

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
PACES - PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA EM
SUSTENTABILIDADE

FELIPE CREPALDI ALVES ROBERTO
SOPHIA BEZ RIBEIRO

Resistência de plantas daninhas: buva

Piracicaba

2024

FELIPE CREPALDI ALVES ROBERTO
SOPHIA BEZ RIBEIRO

Resistência de plantas daninhas: buva

Revisão bibliográfica apresentada ao PACES - Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade, na Esalq - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP - Universidade de São Paulo, no Departamento de Ciências do Solo (LSO).

Orientadores: Prof. Fernando Dini Andreote e Prof. Moacir Tuzzin de Moraes.

Coordenadores: Ana Clara Z. Bordignon e Kaio Eduardo P. Álvares.

Piracicaba

2024

RESUMO

Surgindo com muito destaque nas últimas décadas no cenário do agronegócio brasileiro, a buva (*Conyza* spp.) é uma das plantas daninhas que adquiriu resistência e que acaba mais causando problemas para os produtores, visto que tal característica abrange alguns dos principais mecanismos de ação usados hoje no combate a plantas daninhas.

Sendo resistência a capacidade de uma planta de suportar o ataque de herbicidas que anteriormente não a afetavam, essa característica pode ser dividida em dois tipos, a cruzada, a qual ocorre quando a daninha é resistente a dois ou mais herbicidas devido a apenas um só mecanismo de resistência, assim, consegue resistir a todos os herbicidas que possuem o mesmo mecanismo de ação, outro tipo de resistência é a múltipla, a qual ocorre quando um indivíduo possui um ou mais mecanismos de resistência distintos que conferem o comportamento resistente a herbicidas com mecanismo de ação diferenciado.

No aspecto da buva, em que sua resistência foi primeiramente relatada na região sul do país e evoluiu para o centro brasileiro, esse biótipo adquiriu resistência a diferentes mecanismos de ação, sendo alguns desses os mais utilizados para combate á essa intempérie das lavouras, dessa forma, diferentes experimentos foram conduzidos a fim de buscar a melhor maneira de combater a buva que possui resistência ao herbicida glifosato, encontrando nos tratamentos com bromacil + diuron e paraquat isolados e em mistura, e ainda o efeito de uma aplicação sequencial de glifosato a melhor escapatória para o problema em questão.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. TIPOS DE RESISTÊNCIA.....	6
3. BUVA.....	9
3.1 ASPECTOS GERAIS.....	9
3.2 DIFERENCIAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	10
3.3 CASOS DE RESISTÊNCIA.....	12
3.4 EXPERIMENTAÇÃO COM BUVA.....	14
3.4.1 Caracterização de espécies no Paraná.....	14
3.4.2 Mecanismos de resistência múltipla a herbicidas.....	16
3.4.3 Controle químico de biótipos de buva resistentes ao glifosato.....	18
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, uma das principais atividades econômicas é o agronegócio, setor que vem se intensificando e ganhando cada vez mais destaque no cenário nacional e mundial, muito por conta da grande capacidade de produção de alimentos, algo que em algumas décadas será essencial vista o aumento exponencial da população mundial. Dessa maneira, sendo o Brasil um dos países com maior destaque nessa atividade essencial, busca-se cada vez mais intensificar as atuais áreas de produção frente a disponibilidade de abertura de novas áreas, algo que não se mostra ambientalmente sustentável, entretanto, nesse aspecto, uma das maiores dificuldades que os produtores estão enfrentando, principalmente ao se tratar dos produtores agrícolas, é o crescente aumento de casos de resistência a herbicidas.

Tendo como definição a capacidade adquirida de uma planta em sobreviver a determinados tratamentos de herbicidas que em condições habituais seriam capazes de controlar os integrantes dessa população (Vargas *et al.*, 1999), essas habilidades adquiridas ainda abrangem a capacidade de uma planta em se reproduzir, podendo gerar descendentes que já possuem tal característica de resistência. Assim, tal resistência adquirida a plantas daninhas implica em grandes dificuldades aos produtores para controle químico, visto que a partir do momento em que se constata essa característica, torna-se necessário empregar novos manejos a fim de contornar tal problemática.

Com esses fatores em mente pode-se introduzir um dos casos mais preocupantes de resistência a herbicidas no Brasil, que é o caso da buva (*Conyza* spp.), planta daninha que se concentrava inicialmente nos estados do sul do país, mas nos últimos anos vem sendo registrada na região do Brasil Central, interferindo na produção e no manejo que em muitos locais já estavam estruturados a alguns anos. Em suma, essa preocupação se dá devido a grande quantidade de grupos químicos nos quais a planta criou resistência, sendo por exemplo os inibidores do fotossistema I e fotossistema II, inibidores da ALS, inibidores da EPSPs, entre outros. Dessa forma, tanto os tipos e formas de adquirir resistência, como também um aprofundamento do caso da buva, dada a grande importância no cenário atual, serão introduzidos no conteúdo abaixo.

2. TIPOS DE RESISTÊNCIA

Abrangendo um aspecto mais geral, no meio agrícola, faz-se o uso de herbicidas buscando maior uniformidade nas lavouras e também buscando maior produtividade, tendo em vista que a presença de plantas daninhas causa uma competição por diversos fatores na área, como água, nutrientes, espaço e luz solar, além de algumas daninhas conseguirem atrapalhar a colheita, diminuir a qualidade dos produtos cultivados e até servir como ponte verde para diferentes pragas ou doenças nas culturas desejáveis. Dessa forma, diferentes maneiras de se combater as plantas daninhas passaram a ser adotados, entre elas, mecânico, biológico, culturais e químico, sendo o uso de produtos químicos o que vem recebendo cada vez mais destaque devido a sua eficiência nesse controle.

Entretanto, a partir do momento em que passou-se a abusar do uso dessa ferramenta, com a repetição constante, foram sendo selecionadas cada vez mais rápidas as espécies de plantas resistentes, criando uma problemática que interfere muito no manejo, haja visto que os herbicidas anteriormente utilizados não faziam mais o mesmo efeito, obrigando com que os produtores buscassem outras moléculas ou outras formas de tratamento. Fatores como a severa eficiência no combate de daninhas e a alta especificidade no seu modo de ação, juntamente com o uso de tais químicos em grandes extensões auxiliam a selecionar as plantas daninhas resistentes, por exemplo, os herbicidas que contêm o mecanismo de ação do grupo das triazinas ou dos inibidores da acetolactato sintase (ALS) são os que possuem maior número de biótipos resistentes, muito devido a esses fatores citados anteriormente. Logo, a resistência causada pelos herbicidas assume grande importância, por conta do limitado número de herbicidas que podem ser utilizados, junto a isso, o número de ingredientes ativos a serem utilizados para controle de algumas espécies de daninhas é restrito e a produção de novas moléculas é um processo cada vez mais difícil e oneroso (VARGAS; ROMAN, 2006).

Adentrando a parte dos mecanismos que conferem a resistência às plantas daninhas, pode-se citar a alteração do local de herbicida, essas alterações ocorrem no DNA, e não são letais ao indivíduo, mas geralmente são repassados aos descendentes, isso se dá devido a erros na transcrição do DNA e na transcrição do mRNA, assim como as mutações provocam inserção, deleção ou substituição da base nitrogenada, podendo afetar um ou mais aminoácidos da proteína a ser

formada, ocorrendo assim uma proteína mutante, grande parte dessas alterações ocorre de forma danosa, mas a evolução só se torna possível pois algumas dessas alterações ocorrem de forma benéfica, dessa forma, a alteração de uma base nitrogenada resultando em uma mutação pode ocasionar uma enzima com características funcionais distintas ou não da original, assim, se o aminoácido alterado for o ponto ou um dos pontos em que a molécula de herbicida acopla, o produto pode acabar perdendo atividade inibitória sobre a nova enzima (VARGAS; ROMAN, 2006).

Outro meio pelo qual pode ser conferida uma resistência é por meio da metabolização do herbicida, basicamente, esse mecanismo se dá pela capacidade da planta de degradar a molécula de herbicida de forma mais rápida que em plantas mais sensíveis, fazendo com que essa se torne inativa, sendo esse o mecanismo de resistência mais vista em grande parte dos casos. As formas de metabolismo mais comuns incluem a hidrólise ou a oxidação, que a partir daí surgem grupamentos adequados na conjugação com glutathione e aminoácidos, sendo os conjugados geralmente inativos, mais hidrofílicos e menos móveis na planta, sendo assim mais suscetíveis aos processos na planta de conjugação, destoxificação ou a compartimentalização da molécula do herbicida. A compartimentalização juntamente com a conjugação do herbicida faz com que a absorção e a translocação sejam alteradas, e assim a quantidade de herbicida que chega ao local de ação é reduzida, fazendo com que o produto haja em menores doses e assim seja menos letal, um exemplo desse ocorrido se dá em biótipos resistentes aos herbicidas bipyridílios e auxinas. Assim, esses mecanismos, isoladamente ou associado a outros podem causar a tolerância ou a resistência a herbicidas, mesmo que sejam de diferentes grupos químicos, e assim a planta pode ser sensível, tolerante ou resistente a determinado herbicida (VARGAS; ROMAN, 2006).

Agora que já se entende o processo pelo qual uma planta daninha pode adquirir a resistência, torna-se possível explicar os tipos de resistências que ocorrem durante o combate às plantas invasoras, sendo elas a cruzada e a múltipla.

Dando enfoque primeiramente a resistência cruzada, esse tipo pode ser conferido a um biótipo por qualquer dos mecanismos que podem conferir resistência, assim, essa resistência quando conferida ao local de ação, ocorre quando uma mudança bioquímica no ponto de ação de um herbicida, fazendo com que assim ocorra a resistência a outras moléculas de diferentes grupos químicos

que agem no mesmo local da planta, entretanto, a resistência cruzada não afeta obrigatoriamente resistência em todos os grupos químicos com mesmo local de ação. Por exemplo, em biótipos de *Lolium rigidum*, os quais são resistentes a herbicidas inibidores da ACCase, foram selecionados a partir do uso de herbicidas dos grupos ariloxifenoxipropionato ou ciclohexanodiona, apresentando maior nível de resistência ao primeiro grupo em relação ao segundo, isso se dá devido ao resultado de diferentes mutações ocorridas no gene que codifica a enzima ACCase e do tipo alelo do gene (VARGAS; ROMAN, 2006).

Já no caso da resistência múltipla, se trata de um caso de maior complicação quando se busca uma solução para contornar a problemática, isso se dá pois, em casos mais simples, dois ou mais mecanismos de ação acabam por conferir resistência a apenas um herbicida ou a um grupo de herbicidas, já em situações mais complexas já foi visto casos em que dois ou mais mecanismos geraram resistência a diversos herbicidas de diferentes grupos químicos, por exemplo os biótipos de *Alopecurus myosuroides*, que são encontrados na Austrália, no qual os biótipos citados possui a capacidade de resistir a 15 herbicidas diferentes, estando inclusos diclofop, pendimethalin e simazine. Dessa forma, quando a resistência afeta os locais de ação e outros mecanismos, o controle se torna mais complicado o combate às daninhas, tornando necessário o emprego de misturas de herbicidas em que sua atividade não tenha sido afetada pelas resistências geradas. Apesar disso, os casos em que ocorrem resistência múltipla são raros, sendo o mais complicado o encontrado na Austrália do biótipo de *Lolium rigidum* em que ocorre a metabolização de herbicidas da ACCase, ALS, FSII, possuindo ACCase e ALS mutadas (VARGAS; ROMAN, 2006).

3. BUVA

Considerando-se então que o Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo, pode-se associar ao fato de alta utilização de herbicidas e manejos controladores de pragas e plantas daninhas, o que leva ainda a uma alta incidência de casos de resistência na atualidade. Sendo um desses casos mais emblemáticos, a buva (*Conyza* spp.), que vêm impactando em grande escala principalmente as culturas de soja e milho (TORRES, 2021).

3.1 ASPECTOS GERAIS

A buva, ou também conhecida como voadeira, rabo de foguete, margaridinha-do-campo ou arranha gato, é uma planta daninha pertencente à família Asteraceae, que apresenta ciclo anual ou ainda bianual, é herbácea, pubescente com caule folhoso, e crescimento ereto. Podendo atingir 2,5 m de altura (com crescimento vigoroso), e possuindo folhas de 10-15 cm. Com alta capacidade de disseminação, de modo que uma planta pode produzir mais de 200 mil sementes por ciclo, que podem ser dispersadas por anemocoria, facilitada pelos papilhos que lhes permitem sustentação nas correntes de ar (LORENZI, 2014; TORRES, 2021).

Figura 1 - *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist



Fonte: Lorenzi (2014).

A buva tem se alastrado com grande rapidez sob as regiões agrícolas brasileiras, em especial na região Sul do Brasil, de modo que seu crescimento

vigoroso, alta produção de sementes, adaptabilidade e agressividade tendem a propiciar a disseminação e perpetuação das espécies. Causando danos à produtividade na cultura da soja que podem variar entre 240 a 720 kg ha⁻¹, mediante a presença de apenas uma planta por metro quadrado (RIZZARDI, s.d.). Ou ainda, causando reduções que podem chegar a 92% da produtividade no milho (COMITÊ DE AÇÃO A RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS, 2021).

Figura 2 - Falha de controle de buva em lavoura de soja



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

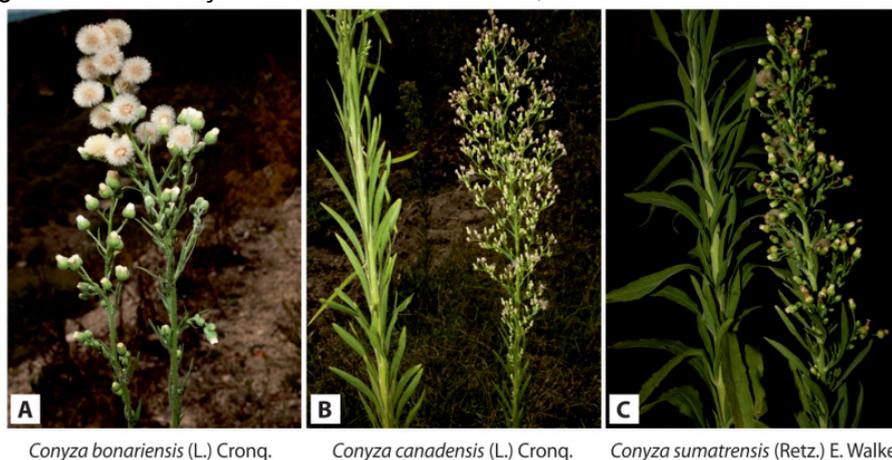
3.2 DIFERENCIAÇÃO DAS ESPÉCIES

O gênero *Conyza* é composto por uma grande variedade de plantas, dentre as quais há alta ocorrência de três espécies, de forma a serem mais comumente encontradas nos campos cultivados. São estas 3 espécies: *Conyza bonariensis*, *Conyza sumatrensis* e *Conyza canadensis*. De modo que em lavouras brasileiras há a predominância de duas dessas espécies, a *C. bonariensis* (popularmente conhecida como buva de folha estreita) e a *C. sumatrensis*, que podem ainda, dentro da mesma espécie, apresentar diversidade de populações, sejam essas, genéticas, adaptacionais ou morfológicas (RIZZARDI, s.d.; COMITÊ DE AÇÃO A RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS, 2021), de modo que pode-se identificar genótipos que apresentam resistência a determinados mecanismos de ação de herbicidas, e dificultam ainda mais o controle dessas espécies altamente danosas aos cultivos anuais, principalmente.

Na prática, a diferenciação das espécies exige alto conhecimento, de modo que é uma atividade de alta complexidade; a principal forma de se realizar a identificação da espécie é por meio da classificação da inflorescência. No caso da *C. bonariensis* os ramos laterais da inflorescência passam do ramo terminal e as inflorescências localizam-se na extremidade superior do ramo. Na *C. sumatrensis*, a inflorescência possui formato piramidal, contendo ainda alta concentração de pilosidade em sua haste principal. Ademais, em se pensar na *C. canadensis*, a inflorescência também apresentará conformação piramidal, no entanto, sua haste principal não apresentará pilosidade, ou em casa de presença de pêlos, estes estarão em baixa quantidade (RIZZARDI, s.d.).

Pode-se também utilizar de outros artifícios para a classificação das espécies, em adendo aos apresentados anteriormente, tais quais: as bordas do limbo foliar lisas ou inteiras (podendo apresentar minúsculos dentes), no caso da *C. bonariensis*. E ainda, no caso da *C. canadensis*, pode-se observar bordos com margens finamente dentadas, com a parte superior do caule formando uma grande panícula que, no entanto, não ultrapassa o topo do do ramo terminal (GAZZIERO, 2015).

Figura 3 - identificação visual de *C. bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis*



Fonte: Baccin *et al.* (2022).

Figura 4 - Identificação e diferenciação das principais espécies de *Conyza* sp.

	<i>C. bonariensis</i> var. <i>angustifolia</i>	<i>C. bonariensis</i> var. <i>bonariensis</i>	<i>C. sumatrensis</i> var. <i>sumatrensis</i>	<i>C. canadensis</i>
Folhas	Estreitas em toda a planta, fendida nas basais e lineares acima do caule.	Basais com margens serradas e longas. As superiores com margens inteiras quase lineares e menores.	As basais mais longas e progressivamente menores em direção ao ápice.	Margens dentadas, finas.
Caule	Densamente folhoso, com ramificações para o ápice.	Folhoso em toda a extensão.	Folhoso em toda a extensão.	Folhoso somente no ápice, sem ramificações.
Inflorescências	Panicula pequena, em forma piramidal.	Panicula espiciforme.	Panicula piramidal.	Panicula ampla e numerosos capítulos.
Capítulos	Poucas flores. Com involúcro reto.	Muitas flores. Com involúcro reto.	Muitas flores. Com involúcro com forma de campana, não reto.	Poucas flores. Com involúcro com forma de campana, não reto.

Fonte: Comitê de Ação e Resistência aos Herbicidas (2022).

Sob essa ótica, é de alta importância que em regiões que já possuem histórico de plantas com resistência à herbicidas seja realizada a correta identificação das plantas, já que um manejo assertivo pode contribuir com maior sanidade da lavoura, tanto ao reduzir a incidência das plantas invasoras, com ao contribuir com possíveis incidências de pragas e doenças que a buva pode vir a hospedar (COMITÊ DE AÇÃO A RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS, 2021).

3.3 CASOS DE RESISTÊNCIA

Como citado anteriormente, a buva é uma planta daninha que tem alta interferência a culturas de interesse, principalmente anuais, como soja e milho, por apresentar características inatas de alto potencial biótico e capacidade de proliferação e estabelecimento. Ademais, a partir do ano de 1980 (no Japão e em Taixan), uma preocupação a mais passou a agregar-se no manejo das plantas do gênero *Conyza*, sendo essa o aparecimento de mecanismo de resistência da plantas ao mecanismo de ação dos inibidores do fotossistema I (cujo ingrediente ativo observado foi o paraquat) (BACCIN *et al.* 2022).

A partir de então, vários casos de resistência foram notados ao longo do mundo, além dos inibidores do fotossistema I, sob diferentes mecanismos de ação: inibidores da EPSPs, inibidores da ALS, mimetizadores de auxina, inibidores da

protox e inibidores do fotossistema II. Ademais, puderam ser identificados casos de resistência cruzada em populações em diferentes partes do mundo, sendo a primeira na Suíça, em 1982, para os ingredientes ativos atrazine e simazine (HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2024).

Surgindo ainda, casos de resistência múltipla, tal qual o primeiro foi identificado em 1993, em Israel, para os mecanismos de ação dos inibidores da ALS e do fotossistema II (dentre os mecanismos de de ação: atrazine, chlorsulfuron, imazapyr, metribuzin, pyrithiobac-sodium e sulfometuron-methyl). Sendo o último caso identificado no ano de 2022 na Jordânia, aos mecanismo dos inibidores do fotossistema I, e inibidores da protox (HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2024).

Tabela 1 - Casos de resistência de *Conyza* sp. no Brasil

Ano de identificação	Espécie	Ingrediente ativo	Mecanismo de ação
2005	<i>C. bonariensis</i>	glyphosate	Inibidores da EPSPs
2005	<i>C. canadensis</i>	glyphosate	Inibidores da EPSPs
2010	<i>C. sumatrensis</i>	glyphosate	Inibidores da EPSPs
2011	<i>C. sumatrensis</i>	chlorimuron-ethyl	Inibidores da ALS
2011	<i>C. sumatrensis</i>	chlorimuron-ethyl e glyphosate	Inibidores da ALS e EPSPs
2016	<i>C. sumatrensis</i>	paraquat	Inibidores do FSI
2017	<i>C. sumatrensis</i>	chlorimuron-ethyl, glyphosate e paraquat	Inibidores da ALS, EPSPs e FSI
2017	<i>C. sumatrensis</i>	2,4-D, saflufenacil, diuron, glyphosate e paraquat	Inibidores da EPSPs, Protox, FSII, FSI e mimetizadores de auxina

Fonte: Herbicide Resistance Action Committee (2024).

No panorama mundial, os últimos casos observados de resistência nas populações de *Conyza* sp. foram notados no último ano (2023), nos Estados

Unidos. Sendo um caso no Oregon, de *C. bonariensis* resistente ao glyphosate (inibidor da EPSPs), e um caso de *C. canadensis* também resistente ao mesmo ingrediente ativo dos inibidores da EPSPs (HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2024).

Dessa forma, a preocupação por parte dos órgãos governamentais, particulares e produtores rurais tem se elevado, já que no Brasil, os principais produtos utilizados apresentam como ingrediente ativo o glifosato, que vêm perdendo eficiência gradativamente e prejudicando a sanidade das lavouras, devido a enorme seleção de resistência não só a buva. E ainda, as opções disponíveis para controle vem apresentando cada vez mais anúncios de ocorrência de resistência, diminuindo o leque de opções ao controle de plantas remanescentes do controle tradicional.

3.4 EXPERIMENTAÇÃO COM BUVA

Nesse contexto, há intensa busca por entendimento aos mecanismos de resistência que tais plantas podem apresentar em relação aos diferentes mecanismos de ação e possíveis modificações morfológicas, genótípicas e fisiológicas que nelas contidas levam a tais acontecimentos. Nesse tópico serão apresentados alguns estudos na área que possibilitaram aprofundamentos no conhecimento do complexo de resistências em *Conyza* sp.

3.4.1 Caracterização de espécies no Paraná

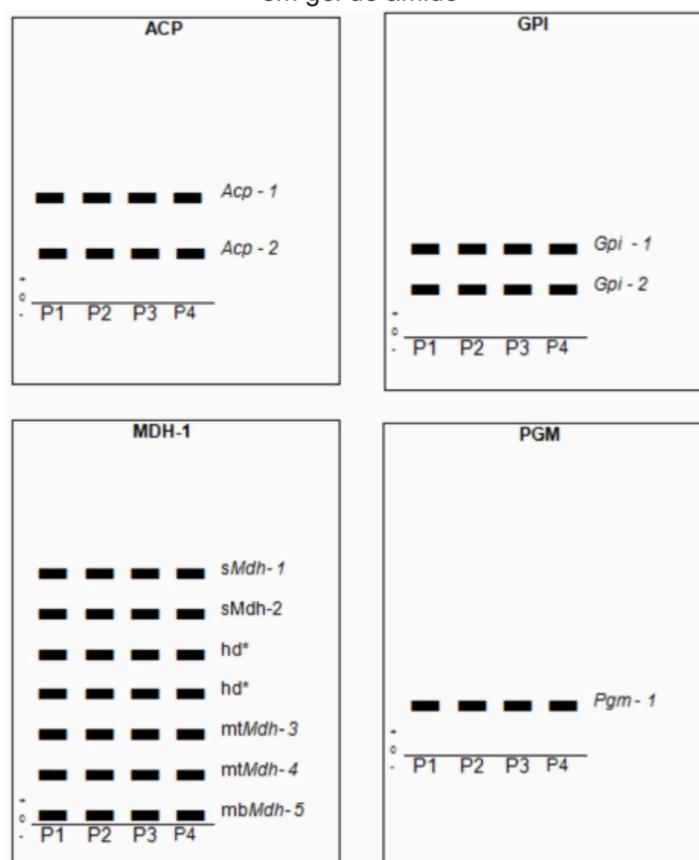
Pensando na alta taxa de variabilidade dentro das espécies de buva, Circunvis *et al.* (2014), visando estimar a variabilidade genética de amostras de *C. sumatrensis* na região noroeste do Estado do Paraná, instalaram experimento com análise de isoenzimas em tecidos das folhas das plantas. De modo a evidenciar variabilidades nos genomas dentro de cada população e entre populações diferentes, podendo assim, posteriormente, recomendar tratamentos alternativos de controle às plantas resistentes na região em questão.

No presente estudo, foram coletadas sementes de áreas rurais de 3 cidades na região noroeste do Paraná, totalizando 56 plantas por local, que foram

submetidas à casa de vegetação para germinarem. Após o brotamento da 4ª folha, houve retirada das folhas jovens, que foram associadas a solução de extração e posterior maceração e centrifugação. Gerando sobrenadantes que foram aplicados em gel de amido, que serviu como base para preparo de solução hialina, que foi submetida à eletroforese horizontal, que permite visualização das enzimas para análise fenotípica (CIRCUNVIS *et al.*, 2014).

Foram analisados os 12 sistemas enzimáticos, dos quais apenas 4 deles foram revelados: ACP (fosfatase ácida), GPI (glucose-6-fosfato isomerase), MDH (malato desidrogenase) e PGM (fosfoglucomutase), que permitiram estimar a frequência de parâmetros de diversidade genética e frequência de alelos (CIRCUNVIS *et al.*, 2014).

Figura 5 - Zimograma representando o padrão de bandas dos 4 sistemas isoenzimáticos analisados em gel de amido



Fonte: Circunvis *et al.* (2014).

Dentre as análises, possibilitou-se a identificação de 10 locos e 10 alelos, entre os 4 sistemas observados nas três populações de buva. De forma que entre estes não se apresentou diversidade genética, havendo homozigose apenas. O que

pode ser explicado pela autocompatibilidade das espécies com ocorrência de autogamia, e proximidade genética. E evidencia que então sob essas espécies seria possível se utilizar doses iguais de glifosato para controle, tendo em vista que as sementes coletadas não apresentavam histórico de resistência (CIRCUNVIS *et al.*, 2014).

3.4.2 Mecanismos de resistência múltipla a herbicidas

Dentro os mecanismos de resistência a herbicidas identificados nas plantas, pode-se observar entre outros: alteração de sítios de ação do herbicida, amplificação gênica, metabolização ou desintoxicação, compartimentalização, translocação diferencial, entre outros. Dessa forma, se torna interessante conhecer e entender quais foram os mecanismos adquiridos ou expressados pelas plantas de *Conyza* sp. Nesse sentido, então, Baccin *et al.* (2022) propuseram com base em experimentação científica e revisões bibliográficas as seguintes hipóteses.

Tabela 2 - Lista de mecanismos de resistência ao longo do mundo em *Conyza* sp.

Sítio de ação	Ingrediente ativo	Mecanismo de resistência	Referência
		Insensibilidade enzimática	Kaspary et al. (2016)
		Superexpressão do gene EPSPs	Dinelli et al. (2008); González-Torralva et al. (2014); Sammons and Gaines (2014)
EPSPs	glyphosate	Sequestro vacuolar	Ge et al. (2010); Ge et al. (2014); Kleinman and Rubin (2017)
		Atividade de enzimas antioxidantes	Piasecki et al. (2019)
		Translocação, metabolismo e translocação diferencial	Ferreira et al. (2008); Preston and Wakelin (2008); González-Torralva et al. (2012), Cardinali et al. (2015); Moretti and Hanson (2016)
ALS	cloransulam, chlorimuron, imazethapyr, imazapyr, chlorsulfuron, pyrithiobac, mesosulfuron, thifensulfuron, tribenuron, flazasulfuron, iodosulfuron, metsulfuron, penoxulam	Mutações na ALS (alteração de sítio de ação); substituição de aminoácido	Osuna and De Prado (2003); Zheng et al. (2011)
FSI	paraquat, diquat	Sistema antioxidante	Fuerst et al. (1985); Vaughn and Fuerst (1985); Shaaltiel and Gressel (1986); Pölös et al. (1988); Turcsányi et al. (1994); Ye and Gressel (1994); Szigeti et al. (1996); Pereira (2019)

		Translocação reduzida e sequestro vacuolar	Gawronski et al. (1992); Heap (2014)
		Mutação no gene <i>psbA</i>	Gawronski et al. (1992); Heap (2014)
		Mutação gênica	Matzrafi et al. (2015)
FSII	atrazine, simazine, linuron, metribuzin, sulfometuron, diuron	Alteração estrutural da ligação da atrazina e mudança na composição lipídica das membranas tilacóides	Lehoczki et al. (1984)
		Mutação da proteína D1 e limitada conversão do ciclo da xantofila componentes	Váradi et al. (1994); Darkó et al. (1996)
Protox	Saflufenacil	Desconhecido	-
Auxínicos	2,4-D	Desconhecido	-

Fonte: Baccin *et al.* (2022).

3.4.3 Controle químico de biótipos de buva resistentes ao glifosato

Haja vista que hoje em dia há diferentes mecanismos de resistência disseminados, ainda há populações de *Conyza* sp. localizadas, que vem a apresentar apenas resistência ao glifosato no Brasil. Assim, é de alta importância que seja feito o correto controle dessas plantas de modo a bloquear a proliferação ou mesmo a aquisição de resistência a novos mecanismos de ação.

Nesse sentido, Yamauti *et al.* (2010) conduziram estudos que visavam a avaliação desses biótipos com resistência aos inibidores da EPSPs sob efeito de tratamentos com bromacil + diuron e paraquat isolados e em mistura, e ainda o efeito de uma aplicação sequencial de glifosato. As avaliações ocorreram visualmente, através da escala de percentual de notas (0-100% de controle), aos 15, 30 e 45 dias após a aplicação (DAA).

O delineamento experimental usado foi de blocos casualizados com 4 repetições e 7 tratamentos, os quais: glifosato (720 g e.a. ha⁻¹), glifosato (720 g e.a. ha⁻¹) + (bromacil+diuron) (1600 + 1600 g i.a. ha⁻¹), glifosato (720 g e.a. ha⁻¹) + diuron (3200 g i.a. ha⁻¹), glifosato (720 g e.a. ha⁻¹) + paraquat (600 g i.a. ha⁻¹), bromacil + diuron (1600 + 1600 g i.a. ha⁻¹), diuron (3200 g i.a. ha⁻¹) e paraquat (600 g i.a. ha⁻¹) e

a aplicação sequencial de glifosato (720 g e.a. ha⁻¹) em todos os tratamentos, e na testemunha infestada.

Tabela 3 - Avaliação de controle após a aplicação dos herbicidas

Tratamento	Controle após a 1ª aplicação (%)		
	15 DAA	30 DAA	45 DAA
Glifosato ¹	64,91 AB	53,08 A	76,74 A
Glifosato + (bromacil + diuron) ²	84,96 A	74,54 A	73,10 A
Glifosato + diuron ³	84,96 A	63,47 A	76,74 A
Glifosato + paraquat ⁴	84,96 A	76,74 A	87,13 A
(Bromacil + diuron) ⁵	68,14 AB	64,22 A	87,13 A
Diuron ⁶	44,84 A	70,31 A	83,48 A
Paraquat ⁷	83,48 A	79,70 A	87,13 A
F tratamento	6,21 **	1,07 NS	0,79 NS
DMS	28,80	41,83	31,52
CV (%)	16,72	26,02	16,54

¹Roundup Original; ²Rondup Original+Krovar; ³Roundup Original + Karmex; ⁴Roundup Original + Gramoxone; ⁵Krovar; ⁶Karmex; ⁷Gramoxone; NS - Não significativo; *, ** Significativo ao nível de 5 e 1% de significância respectivamente.

Fonte: Baccin *et al.* (2022).

Tabela 4 - Avaliação de controle após a aplicação sequencial de glifosato

Tratamento	Controle após a 1ª aplicação (%)		
	15 DAA	30 DAA	45 DAA
Glifosato ¹	70,79 A	59,21 A	49,49 A
Glifosato + (Bromacil + diuron) ²	71,92 A	59,27 A	51,50 A
Glifosato + diuron ³	68,95 A	66,11 A	54,24 A
Glifosato + paraquat ⁴	66,66 A	63,69 A	53,73 A
(Bromacil + diuron) ⁵	72,89 A	67,27 A	63,05 A
Diuron ⁶	69,31 A	66,25 A	58,39 A
Paraquat ⁷	74,02 A	65,53 A	50,79 A
F tratamento	0,75 NS	0,90 NS	1,35 NS
DMS	13,68	16,59	19,19
CV (%)	8,29	11,12	15,10

NS - não significativo

Fonte: Baccin *et al.* (2022).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, fica evidente que existe a necessidade de melhor controle da aplicação de herbicidas, haja vista que a seleção de espécies resistentes ocorre a partir do manejo exagerado e inadequado de produtos químicos, como ocorreu no caso da buva. A ocorrência de resistências interfere diretamente na produtividade e exige manejos químicos mais complexos em razão da dificuldade de combate das plantas daninhas em questão.

Em se pensar na buva, seus casos de resistência localizam-se no geral na região sul do Brasil, de modo que se posicionam então, em áreas de alto potencial agrícola e que possuem intensa atividade. Acarretando em custos de produção que vieram a se tornar mais elevados, e a complexidade do manejo, a qual elevou-se ao haver necessidade de inserção de novos mecanismos de ação de herbicidas, como novas opções de manejo.

Nesse contexto, torna-se importante evitar que as populações não suscetíveis se proliferem, ou que as populações resistentes adquiram novos mecanismos de resistência a novas moléculas, que prejudiquem ainda mais o sistema produtivo e inviabilizam cultivos a longo prazo. O que pode ser efetivado ao se fazer mão de estratégias de controle de plantas daninhas mesmo em áreas de buva (e demais plantas daninhas) suscetíveis, como rotação de grupos químicos e mecanismos de ação, uso de sementes certificadas e de alta qualidade, limpeza de maquinários, uso de doses recomendadas de produtos fitossanitários, entre outros.

REFERÊNCIAS

BACCIN, L. C.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; VICTORIA FILHO, R. . Mechanisms of multiple resistance to herbicides in *Conyza* sp. complex. **Journal of Plant Protection Research**. [s.l.], p. 113-121. jun. 2022.

CIRCUNVIS, B. C. *et al.* Caracterização genética de amostras de *Conyza* sp. do estado do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 173-179, 2014.

COMITÊ DE AÇÃO A RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS (Brasil). **Conyza spp. (buva): Conheça as características da planta daninha**. 2021. Disponível em: <https://www.hrac-br.org/post/conyza-spp-buva-conhe%C3%A7a-as-caracter%C3%AAdsticas-da-planta-daninha>. Acesso em: 21 abr. 2024.

COMITÊ DE AÇÃO A RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS (Brasil). **Saiba mais sobre a buva**. 2022. Disponível em: <https://www.hrac-br.org/post/saiba-mais-sobre-a-buva>. Acesso em: 21 abr. 2024.

GAZZIERO, D. L. P. *et al.* **Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja**. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 128 p.

HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE (United States Of America). **INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE**. 2024. Disponível em: <https://www.weedscience.org/Pages/Species.aspx>. Acesso em: 22 abr. 2024.

LORENZI, H. **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas**. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 383 p.

RIZZARDI, M. **Plantas Daninhas: buva**. [s.d.]. Disponível em: <https://upherb.com.br/int/buva>. Acesso em: 21 abr. 2024.

TORRES, L. **Buva: saiba tudo sobre a planta daninha e seus benefícios**. Disponível em: <https://blog.syngentadigital.ag/buva/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

VARGAS, Leandro; ROMAN, Erivelton Scherer. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. Passo Fundo: Embrapa, 2006. 27 p.

YAMAUTI, M. S. *et al.* Controle químico de biótipos de buva (*Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis*) resistentes ao glyphosate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 495-500, jul. 2010.