



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUI
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

DANIEL LIMA DE SOUSA

**HERBICIDAS DE MODO DE AÇÃO MÚLTIPLO: VANTAGENS E RISCOS NA
RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS**

URUÇUI
2025

DANIEL LIMA DE SOUSA

HERBICIDAS DE MODO DE AÇÃO MÚLTIPLO: VANTAGENS E RISCOS NA
RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em Engenharia
Agrônoma do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Uruçuí.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Magno Pereira da
Silva

URUÇUÍ

2025

HERBICIDAS DE MODO DE AÇÃO MÚLTIPLO: VANTAGENS E RISCOS NA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS

Daniel Lima De Sousa¹
Eduardo Magno Pereira da Silva²

RESUMO

A resistência de plantas daninhas a herbicidas tem se tornado um dos principais desafios para a agricultura moderna, comprometendo a eficiência do controle químico e a produtividade das culturas. Nesse contexto, os herbicidas de modo de ação múltiplo, que atuam em diferentes alvos metabólicos das plantas, apresentam-se como uma estratégia promissora para mitigar o problema da resistência. Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre os herbicidas de modo de ação múltiplo, com foco na apresentação e discussão de suas vantagens e riscos no manejo da resistência de plantas daninhas. Fundamentado em uma revisão bibliográfica, o trabalho analisou publicações recentes que abordam a eficácia desses herbicidas e as implicações de seu uso. Os resultados evidenciam que a utilização de herbicidas com múltiplos modos de ação reduz a seleção de resistência, amplia o controle sobre populações resistentes e minimiza os impactos econômicos associados às perdas agrícolas. Entretanto, o uso prolongado pode levar ao surgimento de resistência cruzada e impactos ambientais negativos. Assim, estratégias complementares, como rotação de culturas e práticas culturais integradas, são indispensáveis para potencializar os benefícios e mitigar os riscos. A adoção de um manejo integrado e o desenvolvimento de novas tecnologias são fundamentais para a sustentabilidade agrícola.

Palavras-chave: manejo integrado de plantas; eficiência no controle químico; estratégias de manejo sustentável; resistência múltipla

ABSTRACT

Weed resistance to herbicides has become one of the main challenges for modern agriculture, compromising the efficiency of chemical control and crop productivity. In this context, herbicides with multiple modes of action, which act on different metabolic targets of plants, present themselves as a promising strategy to mitigate the problem of resistance. This study aimed to carry out a literature review on multiple mode of action herbicides, focusing on evaluating their advantages and risks in managing weed resistance. Based on a bibliographical review, the work analyzed recent publications that address the effectiveness of these herbicides and the implications of their use. The results show that the use of herbicides with multiple modes of action reduces the selection of resistance, increases control over resistant populations and minimizes the economic impacts associated with agricultural losses. However, prolonged use can lead to the emergence of cross-resistance and negative environmental impacts. Therefore, complementary strategies, such as crop rotation and integrated cultural practices, are essential to maximize benefits and mitigate risks. It is concluded that the adoption of integrated

¹ Graduando em Engenharia Agrônoma. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - *campus* Uruçuí. E-mail: danielbolo5612@gmail.com .

² Docente, Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI, *campus* Uruçuí. E-mail: eduardo.silva@ifpi.edu.br

management and the development of new technologies are fundamental for agricultural sustainability.

.Keywords: integrated plant management; efficiency in chemical control; sustainable management strategies; multiple resistance

Data de aprovação: 14/01/2025

1. INTRODUÇÃO

A agricultura tem vivenciado um notável crescimento impulsionado por avanços tecnológicos que permitiram alcançar níveis elevados de produtividade. No entanto, diversos elementos podem comprometer significativamente o rendimento das culturas agrícolas. Um dos principais desafios enfrentados pela agricultura atual é o impacto negativo causado pelas plantas daninhas nas plantações, o que tem gerado grande preocupação no setor (Vasconcelos; Lima; Silva, 2012).

As plantas daninhas constituem uma ameaça significativa à produtividade agrícola, competindo com as culturas por nutrientes, água e luz solar. O controle dessas espécies indesejadas por meio de herbicidas é uma prática amplamente adotada. Contudo, o uso indiscriminado de herbicidas pode gerar impactos ambientais adversos e promover o desenvolvimento de resistência nas plantas daninhas. Diante disso, a busca por métodos de manejo mais eficientes e sustentáveis torna-se indispensável. (Campos *et al.*, 2023).

Os herbicidas são substâncias químicas ou agentes biológicos que têm a capacidade de matar ou impedir o desenvolvimento de determinadas espécies. (Souza *et al.*, 2022). Dessa forma, segundo Correia e Streck (2023) a resistência de plantas daninhas a herbicidas é um desafio significativo na agricultura, tanto no Brasil quanto em outras nações. Todavia, é importante diferenciar tolerância e resistência de plantas daninhas, que é muito confundido no campo.

A resistência e a tolerância de plantas daninhas a herbicidas são fenômenos genéticos resultantes de mutações espontâneas ou induzidas, além de recombinação genética. A resistência é definida pela capacidade de um biótipo vegetal sobreviver e se desenvolver após a aplicação de um herbicida na dose comercial recomendada (normalmente eficaz para controlar a população dessa espécie de planta), sem apresentar sintomas ou apenas com sintomas leves, que não prejudicam significativamente seu crescimento ou desenvolvimento (Marchi *et al.*, 2022).

A tolerância, por sua vez, refere-se à capacidade de algumas plantas suportarem as doses recomendadas de herbicidas, manifestando sintomas de citotoxicidade moderados a severos, o que resulta em prejuízos para seu crescimento e/ou desenvolvimento (Correia; Streck, 2023). Nesse contexto, de acordo com Dias (2020) os herbicidas de modo de ação múltiplo surgem como uma alternativa promissora, atuando em diferentes alvos moleculares das plantas daninhas e oferecendo maior eficiência no controle, além de retardar o desenvolvimento da resistência. Entretanto, é crucial utilizar os herbicidas com cautela, já que as plantas podem reagir de maneira distinta, com algumas sendo sensíveis e outras resistentes, o que restringe as opções de aplicação. Além disso, o uso excessivo pode levar à dependência desse único método por parte dos produtores, reduzindo sua eficácia a longo prazo no campo (RODRIGUES NETO *et al.*, 2019).

O surgimento de populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas é uma preocupação crescente na agricultura, levando a perdas significativas de produtividade e aumento nos custos de produção. O uso de herbicidas de modo de ação múltiplo apresenta uma estratégia promissora para lidar com essa questão, já que sua ação em múltiplos alvos reduz a pressão de seleção para resistência. A utilização de herbicidas tem se destacado como uma ferramenta importante no combate às plantas daninhas, especialmente diante do crescente problema da resistência dessas espécies a herbicidas tradicionais (Kroth, 2022). Nos últimos anos, segundo Netto *et al.* (2019) a agricultura mundial tem enfrentado desafios significativos com a proliferação de plantas daninhas cada vez mais resistentes, comprometendo a produtividade agrícola e aumentando os custos para os produtores. Nesse contexto, investigar os herbicidas de modo de ação múltiplo contribui para identificar suas vantagens e mitigar os riscos associados, como a potencial seleção de resistência cruzada.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre os herbicidas de modo de ação múltiplo, com foco na avaliação de suas vantagens e riscos no manejo integrado da resistência de plantas daninhas.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica sistemática sobre o uso de herbicidas de modo de ação múltiplo no controle de plantas daninhas, avaliando seus benefícios e os riscos de desenvolvimento de resistência. Foram incluídos estudos relevantes

que trataram de estratégias de manejo, eficácia no controle de resistência, e os impactos ambientais e econômicos desses herbicidas.

A seleção de materiais abrangeu artigos científicos, dissertações e teses disponíveis nas principais bases de dados, como *Web of Science*, *Science Direct*, SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), Google Acadêmico e Periódicos da CAPES. Também foram incluídas teses e dissertações da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

Foram definidos critérios de inclusão rigorosos, priorizando estudos publicados nos últimos 10 anos (2014-2024), para garantir a atualidade das informações. Estudos mais antigos foram considerados apenas quando relacionados a conceitos fundamentais sobre herbicidas e resistência de plantas daninhas, que constituem a base científica do tema. A seleção dos artigos foi feita com base na relevância do conteúdo e sua abordagem do tema manejo de plantas daninhas no campo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Impactos das plantas daninhas na produção agrícola brasileira

Desde os primórdios da agricultura, quando os seres humanos começaram a cultivar plantas próximas às suas moradias, surgiram as chamadas plantas indesejáveis, infestantes ou daninhas. Segundo Adegas, Silva e Concenção (2022), essas plantas são definidas como espécies sem valor econômico ou que competem com o ser humano pelo solo, crescendo em locais onde não são desejadas. De forma simplificada, uma planta é considerada daninha quando prejudica, direta ou indiretamente, alguma atividade humana.

De acordo com Mendes e Silva (2023), as plantas daninhas podem ser classificadas de diversas maneiras: pelo ciclo de vida (anuais, bienais ou perenes), pela morfologia (gramíneas, folhas largas) ou pelo habitat preferencial (aquáticas ou terrestres). Martins e Andreani Junior (2023) destacam que essas espécies invasoras causam impactos econômicos expressivos, exigindo maior esforço e investimentos em herbicidas para seu controle. Além disso, muitas delas podem hospedar pragas e doenças prejudiciais às culturas agrícolas, dificultar o uso de maquinário e aumentar os custos de produção. O uso intensivo de herbicidas, embora necessário, pode levar à contaminação do solo e das águas, além de contribuir para o desenvolvimento da resistência das plantas daninhas, complicando ainda mais o controle (SOUZA et al., 2022).

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas acarreta diversos impactos negativos na produção agrícola, como o aumento nos custos de controle e a redução da produtividade

devido à competição com essas espécies invasoras. No Brasil, especificamente no cultivo de soja, estima-se que os gastos anuais associados à resistência das plantas daninhas alcancem cerca de R\$ 4.918.820.000,00. Quando consideradas as perdas potenciais na produção devido à competição, esse valor pode ultrapassar R\$ 9 bilhões por ano (ADEGAS et al., 2019).

3.2 Uso de herbicidas na agricultura brasileira

A aplicação de herbicidas é amplamente utilizada no combate às plantas daninhas, contribuindo significativamente para o aumento da produtividade agrícola. Contudo, seu uso intensivo tem gerado preocupações relacionadas à saúde humana e ao meio ambiente. Diversos estudos realizados no Brasil têm abordado essas questões, fornecendo uma visão abrangente sobre os efeitos e desafios associados aos herbicidas.

Sousa et al. (2020) destacam o aumento expressivo da produção científica sobre agrotóxicos, especialmente herbicidas, no Brasil. A análise cienciométrica conduzida pelo estudo aponta os impactos ambientais e à saúde humana decorrentes do uso desses produtos, com destaque para a contaminação de recursos hídricos e os riscos à saúde de trabalhadores rurais e da população em geral. Além disso, identificaram-se lacunas na pesquisa sobre práticas sustentáveis e alternativas ao uso intensivo de herbicidas, bem como sobre seus efeitos a longo prazo no meio ambiente.

Monquero e Silva (2021) aprofundam a análise ao investigar o comportamento dos herbicidas no ambiente, incluindo processos como degradação, persistência e movimentação no solo e na água. Esses fatores são essenciais para avaliar os riscos ambientais associados ao uso de herbicidas, uma vez que compostos de longa persistência podem contaminar lençóis freáticos e comprometer ecossistemas aquáticos. O estudo reforça a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis e de um manejo adequado desses produtos.

O impacto dos herbicidas na saúde humana é abordado por Siqueira e Bressiani (2023), com foco no glifosato, um dos compostos mais utilizados no Brasil. A revisão revela que a exposição prolongada ao glifosato está associada a problemas de saúde como doenças crônicas, respiratórias e aumento do risco de câncer. Os autores ressaltam a urgência de maior regulamentação e fiscalização no uso desse herbicida, além da adoção de medidas preventivas para proteger os trabalhadores rurais.

Comparando o Brasil com a União Europeia, Horn, Mesquita e Lourega (2021) evidenciam diferenças significativas nas políticas de regulamentação e controle de herbicidas. Enquanto a União Europeia adota uma abordagem mais restritiva, proibindo o uso de diversos compostos, muitos desses ainda são permitidos no Brasil. O estudo sugere que a adoção de

políticas mais rigorosas e uma fiscalização mais eficiente no Brasil poderiam minimizar os impactos ambientais e à saúde pública.

Por fim, Mendes et al. (2019) analisam as principais classificações de agrotóxicos utilizados na agricultura brasileira, com ênfase nos herbicidas. O estudo discute os desafios enfrentados pelos agricultores, como a resistência de plantas daninhas e o manejo inadequado desses produtos. Os autores concluem que a redução da dependência de herbicidas químicos requer a implementação de práticas integradas de manejo de plantas daninhas, como o controle biológico e o uso de cobertura vegetal, combinadas ao uso consciente de herbicidas.

3.3 Plantas Daninhas Resistentes a Herbicidas no Brasil – Classificação HRAC

A intensificação das atividades agrícolas e o consequente aumento no uso de herbicidas têm contribuído significativamente para o surgimento e disseminação de casos de resistência de plantas daninhas a diferentes mecanismos de ação. No Brasil, esse fenômeno representa uma das principais preocupações no manejo de plantas daninhas, especialmente em culturas extensivas como soja, milho e algodão.

De acordo com Inoue e Oliveira Jr. (2011), o uso repetitivo de herbicidas com o mesmo modo de ação, em uma mesma área, aumenta a pressão de seleção sobre as populações de plantas daninhas, favorecendo a sobrevivência de biótipos resistentes. Essa situação resulta em falhas de controle, aumento dos custos de produção e maior dependência de soluções químicas alternativas.

Para auxiliar no manejo da resistência, o Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) criou uma classificação que agrupa os herbicidas de acordo com seu modo de ação. Essa categorização é essencial para orientar os produtores na escolha de estratégias de rotação e combinação de herbicidas, minimizando os riscos de seleção de resistência.

Na Tabela 1, são apresentadas as principais espécies de plantas daninhas resistentes registradas no Brasil, destacando seus respectivos grupos de ação HRAC, os herbicidas aos quais desenvolveram resistência e as regiões de maior ocorrência.

Tabela 1 – Relatório da HRAC de plantas daninhas resistentes a determinados Herbicidas.

Espécie da Planta Daninha	Grupo HRAC (Modo de Ação)	Herbicidas Resistentes	Região de Ocorrência
<i>Conyza bonariensis</i>	Grupo 9 - Inibidores da EPSPS	Glyphosate	Sul, Sudeste, Centro-Oeste
<i>Digitaria insularis</i>	Grupo 9 - Inibidores da EPSPS	Glyphosate	Brasil Central, Sul
<i>Amaranthus palmeri</i>	Grupos 2 e 9 - Inibidores da ALS e EPSPS	Glyphosate, Imazapic, Imazapyr	Mato Grosso, Goiás
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Grupo 1 - Inibidores da ACCase	Haloxifop, Clethodim	Sudeste, Sul
<i>Lolium multiflorum</i>	Grupos 1, 2 e 9	Glyphosate, Clethodim, Imazapic	RS, PR
<i>Eleusine indica</i>	Grupos 1 e 9	Glyphosate, Haloxifop	Centro-Oeste, Sudeste

Fonte: AGROFIT (2025), GAZZIERO, D.L.P (2020)

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas impacta diretamente a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Pesquisas como as de Markus et al. (2021) e Chaves Neto et al. (2019) ressaltam a importância da adoção de programas de manejo integrado de resistência, que envolvem a diversificação de modos de ação, o uso de práticas culturais e o monitoramento constante das áreas cultivadas.

Além disso, autores como Garrido e Kolb (2020) destacam que a falta de conscientização por parte dos produtores e a adoção limitada de práticas de manejo integrado são fatores que contribuem significativamente para a expansão dos casos de resistência. Assim, a capacitação técnica e o acesso à informação atualizada são fundamentais para o uso sustentável dos herbicidas no Brasil.

Devido ao aumento significativo das áreas produtivas e à eficácia dos produtos químicos, o uso de herbicidas tem crescido substancialmente nos últimos anos, consolidando-se como a principal ferramenta para o controle de plantas infestantes. Contudo, esse uso intensivo tem gerado um problema crescente: a resistência das plantas daninhas a esses produtos. O uso indiscriminado de determinados herbicidas ou de mecanismos de ação similares em uma mesma área tem promovido a seleção de plantas resistentes, o que resulta em falhas no controle das infestações (INOUE; OLIVEIRA JR., 2011).

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas tem se tornado um desafio crescente para a agricultura, com implicações significativas na eficiência das práticas de controle de plantas daninhas e no aumento dos custos de produção. Diversos estudos têm investigado essa problemática, propondo soluções e alternativas para mitigar os efeitos da resistência, com foco no uso de estratégias integradas de manejo, que envolvem tanto o controle químico quanto práticas culturais e biológicas.

De acordo com o estudo de Markus *et al.* (2021), a resistência das plantas daninhas aos herbicidas representa um obstáculo significativo para a agricultura moderna. Os autores sugerem que, para controlar efetivamente essa resistência, é necessário adotar uma abordagem integrada que combine diferentes modos de ação de herbicidas, além de práticas culturais, como a rotação de culturas e o uso de plantas de cobertura, que podem reduzir a pressão de seleção sobre as plantas daninhas resistentes. Essa abordagem integrada é reforçada por Chaves Neto *et al.* (2019), que, em sua revisão sobre a resistência das plantas daninhas, destacam que a utilização de herbicidas com múltiplos modos de ação, juntamente com o manejo cultural, é essencial para o controle de espécies resistentes.

Outro estudo importante, realizado por Melo *et al.* (2017), investigou alternativas químicas para o controle do capim-amargoso resistente ao glyphosate. Os resultados indicaram que a utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, especialmente para as culturas de milho e algodão, pode ser eficaz no controle dessa planta daninha resistente. No entanto, os autores enfatizam a importância da rotação de herbicidas para evitar o desenvolvimento de resistência e garantir a eficácia do controle no longo prazo. Essa estratégia de rotação de herbicidas também foi abordada por Silva *et al.* (2015), que, ao estudar o controle pós-emergência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, concluem que a rotação de herbicidas é uma medida necessária para evitar o desenvolvimento de resistência, garantindo a sustentabilidade das práticas agrícolas.

O impacto econômico da resistência de plantas daninhas no Brasil também foi analisado por Adegas *et al.* (2017), que afirmam que essa resistência tem causado um aumento considerável nos custos de produção, especialmente para os agricultores que dependem de herbicidas como principal forma de controle. A implementação de programas de manejo integrado, que incluam o uso de herbicidas com múltiplos modos de ação e o monitoramento constante da eficácia desses produtos, é apontada como uma solução para mitigar esses impactos econômicos.

A busca por novos herbicidas também é um tema central nos estudos sobre resistência de plantas daninhas. Garrido e Kolb (2020) ressaltam a necessidade de pesquisas contínuas para

o desenvolvimento de novos herbicidas, capazes de combater as plantas daninhas resistentes. Os autores destacam que a inovação na formulação de herbicidas, incluindo aqueles com modos de ação alternativos, é fundamental para o controle eficaz das espécies resistentes.

3.4 Herbicidas de modo de ação múltipla no manejo da resistência de plantas daninhas

O uso de herbicidas com múltiplos modos de ação é amplamente destacado na literatura como uma estratégia eficaz para o manejo da resistência de plantas daninhas, sendo tema central de diversos estudos. Essa abordagem visa mitigar os impactos da resistência, que representa um dos principais desafios à agricultura moderna, ao reduzir a seleção de populações resistentes e promover o controle sustentável.

Markus *et al.* (2021) apontam que a resistência de plantas daninhas aos herbicidas exige o uso de estratégias integradas, incluindo a utilização de herbicidas com múltiplos modos de ação. Esses produtos podem atuar em diferentes alvos bioquímicos da planta, reduzindo a probabilidade de desenvolvimento de resistência. Essa perspectiva é reforçada por Chaves Neto *et al.* (2019), que destacam a necessidade de combinar tais herbicidas com práticas culturais, como rotação de culturas e controle mecânico, para aumentar a eficácia no longo prazo.

No controle de espécies específicas, Melo *et al.* (2017) demonstraram que herbicidas com modos de ação distintos são eficazes no manejo do capim-amargoso resistente ao glyphosate, especialmente em sistemas agrícolas envolvendo milho e algodão. Resultados semelhantes foram encontrados por Barroso *et al.* (2014), que observaram que a interação entre herbicidas inibidores da ACCase e formulações de glyphosate pode melhorar o controle de plantas resistentes, mas requerem planejamento cuidadoso para evitar a evolução da resistência. Por outro lado, Garrido e Kolb (2020) destacam que, apesar da eficácia comprovada dos herbicidas de ação múltipla, a pesquisa contínua é essencial para o desenvolvimento de novos produtos que atendam às demandas crescentes de controle de espécies resistentes. Esse ponto é fundamental, considerando o impacto econômico da resistência, como avaliado por Adegás *et al.* (2017), que alertam para os altos custos associados à perda de eficácia dos herbicidas e enfatizam a importância de programas de manejo integrado.

Além disso, no contexto da cultura da cana-de-açúcar, Silva, Monquero e Munhoz (2015) reforçam a eficácia dos herbicidas no controle pós-emergência, mas destacam que a rotação de produtos é indispensável para prevenir resistência. Nery (2023), por sua vez, amplia essa discussão ao enfatizar que o manejo integrado, que inclui o uso de herbicidas de ação múltipla, é essencial para evitar a seleção de populações resistentes.

Melo et al. (2017) avaliaram alternativas químicas para o controle do capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate, utilizando herbicidas registrados para milho e algodão. Os resultados indicaram que a aplicação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação proporcionou controle satisfatório dessa planta daninha, destacando a importância da diversificação no manejo químico.

Santos et al. (2012) investigaram o efeito residual (carryover) dos herbicidas S-metolachlor e trifluralin nas culturas de feijão, milho e soja. Os autores observaram que resíduos desses herbicidas podem afetar o desenvolvimento das culturas subsequentes, ressaltando a necessidade de considerar o potencial de carryover ao selecionar herbicidas para sistemas de rotação de culturas.

Siqueira et al. (2004) discutiram as interferências no agrossistema e os riscos ambientais associados ao cultivo de plantas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. O estudo enfatiza que, embora essas tecnologias possam facilitar o manejo de plantas daninhas, é crucial avaliar os impactos ambientais e a possibilidade de seleção de biótipos resistentes, recomendando práticas de manejo integrado para mitigar esses riscos.

Constantin et al. (2007) avaliaram o efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade do algodão e a suscetibilidade da cultura em diferentes estádios de desenvolvimento. Os resultados mostraram que subdoses desse herbicida podem reduzir significativamente a produtividade do algodão, especialmente quando a exposição ocorre em estádios mais avançados de desenvolvimento, indicando a importância de evitar deriva e aplicação inadequada de herbicidas hormonais próximos a áreas de cultivo de algodão.

A integração de herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes com diferentes modos de ação é fundamental para o manejo sustentável de plantas daninhas. Por exemplo, o uso de herbicidas pré-emergentes, como o S-metolachlor, tem se tornado parte essencial de programas de manejo de plantas daninhas de difícil controle, como o capim-amargoso resistente ao glyphosate (ELEVAGRO, 2022).

3.5 Vantagens e riscos associados ao uso prolongado desses herbicidas

Quanto as vantagens e riscos do uso de herbicidas com múltiplos modos de ação no manejo da resistência de plantas daninhas, especialmente em relação à redução da seleção de resistência, os estudos analisados nesse trabalho apresentam informações importantes. Esses produtos agem simultaneamente sobre diferentes alvos bioquímicos nas plantas, dificultando a evolução de populações resistentes e contribuindo para a sustentabilidade do controle químico.

A principal vantagem do uso de herbicidas com múltiplos modos de ação é a sua capacidade de controlar uma ampla gama de espécies de plantas daninhas. Segundo Mendes e Silva (2023), a aplicação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação reduz a probabilidade de resistência, pois as plantas daninhas precisam desenvolver várias mutações para sobreviver a múltiplos modos de ação simultaneamente. Isso pode resultar em um controle mais eficaz e duradouro das plantas daninhas, especialmente quando comparado ao uso contínuo de um único herbicida. Martins e Junior (2023) destacam que, ao diversificar os métodos de controle, o manejo das plantas daninhas se torna mais robusto, minimizando o impacto de resistência nas culturas agrícolas.

Além disso, como apontado por Baccin *et al.* (2019), as novas tecnologias agrícolas, incluindo o uso de herbicidas com múltiplos modos de ação, têm o potencial de melhorar a produtividade agrícola, proporcionando uma solução eficaz para o controle das plantas daninhas. O uso de herbicidas combinados com a adoção de práticas agrícolas modernas pode ajudar a manter os altos rendimentos das culturas, essencial para a sustentabilidade econômica dos agricultores.

No contexto específico de pomares de macieira, Souza (2021) enfatiza que o controle de plantas daninhas com herbicidas é uma prática fundamental para garantir a saúde das culturas, especialmente em locais onde o uso de métodos alternativos de controle pode ser limitado. O uso estratégico de herbicidas com múltiplos modos de ação ajuda a manter os pomares livres de plantas daninhas competidoras, promovendo uma produção mais eficiente.

Embora as vantagens sejam evidentes, os riscos também devem ser considerados. O uso contínuo de herbicidas, mesmo com múltiplos modos de ação, pode resultar na seleção de plantas daninhas resistentes, o que compromete a eficácia do controle. Martins e Junior (2023) alertam para o fato de que, mesmo com a aplicação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, a pressão seletiva constante pode levar ao desenvolvimento de resistência em algumas espécies de plantas daninhas. Isso ocorre, especialmente, quando os herbicidas são utilizados de forma inadequada ou sem a rotação entre diferentes produtos.

A resistência também é um desafio discutido por Silva (2023), que em seu estudo sobre práticas de manejo no Rio Grande do Norte, destaca que os agricultores enfrentam dificuldades em controlar plantas daninhas resistentes a herbicidas. A adoção de práticas de manejo inadequadas, como a aplicação excessiva ou mal planejada de herbicidas, pode agravar o problema da resistência, comprometendo a eficácia das estratégias de controle.

Ademais, Baccin *et al.* (2019) abordam os riscos associados às novas tecnologias, como as plantas transgênicas, que podem exacerbar o problema da resistência. A utilização de

tecnologias como essas, juntamente com herbicidas de múltiplos modos de ação, pode gerar uma falsa sensação de controle, quando, na realidade, os riscos de resistência podem ser elevados se não houver uma gestão integrada e responsável.

Souza (2021) reforça a necessidade de práticas de manejo integrado em pomares de macieira, sugerindo que a dependência exclusiva de herbicidas pode aumentar os riscos de resistência. Para garantir a eficácia a longo prazo, é fundamental combinar o uso de herbicidas com outras abordagens de controle, como o manejo cultural e o controle mecânico.

Essa conclusão é reforçada por Barroso *et al.* (2014), que demonstraram que combinações de herbicidas, como inibidores da ACCase com glyphosate, podem ser altamente eficazes, embora o uso estratégico seja crucial para evitar novos casos de resistência.

Além disso, Chaves Neto *et al.* (2019) destacam que herbicidas de ação múltipla, quando integrados a práticas culturais como a rotação de culturas e o uso de cobertura vegetal, oferecem uma abordagem mais robusta no manejo integrado de plantas daninhas. A integração dessas estratégias reduz a pressão de seleção, garantindo maior durabilidade das tecnologias disponíveis.

O uso de herbicidas com múltiplos modos de ação oferece vantagens significativas no manejo da resistência de plantas daninhas, como o aumento da eficácia no controle e a redução da pressão seletiva. No entanto, é essencial que essa prática seja adotada de forma responsável, com uma gestão integrada e o uso de diversas estratégias de controle para minimizar os riscos associados à resistência.

3.6 Manejo integrado de plantas daninhas

O manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) é uma abordagem estratégica que visa controlar as ervas daninhas de maneira sustentável e eficaz, combinando diferentes métodos de controle, como os culturais, mecânicos, biológicos e químicos. Essa prática busca não apenas reduzir os custos econômicos e o impacto ambiental do uso de herbicidas, mas também prevenir a resistência das plantas daninhas, promovendo uma agricultura mais sustentável. Diversos estudos têm discutido a importância do MIPD em diferentes culturas e sistemas de produção, destacando suas vantagens e desafios.

O manejo integrado de plantas daninhas é especialmente relevante na cultura do tomate, que pode ser cultivado tanto para processamento industrial quanto para consumo in natura. Segundo Castro *et al.* (2016), a combinação de diferentes métodos de controle, como práticas culturais, mecânicas e químicas, é essencial para garantir uma boa produção de tomate, livre da

interferência das plantas daninhas. A pesquisa sugere que o MIPD deve ser planejado de forma que minimize o uso de herbicidas, prevenindo a evolução de resistência e contribuindo para a sustentabilidade econômica da produção de tomate.

Em sistemas orgânicos, o uso de herbicidas é altamente restrito, o que torna o manejo das plantas daninhas ainda mais desafiador. Costa *et al.* (2018) revisam diferentes métodos de controle que não dependem de produtos químicos, como técnicas culturais, biológicas e mecânicas. A pesquisa destaca que o sucesso do MIPD em sistemas orgânicos depende de uma combinação de práticas sustentáveis, como rotação de culturas, uso de plantas de cobertura e controle manual das plantas daninhas. Essas abordagens integradas são fundamentais para reduzir o impacto ambiental e garantir a viabilidade econômica da produção orgânica.

No Cerrado Piauiense, as condições climáticas e edáficas específicas exigem práticas de manejo adaptadas à realidade local. Pacheco *et al.* (2016) investigam como diferentes sistemas de produção influenciam o controle de plantas daninhas em culturas anuais na região. O estudo mostra que, ao combinar práticas como o uso de plantas de cobertura e o controle mecânico, os agricultores podem reduzir a pressão das plantas daninhas de maneira eficaz. A pesquisa destaca que o uso de métodos integrados é crucial para aumentar a produtividade e reduzir os custos com herbicidas.

Ronchi *et al.* (2016) discutem como a combinação de diferentes métodos, incluindo controle químico, biológico e cultural, pode ser uma estratégia eficaz no manejo integrado de plantas daninhas. O estudo enfatiza que o uso exclusivo de herbicidas não é sustentável a longo prazo devido ao risco de resistência, e que práticas como a introdução de culturas competitivas e o uso de biocontrole são essenciais para garantir a eficácia do MIPD. Além disso, o uso de técnicas culturais, como a escolha de variedades de plantas mais resistentes às plantas daninhas, também pode contribuir para o sucesso dessa abordagem.

As plantas de cobertura de verão têm se mostrado uma ferramenta eficaz no controle de plantas daninhas. Lamego *et al.* (2015) investigaram o potencial de 26 espécies de plantas de cobertura para suprimir plantas daninhas como *Raphanus spp.* e *Conyza bonariensis*. O estudo conclui que essas plantas de cobertura não apenas competem com as plantas daninhas, mas também melhoram a qualidade do solo e reduzem a necessidade de herbicidas, promovendo um manejo mais sustentável.

O manejo integrado de plantas daninhas também é essencial na cultura da cebola, onde as plantas daninhas podem comprometer o rendimento e a qualidade da colheita. Reis *et al.* (2017) detalham as práticas de manejo que combinam métodos culturais e mecânicos, como o uso de capinas e a rotação de culturas. A pesquisa destaca que o controle eficiente das plantas

daninhas na cebola depende de uma gestão integrada que considere as características específicas da cultura e do ambiente de produção.

O manejo integrado de plantas daninhas é uma prática indispensável para garantir a sustentabilidade da agricultura. Ao combinar métodos culturais, mecânicos, biológicos e químicos, o MIPD oferece soluções eficazes para o controle das plantas daninhas, prevenindo a resistência e minimizando o uso de produtos químicos. A pesquisa em diferentes culturas e sistemas de produção, como tomate, cebola e sistemas orgânicos, destaca a importância de uma abordagem integrada para enfrentar os desafios do manejo de plantas daninhas, promovendo uma agricultura mais eficiente e sustentável.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de herbicidas com múltiplos modos de ação é uma solução promissora para mitigar esse problema, ampliando o espectro de controle e reduzindo a pressão seletiva sobre as plantas daninhas. No entanto, sua eficácia depende da adoção de estratégias integradas, como a rotação de culturas, controle mecânico e rotação de herbicidas. Embora esses produtos ofereçam vantagens, o uso prolongado pode levar à resistência cruzada e impactos ambientais, destacando a necessidade de planejamento estratégico e monitoramento contínuo. A combinação de práticas culturais e químicas, aliada à pesquisa e políticas públicas, é essencial para garantir a sustentabilidade e a eficácia do controle de plantas daninhas a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; DA SILVA, A. F.; CONCENÇO, G. Controle biológico de plantas daninhas. 2022. In: **MEYER, Maurício Conrado et al. Bioinsumos na cultura da soja. Embrapa Soja: Londrina, Brazil, 2022.**
- ADEGAS, F. S. *et al.* Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. 2019. In: **Londrina: Embrapa Soja, 2017. 11p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 132).** 2019.
- ADEGAS, Fernando Stornioilo *et al.* Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. **Circular Técnica**, v. 132, p. 12, 2017.
- BACCIN, Luisa Carolina *et al.* Plantas transgênicas e novas tecnologias na agricultura. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 8, p. 78-91, 2019.
- BARROSO, A. A. M. *et al.* Interação entre herbicidas inibidores da ACCase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, v. 32, p. 619-627, 2014.
- CAMPOS, M. L DE, *et al.* “Weed Interference Periods in Cowpea Crop.” **Revista Caatinga**, 2023.
- CASTRO, Y. O. *et al.* Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do tomate para processamento industrial e para consumo in natura. 2016. **Scientific Electronic Archives**. v. 9, v. 5, 2016.
- CHAVES NETO, J. R. *et al.* Resistência de plantas daninhas a herbicidas e alternativas de controle: uma revisão. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 183-201, 2019.
- CONSTANTIN, Jamil *et al.* Efeito de subdoses de 2, 4-D na produtividade do algodão e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 24-29, 2007.
- CORREIA, N. M.; STREK, H. J. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: manejo e situação atual. 2023. In: **COSTA, L. L.; LEÃO-ARAÚJO, E. F. Tecnologia de aplicação de caldas fitossanitárias. 2. ed. Morrinhos: Instituto Federal Goiano, 2023.**
- COSTA, Neumarcio Vilanova *et al.* MÃ©todos de controle de plantas daninhas em sistemas orgÃ¢nicos: breve revisÃ£o. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 25-44, 2018.
- DIAS, M. *et al.* GestÃ£o das infestantes do arroz. **AGROTEC**, 2020.
- GARRIDO, R. M.; KOLB, R. M. A busca por novos herbicidas para plantas daninhas resistentes. **Aprendendo CiÃªncia (ISSN 2237-8766)**, v. 9, n. 1, p. 47-49, 2020.

HORN, T. K.; MESQUITA, M. O.; LOUREGA, R. V. O uso dos herbicidas no Brasil: estudo comparativo com a União Europeia. In: **Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis (6.: 2021:[Online]). Anais: volume 1: artigos publicados como resumos. Toledo, PR: GFM, 2021., 2021.**

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR., R. S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (ed.) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 193-214.

KROTH, W. A. E. AÇÕES DE ACOMPANHAMENTO E COMBATE AOS PREJUÍZOS CAUSADOS POR PLANTAS DANINHAS. In: **Salão de Extensão (23.: 2022: Porto Alegre, RS). Caderno de resumos. Porto Alegre: UFRGS/PROEXT, 2022., 2022.**

LAMEGO, Fabiane Pinto *et al.* Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.

MARCHI, S. R. , RICARDO F MARQUES, PRÍSSILA P DOS S ARAUJO, IIGNER T D SILVA , and DAGOBERTO MARTINS. 2022. "Weed Interference in Marandu Palisade Grass Pastures under Renewal or Maintenance Conditions." **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2022,

MARKUS, C. *et al.* Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Matologia: Estudos sobre plantas daninhas**. Editora Fábrica da Palavra, Jaboticabal, p. 324-364, 2021.

MARTINS, Jean Marcos De Moraes; JUNIOR, Roberto Andreani. Impactos das plantas daninhas nas culturas agrícolas e seus métodos de controle. **Revista VIDA: Exatas e Ciências da Terra (VIECIT)**, v. 1, n. 2, p. 34-54, 2023.

MELO, M. S. Cabral *et al.* Alternativas de controle químico do capim-amargoso resistente ao glyphosate, com herbicidas registrados para as culturas de milho e algodão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 3, p. 206-215, 2017.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A. **Plantas daninhas: herbicidas**. Oficina de Textos, 2023.

MENDES, C. R. A. *et al.* Agrotóxicos: principais classificações utilizadas na agricultura brasileira-uma revisão de literatura. **Revista Maestria**, n. 17, p. 95-107, 2019.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V. Comportamento de herbicidas no ambiente. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**, p. 253-294, 2021.

NERY, E. D. DIFERENTES HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 1, p. 777-794, 2023.

PACHECO, L. P. *et al.* Sistemas de produção no controle de plantas daninhas em culturas anuais no Cerrado Piauiense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 500-508, 2016.

REIS, M. R.; MELO, C. A. D.; ASSIS, A. C. L. P. Manejo integrado de plantas daninhas em cebola. **Cebola: do plantio a colheita**. Editora UFV, Viçosa, Brazil, p. 179-200, 2017.

RODRIGUES NETO, A. D. *et al.* Otimização da atividade de herbicidas com diferentes adjuvantes na fitotoxicidade de *Digitaria insularis* no estágio de florescimento. In: **Colloquium Agrariae**. 2019.

RONCHI, C. P.; CARVALHO, F. P.; SILVA, A. A. Manejo Integrado de plantas daninhas. **Romário Gava Ferrão; Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca; Maria Amélia Gava Ferrão**, p. 383-394, 2016.

SANTOS, Gizelly *et al.* Carryover proporcionado pelos herbicidas S-metolachlor e trifluralin nas culturas de feijão, milho e soja. **Planta daninha**, v. 30, p. 827-834, 2012.

SILVA, J. L. **Práticas de manejo associadas a resistência de plantas daninhas a herbicidas em propriedades nos municípios do Rio Grande do Norte**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A.; MUNHOZ, W. S. Controle em pós-emergência de plantas daninhas por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 21-32, 2015.

SIQUEIRA, B. B.; BRESSIANI, T. S. C. O uso de agrotóxicos e os impactos na saúde do trabalhador rural: uma revisão sobre o herbicida glifosato. **Vértices (Campos dos Goitacazes)**, v. 25, n. 2, p. 1-18, 2023.

SIQUEIRA, J. O. *et al.* Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 21, n. 1, p. 11-81, 2004.

SOUZA, A. P. S. *et al.* EXPOSIÇÃO DE HERBICIDAS NA SAÚDE HUMANA: UMA REVISÃO LITERÁRIA. **Revista Higei@-Revista Científica de Saúde**, v. 4, n. 7, 2022.

SOUZA, Z. S. Manejo e controle de plantas daninhas em pomares de macieira. **Boletim Técnico**, v. 202, 2021.

SOUSA, A. D. M. *et al.* Os impactos do uso de agrotóxicos no Brasil: uma análise cienciométrica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

VASCONCELOS, M.C.C.; DA SILVA, A.F.A.; LIMA, R.S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 21 ago. 2012.

GAZZIERO, D.L.P. Evolução da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil. **Planta Daninha**, v.38, e020220021, 2020.

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**, 2025.