



Impactos das plantas daninhas nas culturas agrícolas e seus métodos de controle

Impacts of weed plants on agricultural crops and their control methods

RESUMO

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. Essas plantas são de grande relevância devido aos impactos diretos e indiretos que causam nas culturas. Diante do cenário global de aumento populacional, mudanças climáticas, demanda crescente por alimentos, bem como o aumento da resistência de plantas daninhas a herbicidas e as preocupações crescentes com o uso excessivo de produtos químicos, torna-se fundamental compreender em profundidade os impactos dessas plantas nas culturas agrícolas e investigar as melhores estratégias de controle para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola. O presente trabalho teve como objetivo principal realizar uma revisão de literatura sobre os principais impactos das plantas daninhas nas culturas agrícolas, bem como a eficácia dos diferentes métodos de controle utilizados. Foram realizados levantamentos de caráter bibliográfico sobre o tema, utilizando bases de dados científicas reconhecidas como SCIELO (*Scientific Electronic Library Online*) e google acadêmico. A pesquisa levou em consideração artigos científicos, dissertações, teses, monografias e livros publicados. A competição por recursos essenciais, como nutrientes, água e luz, mostrou-se como um dos fatores dominantes na redução do crescimento e desenvolvimento das culturas, comprometendo a produtividade no campo. No âmbito dos métodos de controle, ficou evidente que a abordagem mais eficaz não se restringe a uma única técnica isolada, mas sim a uma combinação de estratégias integradas.

Palavras-chave: Plantas daninhas; Impactos; Agricultura. Métodos de controle.

ABSTRACT

One of the main challenges faced by current agriculture is the negative impact caused by weeds on plantations, which has generated great concern in the sector. These plants are of great relevance due to the direct and indirect impacts they cause on crops. Given the global scenario of population growth, climate change, growing demand for food, as well as the increase in resistance of weeds to herbicides and growing concerns about the excessive use of chemicals, it is essential to understand in depth the impacts of these plants in agricultural crops and investigate the best control strategies to ensure food security and agricultural sustainability. The main objective of this work was to carry out a literature review on the main impacts of weeds on agricultural crops, as well as the effectiveness of the different control methods used. Bibliographic surveys were carried out on the topic, using recognized scientific databases such as SCIELO (Scientific Electronic Library Online) and Google Scholar. The research took into account scientific articles, dissertations, theses, monographs and books published. Competition for essential resources, such as nutrients, water and light, proved to be one of the dominant factors in reducing the growth and development of crops, compromising productivity in the field. In terms of control methods, it became clear that the most effective approach is not restricted to a single isolated technique, but rather to a combination of integrated strategies.

Keywords: Weeds; Impacts; Agriculture; Control methods.

J. M. M. Martins

<https://orcid.org/0009-0000-6724-7372>

Universidade Brasil, Fernandópolis, São Paulo, Brasil

R. Andreani Junior *

<https://orcid.org/0000-0002-0290-3356>

Universidade Brasil, Fernandópolis, São Paulo, Brasil

*Autor correspondente



1 Introdução

Nos últimos anos, 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).

Segundo Kubiak et al. (2022), satisfazer as necessidades nutricionais de uma sociedade global em desenvolvimento dinâmico é um grande desafio. Apesar da modernização da agricultura, ocorrem anualmente enormes perdas na qualidade e quantidade das culturas, principalmente devido às espécies de ervas daninhas, que constituem a limitação biótica mais importante à produção agrícola.

Essas plantas são de grande relevância devido aos impactos diretos que causam nas culturas, incluindo interferência por meio de competição e alelopatia, resultando em perda de rendimento. Além disso, acarretam efeitos indiretos, como o aumento dos custos de produção, dificuldades na colheita, redução da qualidade do produto e a propensão a abrigar pragas e doenças. A estimativa das perdas decorrentes das plantas daninhas pode chegar a 90% quando não é realizado nenhum controle, sendo de 13 a 15% na produção de grão (EMBRAPA, 2018).

Diante do cenário global de aumento populacional, mudanças climáticas, demanda crescente por alimentos, bem como o aumento da resistência de plantas daninhas a herbicidas e as preocupações crescentes com o uso excessivo de produtos químicos, torna-se fundamental compreender em profundidade os impactos dessas plantas nas culturas agrícolas e investigar as melhores estratégias de controle para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola.

O presente trabalho teve como objetivo principal realizar uma revisão de literatura sobre os principais impactos das plantas daninhas nas culturas agrícolas, bem como a eficácia dos diferentes métodos de controle utilizados.

2 Estado da Arte do Assunto

2.1. Características e Classificação das plantas daninhas

O conceito introdutivo de plantas daninhas surgiu há muito tempo, quando se iniciava a agricultura, selecionando-se plantas como úteis para cultivo, daquelas consideradas inúteis ou invasoras (EMBRAPA, 2018).



Hoje em dia, pode-se conceituar plantas daninhas como qualquer espécie de planta que surge naturalmente em uma área de atividade humana causando danos a essa atividade. Essas plantas podem ser subdivididas em plantas daninhas comuns e verdadeiras. Espécies cultivadas que crescem naturalmente junto com outras culturas desejadas são consideradas plantas daninhas comuns, enquanto espécies que crescem naturalmente entre uma cultura desejada e possuem características especiais que permite sua sobrevivência, são denominadas plantas daninhas verdadeiras (CARVALHO, 2013).

Essas plantas têm uma grande capacidade de crescer e se desenvolver em condições adversas, como ambientes secos ou úmidos, com temperaturas baixas ou altas e vários tipos de solo. Elas produzem muitas sementes viáveis, e de diversas maneiras de se dispersar, além de possuir mecanismos de resistência a pragas e doenças (EMBRAPA, 2018).

As plantas daninhas são encontradas principalmente em áreas em que a vegetação natural foi removida. Em comunidades estabelecidas, essas plantas têm pouca capacidade de competir por recursos, como nutrientes, água, luz e espaço. Ao longo do tempo, essas espécies desenvolveram características de agressividade que possibilitaram sua sobrevivência em diversos tipos de ambientes, dificultando assim seu controle (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

Segundo Brighenti e Oliveira (2011), dentre as principais características de sobrevivência das plantas daninhas destacam-se: a sua habilidade competitiva (competição por recursos como nutrientes, água, espaço e luz), a capacidade de produção de propágulos (sementes, bulbos, estolões e rizomas), a desuniformidade do processo germinativo, a capacidade de germinar e emergir em grandes profundidades, a viabilidade dos propágulos em condições desfavoráveis, os mecanismos alternativos de reprodução (tanto por semente quanto vegetativamente), a facilidade de disseminação dos propágulos (água, vento, animais etc.), e por fim o crescimento e desenvolvimento inicial (ocupação rápida do ecossistema agrícola).

As plantas daninhas podem ser classificadas de diferentes formas, sendo essa, uma ferramenta relevante para a escolha da melhor estratégia de controle. De acordo com Carvalho (2013), elas podem ser classificadas quanto:

a) Grupo de plantas: folhas largas ou folhas estreitas.

b) Habitat: terrestres, aquáticas ou indiferentes (desenvolve-se tanto no solo como na água), as plantas terrestres ainda podem ser classificadas como de baixada, enquanto as aquáticas podem ser classificadas ainda como marginais, emergentes, flutuantes livres, flutuantes ancoradas, submersas livres e submersas ancoradas.



- c) Hábito de crescimento: herbáceas, arbustivas e subarbustivas, arbóreas, trepadeiras, parasitas, epífitas e hemiepífitas.
- d) Ciclo de vida: anuais, bianuais e perenes.
- e) Taxonômica: baseado no agrupamento de plantas com características semelhantes.

2.2 Características de agressividade das plantas daninhas

As plantas daninhas possuem características de agressividade com capacidade de estabelecer-se e proliferar em um determinado local, se tornando dominantes. Essas características são resultado da seleção feita pelo ser humano ao longo dos anos, principalmente na agricultura, dentre essas características pode-se destacar segundo Carvalho (2013) e Mohler; Teasdale; Di Tommaso (2021):

- a) Produção de grande quantidade de sementes em diversas condições ambientais;
- b) Mecanismos de dispersão de curta e longa distância;
- c) Dormência das sementes;
- d) Longevidade das sementes;
- e) Capacidade de germinação em diferentes ambientes;
- f) Produção contínua de sementes por longo período;
- g) Variação na germinação, florescimento, frutificação e brotação de gemas;
- h) Crescimento vegetativo e florescimento rápido;
- i) Produção alternativas de estruturas reprodutivas;
- j) Plantas autocompatíveis;
- k) Agentes de polinização não específica;
- l) Utilização de processos especiais de competição pela sobrevivência, como alelopatia e hábito trepador.
- m) Se perene, reprodução vegetativa ou regeneração de fragmentos vigorosa;
- n) Se perene, fragilidade na região do colo, dificultando o arranquio total.

Quanto mais dessas características a planta apresentar maior será seu grau de agressividade e conseqüentemente mais difícil será seu controle. (CARVALHO, 2013).

As plantas daninhas têm um impacto negativo na agricultura, principalmente através da competição com culturas desejadas por recursos limitados no ambiente, tais como água, luz, espaço e nutrientes. Além disso, certas espécies de plantas invasoras podem interferir na planta cultivada por meio de alelopatia. A presença dessas plantas também afeta a qualidade dos produtos agrícolas, resultando em um aumento dos custos de produção e redução da produtividade das colheitas que



consequentemente acarreta danos econômicos significativos. Em casos severos, a presença de plantas daninhas de difícil controle podem levar a desvalorização da terra agrícola (RODRIGUES, 2016).

Essas plantas podem também desempenhar um papel importante como hospedeiras de pragas e doenças, funcionando como abrigo ou alimento para pulgões e ácaros, por exemplo. Além disso, vírus, bactérias e fungos também podem ser disseminados de plantas daninhas infectadas para plantas cultivadas, afetando significativamente o rendimento da produção. Segundo Carvalho (2013), plantas como guanxumas (*Sida* spp.), são hospedeiras de pulgões e moscas-brancas, que por sua vez são vetores do mosaico dourado em culturas como, soja, algodão e feijão, por exemplo. Além disso, plantas como o amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), são hospedeiras do vírus do mosaico anão, bem como, as guanxumas citadas anteriormente são atacadas pelo vírus do mosaico crespo.

Outro obstáculo potencial tange aos nematoides, as plantas daninhas funcionam como abrigo para os mesmos quando não há culturas agrícolas presentes na área, dessa forma, sustenta-se a sobrevivência dos nematoides durante os períodos entre colheitas, bem como, sua infestação para a próxima safra. Todo esse processo contribui para o aumento e manutenção desses seres na área, dificultando posteriormente o controle desses organismos indesejados (RAMOS et al., 2019).

As plantas daninhas também acarretam prejuízos em relação ao manejo e perda de água, daninhas aquáticas como o aguapé (*Eichornia crassipes*), por exemplo, causam consumo elevado de oxigênio bem como perda de água devido sua alta evapotranspiração, podendo resultar em mortandade de peixes e diminuição dos níveis de água. Outra espécie importante no ambiente aquático é a taboa (*Typha angustifolia*), que juntamente com outras plantas, limita as dimensões dos corpos d'água, causando problemas no seu uso. Daninhas aquáticas também podem afetar o fornecimento de energia, pois podem obstruir grades e danificar turbinas de usinas hidroelétricas (CARVALHO, 2013).

As daninhas também acarretam efeitos deletérios para a saúde humana, podendo causar intoxicação, reações alérgicas e problemas de pele. Servem também de alojamentos para animais peçonhentos, expondo perigos durante o manejo. Essas plantas também podem influenciar o sabor do leite, quando ingeridas por animais em lactação. Nas pastagens, essas plantas reduzem a capacidade de alimentação do rebanho, e algumas espécies podem ferir ou até causar a morte de animais (RODRIGUES, 2016).

2.3 Métodos de controle de plantas daninhas

Existem vários métodos utilizados na atualidade para o controle das plantas daninhas na agricultura, e a escolha do método mais adequado dependerá de diversos fatores como a



características das plantas, do ambiente, das práticas agrícolas adotadas etc. Dessa forma é importante sempre integrar as formas de manejo visando uma maior economia e eficiência (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

Para elaborar uma estratégia de manejo adequada é importante compreender como as plantas daninhas podem competir por recursos em relação a cultura. Além disso, é essencial considerar os possíveis efeitos deletérios que essas plantas podem acarretar na qualidade do produto colhido, além de seus danos indiretos, como abrigo de pragas e doenças. O manejo deve ser realizado de forma sustentável, com a integração dos métodos, priorizando a competitividade da cultura, a qualidade do produto, o meio ambiente e a saúde (STACK, 2010; OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

2.3.1 Controle preventivo

Esse controle visa evitar a introdução, o estabelecimento e a disseminação de plantas daninhas, especialmente em áreas não infestadas. Isso é de extrema importância para espécies resistentes, já que sua introdução aumenta significativamente os custos de controle e pode levar à perda de produtividade. Pode-se enfatizar como exemplos de medidas preventivas no manejo de plantas daninhas, principalmente: o uso de sementes certificadas, evitar o trânsito de animais de áreas infestadas, realizar limpeza de máquinas e implementos agrícolas após o trabalho em áreas com plantas indesejáveis, controlar essas espécies em canais, margens de lavouras e caminhos, dentre outras alternativas. Para isso, é indispensável identificar as características dessas espécies de plantas para um controle efetivo (AGOSTINETTO et al., 2015).

Dessa forma, vale ressaltar que a falta desses cuidados imprescindíveis citados anteriormente colabora para a ampla e intensa disseminação dessas plantas indesejáveis em áreas de interesse agrícola. Segundo Albrecht et al. (2021), muitas plantas daninhas encontradas no Brasil no âmbito atual foram introduzidas de outros países, como a tiririca (*Cyperus rotundus L.*), a grama-seda (*Cynodon dactylon (L.) Pers.*), e o capim braquiária (*Urochloa decumbens (Stapf)*). Essas plantas se disseminaram amplamente e atualmente causam interferências significativas em diversas áreas produtivas. Isso corrobora o impacto negativo resultante da falta de adoção de métodos preventivos. Desse modo, a agricultura deve seguir o princípio da precaução a fim de priorizar a prevenção e evitar prejuízos econômicos.

Caminhos promissores para pesquisa básica e aplicada no manejo preventivo de ervas daninhas incluem: conseguir aumentar a mortalidade e limitar a dispersão de sementes e propágulos, estruturar as operações agrícolas no tempo e no espaço para maximizar o impacto preventivo e analisar o funcionamento dos sistemas existentes de manejo preventivo de ervas daninhas. A agricultura



produtiva necessita do apoio de um grande esforço de investigação para melhorar a gestão preventiva de ervas daninhas (JORDAN, 1996).

2.3.2 Controle cultural

O controle cultural consiste em usar qualquer condição ambiental ou prática e manejo que promova o crescimento da cultura (AGOSTINETTO et al., 2015). Esse método de controle envolve a utilização de práticas convencionais que quando bem gerenciadas apresentam menor problemas relacionados a plantas daninhas. A rotação de culturas se mostra como uma das práticas mais positivas desse sistema, ela promove a diversificação do ambiente, evitando o favorecimento de determinadas espécies invasoras que se beneficia da monocultura, impedindo o aumento dessas plantas problemáticas de difícil controle. Além disso, métodos como integração Lavoura-Pecuária, consórcios de cultivos, épocas de semeadura e arranjo espacial de plantas, assim como adubação adequada e profundidade de semeadura, além da cobertura do solo na entressafra, são altamente eficientes em erradicar diversas espécies de plantas daninhas (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

Os métodos culturais não necessariamente fornecem um controle efetivo das plantas daninhas, mas ajudam na sua supressão, proporcionando uma vantagem competitiva para as culturas agrícolas na captura de luz, umidade, nutrientes e espaço. A implementação de métodos culturais apropriados pode reduzir a densidade das plantas daninhas, a sua competição com as culturas, o número de aplicações de herbicidas, mitigar a sua resistência, reduzir a pressão de seleção, e contribuir para o seu manejo integrado (KHAREL; DEVKOTA; MACDONALD, 2021).

Pesquisas recentes reforçam a ideia do controle efetivo das plantas daninhas utilizando métodos de manejo cultural. Estudos realizados por Borges et al. (2014), demonstram que o uso de plantas de cobertura possibilitou uma diminuição da infestação de daninhas na cultura da soja, plantas utilizadas como cobertura de solo, como *U. ruziziensis* e *S. sudanense*, demonstrou ser eficiente na eliminação das plantas daninhas, independentemente da densidade de semeadura.

As práticas culturais favorecem o crescimento rápido e vigoroso das culturas agrícolas, impactando negativamente o desenvolvimento dessas plantas. Dessa forma, é de extrema importância selecionar a cultura de interesse comercial mais adequada para as condições de solo e clima da área, visando obter vantagens sobre as plantas infestantes (AGOSTINETTO et al., 2015).

2.3.3 Controle manual e mecânico

O controle mecânico consiste em uma importante ferramenta na erradicação de plantas daninhas, utilizando-se de métodos mecânicos ou manuais para remover ou reduzir a presença de



plantas indesejadas em um determinado ambiente. De acordo com Albrecht et al. (2021), nesse método destacam-se técnicas como:

- Arranquio ou monda: consiste em remover de forma manual as plantas daninhas presentes na área, contudo, essa técnica possui uma eficiência operacional baixa e é relativamente cara;

- Capina manual: consiste no arranquio das plantas daninhas com auxílio de instrumentos como a enxada. Possui um rendimento operacional melhor em comparação com o arranquio, porém também é um método caro e com baixa eficiência. Muitas vezes é utilizado como complemento ao controle cultural ou como método adicional em cultivos com uso de herbicidas;

- Roçada manual: prática que consiste em cortar as plantas daninhas geralmente com auxílio de uma foice, tendo como objetivo principal diminuir a competição das daninhas com as culturas, contudo essa técnica ainda apresenta limitações;

- Métodos mecânicos: técnicas que envolvem o uso de implementos tracionados por animais ou tratores, tem como objetivo o controle de plantas daninhas, bem como o revolvimento do solo. Podem ser divididos em implementos de baixo revolvimento (como roçadeiras, rolo-faca e enxada rotativa), e implementos de alto revolvimento (como grade, arado de disco, arado de aiveca e subsoladores). Apresenta vantagens de economia, eficiência e rapidez em relação aos métodos manuais.

O controle mecânico apresenta vantagens importantes, dentre das quais pode-se citar a economia em relação ao controle químico, o aumento da aeração do solo e da infiltração de água; além da diminuição de contaminação ambiental (HUSSAIN et al., 2018). Porém, também apresenta algumas desvantagens, como o não controle das plantas daninhas nas linhas de plantio, a redução do estande de plantas, a dificuldade de controle em períodos chuvosos, além de poder danificar o sistema radicular das culturas e favorecer processos erosivos na área (RODENBURG; JOHNSON, 2009; ABBAS et alii, 2018). É importante ressaltar que esse método requer planejamento adequado para evitar a competição entre a cultura e as plantas daninhas, além disso, a eficácia desse método pode variar consideravelmente, especialmente para espécies que possuem enraizamento fácil e múltiplas emergências. Para plantas anuais e bianuais esse controle se mostra mais eficiente, enquanto a eficácia é comprometida quando se trata de plantas daninhas perenes, que possuem um sistema radicular mais profundo (AGOSTINETTO et al., 2015).

2.3.4 Controle físico

O controle físico no controle das plantas daninhas (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018; GIRARDELI, 2019), consiste na utilização de métodos como cobertura morta, solarização, fogo, inundação, dragagem, drenagem e eletricidade (corrente elétrica e micro-ondas).



Os restos culturais sobre o solo, funcionam como uma barreira física na emergência dessas plantas, impedindo sua germinação. Já a técnica de solarização envolve o uso de coberturas plásticas com o objetivo de aquecer o solo através da radiação solar, resultando na morte das plantas daninhas devido ao calor excessivo. Para utilizar-se desse método, é necessário clima quente, úmido e com alta intensidade de radiação solar, bem como dias longos. (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

O fogo é utilizado como fonte de calor para destruir as células dessas plantas, resultando em sua morte. Uma maneira comum de se utilizar o fogo em áreas agrícolas é por meio de lança-chamas, que podem ser portáteis ou acoplados a tratores. As chamas devem ser direcionadas as daninhas para evitar danos a cultura (FONTES et al., 2003).

A inundação é o método em que se utiliza a água como fonte para a eliminação das plantas daninhas, normalmente essa alternativa é empregada em culturas inundadas como o arroz irrigado. Nesse método ocorre limitação de fornecimento de oxigênio, acarretando a morte dessas plantas (CARVALHO, 2013).

Em áreas com baixo fluxo de água podem ocorrer acúmulo de lodo, que tem potencial de favorecer o desenvolvimento de certas espécies semiaquáticas, dessa forma a dragagem é recomendada como um método eficiente, pois remove o acúmulo desse material. Já a drenagem é utilizada para eliminação das plantas daninhas aquáticas, ao drenar o ambiente, essas plantas não conseguem se desenvolver, levando-as a morte (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

Por fim, a eletricidade também funciona como um método eficaz na eliminação das plantas daninhas, neste caso, ocorre descargas elétricas ocasionando uma alteração na fisiologia dessas plantas, resultando no murchamento e morte em um curto período (BRIGHENTI; BRIGHENTI, 2009).

2.3.5 Controle biológico

Apesar de ser pouco utilizado, outro método para o combate de plantas daninhas consiste no controle biológico, no qual, envolve o uso de organismos vivos ou substâncias produzidas por eles. Atualmente, essa alternativa desperta grande interesse entre os pesquisadores, que têm se concentrado em fungos e insetos. Os fungos têm a capacidade de causar doenças nas plantas, interrompendo seu crescimento ou levando-as à morte. Entre os produtos comercializados nos Estados Unidos a base de fungos, tem-se como exemplo, o bioherbicida Collego (MENARIA, 2007), mais tarde denominado de LockDown (BAILEY, 2014), no controle do angiquinho (*Aeschynomene denticulata*); o produto BioMal, contendo esporos de *Colletotrichum gloeosporioides*, no controle da malva (*Malva pusilla*) (PMRA, 2006), e *C. gloeosporioides* f.sp. *aeschynomene*, no controle da ervilhaca (*Aeschynomene*



virginica). Outro exemplo é o Sarritor, contendo esporos do fungo *Sclerotinia minor* no controle do trevo branco (*Trifolium repens*), do dente-de-leão (*Taraxacum officinale*), e da bananeira de folha larga (*Plantago major*), em gramados (PMRA, 2010).

Entre as bactérias utilizadas no controle de plantas daninhas destaca-se a *Xanthomonas campestris*, no controle da grama azul (*Poa annua*), sendo utilizada em um produto comercial de nome Camperico (IMAIZUMI et al., 1997; TATENO, 2000). Segundo Boyette e Hoagland (2015), uma cepa isolada de *X. campestris* apresentou propriedades contra a buva (*Conyza canadensis*). Outro destaque fica para a *Pseudomonas fluorescens*, que foi reconhecida por ter uma atividade inibitória na erva daninha capim rabo-de-raposa (*Setaria viridis*) (QUAIL et al., 2002; CALDWELL et al., 2012).

Os vírus, em alguns casos, podem ser agentes de controle das plantas daninhas, e segundo Kazinczi et al (2006), o vírus do Pepino Mosaic Virus (PepMV), tem efeito no controle da erva-moura (*Solanum nigrum*), e de acordo com Kollmann et al., (2007), o vírus do chocalho do tabaco apresenta controle contra o bálsamo do Himalaia (*Impatiens glandulífera*). Já os insetos, podem atacar as plantas daninhas, enfraquecendo-as. O controle biológico se mostra altamente específico, portanto, deve ser altamente seletivo para que não ocorra danos as plantas cultivadas (FONTES et al., 2003).

Segundo Kubiak et al. (2022), os bioherbicidas, baseados em organismos vivos ou nos seus metabolitos secundários, parecem ser uma solução ideal. Devido à elevada especificidade e seletividade dos produtos biológicos de proteção das culturas, bem como ao seu baixo custo de produção e à não toxicidade para o ambiente e para a saúde humana, estes parecem ser uma alternativa segura aos produtos químicos.

2.3.6 Controle químico

Os herbicidas desempenham um papel fundamental no controle de plantas daninhas, sendo considerada uma das ferramentas mais eficientes nesse aspecto. Esse método é comumente empregado em áreas com infestação de plantas daninhas elevadas, baixa disponibilidade de água e nutrientes, além de tempo limitado para o controle ou à falta de equipamentos de alto desempenho. Algumas das suas principais vantagens incluem alta eficiência, não causam danos às raízes das culturas, não revolvem o solo, além de possibilitar ação rápida e controle nas linhas de plantio. Por outro lado, há algumas desvantagens, como os custos elevados, riscos de toxicidade para humanos e animais e a poluição ambiental, por exemplo (VARGAS; ROMAN, 2006).

De acordo com Oliveira e Brighenti (2018) e Zimdhal (2018), os herbicidas utilizados para o controle de plantas daninhas possuem várias classificações, entre as principais destacam-se:



- Quanto à seletividade: dividida em herbicidas seletivos (eliminam as plantas daninhas sem afetar a cultura), e herbicidas não seletivos (capaz de eliminar ou inibir severamente todas as plantas).

- Quanto a translocação: divididos em herbicidas de contato (translocação nula ou limitada, acarretando danos apenas nas partes de contato direto), e herbicidas sistêmicos (translocação na planta por xilema, floema ou por ambos).

Também podem ser classificados quanto à época de aplicação, na modalidade de pré-plantio incorporado (aplicado ao solo antes da semeadura, sendo incorporado posteriormente), em pré-emergência (realizados após a semeadura e antes da emergência), e em pós-emergência (realizados após a emergência, nas fases iniciais das plantas daninhas). Além disso, são agrupados de acordo com seu mecanismo de ação (Tabela 1). Este é definido como o primeiro de uma série de eventos metabólicos que resultam na expressão final do herbicida sobre a planta.

Conhecer o mecanismo de ação é um passo importante principalmente em situações como no manejo da resistência de plantas daninhas a herbicidas. Os herbicidas que possuem o mesmo mecanismo de ação geralmente causam os mesmos sintomas nas plantas, e geralmente apresentam toxicologia semelhantes (ROMAN et al, 2005). O uso contínuo de um mesmo herbicida ou com mecanismo de ação semelhante, pode levar a ocorrência de resistência por parte das plantas daninhas.

Tabela 1 - Mecanismos de ação dos herbicidas

| | Mecanismos de ação |
|-----------------|---|
| ACCCase | Herbicidas inibidores da acetil-coenzima-A Carboxilase |
| ALS | Herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase |
| Auxina | Herbicidas hormonais – Mimetizadores da auxina |
| Caroteno | Herbicidas inibidores da síntese do caroteno |
| Divisão celular | Herbicidas inibidores da divisão celular |
| EPSP's | Herbicidas inibidores da enzima enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase |
| Fotossíntese | Herbicidas inibidores da fotossíntese (FSI e FSII) |
| Glutamina | Herbicidas inibidores da enzima glutamina sintetase |
| PROTOX | Herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogenio oxidase |

Fonte: Gazziero et al. (2004)

A eficácia do controle químico está diretamente ligada a aplicação correta do produto no alvo, para isso aspectos como regulagem de equipamento, treinamento dos operadores, bem como a resistência de plantas daninhas devem ser levados em consideração (LACERDA, 2021).



2.4 Resistência de plantas daninhas a herbicidas

Em virtude ao aumento intenso das áreas produtivas, juntamente com a eficácia dos produtos químicos, o consumo de herbicidas tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, sendo a principal ferramenta utilizada para o controle de plantas infestante. No entanto, esse uso intensivo levou ao surgimento de um problema crescente: a resistência de plantas daninhas a esses produtos. A utilização desenfreada de certos herbicidas ou mecanismos de ação na mesma área tem resultado na seleção de plantas resistentes, resultando em falhas no controle das infestações (INOUE; OLIVEIRA JR., 2011). De acordo com Vrbničanin; Pavlović; Božić (2017), a resistência das ervas daninhas aos herbicidas é um resultado normal e previsível da seleção natural.

Segundo Christoffoleti e López-Ovejero (2003), essa resistência de plantas daninhas a herbicidas é uma característica natural e hereditária dos biótipos dessas plantas, alguns indivíduos dentro de uma população conseguem sobreviver e reproduzir mesmo após serem expostos a doses letais.

Existem basicamente dois tipos de resistência de plantas daninhas a herbicidas, sendo elas a resistência cruzada e a resistência múltipla. De acordo com Vargas e Roman (2006), a resistência cruzada acontece quando um biótipo é resistente a dois ou mais herbicidas devido a um único mecanismo de ação. Em contrapartida, a resistência múltipla ocorre em plantas que possuem dois ou mais mecanismos distintos, o que as torna resistentes a herbicidas de diferentes grupos químicos, com mecanismos diversos.

Em resumo, a resistência cruzada envolve um único mecanismo para múltiplos herbicidas, enquanto a resistência múltipla envolve diversos mecanismos para herbicidas de diferentes grupos químicos. Esses tipos de resistência são de extrema importância na agricultura atual, visto que são responsáveis muitas vezes pelo aumento dos custos de produção, perda de produtividade, impacto ambiental, além de poder desencadear uma escassez nas opções de manejo.

2.4.1 Mecanismos e causas da resistência das plantas daninhas aos herbicidas

Os mecanismos de resistência das plantas daninhas são um desafio significativo para a agricultura atual e a sustentabilidade dos sistemas de cultivo. Existem três mecanismos gerais que devem ser levados em consideração para o entendimento da resistência das plantas daninhas a esses produtos, sendo eles a alteração do local de ação, o aumento da capacidade de metabolização, bem como a compartimentalização (VARGAS; ROMAN, 2006; PLÁCIDO, 2023).

Em relação a alteração do local de ação, sabe-se que material genético contém informações genéticas do organismo, dessa forma, as alterações que ocorrem no DNA são transmitidas aos



descendentes, sendo assim, erros na replicação ou transcrição do DNA e mutações podem resultar em proteínas mutantes. A mutação de ponto em base nitrogenada pode levar a enzima com funcionalidade diferente, inibindo a ação de um herbicida e tornando a planta resistente. Pequenas mudanças no polipeptídeo podem ter grandes efeitos na afinidade com a molécula herbicida, sendo assim, um herbicida que anteriormente era eficiente em inibir uma enzima, perde seu efeito sobre ela (VARGAS; ROMAN, 2006; PRESOTO, 2018).

Na metabolização, as plantas resistentes têm a habilidade de decompor rapidamente a molécula herbicida, tornando-a inativa, ou seja, a planta degrada o herbicida antes que ele cause danos irreversíveis a ela. O processo mais comum envolve a hidrólise ou oxidação, que produzem grupos químicos adequados para serem conjugados com glutathione (GSH) e aminoácidos. Já no caso da compartimentalização, a molécula do herbicida é ligada a metabólitos da planta, tornando-a inativa, ou é segregada para locais inativos, como o vacúolo. (VARGAS; ROMAN, 2006; SANTOS, 2020).

2.4.2 Estratégias de manejo de resistência das plantas daninhas aos herbicidas

As estratégias de manejo de resistência de plantas daninhas são de extrema importância para garantir a eficácia das práticas agrícolas, dessa forma, é fundamental adotar ações diversificadas para prevenir o surgimento dessas resistências. Com o uso contínuo de herbicidas similares ou a aplicação de um número limitado de herbicidas com modo de ação semelhante em sistemas de cultivo intensivo, a evolução da resistência aos herbicidas em muitas ervas daninhas tornou-se uma séria preocupação (SHEKHAWAT et al., 2022).

De acordo com Inoue e Oliveira Jr. (2011), a rotação de culturas e de mecanismos de ação de herbicidas, a utilização de métodos alternativos e integrados de controle, as práticas culturais como o plantio direto, o monitoramento após a aplicação, além da prevenção de disseminação de propágulos podem ser destacados como práticas eficientes no manejo de resistência a plantas daninhas. Essas medidas visam minimizar o desenvolvimento e a disseminação da resistência, garantindo assim o controle efetivo e reduzindo o impacto que elas podem causar.

A agricultura atual tem a necessidade de produzir mais com menor impacto ambiental e custos, garantindo a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Para alcançar esses objetivos, é fundamental a utilização de tecnologias avançadas baseadas em genética, melhoria da eficiência dos recursos naturais e adoções de manejos inteligentes dos fatores que reduzem a produtividade. Isso representa um grande desafio, já que as perdas causadas principalmente por plantas daninhas são consideráveis. Para enfrentar esses desafios, técnicas como a biotecnologia e a agricultura de precisão surgem como ferramentas importantes (CHRISTOFFOLETI, 2018).



2.5 Controle integrado

O manejo integrado de plantas daninhas é uma estratégia fundamental para diminuir o impacto ambiental causado pelos herbicidas. Essa alternativa envolve a combinação de diferentes métodos de controle citados anteriormente, tais como controle preventivo, cultural, mecânico, físico, químico e biológico, e essa junção visa tornar os sistemas de cultivo desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas invasoras, reduzindo assim os efeitos negativos causados por elas (NUNES; TREZZI; DEBASTIANI, 2010). O manejo integrado de ervas daninhas pode ser definido como um conjunto de estratégias multidisciplinares que compartilham o objetivo comum de controlar eficazmente as plantas invasoras de culturas (GRUGER; VIEIRA, 2017; KORRES, 2018). O manejo integrado de plantas daninhas (MIPD), é essencial à produção agrícola sustentável, com redução de custos de produção e impacto ambiental negativo (FONTES et al., 2003).

Cada situação de controle é única e requer uma análise individualizada para determinar as melhores práticas a serem adotadas. Devem ser priorizados a utilização de todos os métodos disponíveis para controlar as plantas daninhas, visando reduzir os custos e preservar o meio ambiente, sem comprometer a produtividade. O sucesso no controle só será efetivo quando realizado antes que causem qualquer perda na produtividade (VARGAS; ROMAN, 2006).

A agricultura atual tem a necessidade de produzir mais com menor impacto ambiental e custos, garantindo a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Para alcançar esses objetivos, é fundamental a utilização de tecnologias avançadas baseadas em genética, melhoria da eficiência dos recursos naturais e adoções de manejos inteligentes dos fatores que reduzem a produtividade. Isso representa um grande desafio, já que as perdas causadas principalmente por plantas daninhas são consideráveis. Para enfrentar esses desafios, técnicas como a biotecnologia e a agricultura de precisão surgem como ferramentas importantes (CHRISTOFFOLETI, 2018).

2.6 Biotecnologia e engenharia genética no controle das plantas daninhas

A biotecnologia não é empregada diretamente para aprimorar plantas daninhas, uma vez que não há interesse nessa abordagem. No entanto, a engenharia genética trouxe vantagens significativas aos agricultores no controle dessas plantas. O advento das plantas geneticamente modificadas (GM), causou uma revolução na agricultura mundial, a soja *Roundup Ready* (Soja RR), foi a primeira planta transgênica aprovada para consumo humano e animal, possuindo características de resistência ao herbicida glifosato devido à incorporação de um gene. Esse método possibilitou o controle seletivo e preciso dessas invasoras, reduzindo os custos de controle (SAUSEN et al., 2020). Nesse contexto, o melhoramento genético ainda se mostra promissor para adoção de métodos mais eficazes.



Nos últimos anos, novas técnicas de melhoramento genético têm sido desenvolvidas, incluindo o RNAi e o CRISPR-Cas9. O RNAi é usado para tornar plantas daninhas mais suscetíveis a herbicidas ou induzir sua morte, silenciando genes essenciais em sua fisiologia. Já o CRISPR-Cas9 é uma técnica de edição genômica que permite inserir mutações específicas em alelos, tornando uma planta por exemplo, heterozigótica em homozigótica. Isso pode ser comparado a uma "tesoura" que corta partes indesejadas do genoma, possibilitando a edição genética. (BARROSO; ALBRECHT; ALBRECHT, 2018; NEGRISOLI, 2021).

2.6.1 Agricultura de precisão no controle das plantas daninhas

Atualmente, é notório a utilização em larga escala de tecnologias no ambiente agrícola. Uma pesquisa realizada com 504 agricultores de todos os estados brasileiros, por meio da Embrapa, do Sebrae e o do Inpe revelou, que 84% dos entrevistados utilizavam pelo menos uma tecnologia como ferramenta de apoio na produção agrícola. Nesse contexto, a agricultura de precisão vem se consolidando no mercado como peça fundamental na detecção e controle de plantas daninhas, utilizando tecnologias de sensoriamento remoto como satélites e drones (GALINARI, 2020).

Um método muito utilizado atualmente é o mapeamento dessas plantas, sendo realizado para permitir tratamentos em taxas variáveis, como a aplicação localizada de herbicidas, com base nos estudos da variabilidade espacial das plantas daninhas (SHIRATISUCHI, 2001).

Dessa forma, no âmbito da inovação, a agricultura de precisão mostra-se como uma ferramenta inovadora e com grande potencial de crescimento, tendo como principal função monitorar e avaliar o desenvolvimento dessas plantas, possibilitando a identificação das áreas infestadas para proceder-se uma intervenção direcionada (VOLL; ADEGAS; GAZZIERO, 2017).

3 Considerações finais

As plantas daninhas representam um desafio contínuo para a agricultura mundial, ameaçando a produtividade das culturas e exigindo abordagens eficazes de manejo para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas de produção.

A competição por recursos essenciais, como nutrientes, água e luz, mostrou-se como um dos fatores dominantes na redução do crescimento e desenvolvimento das culturas, comprometendo a produtividade no campo.

No âmbito dos métodos de controle, ficou evidente que a abordagem mais eficaz não se restringe a uma única técnica isolada, mas sim a uma combinação de estratégias integradas. O Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), se apresenta como uma alternativa promissora ao considerar



a interação entre métodos preventivos, culturais, físicos, mecânicos, biológicos e químicos para controlar efetivamente as plantas daninhas e reduzir a pressão seletiva por resistência.

Nesse contexto, vale também destacar a importância da adesão de boas práticas de aplicação dos herbicidas, considerando a rotação de ingredientes ativos e o monitoramento da resistência, visando prolongar sua eficácia. Além disso, a agricultura de precisão e o uso de tecnologias avançadas se destacam como aliados no manejo assertivo e sustentável das plantas daninhas, permitindo uma aplicação mais precisa de herbicidas, reduzindo o desperdício e os impactos ambientais.

Dessa forma, a compreensão dos impactos das plantas daninhas e a adoção de práticas sustentáveis de controle são essenciais para promover sistemas agrícolas resilientes, capazes de enfrentar os desafios emergentes, como a crescente demanda por alimentos.

Sendo assim, o estudo realizado reforça a necessidade contínua de pesquisa e inovação na área do manejo de plantas daninhas, buscando aprimorar e adaptar constantemente as estratégias de controle, com o intuito de desenvolver soluções integradas e sustentáveis que garantem a eficiência e a viabilidade econômica da agricultura, com foco na sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, T; ZAHIR A. Z; NAVEED, M.; KREMER, R. J. Limitations of existing weed control practices necessitate development of alternative techniques based on biological approaches. **Advances in Agronomy**, v. 147, p. 239-280, 2018.

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; SILVA, A. A. Manejo de plantas daninhas. *In*: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja**: do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV, 2015. v. 1, cap. 11, p. 234. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1022693>. Acesso em: 11 de jul. 2023.

ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; DANILUSSI, M. T. Y.; LORENZETTI, J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. *In*: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. **Matologia**: estudos sobre plantas daninhas. Jaboticabal: Ed. Fábrica da Palavra, 2021. p.145-169. Disponível em: https://www.matologia.com/_files/ugd/1a54d2_3829fc6f7e9145f8bbdc7a2eeca4d4d3.pdf#page=145. Acesso em: 11 jul. 2023.

BAILEY, K. L. The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens. *In*: ABROL, D. P. (ed.). **Integrated pest management**: current concepts and ecological perspective. San Diego, CA: Elsevier, 2014. p. 245-266.

BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P. **Controle genético de plantas daninhas**, 2018. Disponível em: <https://nomato.files.wordpress.com/2018/08/32-35-novo.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.



- BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E.; ALVES, M. C. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta daninha**, v. 32, p. 755-763, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/XRyBGbYvYZsTJRdwMhyLz9b/?format=html>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- BOYETTE, C. D; HOAGLAND, R. E. Bioherbicial potential of *Xanthomonas campestris* for controlling *Conyza canadensis*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 25, p. 229–237, 2015. DOI: 10.1080/09583157.2014.966650
- BRIGHENTI, A. M.; BRIGHENTI, D. M. Controle de plantas daninhas em cultivos orgânicos de soja por meio de descarga elétrica. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2315-2319, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/h8CQ4M8pzfT3stDhFDYX56M/?lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. Capítulo 1. *In*: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompix, 2011. cap. 1, p. 1-36. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/904874>. Acesso em: 10 jul. 2023
- CALDWELL, C. J., HYNES, R. K., BOYETCHKO, S. M., KORBER, D. R. Colonization and bioherbicial activity on green foxtail by *Pseudomonas fluorescens* BRG100 in a pest formulation. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 58, p. 1–9, 2012. doi: 10.1139/w11-109
- CARVALHO, L. B. **Plantas daninhas**. Lages: Edição do Autor, 2013. p. 1-92. Disponível em: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/leonardobiancodecarvalho/livro_plantasdaninhas.pdf. Acesso em: 4 de jul. 2023.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. **O futuro da biotecnologia e o desafio no controle de plantas daninhas**. Fiepr, 2018. Disponível em: <https://www.fiepr.org.br/observatorios/biotec-agricola-florestal/FreeComponent21849content381947.shtml>. Acesso em: 17 jul. 2023.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta daninha**, v. 21, p. 507-515, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/gwwV6Mp4W6nVzmRkvCFvLdh/?lang=pt>. Acesso em: 13 de jul. 2023.
- EMBRAPA. **Sobre o tema plantas daninhas**. Portal Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-plantas-daninhas/sobre-o-tema>. Acesso em: 14 de jul. 2023.
- FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; NEVES, J. L.; JÚLIO, L. de; SODRÉ FILHO, J. **Manejo integrado de plantas daninhas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 48 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 103). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/567569/manejo-integrado-de-plantas-daninhas>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- GALINARI, G. **Pesquisa mostra o retrato da agricultura digital brasileira**. Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/54770717/pesquisa-mostra-retrato-da-agricultura-digital-brasileira>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- GAZZIERO, D. L. P; PURÍSSIMO, C.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; BRIGHENTI, A. M.; PRETE, C. E. C. **Tabela periódica dos herbicidas**. Embrapa, 2004. 3 p. Disponível em:



https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Tabela_peri%C3%B3dica_herbicidas.pdf/5c2b3f01-6fa7-49eb-89a3-c26bc7ac3193. Acesso em: 16 jul. 2023.

GIRARDELLI, A.L. Métodos de controle físico de plantas daninhas. **Equipe Mais soja**. Informe + soja. Dezembro de 2019. <https://maissoja.com.br/metodos-de-controle-de-plantas-daninhascontrole-fisico/>.

HUSSAIN, M.; FAROOQ, S.; MERFIELD, C.; JABRAN, K. Mechanical weed control. *In*: JABRAN, K.; CHAUHAN, B. **Non-chemical weed control**. Cambridge: Academic Press, 2018. p.133-155.

IMAIZUMI, S., NISHINO, T., MIYABE, K., FUJIMORI, T., YAMADA, M. Biological control of annual bluegrass (*Poa annua* L.) with a Japanese isolate of *Xanthomonas campestris* pv. *poae* (JTP482). **Biological Control**, v. 8, p. 7–14, 1997. <https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0475>.

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. Disponível em: https://www2.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/biologia_e_manejo_de_plantas_daninhas.pdf. Acesso em: 14 jul. 2023.

JORDAN, N. Weed prevention: priority research for alternative weed management. **Journal of Produce Agriculture**, v. 9, n. 4, p. 485-490, 1996. <https://doi.org/10.2134/jpa.1996.0485>.

KAZINCZI, G.; LUKACS, D.; TAKACS, A.; HORVATH, J.; GABORJANYI, R.; NADASY, M. Biological decline of *Solanum nigrum* due to virus infections. **Journal of Plant Diseases and Protection**, p. 325–330, 2006.

KHAREL, P.; DEVKOTA, P.; MACDONALD, G. Cultural Method Considerations for Integrated Weed Management in Agronomic Crops. **UF. IFAS Extension**. University of Florida, n. 3, p. 1-3, 2021. SS-AGR-451 doi.org/10.32473/edis-AG451-2021.

KOLLMANN, J.; BANUELOS, M. J.; NIELSEN, S. L. Effects of virus infection on growth of the invasive alien *Impatiens glandulifera*. **Preslia**, v. 79, p. 33–44, 2007.

KORRES, N.E. Agronomic weed control: a trustworthy approach for sustainable weed management. *In*: JABRAN, K.; CHAUHAN, B. S. **Non-chemical weed control**. Cambridge: Academic Press, 2018. p. 97-114.

KRUGER, G.; VIEIRA, B.C. Herbicide application technology. *In*: **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**, v. 3, p. 450-454, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00232-X>

KUBIAK, A.; WOLNA MARUWKA, A.; NIEWIADOMSKA, A.; PILARSKA, A.A. The problem of weed infestation of agricultural plantations vs. the assumptions of the european biodiversity strategies. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081808>.

LACERDA, M. C. **Controle químico**. Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/plantas-daninhas/controle-quimico>. Acesso em: 12 jul. 2023.



MENARIA, B. L. Bioherbicidas: an eco-friendly approach to weed management. **Current Science**, v. 92, p. 10–11, 2007.

MOHLER, C.L.; TEASDALE, J.R.; DITOMMASO, A. Characteristics of weeds that affect their management. *In*: MOHLER, C.L.; TEASDALE, J.R.; DITOMMASO, A. **Manage Weeds On Your Farm**: a guide to ecological strategies. SARE-USDA. 2021. p. 20-40.

NEGRISOLI, R.M. Novas biotecnologias para o controle de plantas daninhas resistentes. **Agr@advance blog**. Ago/2021. <https://agroadvance.com.br/blog-biotecnologias-plantas-daninhasresistentes/>

NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 299–304, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/c6cvG8vxFVh3LH9hxxGfFQC/?lang=pt>. Acesso em: 13 jul. 2023.

OLIVEIRA, M. F. de; BRIGHENTI, A. M. (ed.). **Controle de plantas daninhas**: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1103281/control-de-plantasdaninhas-metodos-fisico-mecanico-cultural-biologico-e-alelopatia>. Acesso em: 11 jul. 2023.

PLÁCIDO, H. F. Como funciona e o que fazer sobre a resistência de plantas daninhas a herbicidas. **AEGRO**- Circular técnica, maio 2023. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/resistencia-de-plantas-daninhas-a-herbicidas/>.

PMRA. “Sclerotinia minor Strain IMI 344141” RD2010-08. **Health Canada**. Ottawa, ON, p. 1-8, 2010. Disponível em: https://publications.gc.ca/collections/collection_2011/sc-hc/H113-25-2010-8-eng.pdf.

PMRA. “Re-evaluation of Colletotrichum gloeosporioides f.sp. malvae [CGM]” REV2006-10. **Health Canada**, Ottawa, ON, p. 1-7, 2006. Disponível em: <https://publications.gc.ca/collections/Collection/H113-5-2006-10E.pdf>.

PRESOTO, J.C. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Revisão apresentada como parte das exigências da disciplina tópicos especiais em matologia para o curso de pós-graduação. ESALQ/USP. 14 p. 2018.

QUAIL, J. W.; ISMAIL, N.; PEDRAS, M. S. C.; BOYETCHKO, S. M. Pseudophomins A and B, a class of cyclic lipodepsipeptides isolated from a Pseudomonas species. **Acta Crystallographica Section C-crystal Structure Communications**, v. 58, o268–o271, 2002. <https://doi.org/10.1107/s0108270102004432>

RAMOS, R. F.; KASPARY, T. E.; BALARDIN, R. R.; DALLA NORA, D.; ANTONIOLI, Z. I.; BELLÉ, C. Plantas daninhas como hospedeiras dos nematoides-das-galhas. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 3, n. 1, p. 1-3, 2019. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/laboratoriodematologia/agronomia-brasileira/rab201906.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2023.

RODENBURG, J; JOHNSON, D.E. Weed management in rice-based cropping systems in Africa. **Advances in Agronomy**. v. 103, p. 149-218, 2009.



RODRIGUES, N. C. **Alelopátia no manejo de plantas daninhas**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de São João del Rei, Sete Lagoas, 2016. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/porta12-repositorio/File/ceagr/TCC%202016%201/ALELOPATIA%20NO%20MANEJO%20DE%20PLANTAS%20DANINHAS-%20Natalia%20Cezari%20Rodrigues.pdf> Acesso em: 4 jul. 2023.

ROMAN, E.S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M.A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia a aplicação**. Passo Fundo, RS: Gráfica Editora Berthier, 2005. 152p.

SANTOS, M. S. dos. Conheça os mecanismos de resistência das plantas daninhas aos herbicidas. **Informe Mais Soja**, set. 2020. <https://maissoja.com.br/conheca-os-mecanismos-de-resistencia-dasplantas-daninhas-aos-herbicidas/>.

SAUSEN, D; MARQUES, L. P; BEZERRA, L. O; SILVA, E. S; CANDIDO, D. Biotecnologia aplicada ao manejo de plantas daninhas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 23150-23169, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9511>. Acesso em: 18 jul. 2023.

SHEKHAWAT, K.; RATHORE, S.S.; BABU, S.; RAJ, R.; CHAUHAN, B.S. Exploring alternatives for assessing and improving herbicide use in intensive agroecosystems of South Asia: a review. **Advances in Weed Science**, v. 40, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2022>.

SHIRATSUCHI, L. S. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com utilização de ferramentas da agricultura de precisão**. 2001. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-18032002-142901/publico/LucianoShiratsuchi.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2023.

STACK, L. New England Greenhouse Floriculture Guide; A Management Guide for Insects, Diseases, Weeds and Growth Regulators. Northeast Greenhouse, 2010 <https://www.negreenhouse.org/index.html>

TATENO, A. **Herbicidal composition for the control of annual bluegrass**. Depositante: Atsushi Tateno, U.S. Patent No 6162763, Depósito: 19 oct. 2000. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/bd/c2/06/91e8c383662d13/US6162763.pdf>.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 23 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 62). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.htm. Acesso em: 12 de julho de 2023.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 22 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 58). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do58.htm. Acesso em: 14 de julho de 2023.

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. Disponível em: <http://www.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/159>. Acesso em: 28 de junho de 2023.



VOLL, E; ADEGAS, F; GAZZIERO, D. **Agricultura de precisão como ferramenta no manejo de plantas daninhas.** Blog da EMBRAPA Soja. Disponível em:

VRBNIČANIN, S.; PAVLOVIĆ, D., BOŽIĆ, D. Weed resistance to herbicides. *In: PACANOSKI, Zvonko (ed.). **Herbicide resistance in weeds and crops**, 2017. 186p, DOI: 10.5772/67979*

ZIMDHAL, R. L. Introduction to chemical weed control. *In: ZIMDAHL, Robert L. **Fundamentals of weed Science**. 5.ed. Cambridge: Academic Press, 2018. p. 391-416.*