
Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas

Miriam Hiroko Inoue e Rubem Silvério de Oliveira Jr.

1. Introdução

Em consequência da consolidação das áreas de plantio direto, da agregação de novas áreas produtivas, da crescente dificuldade em conseguir mão-de-obra no campo, aliadas à grande disponibilidade e eficiência de produtos químicos, o consumo de herbicidas tem crescido rapidamente nas últimas décadas. Portanto, mesmo dentro de programas de manejo integrado de plantas daninhas, os herbicidas ainda representam a principal ferramenta de controle.

Com a intensa utilização de herbicidas, um outro ponto que tem crescido em importância é a resistência de plantas daninhas a estes produtos. O uso recorrente de determinados herbicidas ou mecanismos de ação na mesma área tem levado à seleção de populações resistentes a certos grupos químicos e consequentes falhas no controle. Dentro deste contexto, é fundamental definir os principais termos relacionados à discussão do assunto.

Por **susceptível** compreende-se aquela planta ou população que, uma vez submetida a certa dose do herbicida, tem seu crescimento ou desenvolvimento suficientemente reduzido para ser considerada como controlada por aquele tratamento herbicida. Por outro lado, define-se como **tolerante** o indivíduo ou população que possui a capacidade inata de sobreviver e se reproduzir após o tratamento herbicida, mesmo quando eventualmente sofre algum nível de injúria. **Biótipos** são indivíduos com carga genética semelhante, pouco diferenciados da maioria dos indivíduos da população.

Resistência é a ocorrência natural da habilidade hereditária de alguns biótipos de plantas daninhas dentro de uma população, os quais são capazes de sobreviver a um tratamento herbicida que, sob condições normais de uso, controlaria de forma efetiva esta população de plantas daninhas. Adicionalmente, o termo **resistência cruzada** define um biótipo de planta daninha cuja resistência se manifesta em relação a dois ou mais herbicidas que possuem um único mecanismo de ação. Por fim, **resistência múltipla** refere-se a situações onde a resistência das plantas acontece em relação a dois ou mais mecanismos de ação distintos.

Várias informações relacionadas ao desenvolvimento de resistência contidas neste capítulo foram extraídas da *homepage* da Weed Science Society

of America (Heap, 2011). Neste site é possível ter uma idéia atualizada da situação dos casos de resistência no Brasil e no mundo.

2. Histórico e Situação Atual da Resistência

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é resultante do processo evolucionário, que ocorre espontaneamente em suas populações, não sendo, portanto, o herbicida o agente causador, mas sim selecionador de indivíduos resistentes que se encontram em baixa frequência inicial (Christoffoleti et al., 1994). Assim, a variabilidade genética natural existente em qualquer população de plantas daninhas é a responsável pela fonte inicial de resistência em uma população suscetível. Segundo Kissmann (1996), todas as populações de plantas daninhas, independentemente da aplicação de qualquer produto, provavelmente contêm biótipos que são resistentes a herbicidas.

Historicamente, o primeiro caso de resistência foi relatado em 1957, com plantas de *Commelina diffusa* resistentes a herbicidas mimetizadores da auxina (Kissmann, 1996). Existem atualmente acima 352 biótipos de plantas daninhas resistentes em 400 mil locais do mundo, distribuídos entre 196 espécies (114 dicotiledôneas e 82 monocotiledôneas). No mundo, o número de espécies de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da acetolactado sintase (ALS) é de 107, o de espécies resistentes aos herbicidas inibidores da acetil coenzima-A carboxilase (ACCase) é de 39 e o de espécies resistentes aos herbicidas inibidores da enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase (EPSPs) é de 21. O restante dos biótipos de plantas daninhas resistentes encontra-se distribuído em diversas classes químicas (Heap, 2011).

No Brasil, o primeiro caso confirmado de resistência foi de *Euphorbia heterophylla*, em regiões produtoras de soja no ano de 1992 (Gazziero et al., 1998; Vidal & Merotto Jr., 1999). Posteriormente, outros trabalhos evidenciaram a disseminação dos casos de resistência em espécies como *Bidens pilosa*, *Bidens subalternans*, *Brachiaria plantaginea*, *Cyperus difformis*, *Fimbristylis miliacea*, *Lolium multiflorum*, *Digitaria ciliaris*, *Eleusine indica*, *Parthenium hysterophorus*, *Echinochloa crusgalli*, *Echinochloa crus-pavonis*, *Raphanus sativus*, *Sagittaria montevidensis*, *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Oryza sativa* e *Digitaria insularis* (Christoffoleti et al., 1996; Gazziero et al., 2000; Monquero et al., 2000; Noldin et al., 2000, 2002a,b; Theisen, 2004; Roman et al., 2004; Vargas et al., 2004; López-Ovejero et al., 2005; Gazziero et al., 2006; Vidal et al., 2006; Andres et al., 2007; Concenço et al., 2007; Moreira et al., 2007; Menezes et al., 2009; Heap, 2011). A Tabela 1 apresenta o ano de surgimento dos biótipos resistentes, bem como os mecanismos de ação ou grupos químicos para os quais foram constatados os casos de resistência.

Dentro deste contexto, o principal desafio tem sido o limitado número de mecanismos de ação alternativos para serem usados no controle de bió-

Tabela 1. Evolução dos casos comprovados de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Fonte: Adaptado de Heap (2011).

Ano	Espécie	Mecanismo de ação ou grupo químico
1992	<i>Euphorbia heterophylla</i> (leiteiro)	Inibidores da ALS
1993	<i>Bidens pilosa</i> (picão-preto)	Inibidores da ALS
1996	<i>Bidens subalternans</i> (picão-preto)	Inibidores da ALS
1997	<i>Brachiaria plantaginea</i> (capim-marmelada)	Inibidores da ACCase
1999	<i>Echinochloa crusgalli</i> (capim-arroz)	Auxinas sintéticas
1999	<i>Echinochloa crus-galli</i> (capim-arroz)	Auxinas sintéticas
1999	<i>Sagittaria montevidensis</i> (sagitária)	Inibidores da ALS
2000	<i>Cyperus difformis</i> (junquinho, tiririca-do-brejo)	Inibidores da ALS
2001	<i>Fimbristylis miliacea</i> (cominho)	Inibidores da ALS
2001	<i>Raphanus sativus</i> (nabo)	Inibidores da ALS
2002	<i>Digitaria ciliaris</i> (capim-colchão)	Inibidores da ACCase
2003	<i>Eleusine indica</i> (capim-pé-de-galinha)	Inibidores da ACCase
2003	<i>Lolium multiflorum</i> (azevém)	Derivados da glicina
2004	<i>Parthenium hysterophorus</i> (losna-branca)	Inibidores da ALS
2004	<i>Euphorbia heterophylla</i> (leiteiro)	Inibidores da ALS
	(Resistência múltipla)	Inibidores da PROTOX
2005	<i>Conyza bonariensis</i> (buva)	Derivados da glicina
2005	<i>Conyza canadensis</i> (buva)	Derivados da glicina
2006	<i>Oryza sativa</i> (arroz-vermelho)	Inibidores da ALS
2006	<i>Euphorbia heterophylla</i> (leiteiro)	Inibidores da ALS
	(Resistência múltipla)	Derivados da glicina
2006	<i>Bidens subalternans</i> (picão-preto)	Inibidores da ALS
	(Resistência múltipla)	Inibidores do FS II
2008	<i>Digitaria insularis</i> (capim-amargoso)	Derivados da glicina
2009	<i>Echinochloa crusgalli</i> (capim-arroz)	Inibidores da ALS
	(Resistência múltipla)	Auxinas sintéticas

tipos resistentes. Grande esforço está sendo realizado para encontrar moléculas ativas com mecanismos de ação diferente dos produtos existentes, bem como no desenvolvimento de técnicas culturais que possam contribuir no manejo de plantas daninhas nas áreas que já apresentam casos de resistência.

3. Mecanismos que Conferem Resistência

Há três mecanismos gerais que podem explicar o desenvolvimento da resistência das plantas daninhas a herbicidas, bem como influenciar o modo de ação destes produtos.

3.1 Alteração do local de ação

Segundo [Christoffoleti et al. \(1994\)](#), a molécula do herbicida pode tornar-se incapaz de exercer sua ação fitotóxica no local específico de ação dentro da planta (Figura 1). Exemplos de grupos de herbicidas que apresentam este mecanismo de resistência são os inibidores da ALS e os inibidores da ACCase ([Cortez, 2000](#)). Tal alteração pode ocorrer por mutação natural ou por mutação induzida.

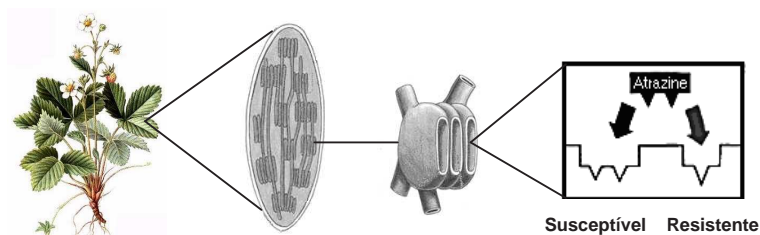


Figura 1. Representação esquemática dos locais de ação do herbicida atrazine dentro da planta (susceptível e resistente). A molécula se encaixa no substrato da planta susceptível, contudo, na planta resistente à molécula não se encaixa devido à alteração do local de ação na planta.

A probabilidade de ocorrência de mutação natural é pequena (10^{-9}). Para que algum efeito relacionado à resistência pudesse ser observado, a mutação teria que ocorrer especificamente no local de ação do herbicida, o que reduz ainda mais a possibilidade de ocorrência. Além disto, sabe-se ainda que a maioria das mutações naturais é deletéria, o que inviabiliza a geração de progênies que perpetuem a característica em questão.

A mutação induzida pode ocorrer por ação de fontes externas, como luz, raios ultravioleta e oxigênio. Contudo, não há evidências de que possam ocorrer mutações por ação dos herbicidas, uma vez que, durante a seleção de novas moléculas, qualquer composto que apresente potencial mutagênico é automaticamente eliminado em função das imposições legais do processo de registro.

A mutação é, portanto, de limitada importância para explicar a ocorrência de casos de resistência em condições de campo.

3.2 Aumento na capacidade de metabolização do herbicida

Neste caso, o biótipo resistente possui a capacidade de metabolizar a molécula do herbicida mais rapidamente do que os biótipos susceptíveis, tornando-a inativa antes que cause danos a planta ([Christoffoleti et al., 1994](#)). Este processo explica a maioria dos casos de resistência de plantas daninhas a grupos de herbicidas como inibidores da ACCase, inibidores da

ALS, inibidores dos fotossistemas I e II, inibidores da EPSPs, inibidores da divisão celular e mimetizadores da auxina (Vidal & Merotto Jr., 2001).

3.3 Compartmentalização

Os herbicidas são removidos das partes metabolicamente ativas da célula e armazenados em locais inativos, como os vacúolos das células ou tecidos localizados distantes dos sítios de ação do herbicida (Christoffoleti et al., 1994). Alguns exemplos de grupos de herbicidas que desenvolveram resistência com base neste mecanismo são os bipiridíliuns e mimetizadores da auxina.

4. Identificação das Áreas de Resistência no Campo

O termo pressão de seleção pode ser definido como o favorecimento de um indivíduo em relação a outro(s). No caso da resistência, a pressão de seleção conduz a um rápido desenvolvimento de biótipos resistentes na população.

Sabe-se que os biótipos resistentes ocorrem naturalmente em baixa frequência, e a pressão de seleção exercida pela aplicação repetitiva de um determinado herbicida ou de herbicidas diferentes, mas que apresentam o mesmo mecanismo de ação, aumenta a frequência dos indivíduos resistentes na população (Christoffoleti & López-Ovejero, 2004). Portanto, o surgimento de uma planta daninha resistente deve-se à seleção de um biótipo resistente pré-existente, que, em função da pressão de seleção, encontra condições de multiplicação.

Segundo Maxwell & Mortimer (1994), o surgimento da resistência a herbicidas pode ser identificado a campo, geralmente, quando pelo menos 30% das plantas mostram-se resistentes (Tabela 2). Normalmente, a resistência apresenta-se em manchas, aumentando a sua proporção com a aplicação repetitiva do herbicida, dominando finalmente a área (Christoffoleti & López-Ovejero, 2004).

Tabela 2. Evolução da resistência em uma população de biótipos de plantas daninhas resistentes. Fonte: Adaptado de Kissmann (1996).

Ano	Nº de plantas resistentes	Nº de plantas sensíveis	% de controle	Evolução
0	1	1.000.000	99,9999	Imperceptível
1	5	100.000	99,999	Imperceptível
2	10	10.000	99,99	Imperceptível
3	100	1.000	99,9	Imperceptível
4	1.000	100	99	Imperceptível
5	10.000	10	90	Pouco perceptível
6	100.000	5	80	Perceptível
7	1.000.000	1	50	Evidente

5. Período de Tempo Para o Desenvolvimento da Resistência

A frequência inicial do genoma resistente é um dos principais fatores que afetam o desenvolvimento da resistência (Christoffoleti & López-Ovejero, 2004). Conforme Vidal & Fleck (1997), quanto maior a frequência inicial do biótipo resistente, provavelmente, em menor período de tempo aumentará a proporção de indivíduos resistentes na população com as aplicações sucessivas do herbicida selecionador. Portanto, o período para a seleção de biótipos resistentes pode variar em função do mecanismo de ação do herbicida (Tabela 3).

Tabela 3. Tempo para desenvolvimento da resistência para herbicidas de diversos mecanismos de ação. Fonte: Kissmann (1996).

Herbicida ou mecanismo de ação	Introdução no mercado	Identificação do primeiro caso de resistência	Local
2,4-D	1948	1957	EUA e Canadá
Triazinas	1959	1970	EUA
Propanil	1962	1991	EUA
Paraquat	1966	1980	Japão
Inibidores da EPSPs	1974	1996	Austrália
Inibidores da ACCase	1977	1982	Austrália
Inibidores da ALS	1982	1984	Austrália

Assim, apesar da seleção de biótipos resistentes ocorrer em todas as classes de herbicidas, herbicidas mais específicos e altamente eficientes como os inibidores da ALS, inibidores da ACCase e do grupo químico das triazinas apresentam centenas de relatos de seleção de populações resistentes. Por outro lado, o glyphosate e os inibidores da PROTOX, apesar da utilização intensiva na agricultura, possuem ainda poucos relatos de casos na agricultura mundial. Tal fato deve-se à menor pressão de seleção exercida por estes herbicidas, cuja ação mais ampla, tende a selecionar indivíduos resistentes mais lentamente, em comparação aos herbicidas de ação mais específica.

6. Características dos Herbicidas que Podem Contribuir no Aumento da Pressão de Seleção

Quando o herbicida é aplicado, passa a atuar como agente de seleção levando as plantas susceptíveis à morte. Por outro lado, as plantas resistentes sobrevivem e se reproduzem sem interferência das plantas susceptíveis.

No caso dos herbicidas, as características que proporcionam maior pressão de seleção são as utilizações de herbicidas com maior ação residual, aplicados repetitivamente nas mesmas áreas, em elevadas doses e com alto grau de eficiência (Christoffoleti & López-Ovejero, 2004).

Embora aparentemente possa parecer contraditória, a utilização de herbicidas altamente eficientes ou aplicações de doses elevadas, proporciona grande pressão de seleção. Estas medidas tendem a controlar a maior parte ou toda a população de plantas susceptíveis, fazendo com que apenas as plantas resistentes se multipliquem e produzam descendência.

7. Características das Plantas Daninhas que Favorecem o Surgimento e a Disseminação da Resistência

A resistência ocorre por seleção natural de biótipos já existentes dentro de uma população de plantas, estando ligada a fatores genéticos, bioecológicos e agronômicos. Apenas os fatores agronômicos podem ser manipulados pelo homem na implementação de manejo da resistência e estão abordados no item 9 deste capítulo. Porém, os fatores genéticos e bioecológicos são de grande importância na avaliação de potencial de risco de resistência (Christoffoleti & López-Ovejero, 2004).

Do mesmo modo, algumas características das plantas daninhas podem favorecer sua seleção em resposta à aplicação de herbicidas, proporcionando grande pressão de seleção. Tais características aumentam a chance de que indivíduos resistentes estejam presentes na população ou podem favorecer sua disseminação.

Entre as principais características genéticas relacionadas ao desenvolvimento da resistência está o modo de herança. Quando a herança é nuclear, os genes de resistência podem ser transmitidos para outro biótipo susceptível da mesma espécie e, pela recombinação sexual, seus descendentes podem vir a ser tornar biótipos resistentes a determinado mecanismo de ação de herbicidas. Vargas et al. (2001) relataram que a resistência apresentada por biótipos de *Euphorbia heterophylla* a inibidores da ALS é codificada por um gene dominante e nuclear, e que as características com este tipo de herança são disseminadas rapidamente na população.

Outros fatores importantes no estabelecimento da resistência em uma população de plantas são a frequência do alelo resistente e a taxa de cruzamento entre biótipos resistentes e susceptíveis. Quanto maiores forem estes índices, maior a probabilidade de desenvolvimento de indivíduos resistentes.

Alta densidade de infestação das plantas daninhas também favorece o rápido desenvolvimento da resistência, porque há maior probabilidade de que alguns indivíduos resistentes estejam presentes. Levando ainda em consideração o conceito de que plantas resistentes ocorrem naturalmente em populações de plantas daninhas (Kissmann, 1996), quanto mais intensa é a dispersão do pólen na espécie e, ou maior a produção de propágulos, mais rápida poderá ocorrer a disseminação dos biótipos resistentes.

Por outro lado, a manutenção de um banco de sementes diversificado no solo pode retardar o aparecimento de biótipos resistentes a um deter-

minado herbicida (Christoffoleti et al., 2000). Quanto maior o período de dormência das sementes de uma espécie de planta daninha, maior será o tempo necessário para esgotar o banco de sementes do biótipo susceptível no solo.

8. Diagnóstico da Resistência a Campo

A suposta existência de resistência geralmente está baseada no fato de que houve controle insatisfatório de plantas daninhas após a aplicação de determinado tratamento herbicida. No entanto, em muitas situações esta constatação pode estar associada não à seleção de biótipos resistentes, mas sim a falhas de controle decorrente do uso inadequado dos herbicidas ou ainda a condições não controláveis durante ou após a aplicação (as condições climáticas, por exemplo).

Caso sejam identificadas falhas no controle de uma ou mais espécies de plantas daninhas após a aplicação do herbicida recomendado, é necessário compreender que as causas de falhas no controle podem ser resultantes de diversos fatores. Portanto, a resistência só pode ser considerada a causa possível quando os outros fatores tiverem sido eliminados (Christoffoleti & López-Ovejero, 2004).

O primeiro passo é avaliar a possibilidade de falhas na aplicação do herbicida. Entre os fatores a serem analisados inicialmente destaca-se a eficácia do herbicida utilizado para a espécie em questão, considerando-se a adequação de dose, época de aplicação, calibração dos equipamentos, volume de calda, adjuvantes e condições ambientais recomendadas para a aplicação. A não utilização dos parâmetros recomendados para estas variáveis leva com frequência à observação de falhas de controle no campo.

Depois de eliminar todas as possibilidades de falhas nos itens relacionados à tecnologia de aplicação, é importante observar se as falhas em determinada área ocorrem em uma ou mais espécies de plantas daninhas. Quando as falhas de controle observadas estão relacionadas ao grande número de espécies diferentes numa mesma área, há uma evidente tendência de que possa se tratar de falha de aplicação e não de resistência. Uma indicação forte de surgimento de resistência ocorre quando o herbicida perde eficiência de controle apenas sobre uma espécie, e não para as demais plantas daninhas da área. Considerando-se que um número reduzido de espécies (ou, mais comumente, uma única espécie) não foi adequadamente controlado pelo tratamento herbicida passa a ser importante investigar o histórico da área.

Em áreas onde o herbicida, ou outros herbicidas do mesmo mecanismo de ação, vem sendo utilizado por vários anos consecutivos é maior a probabilidade de seleção de biótipos resistentes, em comparação com áreas onde se realiza a rotação de métodos de controle e de mecanismos de ação de herbicidas. Em relação ao histórico da área, é útil também descobrir se a

espécie suspeita de resistência vinha sendo controlada eficientemente pelo mesmo tratamento nas aplicações anteriores, e se o declínio do controle foi gradual ou súbito.

Se após estas investigações a suposição de resistência ainda permanecer não esclarecida, é necessário colher sementes das plantas suspeitas e semeá-las em vasos. Posteriormente, aplica-se doses crescentes com os herbicidas suspeitos de resistência e avalia-se comparativamente com biótipos sensíveis, ou seja, coletados de um local que nunca houve aplicação de herbicidas. A grande limitação deste teste prático consiste no período relativamente longo para a obtenção dos resultados finais.

Uma alternativa para determinar a resistência de forma rápida e prática são os testes rápidos. Um dos testes, proposto por [Monquero & Christoffoleti \(2001\)](#), detecta a resistência aos herbicidas inibidores da ALS em cerca de três dias. O segundo é o Syngenta Quick-test, que utiliza as plantas do campo e os resultados são obtidos em cerca de duas a quatro semanas ([Christoffoleti & López-Ovejero, 2004](#)).

9. Estratégias Para Evitar o Surgimento e a Disseminação de Resistência

Idealmente, o manejo de plantas daninhas em uma propriedade deve ser planejado em longo prazo, por meio de um sistema integrado com diferentes métodos de controle e um planejamento de rotação de cultivos. As práticas para prevenir ou manejar a resistência sempre levam em consideração duas preocupações-chave: reduzir a pressão de seleção na área e controlar os indivíduos resistentes antes que se reproduzam. Tendo como base estes dois critérios, as principais práticas recomendadas são:

9.1 Rotação de culturas

A rotação de culturas reduz o sucesso intrínseco das plantas daninhas que estão sincronizadas com a cultura. Portanto, a semeadura alternada de diferentes cultivos nas safras, tais como espécies anuais, forrageiras e pastagens, permite a utilização de herbicidas de diferentes mecanismos de ação, ou ainda, permite a utilização de métodos alternativos de controle, diferentes do químico. Recentemente, tem ganhado importância também os sistemas de integração lavoura-pecuária.

9.2 Rotação de mecanismo de ação de herbicidas

Nas culturas que dependem exclusivamente de controle químico, é fundamental planejar a rotação de herbicidas com mecanismos de ação diferenciados, porém efetivos sobre o mesmo espectro de plantas daninhas. Por exemplo, uma das alternativas de manejo de população resistente ao glyphosate é a aplicação sequencial ou em rotação com graminicidas. É importante ainda minimizar as aplicações de herbicidas que possuem efeito

residual prolongado no solo. Outros pontos importantes e que devem ser explorados referem-se à associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, à otimização da dose, da época e ao número de aplicações do herbicida. Quando se depende exclusivamente do método químico para o controle de plantas daninhas, a rotação de mecanismos de ação é uma das estratégias mais importantes que devem ser utilizadas para evitar a resistência.

9.3 Métodos alternativos de controle

A utilização de um sistema integrado de manejo que envolva métodos alternativos de controle pode ser bastante eficiente na prevenção da resistência. As utilizações de enxadas rotativas e cultivadores seletivos constituem práticas que reduzem a pressão de seleção na população de plantas daninhas. O cultivo mecânico pode substituir ainda o controle químico ou ser utilizado nas entrelinhas e os herbicidas serem aplicados nas linhas da cultura.

Nos locais onde as possibilidades de alternância de métodos de controle são reduzidas, como no caso das áreas de plantio direto, a rotação de culturas passa a ter um papel ainda mais relevante na prevenção ou manejo da resistência.

Apesar de pouco utilizado, quando bem estabelecido, o controle biológico pode ser eficiente no manejo das plantas daninhas. Prates et al. (1999a,b) verificaram que a parte aérea de *Leucaena leucocephala*, tanto em cobertura como incorporada ao solo, reduziu a população de plantas daninhas presentes na cultura do milho.

9.4 Práticas culturais

A utilização de práticas que fortaleçam a capacidade competitiva da cultura, objetivando seu rápido desenvolvimento e estabelecimento, em detrimento ao da planta daninha, pode também representar importante contribuição dentro de um sistema integrado de manejo. Em áreas de plantio direto, por exemplo, o planejamento da dessecação de manejo até a aplicação de herbicidas em pós-emergência, passando pela semeadura e emergência da cultura, deve ser feito de modo que maximize a velocidade da emergência da cultura em detrimento ao da infestação. A vantagem competitiva imposta pelo desenvolvimento inicial mais rápido da cultura favorece e facilita o manejo posterior das plantas daninhas. Um exemplo bastante aplicável a este ponto é o tempo que se passa entre a dessecação de manejo e a semeadura em áreas de plantio direto. Embora a utilização do sistema de “aplique-plante” seja problemática em áreas de grande cobertura vegetal, de modo geral, menor período entre a dessecação de manejo e a semeadura propicia a emergência da cultura antes das plantas daninhas, o que proporciona significativa vantagem competitiva no crescimento inicial e na produtividade das culturas de soja e milho (Oliveira Jr. et al., 2006; Constantin et al., 2007).

9.5 Monitoramento após a aplicação dos herbicidas

O monitoramento da evolução inicial (detecção precoce) é um passo importante para manejar a resistência. Por exemplo, o monitoramento das manchas de plantas daninhas com padrão diferente ao de problemas na aplicação propicia a eliminação de focos iniciais de resistência. Identificado um foco de resistência, é importante evitar que as plantas suspeitas se reproduzam.

9.6 Prevenção da disseminação de propágulos de plantas daninhas

Tanto na prevenção como no manejo da resistência é necessário adotar procedimentos que previnam infestações e disseminações de plantas daninhas. Por outro lado, a elevada capacidade reprodutiva das plantas daninhas é uma das suas principais características. O controle da produção de propágulos pode reduzir significativamente a capacidade e a velocidade de disseminação de plantas resistentes. Além do controle durante o período em que as culturas permanecem no campo, é importante ter em mente a necessidade de evitar a reprodução destas plantas também durante o período de entressafra. Um excelente exemplo de perpetuação é a tiririca (*Cyperus rotundus*), que se reproduz por meio de bulbos, rizomas, tubérculos e sementes. Espécies como o *Sorghum halepense* produzem até 80 mil sementes, enquanto a *Arthemisia biennis* pode produzir cerca de um milhão de sementes por planta (Brighenti, 2001).

10. Ocorrência de Resistência de Plantas Daninhas Segundo o Mecanismo de Ação dos Herbicidas

10.1 Mimetizadores da auxina

Considerando o uso intensivo desta classe de herbicidas desde a década de 40, relativamente poucos casos de resistência têm surgido. No total, 28 espécies desenvolveram resistência a este grupo de herbicidas, muitas das quais pelo uso repetido no controle de plantas daninhas em trigo (*Papaver rhoeas* na Espanha, *Sinapsis arvensis* no Canadá e *Matricaria perforata* na França) e arroz (*Fimbristylis miliacea* na Malásia, *Limnocharis flava* na Indonésia e *Sphenoclea zeylandica* nas Filipinas e na Malásia). No entanto, o impacto econômico tem sido pequeno, devido ao grande número de alternativas que controlam com sucesso as espécies resistentes.

No Brasil, biótipos de *Echinochloa crusgalli* e *E. crus-pavonis* resistentes à quinclorac foram identificados em lavouras de arroz no Rio Grande do Sul durante o ano de 1999 (Eberhardt et al., 2000; Menezes & Ramirez, 2000; Merotto Jr. et al., 2000). Em 2009, identificou-se a ocorrência de resistência múltipla de *E. crusgalli* a herbicidas mimetizadores da auxina e inibidores da ALS no estado do Rio Grande do Sul (Mariot et al., 2010).

10.2 Inibidores da fotossíntese

10.2.1 Inibidores do fotossistema II (inibidores da reação de Hill)

Atualmente, 67 espécies já desenvolveram resistência às triazinas, entre elas nove espécies de *Amaranthus*, seis de *Polygonum* e cinco de *Chenopodium*. As espécies resistentes mais frequentes são *Chenopodium album* (20 países), *Amaranthus retroflexus* (13), *Solanum nigrum* (11) e *Senecio vulgaris* (10). Estima-se que existam mais de três milhões de hectares infestados por espécies resistentes às triazinas, fazendo deste o problema de maior disseminação global em termos de resistência de plantas daninhas a herbicidas.

Na maioria dos casos, a resistência às triazinas (principalmente à atrazine) foi desenvolvida pela pressão de seleção, em função do uso repetido deste herbicida nas lavouras de milho. Nos Estados Unidos, populações resistentes de *Kochia scoparia*, *Chenopodium album*, *Setaria* spp. e *Polygonum* spp. foram detectadas. Curiosamente, o gene que confere resistência já foi identificado e a resistência transferida para variedades de canola, por meio de técnicas convencionais de melhoramento.

Em relação aos demais grupos químicos que estão incluídos neste mecanismo de ação, 18 espécies desenvolveram resistência às uréias, duas ao propanil e uma espécie ao bromoxynil, herbicida do grupo das nitrilas não registrado no Brasil. Uma preocupação especial tem sido levantada em relação ao uso do propanil no controle de plantas daninhas em arroz, uma vez que centenas de populações resistentes de *Echinochloa crusgalli* e *E. colona* já foram identificadas em vários países.

10.2.2 Inibidores do fotossistema I (formadores de radicais livres)

Quatro espécies resistentes aos bipiridíliuns foram identificadas em pomares no Japão em 1980. Atualmente, 23 espécies de plantas daninhas desenvolveram resistência em resposta a aplicações de paraquat e duas espécies ao diquat. No entanto, devido à limitada área infestada com biótipos resistentes e à efetividade de herbicidas alternativos no controle destas espécies, o impacto econômico até o momento não é de grande relevância. O mecanismo de resistência parece estar associado a destoxificação dos radicais superóxidos pelas enzimas superóxido-desmutase, catalase e peroxidase (Dodge, 1991). A espécie mais recente foi detectada em Ontário no Canadá (2009), com biótipos de *Solanum ptycanthum* resistentes ao paraquat.

10.3 Inibidores da formação de microtúbulos e inibidores da mitose

10.3.1 Cloroacetamidas

Apesar do uso intensivo e contínuo das cloroacetamidas nos últimos 40 anos em lavouras de milho, há registros de apenas quatro espécies

de plantas daninhas resistentes. Na China, em 1993, foi detectado o aparecimento de resistência em *Echinochloa crusgalli* em áreas de cultivo de arroz, causado pelo uso de butachlor e thiobencarb (Huang & Gressel, 1997). No ano de 2007, detectou-se em áreas cultivadas com trigo na Alemanha resistência múltipla em biótipos de *Alopecurus myosuroides* para os herbicidas chlorotoluron, fenoxaprop, flufenacet, isoproturon, mesosulfuron and pinoxaden.

10.3.2 Dinitroanilinas

Embora herbicidas como trifluralin, oryzalin e pendimethalin venham sendo utilizados nos últimos 40 anos em culturas como soja, algodão e feijão, apenas 10 espécies desenvolveram resistência às dinitroanilinas. Resistência cruzada, por meio do aumento do metabolismo, ocorre no caso de três espécies resistentes (*Alopecurus myosuroides*, *Lolium rigidum* e *Setaria viridis*). Biótipos resistentes de *Eleusine indica*, *Sorghum halepense* e *Amaranthus palmeri* surgiram após 10 ou 15 anos de utilização de trifluralin em algodão no sudeste dos Estados Unidos. Populações resistentes de *Setaria viridis* também foram detectadas após 15 a 20 anos de uso de trifluralin no norte dos Estados Unidos e Canadá. Em função das notificações de observações de populações resistentes, *E. indica* parece ser a espécie com maior distribuição.

No Brasil, Vidal et al. (2006) verificaram que um biótipo de *E. indica* originado do Mato Grosso foi 18 vezes menos sensível ao sethoxydim do que o biótipo susceptível. Os autores constataram ainda resistência cruzada ao fenoxaprop, cyhalofop, propaquizafop e butoxydim para o biótipo estudado.

10.3.3 Tiocarbamatos

Avena fatua é uma das espécies com biótipos resistentes que foram inicialmente identificadas nos estados americanos de Montana e Idaho, envolvendo herbicidas não registrados para uso atualmente no Brasil (difenzoquat e trialate). Há, ainda, casos comprovados de três espécies resistentes do gênero *Echinochloa*, pelo uso repetido de thiobencarb em lavouras de arroz. Atualmente, há oito espécies resistentes a este grupo químico (Heap, 2011).

10.4 Inibidores da PROTOX

Em 2001, foi detectado o primeiro caso com biótipos resistentes de *Amaranthus rudis* em áreas de cultivo de soja nos Estados Unidos. Posteriormente, populações resistentes de *Ambrosia artemisiifolia* foram relatadas neste mesmo país em 2005 (Heap, 2011).

No Brasil, foram identificados biótipos de *Euphorbia heterophylla* com resistência múltipla aos herbicidas inibidores da PROTOX e inibidores da ALS (acifluorfen, cloransulam, diclosulam, flumetsulam, flumiclorac, fomesafen, imazethapyr, lactofen, metsulfuron e nicosulfuron). Estes casos foram constatados em lavouras de milho e soja durante o ano de 2004 (Trezzi et al., 2005).

10.5 Inibidores da síntese de carotenóides

Há quatro casos confirmados de resistência ao amitrole (herbicida do grupo químico dos triazoles, não registrado para uso no Brasil), envolvendo as espécies *Polygonum aviculare*, *Poa annua* e *Agrostis stolonifera* em pomares da Bélgica e *Lolium rigidum* em leitos de rodovias da Austrália (Powles & Howat, 1990). Na Austrália, foram detectados em 2006 casos de resistência múltipla com biótipos de *Raphanus raphanistrum*, envolvendo herbicidas inibidores da ALS, inibidores da síntese de carotenóides e mimetizadores da auxina.

10.6 Inibidores da ACCase

Trinta e nove espécies de gramíneas já desenvolveram resistência aos inibidores da ACCase. As primeiras ocorrências foram relatadas pelo uso de diclofop-methyl para o controle de gramíneas em trigo. Espécies de *Lolium* spp. desenvolveram resistência ao diclofop e a outros inibidores da ACCase na Austrália, Chile, França, Arábia Saudita, Espanha, Reino Unido e Estados Unidos. De forma similar, *Avena* spp. desenvolveu resistência a este grupo de herbicidas na Austrália, Canadá, Chile, África do Sul, Reino Unido e Estados Unidos. Também de considerável importância econômica são os casos de resistência de *Phalaris* spp. no México e de *Setaria* spp. na América do Norte.

Kuk et al. (2000) descreveram biótipos de *Lolium* spp. que apresentavam não só resistência cruzada a ariloxifenoxipropionatos e ciclohexanodionas, mas também resistência múltipla a chlorsulfuron (inibidor da ALS).

Diversos casos foram confirmados no Brasil, envolvendo espécies resistentes a herbicidas deste grupo: *Brachiaria plantaginea* (Christoffoleti et al., 1998; Gazziero et al., 2000) *Digitaria ciliaris* (López-Ovejero et al., 2005) e *Eleusine indica* (Vidal et al., 2006). Estas constatações assumem grande importância econômica para o controle de gramíneas na cultura da soja não transgênica, devido à pequena disponibilidade de herbicidas seletivos que controlam com eficiência as espécies em condições de pré-emergência, especialmente nas áreas de plantio direto. Aliado a este fato, há dificuldades de se utilizar graminicidas pré-emergentes, visto que estes herbicidas apresentam elevada retenção na matéria orgânica em áreas de plantio direto (Christoffoleti & López-Ovejero, 2004).

10.7 Inibidores da ALS

10.7.1 Imidazolinonas

A maior parte das plantas daninhas resistentes às imidazolinonas também o são em relação às sulfoniluréias. Os primeiros relatos no Brasil de resistência cruzada envolvendo herbicidas deste grupo ocorreram com *Euphorbia heterophylla* (1992) e *Bidens pilosa* (1993) em áreas de cultivo de soja (Christoffoleti et al., 1996), principalmente nos estados de Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul (Ponchio, 1997). Posteriormente, biótipos de *Bidens subalternans* (1996), *Sagittaria montevidensis* (1999), *Raphanus sativus* (2001), *Parthenium hysterophorus* (2004) e *Oryza sativa* (2006) resistentes a imidazolinonas foram detectados em vários estados brasileiros (Monquero et al., 2000; Noldin et al., 2000; Theisen, 2004; Gazziero et al., 2006; Heap, 2011).

O caso mais importante tem sido a resistência múltipla envolvendo o amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) em algumas áreas (Trezzi et al., 2005). No Rio Grande do Sul, foram identificados também biótipos desta espécie resistentes a cloransulam, glyphosate, imazamox, imazaquin e imazethapyr.

Recentemente, surgiram biótipos de *Echinochloa crusgalli* com resistência múltipla a imazethapyr, bispyribac-Na, penoxsulan e quinclorac, em áreas cultivadas com arroz no Rio Grande do Sul (Mariot et al., 2010).

10.7.2 Sulfoniluréias

Diversas espécies de plantas daninhas já desenvolveram resistência a alguma sulfoniluréia. Na maior parte dos casos, o desenvolvimento de resistência está associado à alteração do local de ligação da ALS nas plantas resistentes.

O primeiro caso de resistência às sulfoniluréias (*Kochia* spp.) foi documentado em 1988, após o uso do chlorsulfuron em trigo por sete anos consecutivos em seis estados diferentes dos Estados Unidos, em função do aumento na velocidade de degradação interna do produto pelas plantas. Estas plantas daninhas têm graus variáveis de resistência cruzada com outros grupos como as imidazolinonas (Sivakumaran et al., 1993).

Existem no Brasil biótipos de *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, *Bidens subalternans*, *Sagittaria montevidensis*, *Cyperus difformis*, *Fimbristylis miliacea*, *Raphanus sativus* e, mais recentemente, de *Parthenium hysterophorus* com resistência cruzada a sulfoniluréias e imidazolinonas. Para esta última espécie, a resistência já foi confirmada para pelo menos cinco herbicidas diferentes (Gazziero et al., 2006). No estado do Paraná, identificou-se em 2006 biótipos de *Bidens subalternans* com resistência múltipla a atrazine, foramsulfuron e iodosulfuron-methyl-sodium.

10.7.3 Triazolopirimidas

Alguns biótipos de plantas daninhas resistentes às sulfoniluréias e imidazolinonas selecionados por um ou mais destes herbicidas apresentam resistência cruzada ao cloransulam e flumetsulam. Estes biótipos são resistentes em função da alteração no local de atuação da ALS.

10.8 Inibidores da EPSP sintase

Após longa utilização na agricultura mundial, o primeiro caso de planta daninha resistente ao glyphosate foi relatado somente em 1996 (Pratley et al., 1996). Recentemente, a intensa utilização de glyphosate em culturas geneticamente modificadas para resistência ao produto tem contribuído significativamente para seleção de biótipos resistentes. Atualmente, há 21 espécies que desenvolveram resistência aos derivados da glicina (Heap, 2011).

A primeira constatação de resistência ao glyphosate (*Lolium multiflorum*) no Brasil foi documentada em 2003, em função do uso repetido do glyphosate em pomares e vinhedos do Rio Grande do Sul (Vargas et al., 2007). Os demais casos incluem populações resistentes de *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Digitaria insularis* e *Euphorbia heterophylla*, principalmente nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo, mas com ocorrência já verificada também em outros países da América do Sul. Em virtude da liberação para plantio de outras culturas resistentes ao glyphosate, tais como o algodão e o milho, espera-se que um número crescente de casos de resistência a este herbicida surja no decorrer dos próximos anos.

10.9 Outros mecanismos de ação

Há casos confirmados de resistência ao MSMA para *Xanthium strumarium* em lavouras de algodão em pelo menos sete estados americanos (Nimbal et al., 1995).

Referências

- Andres, A.; Concenço, G.; Melo, P.T.B.S.; Schmidt, M. & Resende, R.G., Detecção de resistência de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) ao herbicida quinclorac em regiões orizícolas do sul do Brasil. *Planta Daninha*, 25:221–226, 2007.
- Brighenti, A.M., Biologia de plantas daninhas. In: Oliveira Jr., R.S. & Constantin, J., (Eds.). *Plantas Daninhas e seu Manejo*. Guaíba, RS: Agropecuária, 2001. p. 15–57.
- Christoffoleti, P.J.; Cortez, M.G. & Victória-Filho, R., Resistance of alexanderweed (*Brachiaria plantaginea*) to ACCase inhibitor herbicides in soybean from Paraná State – Brazil. In: *Proceedings of 38th*

- Weed Science Society of America Annual Meeting*. Champaign, EUA: WSSA, 1998. p. 65.
- Christoffoleti, P.J. & López-Ovejero, R.F., Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no mundo. In: Christoffoleti, P.J.; López-Ovejero, R.F. & Carvalho, S.J.P., (Eds.). *Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas*. Campinas, SP: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2a edição, 2004. p. 3–22.
- Christoffoleti, P.J.; Medeiros, D.; Monqueiro, P.A. & Passini, T., Plantas daninhas na cultura da soja: controle químico e resistência a herbicidas. In: Câmara, G.M.S., (Ed.). *Soja: Tecnologia da Produção*. Piracicaba, SP: ESALQ, 2000. p. 179–202.
- Christoffoleti, P.J.; Ponchio, J.A.R.; Berg, E.V.D. & Victória-Filho, R., Imidazolinone resistant *Bidens pilosa* biotypes in the Brazilian soybean areas. In: *Proceedings of 36th Weed Science Society of America Annual Meeting*. Champaign, EUA: WSSA, 1996. p. 10.
- Christoffoleti, P.J.; Victória Filho, R. & Silva, C.B., Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. *Planta Daninha*, 12:13–20, 1994.
- Concenço, G.; Noldin, J.A.; López, N.F. & Comiotto, A., Aspectos da resistência de *Sagittaria montevidensis* ao herbicida pirazosulfuron-ethyl inibidor da ALS. *Planta Daninha*, 25:187–194, 2007.
- Constantin, J.; Oliveira Jr., R.S.; Cavalieri, S.D.; Arantes, J.G.Z.; Alonso, D.G.; Roso, A.C. & Costa, J.M., Interação entre sistemas de manejo e controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. *Planta Daninha*, 25:513–520, 2007.
- Cortez, M.G., *Resistência de biótipos de Brachiaria plantaginea a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase*. Tese – doutorado em agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2000.
- Dodge, A.D., Mechanisms of paraquat tolerance. In: Caseley, J.C.; Cussans, G.W. & Atkin, R.K., (Eds.). *Herbicide Resistance in Weeds and Crops*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 1991. p. 167–175.
- Eberhardt, D.S.; Noldin, J.A.; Gutierrez, M. & Ditttrich, R.C., Resistência de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) ao herbicida quinclorac. In: *Resumos do 22^o Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 512.
- Gazziero, D.L.P.; Brighenti, A.M.; Maciel, C.D.G.; Christoffoleti, P.J.; Adegas, F.S. & Voll, E., Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima ALS. *Planta Daninha*, 16:117–125, 1998.

- Gazziero, D.L.P.; Brighenti, A.M. & Voll, E., Resistência cruzada da losnabranca (*Parthenium hysterophorus*) aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase. *Planta Daninha*, 24:157–162, 2006.
- Gazziero, D.L.P.; Christoffoleti, P.J.; Brighenti, A.M.; Prete, C.E.C. & Voll, E., Resistência da planta daninha capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) aos herbicidas inibidores da enzima ACCase na cultura da soja. *Planta Daninha*, 18:169–180, 2000.
- Heap, I., International survey of herbicide resistant weeds. Disponível na internet em: <http://www.weedscience.org/>. Acessada em 27/janeiro/2011, 2011.
- Huang, B. & Gressel, J., Barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) resistance to both butachlor and thiobencarb in China. *Resistant Pest Management Newsletter*, 9:5–7, 1997.
- Kissmann, K.G., *Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas*. 6a edição. São Paulo, SP: Basf Brasileira S. A., 1996. 33 p.
- Kuk, Y.I.; Burgos, N.R. & Talbert, R.E., Cross- and multiple resistance of diclofop-resistant *Lolium* spp. *Weed Sci*, 48:412–419, 2000.
- López-Ovejero, R.F.; Carvalho, S.J.P.; Nicolai, M. & Christoffoleti, P.J., Resistência de populações de capim-colchão (*Digitaria ciliaris*) aos herbicidas inibidores da acetil Co-A Carboxilase. *Planta Daninha*, 23:543–549, 2005.
- Mariot, C.H.P.; Menezes, V.G. & Souza, P.A., Resistência múltipla e cruzada de capim-arroz a herbicidas na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: *Resumos do 27º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. Londrina, PR: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 1–26.
- Maxwell, B.D. & Mortimer, A.M., Selection for herbicide resistance. In: Powles, S.B. & Holtur, J.A.M., (Eds.). *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. Boca Raton, EUA: Lewis, 1994. p. 1–26.
- Menezes, V.G.; Mariot, C.H.R.; Kalsing, A. & Goulart, I.C.G.R., Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. *Planta Daninha*, 27:1047–1052, 2009.
- Menezes, V.G. & Ramirez, H.V., Resistance of *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. to quinclorac in flooded rice in southern Brazil. In: *Proceedings of the Third International Weed Science Congress*. Corvallis, EUA: IWSS, 2000. p. 140.
- Merotto Jr., A.; Fleck, N.G.; Reia, B. & Andres, A., Resistência de *Echinochloa* sp. à quinclorac. In: *Resumos do 22º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. Londrina, PR: SBPCD/Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 513.

- Monquero, P.A. & Christoffoleti, P.J., Bioensaio rápido de determinação da sensibilidade da acetolactato sintase (ALS) a herbicidas inibidores. *Sci Agr*, 58:193–196, 2001.
- Monquero, P.A.; Christoffoleti, P.J. & Dias, C.T.S., Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS na cultura da soja (*Glycine max*). *Planta Daninha*, 18:419–425, 2000.
- Moreira, M.S.; Nicolai, M.; Carvalho, S.J.P. & Christoffoleti, P.J., Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, 25:157–164, 2007.
- Nimbal, C.I.; Shaw, D.R.; Duke, S.A. & Bird Jr., J.D., Response of MSMA-resistant and -susceptible common cocklebur (*Xanthium strumarium*) biotypes to cotton (*Gossypium hirsutum*) herbicides and cross-resistance to arsenicals and membrane disruptors. *Weed Technol*, 9:440–445, 1995.
- Noldin, J.A.; Eberhardt, D.S.; Chehade, A.T. & Dittrich, R.C., Sagitária resistente a herbicidas inibidores da ALS. In: *Resumos do 22º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. Londrina, PR: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 514.
- Noldin, J.A.; Eberhardt, D.S. & Rampelotti, F.T., *Cyperus difformis* (L.) resistente a herbicidas inibidores da ALS em Santa Catarina. In: *Resumos do 23º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. Londrina, PR: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2002a. p. 198.
- Noldin, J.A.; Eberhardt, D.S. & Rampelotti, F.T., *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl resistente a herbicidas inibidores da ALS em Santa Catarina. In: *Resumos do 23º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. Londrina, PR: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2002b. p. 199.
- Oliveira Jr., R.S.; Constantin, J.; Costa, J.M.; Cavalieri, S.D.; Arantes, J.G.Z.; Alonso, D.G.; Roso, A.C. & Biffe, D.F., Interação entre sistemas de manejo e controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja. *Planta Daninha*, 24:721–732, 2006.
- Ponchio, J.A.R., *Resistência de Bidens pilosa aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato-sintase*. Tese – doutorado em agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1997.
- Powles, S.B. & Howat, P.D., Herbicide-resistant weeds in Australia. *Weed Technol*, 4:178–185, 1990.

- Prates, H.T.; Pereira Filho, I.A.; Paes, J.M.V. & Magalhães, N.M., *Efeito da parte aérea da leucena (Leucaena leucocephala (Lam) De Wit) sobre o desenvolvimento das plantas daninhas e do milho*. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA-CNPMS, 1999a. 2 p.
- Prates, H.T.; Pires, N.M.; Pereira Filho, I.A. & Farias, T.C.L., Effect of leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit) over the weed population on maize (*Zea mays* L.) crop. In: *Abstracts of 2nd IUPAC International Conference on Biodiversity*. Belo Horizonte: International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), 1999b. p. 216.
- Pratley, J.; Baines, P.; Eberbach, P.; Incerti, M. & Broster, J., Glyphosate resistance in annual ryegrass. In: *Proceedings of the 11th Annual Conference of the Grassland Society of New South Wales*. Wagga Wagga, Australia: The Grassland Society of New South Wales, 1996. p. 126.
- Roman, E.S.; Vargas, L.; Rizzardi, M.A. & Mattei, R.W., Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, 22:301–306, 2004.
- Sivakumaran, K.; Mulugeta, D.; Fay, P.K. & Dyer, W.E., Differential herbicide response among sulfonylurea-resistant *Kochia scoparia* L. accessions. *Weed Science*, 41:159–165, 1993.
- Theisen, G., Identificação de nabo (*Raphanus sativus*) resistente aos herbicidas inibidores da ALS. In: *Resumos do 24^o Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. São Paulo, SP: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2004. p. 262.
- Trezza, M.M.; Felippi, C.L.; Mattei, H.L.; Silva, A.L.; Debastiani, C.; Vidal, R.A. & Marques, A., Multiple resistance of acetolactate synthase and protoporphyrinogen oxidase inhibitors in *Euphorbia heterophylla* biotypes. *J Environ Sci Heal B*, 40:101–109, 2005.
- Vargas, L.; Borém, A. & Silva, A.A., Herança da resistência aos herbicidas inibidores da ALS em biótipos da planta daninha *Euphorbia heterophylla*. *Planta Daninha*, 19:331–336, 2001.
- Vargas, L.; Moraes, R.M.A. & Berto, C.M., Herança da resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao glyphosate. *Planta Daninha*, 25:567–571, 2007.
- Vargas, L.; Roman, E.S.; Rizzardi, M.A. & Silva, V.C., Identificação de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) resistentes ao herbicida glyphosate em pomares de maçã. *Planta Daninha*, 22:617–622, 2004.
- Vidal, R.A. & Fleck, N.G., Análise do risco da ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. *Planta Daninha*, 15:152–161, 1997.
- Vidal, R.A. & Merotto Jr., A., Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase. *Planta Daninha*, 17:367–373, 1999.

- Vidal, R.A. & Merotto Jr., A., Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: Vidal, R.A. & Merotto Jr., A., (Eds.). *Herbicidologia*. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2001. p. 138-148.
- Vidal, R.A.; Portes, E.S.; Lamego, F.P. & Trezzi, M.M., Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. *Planta Daninha*, 24:163-171, 2006.

