



BACHARELADO EM AGRONOMIA

**MECANISMOS DA RESISTÊNCIA MÚLTIPLA DE *Conyza sumatrensis*
A HERBICIDAS**

LARA DOS SANTOS GESSI

Rio Verde – GO

2026

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**MECANISMOS DA RESISTÊNCIA MÚLTIPLA DA
Conyza sumatrensis A HERBICIDAS**

LARA DOS SANTOS GESSI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde,
como requisito parcial para obtenção do Grau
de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof^º. Dra. Renata Pereira Marques

Rio Verde – GO

2026



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
PRODUÇÕES TÉCNICO- CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO
INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- ☐ Tese ☐ Artigo Científico
☐ Dissertação ☐ Capítulo de Livro
☐ Monografia – Especialização ☐ Livro
☒ TCC - Graduação ☐ Trabalho Apresentado em evento
☐ Produto Técnico e Educacional Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Lara dos Santos

Gessi Matrícula: 2022101100240275

Título do Trabalho: Mecanismos da resistência múltipla da *Conyza sumatrensis* a herbicidas

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim,
justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12/02/2026
 O documento está sujeito a registro de ☐ Sim ☒ Não
 patente?
 O documento pode vir a ser publicado como ☐ Sim ☒ Não
 livro?

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos



Assinado com Assinatura Eletrônica (Lei 14.063/2020 | Regulamento 910/2014/EC)
 Hash SHA256 do original: e0b4f41a2d4802c0cbb96a72364bf363459942ec7bd0e5cfb6c27a43b509b2cd
 Link de validação: <https://valida.uef.br/1aad8cc7d002d4561461b71e9e11bfbc133448e82bebb6afb?sv>



- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 12/02/2026

Documento assinado digitalmente
LARA DOS SANTOS GESSI
 Data: 12/02/2026 08:44:06-0300
 Verifique em <https://valida.uef.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

SIGNATÁRIO

Renata Pereira Marques
 Data 12/02/2026 09:46
 Pk: 3015e308101170506e42033a2ba011

Assinatura da orientadora



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 2/2026 - GP-POLO/POLO/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 05 dias do mês de fevereiro de 2026, às 16h00 horas, na sala 25 do Prédio Pedagógico II do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Renata Pereira Marques (orientadora), Marconi Batista Teixeira (Membro), Fernando Higino de Lima e Silva (Membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Mecanismos da resistência múltipla da *Conyza sumatrensis* a herbicidas" da estudante Lara Dos Santos Gessi, Matrícula nº 2022102200240275 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Renata Pereira Marques
Orientadora

(Assinado Eletronicamente)

Marconi Batista Teixeira
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Fernando Higino de Lima e Silva
Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Renata Pereira Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 05/02/2026 17:06:36.
- **Fernando Higino de Lima e Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 05/02/2026 18:12:52.
- **Marconi Batista Teixeira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 06/02/2026 08:13:38.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 05/02/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 785997

Código de Autenticação: 2918f75442



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Polo de Inovação

Rodovia Sul Goiana Km 01, None, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75.901-970

DEDICATÓRIA

A Deus e Nossa Senhora Aparecida pela força concedida e pelos caminhos iluminados.

Aos meus pais, pelo apoio constante, por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidei e pelos inúmeros sacrifícios feitos com paciência e amor para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

Gessi, Lara dos Santos. **MECANISMOS DA RESISTÊNCIA MÚLTIPLA DA *Conyza sumatrensis* A HERBICIDAS**. 2026. Trabalho de conclusão de curso (Curso Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, 2026.

A agricultura desempenha papel fundamental na economia brasileira, sendo impulsionada por avanços tecnológicos que visam aumentar produtividade de maneira sustentável e garantir a competitividade do setor agrícola. No entanto, o manejo de plantas daninhas representa um dos maiores desafios da agricultura, caracterizam-se por plantas não cultivadas de alta adaptabilidade que se estabelecem nas áreas de produção. O uso de herbicida é amplamente adotado como método de controle, pois possui alta eficiência, entretanto, o uso repetido de um mecanismo de ação favorece a pressão de seleção de biótipos resistentes. No Brasil, a buva (*Conyza* spp.) destaca-se como um dos principais gêneros resistentes, a espécie *C. sumatrensis* apresenta resistência mútiple a 5 mecanismos de ação. O trabalho foi realizado com base na literatura científica utilizando estudos disponíveis acerca dos mecanismos de resistência da *C. sumatrensis* associados aos diversos mecanismo de ação dos herbicidas, com objetivo de reunir, analisar e discutir informações sobre o comportamento biológico da espécie e as alternativas de controle das populações resistentes. Conclui-se que a *C. sumatrensis* apresenta mecanismos de resistência complexos que vinculados as características biológicas dificultam o controle isolado.

Palavras-chave: Buva, atividade agrícola, manejo de plantas daninhas e métodos de controle.

ABSTRACT

Gessi, Lara dos Santos. **MECHANISMS OF MULTIPLE RESISTANCE OF *Conyza sumatrensis* TO HERBICIDES**. 2026. Course Completion Work (Bachelor's Degree in Agronomy). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2026.

Agriculture plays a fundamental role in the Brazilian economy, driven by technological advances that aim to increase productivity in a sustainable manner and ensure the competitiveness of the agricultural sector. However, weed management represents one of the greatest challenges in agriculture, characterized by highly adaptable non-cultivated plants that establish themselves in production areas. The use of herbicides is widely adopted as a control method because of its high efficiency. However, repeated use of a single mechanism of action favors the selection pressure of resistant biotypes. In Brazil, pigweed (*Conyza* spp.) stands out as one of the main resistant genera, with the species *C. sumatrensis* exhibiting multiple resistance to five mechanisms of action. The study was based on scientific literature using available studies on the resistance mechanisms of *C. sumatrensis* associated with the various mechanisms of action of herbicides, with the aim of gathering, analyzing, and discussing information on the biological behavior of the species and alternatives for controlling resistant populations. It was concluded that *C. sumatrensis* has complex resistance mechanisms that, linked to biological characteristics, make isolated control difficult.

Keywords: Fleabane, Agricultural production, weed control and control methods.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	7
2- Metodologia.....	9
3- Revisão de literatura.....	9
3.1 Taxonomia e Características Morfológicas.....	9
3.2 Estratégias reprodutivas e implicações para evolução de resistência.....	10
3.3 Conceito de resistência.....	11
3.4 Mecanismos de resistência.....	12
3.5 Herbicidas inibidores do fotossistema II.....	15
3.6 Herbicidas inibidores do fotossistema I – Desvio de elétrons.....	15
3.7 Herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase.....	17
3.8 Herbicidas inibidores da enolpiruvil shiquimato fosfato sintase.....	18
3.9 Herbicidas mimetizadores da auxina.....	19
4- Manejo alternativo para controle de <i>Conyza sumatrensis</i>	20
5- Considerações finais.....	21
6- Referências.....	22

1 Introdução

A agricultura é uma das principais atividades para a economia mundial. Os avanços tecnológicos facilitam o dinamismo desta prática, visando aumentar produtividade, sustentabilidade e a competitividade do setor. Na safra 2024/2025 a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) registrou uma produção de cerca de 330,3 milhões de toneladas. A produção de soja se destacou com colheita de 168,3 milhões de toneladas, seguida do milho com produção de 126,9 milhões de toneladas (Conab, 2025). Entretanto são diversos os fatores que interferem diretamente na produtividade, dentre eles, as plantas daninhas se destacam como um dos principais fatores de redução do rendimento, competem com as culturas pelos recursos do meio como água, luz, nutrientes e espaço.

As plantas daninhas se estabelecem em todas as áreas de produção, são consideradas mais rústicas do que as culturas agrícolas, isto se dá devido sua capacidade de se estabelecer em ambientes diversos, mesmo em condições adversas, vale ressaltar que a maioria das espécies se adaptou aos modelos de cultivo moderno. Além da interferência direta, atuam como hospedeiras alternativas de fungos e pragas (Pitelli, 1987).

São diversos os desafios para controle das plantas daninhas. Envolvem fatores biológicos, ambientais, agrônômicos e tecnológicos. Muitas espécies possuem características biológicas que facilitam sua persistência, permitindo a facilidade de adaptação aos diferentes sistemas de manejo. Há a possibilidade de utilizar métodos de controle de forma isolada ou integrados, entretanto, outro fator a destacar ao falar sobre o manejo de plantas daninhas, é o potencial de resistência a mecanismos de ação diferentes.

Resistência refere-se a capacidade adquirida de uma planta em sobreviver após ser exposta a dose do herbicida normalmente letal. Resistência simples refere-se ao biótipo resistente a um único herbicida devido um único mecanismo de ação (MoA). A resistência cruzada ocorre quando um biótipo de planta daninha apresenta resistência para dois ou mais herbicidas do mesmo mecanismo de ação. A resistência múltipla ocorre quando um biótipo de planta daninha possui diferentes mecanismos que conferem comportamento resistente a mecanismos de ação distintos. Tem se tornado um grande problema, aumentando a ineficácia dos produtos utilizados no manejo de controle direto, isto resulta na pressão de seleção

exercida pelo uso repetido de um princípio ativo e/ou mecanismo de ação (Christoffoleti, 2016).

O uso constante de herbicidas de um mesmo grupo de ação controla plantas suscetíveis, entretanto, os poucos indivíduos desta população que possuem capacidade de resistência por meio de características genéticas sobrevivem e ao longo de gerações, a população passa a ser composto por plantas resistentes. O controle ocorre devido a ação do herbicida no sítio de ação da planta, geralmente o herbicida se liga a uma enzima/proteína causando inibição das moléculas e alterando o funcionamento da célula (Ribeiro et al., 2025). Ele age em um modelo conhecido como “chave-fechadura”. A “fechadura” é a enzima/proteína alvo e a “chave” é o herbicida que possui uma forma química que se liga ao sítio de ação.

A resistência passa a ser percebida pelos agricultores frequentemente anos após a evolução genética das plantas daninhas. Inicia-se com pequenas alterações na população da espécie e passa a ser notada por meio da falha de controle no campo. Neste contexto a conscientização dos produtores sobre a resistência de plantas daninhas auxilia na disposição em modificar o manejo, com adoção de estratégias mais eficazes que visam retardar a evolução da resistência (Hartzler; Owen, 2018).

Em 2005 foram identificados biótipos de buva (*Conyza* spp.) resistentes ao glifosato em regiões frias do Paraná, diante da situação, os herbicidas inibidores da ALS (Acetolactato sintase) começaram a ser amplamente utilizados para o manejo da espécie, em 2011, foram identificados os primeiros biótipos de buva com resistência múltipla. Atualmente, nas regiões norte e oeste do estado é possível encontrar um biótipo de buva (*Conyza sumatrensis*) resistente a cinco mecanismos de ação (Santos et al. 2014).

A *C. sumatrensis* é amplamente conhecida por sua resistência múltipla aos herbicidas dos seguintes grupos: Inibidores do PSII - Ligantes de serina Grupo HRAC 5 (legado C1 C2), Desvio de elétrons do PS I Grupo HRAC 22 (legado D), Inibição da protoporfirinogênio oxidase Grupo HRAC 14 (legado E), Inibição da enolpiruvil shiquimato fosfato sintase Grupo HRAC 9 (legado G), Mimetizadores de auxina Grupo HRAC 4 (legado O) (Christoffoleti, 2017).

Há relatos de resistência dessa espécie a herbicidas a nível mundial, em 1980 foi registrado o primeiro caso de *C. sumatrensis* em Taiwan, resistente ao paraquate. Ao longo dos anos foram documentados casos de resistência múltipla, incluindo combinações entre dois ou mais mecanismos de ação. Atualmente existem registros de resistência nos seguintes países: Argentina, Austrália, Bolívia, Brasil, França, Grécia, Japão, Malásia, Paraguai, Espanha, Sri Lanka, Taiwan e Turquia, totalizando 22 relatos (Heap, 2026).

2. Metodologia

Realizou-se uma revisão narrativa de literatura, com objetivo em reunir e descrever os estudos disponíveis acerca dos mecanismos de resistência da *Conyza sumatrensis* a herbicidas, baseado em diferentes tipos de documentos (artigos, teses, dissertações, textos on-line), permitindo ampla descrição sobre o assunto, não esgotando todas as fontes de informação, visto que sua realização não é feita por busca e análise sistemática dos dados.

Foram utilizados 47 trabalhos que abordassem diretamente o tema proposto, localizados nos endereços eletrônicos Google Acadêmico, Scielo, Web of Science, Embrapa e no site HRAC. As informações foram arranjadas de maneira narrativa, descrevendo conceitos, resultados e lacunas no conhecimento científico. Como critério de inclusão, foram considerados artigos científicos não duplicados que apresentassem relevância ao tema, destacando a espécie estudada e os mecanismos de resistência.

3. Revisão de Literatura

3.1 Taxonomia e características morfológicas

As espécies do gênero *Conyza* possui grande importância agrônômica especialmente em sistemas intensivos e sistema de produção conservacionistas, devido sua alta capacidade de se estabelecer em áreas com baixa mobilização do solo, pastagens e alta germinação em áreas de pousio. Sua importância também está vinculada a competitividade estabelecida com as culturas cultivadas, como soja, milho, trigo e algodão, caso o manejo seja realizado em estádios avançados da planta daninha pode resultar em uma redução significativa da produtividade, a presença de 1 planta por m² reduz a produtividade em 240 – 720 kg/ha (Rizzardi, 2026).

O gênero *Conyza* popularizado como buva, está entre os principais encontrados no mundo, pertence a família Asteraceae, é uma planta que apresenta o ciclo de vida anual e destaca-se pela diversidade de espécies. No Brasil, podemos encontrar três espécies de buva: *C. bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis*, sendo a última espécie citada a de destaque no presente trabalho. Todas elas possui alta adaptabilidade, capacidade de dispersão, produção de sementes e alto grau de polimorfismo e complexidade para diferenciação morfológica entre elas (Lazaroto et al. 2008).

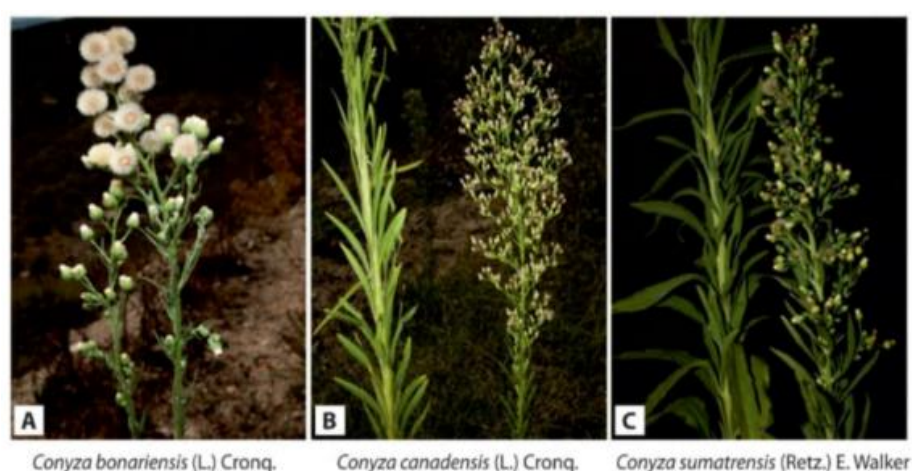


Figura 1: Diferenciação entre as espécies *C. bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis* (Fonte: Journal of Plant Research)

A *C. sumatrensis* é uma planta daninha que apresenta características morfológicas bem definidas, facilitando sua identificação. Possui folhas de coloração verde-acinzentada, são pilosas o pecíolo mais amplo na região central, as nervuras secundárias são visivelmente marcadas e caule intensamente piloso. Sua altura varia de 1 – 2m, se ramifica principalmente na parte superior da haste principal e os ramos laterais não ultrapassam o ramo terminal, as inflorescências são organizadas em cachos de capítulos com formato de losango. Uma planta produz aproximadamente 200.000 sementes durante o seu ciclo de vida, que dura em torno de 120 dias (Kanatás et. al. 2023). As sementes são fotoblásticas positivas, isto significa que necessitam da presença de luz para estimular a germinação, não apresentam dormência e a germinação se torna mais eficiente em locais com temperatura entre 20° a 30°C, características que contribuem para o alto potencial de estabelecimento (Bruno et al, 2021).

3.2 Estratégias reprodutivas e implicações para evolução de resistência

A *C. sumatrensis* possui estratégias reprodutivas que desempenham um papel fundamental na capacidade adaptativa e na rápida evolução de resistência a herbicidas. Apresenta reprodução predominantemente autógama, ou seja, por autofecundação, isto favorece a homozigose, permitindo que os indivíduos que possuem alelos de resistência transfiram esta característica para a progênie, tornando um problema para o manejo de controle, considerando a pressão de seleção. Entretanto, pode ocorrer de forma ocasional, o cruzamento intra e intercapítulo.

O cruzamento intracapítulo é geneticamente semelhante a autofecundação, pois o material genético provém do mesmo indivíduo, ocorre quando o grão de pólen fecunda o óvulo de uma flor localizada no mesmo capítulo, assim, possui baixa recombinação genética. O cruzamento intercapítulo ocorre quando o grão de pólen é transferido para um capítulo diferente, pode ocorrer entre capítulos diferentes em uma mesma planta, ou em uma planta distinta. Quando ocorre a transferência para uma planta diferente, caracteriza-se fecundação cruzada, havendo recombinação genética, aumentando a variabilidade genética (Kalsing et al., 2024).

3.3 Conceito de resistência

Resistência de um biótipo de uma espécie daninha a um herbicida pode ser descrita como a capacidade de completar seu ciclo após a exposição a uma dose letal, que normalmente é definida na bula do produto comercial, apresentando a dose máxima que pode ser aplicada. Em um artigo publicado por Ramon (2024) organizações como Weed Science Society of America (WSSA) define resistência como uma característica hereditária, que pode ser natural, ou seja, pré-existente no biótipo. É observável por meio da pressão de seleção, como destacado, o indivíduo que possui esta capacidade sobrevive e reproduz, aumentando de maneira gradual a proporção de plantas resistentes. Esta capacidade pode ser adquirida também de maneira induzida, por meio de técnicas de transgenia (Netto, 2016).

Os mecanismos de resistência podem ser classificados em duas categorias principais: Resistência no sítio-alvo (TSR) e Resistência fora do sítio-alvo (NTSR). O sítio-alvo é a estrutura bioquímica específica onde o herbicida atua

dentro da planta, trata-se de um complexo enzimático ou proteico essencial para o metabolismo, a ligação do herbicida nesta estrutura resulta na inibição de uma rota metabólica causando uma série de efeitos que consequentemente interrompem o desenvolvimento da planta, podendo causar a morte (Délye et al., 2013).

Segundo Portugal e La Cruz (2024), a resistência do tipo TSR surge a partir de mutações no gene que codifica a proteína-alvo (consistem na alteração de nucleotídeos do DNA) ou por meio da superexpressão do gene da proteína-alvo (aumento na quantidade de RNA mensageiro e, consequentemente, da produção da proteína-alvo). Pode considerar que a TRS é favorecida por meio do uso repetido de um mesmo mecanismo de ação, permitindo um processo de resistência acelerado para espécies com grande produção de sementes como *C. sumatrensis*.

Os autores descrevem que os mecanismos NTSR resultam na resistência cruzada múltipla, este mecanismo não altera o sítio-alvo de forma direta, como no caso anterior, mas possui mecanismos de resistência que reduzem a quantidade de produto que chega ao sítio-alvo por meio de diversas estratégias como: redução na absorção e/ou translocação, degradação acelerada, necrose rápida e sequestro do herbicida.

3.4 Mecanismos de resistência

A resistência causada por mutações no sítio-alvo ocorre por meio de alterações na sequência de nucleotídeos de uma proteína ou enzima. Geralmente ocorre por alterações pontuais, substituindo apenas um aminoácido da sequência, modificando a conformação tridimensional das moléculas biológicas, alterando a estrutura do sítio de ligação. Consequentemente reduz a afinidade do herbicida pelo alvo e garante que a planta continue o processo metabólico normalmente. Essas mutações podem ser favorecidas pelo uso repetido de um MoA, que atua como um agente de pressão de seleção, elas ocorrem em frequências baixas em populações de plantas daninhas naturais, entretanto o uso contínuo de um mesmo herbicida aumenta progressivamente essa frequência ao longo das gerações (Murphy; Tranel, 2019).

A resistência do tipo TSR também está relacionada a superexpressão de genes, isto é, causada pelo aumento do número de cópias do gene que codifica a enzima-alvo ou pela mudança das regiões promotoras desses genes, a planta passa a produzir um número excessivo da enzima-alvo e mesmo parte das enzimas

sendo inibidas, uma quantidade significativa permanece ativa mantendo o metabolismo da planta (Gaines et al., 2010).

De acordo com Gherekhloo et al. (2017) há casos em que a resistência não resulta de um mecanismo isolado, no artigo ele apresenta um estudo em populações de *Eleusine indica* resistentes ao glifosato, por meio da combinação de dois mecanismos de resistência relacionados ao sítio-alvo. Nos biótipos resistentes ocorre uma mutação pontual no códon 106, o aminoácido prolina é substituído por serina, reduzindo a afinidade do glifosato. Além da mutação no gene os biótipos também apresentam a superexpressão de genes da EPSPS, caracterizado por um aumento expressivo da enzima, que possibilita a via do ácido chiquímico continuar ativa e permite que a planta realize os processos metabólicos normalmente.

A redução da absorção dos herbicidas ocorre devido a diminuição da quantidade de produto que penetra as células da planta, limitando a disponibilidade da molécula e consequentemente o alcance ao sítio-alvo, a redução está relacionada a características anatômicas da superfície vegetal. A absorção ocorre devido a interceptação e retenção das gotas por meio de estruturas vegetais como folhas, raízes e tecidos mais jovens. A absorção foliar envolve a passagem do herbicida por três barreiras: cutícula, parede celular e plasmalema. A cutícula recobre as células da epiderme, com função de defesa contra patógenos, também desempenha o papel de barreira primária a absorção dos herbicidas e reduz a perda de água por transpiração (Souza, 2022).

Os herbicidas de ação sistêmica dependem da translocação eficiente para alcançar o sítio-alvo dentro da planta, o movimento de solutos ocorre via xilema em sentido ascendente e através do apoplasto e outra via através do simplasto que inclui transporte por meio dos plasmodesmos em curta distância e do floema para longa distância em sentido multidirecional (Conceição et al., 2007). Entretanto, existem diversos fatores relacionados aos mecanismos NSTR que podem limitar a translocação do herbicida como compartimentalização, sequestro vascular e conjugação metabólica, tornando o controle da planta daninha ineficaz (Moretti et al., 2017).

Alguns biótipos de plantas possuem a capacidade de retirar o herbicida do citoplasma, limitando seu movimento e deixando retido em locais onde a molécula perde seu efeito, como vacúolo, apoplasto ou parede celular, reduzindo

a concentração efetiva do herbicida no sítio de ação. Esse mecanismo é conhecido como sequestro do herbicida. Casos de resistência por compartimentalização já foi identificado para o herbicida glifosato em espécies como *Lolium rigidum* (Yu et al., 2009). De acordo com Ge et al. (2010) esse processo é mediado por transportadores de membrana do tipo ABC (ATP-Binding Cassette) que transportam o herbicida para o interior do vacúolo.

Outro mecanismo de resistência NSTR é a necrose rápida, ou conhecida como reação hipersensível, limita a movimentação de herbicidas sistêmicos por meio da necrose e morte do tecido atingido, após alguns dias a planta rebrota pelas gemas de crescimento. Em 2015, no estado do Paraná foram identificados biótipos de *C. sumatrensis* que apresentaram este comportamento após a aplicação de 2,4-D (QUEIROZ et al., 2019).

Em um estudo realizado por YUAN et al. (2007) é descrito um processo de aumento da metabolização do herbicida em plantas daninhas, há espécies que são capazes de acelerar a degradação do herbicida, transformando-o em compostos pouco tóxicos por meio de quatro fases:

Fase I – a molécula sofre modificações químicas por meio da oxidação, redução hidrólise, oxigenação ou hidroxilação resultando em moléculas menos móveis.

Fase II - A molécula do herbicida ou a molécula resultante da fase I é conjugada com substratos hidrofóbicos ou eletrofílicos favorecendo a desativação do herbicida.

Fase III – Os metabolitos obtidos na fase II são transportados para o vacúolo, em um processo como o de sequestro do herbicida e podem ocorrer conjugações secundárias, diminuindo a fitotoxicidade das moléculas.

Fase IV – Nesta fase é possível que os metabólitos compartimentalizados nos vacúolos sejam incorporados a parede celular junto de substâncias como lignina e pectina.

No trabalho publicado por Gaines et al. (2020) é possível identificar diversos biótipos de plantas daninhas que apresentam os mecanismos de resistência citados acima. Herbicidas inibidores do fotossistema II foram os primeiros a serem identificados com mutação no sítio-alvo. A superexpressão de genes foi observada em indivíduos de *Lolium rigidum* (azevém) resistentes ao glifosato. Foi relatado resistência do girassol comum (*Helianthus annuus*) ao

imazetapir por meio da absorção reduzida. Identificaram biótipos de *C. canadensis* resistentes ao glifosato por meio da redução na tranlocação e sequestro no vacúolo. Por fim, destaca-se a espécie *Alopecurus myosuroides*, identificada na Europa associada à metabolização acelerada.

3.5 Herbicidas inibidores do fotossistema II

Os herbicidas inibidores do fotossistema II (PS II) são classificados no Grupo 5 de acordo com o Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas (HRAC). Correspondem aos herbicidas que inibem o processo de fotossíntese, agindo nas proteínas centrais do PS II, em síntese, os herbicidas do grupo 5 agem pelo sítio de ligação da proteína D1, competindo com a plastoquinona, uma molécula transportadora de elétrons que participa da fase luminosa da fotossíntese, impedindo a produção de NADPH e ATP (Silva et al., 2013). Ocorre também a produção de espécies reativas de oxigênio (Eros) que resultam em clorose e morte das células fotossintéticas (Powles & Yu, 2010). Atrazina, ametrina, prometrina, metribuzina, diuron, linuron, tebutiuron, propanil, bentazona, ioxinil, metamitrona, amicarbazona e hexazinona são os herbicidas que possuem este mecanismo de ação.

No Brasil o primeiro caso identificado de espécies resistentes aos inibidores do fotossistema II foi em *Bidens subalternans*, posteriormente em *Sagittaria montevidensis*, *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* (Heap, 2016). Em 2017 foram identificados biótipos de *C. sumatrensis* que evoluíram para a resistência múltipla a cinco locais de ação, dentre eles o diuron, herbicida sistêmico aplicado principalmente em pré-emergência e pós-emergência precoce (Christoffoleti et al. 2017).

O mecanismo de resistência da *C. sumatrensis* a este grupo ainda é desconhecida, nos estudos publicados não foram identificadas mutações específicas. Entretanto, considerando diversas espécies e regiões do mundo, estudos relacionam a resistência aos herbicidas do grupo 5 a mutações no sítio-alvo, principalmente no gene *psbA*, localizado no cloroplasto, e codifica a proteína D1, uma condição herdada geneticamente e favorecida pela pressão de seleção e uso repetido do mecanismo de ação (Gemelli et al., 2016).

3.6 Herbicidas inibidores do fotossistema I - Desvio de elétrons

O fotossistema I (PS I) é ativado após o fotossistema II, recebe elétrons do citocromo b6f, transfere os elétrons para o NADP⁺ e reduz a NADPH. Os herbicidas paraquate e diquate são os mais destacados do grupo 22, sendo que o primeiro está banido do mercado brasileiro desde 2020 (Adapar, 2020). O diquate atua no desvio de elétrons do fluxo normal da fotossíntese. Capturam elétrons do PS I, produzem um radical reduzido que ao reagir com oxigênio molecular favorecem a produção de Eros, causam oxidação das membranas celulares, degradação de proteínas e ruptura das membranas celulares. Os sintomas iniciais são murchamento e cloroses interveais, que se tornam visíveis em poucas horas sob condições favoráveis como temperatura elevada e iluminação (Martins, 2013).

O paraquate e o diquate são herbicidas de ação rápida, não seletivos, ou seja, são capazes de controlar praticamente todas as espécies vegetais, porém existem relatos de 72 casos de resistência relacionados ao paraquate e 10 relacionados ao diquate, dessas casos 21 foram indentificados em biótipos de *Conyza* spp (Leal, 2022). No Brasil o primeiro relato de resistência da *Conyza* a este MoA foi em *Conyza sumatrensis* na região oeste do Paraná, apresentando fator de resistência elevados. A literatura propõe cinco possíveis mecanismos de resistência ao paraquate: Absorção reduzida, inativação das moléculas por meio de processos metabólicos, sítio de ativação alterado, detoxificação das espécies reativas de oxigênio e sequestro da molécula (Carvalho et al. 2016).

Estudos verificaram o sistema antioxidante em populações de *C. sumatrensis* por meio da detoxificação das espécies reativas de oxigênio, constantando aumento na atividade de enzimas como: catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD), glutathione redutase (GR), glutathione peroxidase (GPX), polifenol oxidase (PPO), guaiacol peroxidase (GPOD), monodesidroascorbato redutase (MDHAR) e dehidroascorbato redutase (DHAR), as plantas suscetíveis apresentaram acúmulo de malondialdeído, indicando intensa peroxidação da membrana (Pereira, 2019).

A enzima superóxido dismutase atua na primeira linha de defesa, tranforma O₂⁻ em peróxido de hidrogênio (H₂O₂) uma molécula menos reativa. A catalase atua removendo altas concentrações de H₂O₂ e a ascorbato peroxidase atua am baixas concentrações, integrando a substância ao ciclo ascorbato – glutathione. Outras enzimas, como a guaiacol peroxidase (GPX), também contribuem para a

eliminação do H_2O_2 . As demais enzimas como MDHAR, DHAR e GR atuam na regeneração do ácido ascórbico e da glutathione, que são responsáveis por neutralizar as espécies reativas de oxigênio, reduzindo os danos oxidativos do paraquate (Leal, 2022).

3.7 Herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PPO)

A protoporfirinogênio oxidase (PPO/PROTOX) é a última enzima comum entre as rotas de síntese de clorofila e de compostos do grupo heme. Dentre os ingredientes ativos comercializados no Brasil com objetivo de inibir esta enzima pode-se destacar os seguintes: acifluorfen, carfentrazone-etílica, flumiclorac-pentílico, flumioxazina, fomesafen, lactofen, oxadiazona, oxyfluorfen, saflufenacil, e sulfentrazone (Vidal, 2014).

Pertecem ao grupo HRAC 14, agem provocando o acúmulo de compostos fitodinâmicos. A PROTOX é responsável por facilitar a transformação do protoporfirinogênio IX em protoporfirina IX, um composto fundamental para o funcionamento normal dos cloroplastos, a inibição da enzima causa um acúmulo do protoporfirina IX no cloroplasto que na presença de luz e oxigênio contribui para a formação de espécies reativas de oxigênio (O^-) que desencadeiam sintomas como branqueamento e necrose dos tecidos (Hao et al., 2011).

O biótipo de *C. sumatrensis* resistente ao inibidor da PROTOX foi identificado na região de Palotina no Paraná em 2017 (Albrecht et. al. 2017). Apesar do número crescente de casos relatados da resistência múltipla da *C. sumatrensis* a herbicidas, ainda são escassos na literatura estudos que determinem o mecanismo específico de resistência da espécie aos herbicidas inibidores da Protox, os estudos disponível não aprofundam nos processos fisiológicos, moleculares ou bioquímicos envolvidos.

No entanto as pesquisas analisadas relatam que o modo de ação complexo dos inibidores da PROTOX oferece diversos mecanismos de resistência possíveis. Biótipos de *Amaranthus tuberculatus* identificados em regiões dos Estados Unidos, apresentaram ampla resistência, os estudos indicaram que a absorção, translocação e metabolismo dos herbicidas não diferem em plantas resistentes e suscetíveis. Mas a resistência esteve associada à redução do acúmulo de protoporfirina IX e menor dano às membranas (Dylan e Duke, 2010).

Em um trabalho realizado por Patzoldt et al. (2006), foi possível verificar

que a resistência a este mecanismo de ação foi resultado da eliminação do aminoácido Gly210, no gene PPX2L, que codifica as duas isoformas da enzima Protoporfirinogênio Oxidase, isto indica que a resistência é possível por meio da substituição de um único gene.

3.8 Herbicidas inibidores da enolpiruvil shiquimato fosfato sintase (EPSPS)

A 5-enol-piruvil-shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS) é uma enzima responsável pela síntese de aminoácidos aromáticos (Fenilalanina, Tirosina e Triptofano). O glifosato é o principal ingrediente ativo que compõe os herbicidas do grupo HRAC 9, são responsáveis por inibir a enzima EPSPS e interrompem a rota do ácido chiquímico. O que confere ao herbicida amplo espectro de ação é que a EPSPS está presente em praticamente todas as espécies vegetais, outra característica que intensifica seu uso é a capacidade de translocação pelo tecido vegetal (Christoffoleti, 2016).

As principais espécies de *Conyza* spp. apresentam resistência ao glifosato, foi identificado em biótipos de *C. canadensis* e *C. bonariensis* no Rio Grande do Sul e em *C. sumatrensis* no Paraná. Os efeitos destes herbicidas no metabolismo da buva são amplamente estudados, necessários para o desenvolvimento de práticas de manejo integrado para prevenir ou retardar a evolução de novos biótipos (Merotto Jr. et al., 2010).

Existem dois mecanismos de resistência relacionados ao glifosato. Um do tipo TSR, acontece em biótipos que possuem mutação no gene 106 da EPSPS, o aminoácido prolina pode ser substituído por outro aminoácido como: serina, treonina, alanina e leucina. Essa mutação impede a molécula do herbicida de se ligar ao sítio alvo. Quanto a resistência TSR há também a superexpressão dos genes que codificam a enzima, o herbicida age da forma correta, mas a planta possui quantidade suficiente de enzimas para manter o seu metabolismo. Mecanismos de tipo NTSR foram relatados em biótipos de *C. bonariensis* e *C. canadensis*, associados ao sequestro da molécula para dentro do vacúolo (Gomes, 2014).

Uma pesquisa desenvolvida por Schneider (2018) objetivou-se em identificar características anatômicas como densidade estomática, espessura da epiderme e diâmetro dos feixes vasculares de biótipos resistentes e suscetíveis de *Conyza* spp. e se existem alterações que influenciam a absorção e translocação. Os resultados

observados não apresentaram diferenças significativas quanto a espessura da epiderme e o diâmetro dos feixes vasculares nos biótipos resistentes e suscetíveis, mas demonstraram que a densidade estomática dos biótipos resistentes é menor que dos suscetíveis. Evidenciando que o mecanismo de resistência da *C. sumatrensis* aos inibidores da EPSPS pode ser relacionado a redução de absorção.

3.9 Herbicidas mimetizadores de auxina

As auxinas são hormônios vegetais responsáveis por processos de desenvolvimento vegetal, atuam na divisão e diferenciação celular, direcionam o crescimento em resposta à luz e desenvolve outras funções nas plantas. Os herbicidas mimetizadores das auxinas mais conhecidos são 2,4-D, dicamba, picloram, quincloraque. Os herbicidas auxínicos como o 2,4-D mimetizam, ou seja, reproduzem características do ácido indol-3-acético, possui uma forma parecida a auxina ativando os mesmos receptores, se liga ao receptor TIR1, provocando degradação das proteínas AUX/IAA (Kubes e Napier, 2019).

Em *C. sumatrensis* resistente ao 2,4-D foi observado mecanismo de rápida necrose, o caso foi relatado em 2015, no Paraná. Os sintomas foram observados em folhas velhas, 2 horas após a aplicação e em cerca de 21 dias retomaram o desenvolvimento por meio das gemas laterais. A rápida necrose foi identificada apenas para herbicidas como 2,4-D e MCPA, para os demais grupos o mecanismo dessa resistência ainda é pouco explorado e os mecanismos moleculares não são caracterizados (Agonese, 2022).

Queiroz et al. (2022) propuseram avaliar os compostos relacionados a detoxificação de herbicidas, os resultados discutidos mostraram que enzimas como citocromo P450 e glutatona S-transferase não induziram os sintomas de necrose rápida nas plantas, sugerindo que este não é o mecanismo de resistência presente nestes biótipos, no entanto inibidores orthovanadato e azida sódica reduziram o estresse oxidativo. Os resultados ressaltam que o mecanismo da *C. sumatrensis* a este grupo químico pode estar relacionado a alteração no transporte e na distribuição do herbicida nas células.

Estudos mais antigos documentam resistência aos mimetizadores das auxinas associada a alterações no sítio de ação, por meio de reconfiguração estrutural. Transporte, por meio da translocação reduzida, o herbicida se limita aos órgãos aplicados. Por fim ao mecanismo de detoxificação como exposto

anteriormente, por meio de enzimas antioxidantes que tornam a molécula do herbicida menos tóxica e reativa (Figueiredo, 2016).

4. Manejo alternativo para controle da *Conyza sumatrensis*

É amplamente discutido que o uso repetido de um herbicida favorece os mecanismos de restência, mas o controle adequado envolve a adoção de estratégias combinadas. Os herbicidas com mecanismos de ação diferentes podem ser utilizados de forma isolada ou associados, uma vez que elevar a dose de um produto que tenha apresentado resistência não é suficiente para o controle eficaz. A associação dos herbicidas e aplicação no momento adequado como nos primeiros estádios de desenvolvimento das plantas infestantes são cruciais para o manejo da *C. sumatrensis* (Soares, 2014).

O controle da *Conyza* spp. durante pré-plantio envolve diversas estratégias para ser efetivo, as aplicações sequências de herbicidas permitem um melhor controle do fluxo sucessivo de emergência da planta, envolvendo dois ou mais tratamentos durante o ciclo da planta. Uma pesquisa de campo realizada por Souza et al. (2022) relatou a dificuldade em controlar as espécies de buva, principalmente com desenvolvimento avançado. O autor apresentou 18 tratamentos para o gênero, destacando as aplicações de diquate, suflufenacil e glifosinato de amônio, associado com herbicidas em pré-emergência entre eles: diclosulam, sulfentrazone + diuron, e flomioxazina + imazetapir.

Tratamento	Biótipo	Estádio de aplicação	Nível de controle observado no trabalho
Glifosinato de amônio	Resistente	2-4 folhas	Alto controle (>80-90%)
Diquate	Resistente	2-4 folhas	Alto controle inicial
Glifosato + 2,4-D	Resistente	2-6 folhas	Superior que o glifosato isolado
Safludenacil	Resistente	2-4 folhas	Alto controle inicial
Glifosato isolado	Resistente	Não recomendado isoladamente	Baixo controle

Tabela 1: Tratamento eficiente e estágio de aplicação ideal. (Souza et. al, 2022)

Nos experimentos conduzidos por Albrecht et. al (2022) os maiores níveis de controle da *C. sumatrensis* foram observados em aplicações sequenciais com associação de produtos com mecanismos de ação complementares, como o uso do glifosato com herbicidas de efeito residual como o diclosulam. Outra aplicação

realizada utilizando glifosato + 2,4-D seguido de glifosato+diclosulam não apresentaram controle satisfatório, indicando a necessidade de uma aplicação adicional em pós emergência.

No Paraná entre outubro de 2012 e julho de 2016 foi implantado um sistema de plantio direto com ruzigrass (*Urochloa ruziziensis*) uma cultura de cobertura em uma área que apresentava populações de *Conyza* spp. com resistência confirmada ao glifosato. A ruzigrass, é uma gramínea forrageira que forma uma barreira física e luminosa dificultando a germinação das sementes, a implantação da cultura associado á rotação e mistura de herbicidas promoveu elevada supressão da emergência e reduziu a densidade de buva na área (Marochi et al. , 2018).

O manejo alternativo da *C. sumatrensis* resistente aos mecanismo de ação descritos não se limita apenas na rotação de MoA. A descrição destes trabalhos reforça o conceito de adotar um manejo estratégico, utilizando as práticas culturais de forma racional, com intuito de controlar as populações de plantas daninhas e maximizar a produtividades das culturas de interesse econômico.

5. Considerações Finais

A *C. sumatrensis* apresenta uma grande importância agrônômica, devido a sua adaptabilidade, alta dispersão, produção de sementes e a capacidade de competir com as plantas cultivadas. São diversos os desafios de controle desta espécie, mas pode-se destacar a resistência múltipla aos cinco mecanismos de ação descritos ao longo do trabalho. Os mecanismos de resistência do tipo TSR e NTSR demonstram a complexidade enfrentada pelos profissionais técnicos e produtores quanto ao manejo das plantas daninhas, nesse contexto o manejo da buva não deve se restringir a aplicação de produtos químicos, é necessário se atentar a importância de integrar as técnicas disponíveis para o controle, com objetivo de retardar a evolução de resistência e garantir o desenvolvimento sustentável da agricultura.

REFERÊNCIAS

- Albrecht A. J. P. et. al. *Brasil – Conyza sumatrensis resistente ao saflufenacil (HRAC Group 14)*. The International Herbicide-Resistant Weed Database. WeedScience.org. Disponível em: <http://www.weedscience.org/Pages/Case.aspx?ResistID=17099>. Acesso em: 27 jan. 2026.
- ALBRECHT, L. P. et. al. *Sequential application of herbicide options for controlling Conyza sumatrensis in soybean pre-sowing*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo, Mendoza, v. 54, n. 2, p. 83–93, dez. 2022. DOI: 10.48162/rev.39.085. Disponível em: [Vista de Aplicação sequencial de opções de herbicidas para controlar a sumatrense da Conyza na pré-semeadura da soja](#). Acesso em: 28 jan. 2026.
- ANGONESE, P. S.. Efeito de inibidores metabólicos e análise do transcriptoma de Conyza sumatrensis para caracterização do mecanismo de resistência ao herbicida 2,4-D relacionado à rápida necrose. 2022. 117 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/252787/001155025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- BRUNO, M. H. F.; et al. Caracterização morfológica e molecular de biótipos de Conyza spp. Revista Ciência Agrícola, Rio Largo, v. 19, n. 1, p. 61-69, 04 ago. 2021. DOI: 10.28998/rca.v19i1.9735. Disponível em: <https://ufal.emnuvens.com.br/revistacienciaagricola/article/view/9735>. Acesso em: 02 nov. 2025.
- CARVALHO, J. C. et al. Herbicidas inibidores do fotossistema I. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (coords.). *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. 4. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2016. p. 133-150 (Cap. 8). Disponível em: https://upherb.com.br/ebook/livro_Hrac.pdf. Acesso em: 21 jan. 2026.
- CHRISTOFFOLETI, P. et al. International Herbicide-Resistant Weed Database: Multiple resistant Conyza sumatrensis from Brazil (ResistID 17135). WeedScience.org, 2018. Disponível em: <https://www.weedscience.org/Pages/Case.aspx?ResistID=17135>. Acesso em: 02 de nov. 2025.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (coords.). *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. 4. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2016. 262 p. Disponível em: https://upherb.com.br/ebook/livro_Hrac.pdf. Acesso em: 19 jan. 2026.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília, DF, v.12, safra 2024/2025, n.12, décimo segundo levantamento, p. 1-133, set, 2025. ISSN 2318-6852. Disponível em: [e-book boletim-de-safras-12o-levantamento 2025.pdf](#). Acesso em: 27 jan. 2026.
- CONCENÇO, G. et al. *Plasmodesmos: transporte simplástico de herbicidas na planta. Planta Daninha*, v. 25, n. 2, p. 423–432, 2007. DOI:10.1590/S0100-83582007000200024. Disponível em: [SciELO Brasil - Plasmodesmos: transporte simplástico de herbicidas na planta Plasmodesmos: transporte simplástico de herbicidas na planta](#). Acesso em: 12 dez. 2025.
- DAYAN, F. E. & DUKE, S. O. (2010). *Protoporphyrinogen Oxidase-Inhibiting Herbicides*.

In **Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology** (3^a ed., Vol. 2, pp. 1733–1751). Elsevier. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Franck-Dayan/publication/279436005_Protoporphyrinogen_Oxidase-Inhibiting_Herbicides/links/5dee7367299bf10bc34e9d21/Protoporphyrinogen-Oxidase-Inhibiting-Herbicides.pdf. Acesso em: 21 jan. 2026.

DE QUEIROZ, A. R. S. et al. Rapid necrosis II: physiological and molecular analysis of 2,4-D resistance in Sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*). *Weed Science*, v. 70, p. 36–45, 2022. DOI: 10.1017/wsc.2021.71. Acesso em: 18 jan. 2026

DÉLYE, C.; JASIENIUK, M.; LECORRE, V. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics*, Cambridge, v. 29, n. 11, p. 649–658, 2013. Disponível em: [Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds - ScienceDirect](#). Acesso em: 22 dez. 2025.

FIGUEIREDO M.; GAINNES T.; NISSEN S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas análogos das auxinas (Grupo O). In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (coords.). *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. 4. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2016. p. 219 – 228 (Cap. 14). Disponível em: https://upherb.com.br/ebook/livro_Hrac.pdf. Acesso em: 19 jan. 2026.

GAINES, T. A. et al. **Mechanisms of evolved herbicide resistance**. *Journal of Biological Chemistry*, v. 295, n. 30, p. 10307–10330, 2020. DOI: 10.1074/jbc.REV120.013572. Disponível em: [Mechanisms-of-evolved-herbicide-resistance_2020_jb.pdf](#). Acesso em: 24 jan. 2026.

GE, X.; D'AVIGNON, D. A.; ACKERMAN, J. J. H.; SAMMONS, R. D. Rapid vacuolar sequestration: the horseweed glyphosate resistance mechanism. *Pest Management Science*, v. 66, n. 4, p. 345–348, 2010. DOI: 10.1002/ps.1911. Acesso em 15 dez. 2025.

GEMELLI, A et al. Herbicidas inibidores do fotossistema I. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (coords.). *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. 4. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2016. p. 119-134 (Cap. 7). Disponível em: https://upherb.com.br/ebook/livro_Hrac.pdf. Acesso em: 19 jan. 2026.

GHHEREKHLOO, J. et al. Pro-106-Ser mutation and EPSPS overexpression acting together simultaneously in glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica*). *Scientific Reports*, Londres, v. 7, art. 6702, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-06772-1. Acesso em: 22 dez. 2025.

GOMES, G. L. G. C. *Caracterização bioquímica e morfofisiológica de populações de buva (Conyza spp.) resistentes ao glyphosate*. 2014. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/621a6fa2-d4a3-4815-993a-ac820d41e2cf/content>. Acesso em: 21 jan. 2026.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. *Adapar orienta sobre proibição de agrotóxicos com Paraquat*. Agência Estadual de Notícias, 16 set. 2020. Disponível em:

<https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Adapar-orienta-sobre-proibicao-de-agrotoxicos-com-Paraquat>. Acesso em: 21 jan. 2026

HAO, G.F et al. Protoporphyrinogen oxidase inhibitor: an ideal target for herbicide discovery. *Chemistry in China*, v.65, n.12, p.961-969, 2011. Disponível em: [Sci-Hub. Protoporphyrinogen Oxidase Inhibitor: An Ideal Target for Herbicide Discovery / CHIMIA, 2011](#). Acesso em: 21 jan. 2026.

HARTZLER, B.; OWEN, M. D. K.; *Farmer Awareness of Herbicide-resistant Weeds. Integrated Crop Management News*, Iowa State University Extension and Outreach, 25 abr. 2014. Disponível em: https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2014/04/farmer-awareness-herbicide-resistant-weeds?utm_source=com. Acesso em: 27 jan. 2026.

HEAP, I. *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. Online. Disponível em: <http://www.weedscience.org/Pages/Species.aspx>. Acesso em: 27 jan. 2026.

KALSING, A. et. al. The population genomics of *Conyza* spp. in soybean macroregions suggest the spread of herbicide resistance through intraspecific and interspecific gene flow. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 19536, 22 ago. 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-70153-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70153-8>. Acesso em: 10 dez. 2025.

KANATAS, P. et. al. Seed Germination and Plant Growth under Drought Stress of Herbicide-Resistant and Herbicide-Susceptible Biotypes of *Conyza* Species and Smart Farming Approaches. *Agrochemicals*. V. 2, n. 3, p. 436-445, 2023. Disponível em: [agrochemicals-02-00024.pdf](#). Acesso em: 27 jan. 2026.

KUBES, M.; NAPIER, R. Non-canonical auxin signalling: fast and curious. *Journal of Experimental Botany*, v. 70, n. 10, p. 2609–2614, 1 maio 2019. DOI: 10.1093/jxb/erz111. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/70/10/2609/5373062>. Acesso em: 21 jan. 2026.

LAZAROTTO, C. A.; FLECK, N. G.; RIBAS, A. V. Biologia e ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 852–860, 2008. Acesso em: 02 dez. 2025.

LEAL, J. F. L. **Metabolismo e fisiologia de *Conyza sumatrensis* resistente a herbicidas**. 2022. 114 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/bitstream/20.500.14407/20027/1/2022%20-%20J%20c3%a9ssica%20Ferreira%20Louren%20c3%a7o%20Leal.Pdf>. Acesso em: 21 jan. 2026.

MAROCHI, A. et al. *Managing glyphosate-resistant weeds with cover crop associated with herbicide rotation and mixture*. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 42, n. 4, Jul-Aug. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542018424017918>. Acesso em: 28 jan. 2026.

MARKUS, C. et al. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Matologia: Estudos sobre plantas daninhas**. Editora Fábrica da Palavra, Jaboticabal, p. 324-364, 2021. Disponível em: [RESISTENCIA-DE-PLANTAS-DANINHAS-AOS-HERBICIDAS.pdf](#). Acesso em: 20 jan. 2026.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. *Semina*:

Ciências Biológicas e da Saúde, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 175–186, 2013. DOI: 10.5433/1679-0367.2013v34n2p175. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/13583>. Acesso em: 09 jan. 2026.

MEROTTO J. et al. Isolamento do gene ALS e investigação do mecanismo de resistência a herbicidas em *Sagittaria montevidensis*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2381-2384, 2010. Acesso em: 21 jan. 2026.

MORETTI, M. L.; HANSON, B. D. Reduced translocation is involved in resistance to glyphosate and paraquat in *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis* from California. *Weed Research*, v. 57, n. 1, p. 25–34, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12230>. Acesso em: 23 dez. 2025.

MURPHY, B.; TRANEL, P. Mutações no sítio-alvo que conferem resistência a herbicidas. *Plants*, Basel, v. 8, n. 10, art. 382, 2019. DOI: 10.3390/plants8100382. Disponível em: [Target-Site Mutations Conferring Herbicide Resistance](#). Acesso em: 22 dez. 2025.

PATZOLDT, D. E.; TRIBOIRET, M.; RIECHMANN, W. A single codon deletion confers resistance to herbicides inhibiting protoporphyrinogen oxidase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 103, n. 33, p. 12329-12334, 2006. Disponível em: [Uma deleção de códon confere resistência a herbicidas que inibem a protoporfirinógeno oxidase no JSTOR](#). Acesso em: 21 jan. 2026.

PEREIRA, V. G. C. **Caracterização da resistência de *Conyza sumatrensis* ao herbicida paraquat**. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Botucatu, Botucatu, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/bce6fa40-cd32-4ef5-9d86-d833aecf8ff7/content>. Acesso em: 21 jan. 2026.

PITELLI, R.A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 1–5, set. 1987. Disponível em: [Microsoft Word - 01 Competicao e controle das plantas daninhas.doc](#). Acesso em 26 nov. 2025.

PORTUGAL, J. M.; LA CRUZ, R. A. (Eds.) (2024). Resistência adquirida - Porque deixam de funcionar os herbicidas. Instituto Politécnico de Beja/Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, Jaboticabal SP, 59pp. Disponível em: [\(PDF\) Resistência adquirida: Porque deixam de funcionar os herbicidas](#). Acesso em: 22 dez. 2025.

POWLES, S. B.; YU, Q. *Evolution in action: plants resistant to herbicides*. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 61, p. 317–347, 2010. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112119. Disponível em: [Evolution in Action Plants Resistant to Herbicides.pdf](#). Acesso em: 16 jan. 2026.

QUEIROZ, A. R. S. de; DELATORRE, C. A.; LUCIO, F. R.; ROSSI, C. V. S.; ZOBIOLE, L. H. S.; MEROTTO, A. Rapid necrosis: a novel plant resistance mechanism to 2,4-D. *Weed Science*, Lawrence, v. 68, n. 1, p. 6–18, 2020. DOI: 10.1017/wsc.2019.65. Disponível em: [Rapid necrosis: a novel plant resistance mechanism to 2,4-D | Weed Science | Cambridge Core](#). Acesso em: 29 dez. 2025.

RIBEIRO, D. M. *et al.* Ação dos herbicidas no metabolismo das plantas. In: ECOFISIOLOGIA DE PLANTAS CULTIVADAS: fundamentos, estratégias aplicadas, adaptação e resiliência no ambiente agrícola. Editora Científica, 2025. p. 8–26. DOI: 10.37885/241118193. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/241118193.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2026.

RIZZARDI, M. Buva – Herbicidas e Resistência. Academia das Plantas Daninhas. Disponível em: <https://www.upherb.com.br/int/buva>. Acesso em: 24 jan. 2026.

SCHNEIDER, T. *Resistência de Conyza spp. ao herbicida glifosato: distribuição geográfica, aspectos moleculares, genéticos e anatômicos*. 2018. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018. Disponível em: <https://repositorio.upf.br/server/api/core/bitstreams/df8d16e9-e6af-4925-910d-85b981b401a4/content>. Acesso em: 21 jan. 2026.

SILVA, I. P. DE F. E. *et al.* HERBICIDAS INIBIDORES DO FOTOSISTEMA II - PARTE I. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, Tupã, São Paulo, Brasil, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2013. DOI: 10.18011/bioeng2013v7n1p1-11. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/BIOENG/article/view/127>. Acesso em: 10 jan. 2026.

SANTOS, G.; OLIVEIRA-JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; FRANCISCHINI, A. C.; MACHADO, M. F. P. S.; MANGOLIN, C. A.; NAKAJIMA, J. N. *Conyza sumatrensis*: A new weed species resistant to glyphosate in the Americas. Weed Biology and Management, v. 14, p. 106-114, 2014. Acesso em: 27 jan. 2026.

SOUZA, A. dos S. *Alterações anatômicas e na absorção e translocação de herbicidas como mecanismo de resistência em Conyza sumatrensis*. 2022. 107 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) — Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022. Disponível em: <https://rima.ufrjr.br/jspui/handle/20.500.14407/19251>. Acesso em: 20 jan. 2026.

VIDAL, R. A. *et al.* *Mecanismos de ação dos herbicidas*. Beja : Instituto Politécnico de Beja, Repositório Digital IPBeja. Disponível em: <https://repositorio.ipbeja.pt/server/api/core/bitstreams/ba2f8017-a206-4a92-a2e1-b6d68ed2d184/content>. Acesso em: 21 jan. 2026.

YU, Q. *et al.* Distinct non-target-site mechanisms endow resistance to glyphosate, ACCase and ALS-inhibiting herbicides in multiple herbicide-resistant *Lolium rigidum*. *Planta*, v. 230, n. 4, p. 713–723, set. 2009. DOI: 10.1007/s00425-009-0981-8. Acesso em 15 dez. 2025.

YUAN, J. S.; TRANEL, P. J.; STEWART, C. N. Jr. *Non-target-site herbicide resistance: a family business*. *Trends in Plant Science*, Oxford, v. 12, n. 1, p. 6–13, 2007. DOI: 10.1016/j.tplants.2006.11.001. Disponível em: [Resistência a herbicidas fora do local-alvo: um negócio familiar | Solicite PDF](#). Acesso em: 10 jan. 2026.