14-27, 1985.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, J. B.; FERREIRA, F. A.; RIOS, F. A.; VARGAS, L. Seletividade de herbicidas para a cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 475-484, 2003.

RIBEIRO, D. N.; SANTOS, E. A.; & OVEJERO, R. F. L. Carbon assimilation and growth reduction in sunflower plants treated with PSII-inhibiting herbicides. *Photosynthetica*, v. 60, n. 2, p. 245-254, 2022.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina: Edição dos Autores, 2018.

SANTOS, F. G.; & PEREIRA, L. F. P. Molecular control of leaf initiation and development. *Journal of Experimental Botany*, v. 75, n. 4, p. 987-1002, 2024.

SCALA, A.; & STARKE, S. The role of glutathione S-transferases in herbicide detoxification in major crops: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 70, n. 15, p. 4530-4545, 2022.

SENSEMAN, S. A. (Ed.). **Herbicide handbook**. 9. ed. Weed Science Society of America, 2007.

SEVERINO, L. S.; AULD, D. L.; BALDANZI, M.; CÂNDIDO, M. J. D.; DIAS, M. M.; FERREIRA, G. B.; ... & LAKSHMAMMA, P. A worldwide perspective on castor bean (Ricinus communis L.) research and development. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 4, p. 1169-1180, 2012.

SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de; CARDOSO, G. D. Tolerância de cultivares de mamona a herbicidas. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 10, n. 1, p. 765-774, 2006.

SILVA, J. R. V.; SILVA, A. P.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T.; REIS, M. R. Período crítico de interferência de plantas daninhas na cultura da mamona. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 37-45, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. SBCPD, 1995. 42p.

SOUZA, A. F.; ANDRADE, G. A.; & KALSING, A. PPO-inhibiting herbicides: Mechanism of action and resulting oxidative damage. *Pest Management Science*, v. 78, n. 5, p. 1833-1842, 2022.

TAIZ, L.; & ZEIGER, E. *Plant Physiology and Development*. 7. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2023.

YADAV, R.; SINGH, S.; & JHA, P. Advances in understanding crop-herbicide selectivity: The role of metabolic detoxification. *Weed Research*, v. 64, n. 1, p. 1-15, 2024.

ZIMMER, L. F.; CASSOL, D. L.; & PERIN, G. F. Selectivity of pre-emergent herbicides in different sunflower genotypes. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 21, n. 3, p. 234-242, 2022.