

## 1º PAINEL – RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS

### MANEJO DA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS

**Pedro Jacob Christoffoleti<sup>1</sup>**

**Ramiro Fernando López Ovejero<sup>2</sup>**

#### Introdução

As comunidades de plantas daninhas infestantes dos agroecossistemas estão representadas por espécies, cuja composição florística responde a um ambiente comum proporcionado pelas condições agroecológicas da cultura. No entanto, devido à utilização intensiva de herbicidas, as mesmas, como seres biológicos em processo de coevolução com a agricultura (Ghersa et al., 1994), criam mecanismos de resposta ao distúrbio ambiental provocado pela pressão de seleção dos herbicidas através da mudança na flora específica (Fryer & Chancellor, 1979) ou seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas aos herbicidas (Christoffoleti, 1998).

A ocorrência de biótipos resistentes de plantas daninhas aos herbicidas em uma área é um fenômeno espontâneo decorrente da variabilidade genética natural que ocorre em suas populações, não sendo, portanto o herbicida o agente causador, mas sim selecionador dos indivíduos resistentes que se encontram em baixa frequência (Christoffoleti et al., 1994). Sendo assim, a presença de biótipos resistentes em alta frequência é percebida quando existe alta pressão de seleção imposta pela aplicação repetitiva dos mesmos de herbicidas ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, situação que geralmente ocorre em sistemas intensivos de monocultivo, onde os herbicidas são aplicados com o objetivo de eliminar quase toda a comunidade de plantas daninhas incidentes. É importante também ressaltar que as plantas daninhas podem ser selecionadas para resistência não apenas ao controle químico, mas a qualquer método de controle não químico, desde que este seja usado de

<sup>1</sup> Professor Associado, Área de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Departamento de Produção Vegetal, Universidade de São Paulo, USP/ESALQ, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 09, CEP - 13.418-900, Piracicaba - SP, e-mail - pjchrist@esalq.usp.br, fone - 19 3429 4190, fax - 19 3429 4385.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, M.Sc., doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, USP/ESALQ.

maneira intensa, impondo uma pressão de seleção forte sobre tais espécies.

A observação de áreas agrícolas com incidência de plantas daninhas resistentes aos herbicidas foi pela primeira vez relatada em publicações científicas no final da década de 60, sendo que o número locais com plantas daninhas resistente aos herbicidas tem aumentado rapidamente nos últimos anos. Os registros apontam a existência de 253 locais com diferentes relatos de biótipos resistentes de plantas daninhas no mundo, distribuídos entre 154 espécies (HRAC, 2001). Até o ano de 2000, os casos documentados de plantas daninhas resistentes eram de 28% aos herbicidas cujo mecanismos de ação é a inibição da acetolactato sintase (ALS), 25% do grupo químico das triazinas, 10% aos inibidores da acetil coenzima A carboxilase (ACCCase), 8% às uréias e amidas, 8% aos bipyridilos, 4% às dinitroanilinas e os demais casos distribuídos em diversas outras classes de herbicidas (HRAC, 2001).

No Brasil foram registrados até o momento áreas com infestação dos seguintes biótipos de plantas daninhas resistentes: capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) resistente aos herbicidas inibidores da ACCCase, picão-preto (*Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*), amendoim-bravo (*Euphorbia Heterophylla*), sagitária (*Sagittaria montevidensis*) e *Cyperus difformis* aos herbicidas inibidores da ALS; caruru (*Amaranthus* sp.) aos herbicidas Inibidores da fotossíntese (fotossistema II - FS II) e capim-arroz (*Echinochloa* spp) a herbicidas mimetizadores das auxinas (HRAC-BR, 2002).

A extensão de áreas agrícolas atualmente detectada com presença de biótipos resistentes de plantas daninhas pode ser considerada de pequena escala, quando comparada com a área agrícola total, mas está aumentando em uma taxa elevada. Portanto, é importante que o assunto seja discutido, e que assim medidas de prevenção e manejo sejam adotadas para que o herbicida seja preservado para o controle eficaz e econômico na agricultura (Christoffoleti, 2002), no entanto, para aplicação destas medidas é necessário que o produtor utilize um procedimento adequado de identificação da existência de um biótipo resistente, para que assim não seja atribuída erroneamente falhas de controle de diversas como sendo casos de resistência de plantas daninhas aos herbicidas.

### **Formas de identificação da incidência de biótipos resistentes de plantas daninhas aos herbicidas**

Caso sejam identificadas falhas no controle químico de uma ou mais espécies de plantas daninhas, após a aplicação de um herbicida normalmente recomendado para o controle destas espécies, é importante a investigação e seguir algumas ações seguindo uma série de etapas, descritas a seguir (CBRPH, 2000).

## **Diagnóstico da falha de controle**

É freqüente ao agricultor confundir falha de controle por razões diversas com incidência de um biótipo de planta daninha resistente ao herbicida aplicado, sendo que as causas de falha no controle de uma ou mais espécies de plantas daninhas depois da aplicação do herbicida recomendado, pode ser resultante de diversos fatores. Por isso, é necessário realizar um diagnóstico inicial, pois através dele é possível identificar as mais diversas causas de falhas. Entre as informações a serem levantadas destacam-se: i) herbicida utilizado; ii) espécie daninha; iii) tecnologia de aplicação; iv) condições climáticas; v) condições edáficas; vi) dados da cultura e; vii) tipo de plantio. Assim, depois de checada todas as possibilidades de falha e não for identificada nenhuma destas possibilidades, pode-se suspeitar da incidência um biótipo resistente (CBRPH, 2000).

Na maioria dos casos, a infestação de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas deve ser esperada somente quando o mesmo herbicida ou herbicidas com mesmo mecanismo de ação são utilizados por vários anos consecutivos e, a espécie daninha suspeita era usualmente bem controlada nos primeiros anos de uso do herbicida, mas o controle decresceu nos anos recentes. A possibilidade de erros na aplicação também deve ser descartada, verificando se a dose correta foi empregada e se a falha de controle ocorreu num padrão distinto ao longo do campo, sendo assim, é mais provável que ocorreram problemas com a tecnologia de aplicação do herbicida. Certas condições ambientais também contribuem para um controle deficiente de espécies normalmente suscetíveis de plantas daninhas, como por exemplo, alguns herbicidas aplicados diretamente ao solo (pré-emergentes) requerem certa quantidade de chuva para sua incorporação e atividade, enquanto que herbicidas aplicados à folha (pós-emergentes) podem ser lavados da superfície foliar pela chuva, antes mesmos de serem absorvidos (CBRPH, 2000).

Sendo assim, é importante manter um histórico do manejo de plantas daninhas, especialmente dos herbicidas aplicados em cada talhão da propriedade para se identificar a evolução da população de determinadas espécies, pois, normalmente, a ocorrência dos biótipos resistentes não pode ser detectada durante os primeiros anos de aplicação do agente de seleção, ou seja, quando é percebida a falha de controle de uma espécie de planta daninha que normalmente era controlada por certo herbicida, já decorreram, na maior parte dos casos, anos do início da seleção dos biótipos resistentes (Christoffoleti, 2000). A percepção da presença de um biótipo resistente em uma área através de falhas da aplicação geralmente ocorre quando 30% das plantas na área constituem o biótipo resistente (Maxwell & Mortimer, 1994).

No caso de existirem indícios que a área apresenta infestação de biótipo(s) de planta(s) daninha(s) resistente ao(s) herbicida(s), será necessário estabelecer algumas ações imediatas e confirmar cientificamente a hipótese de resistência.

### **Ações imediatas a serem tomadas**

Na área com falhas de controle de plantas daninhas deve-se deixar uma pequena parcela de plantas daninhas produzirem sementes, com a finalidade de coletá-las para realizar testes de confirmação de resistência. Se possível, erradicar o restante da população de plantas daninhas antes que produza sementes e procurar orientação técnica especializada para solução imediata das falhas de controle (CBRPH, 2000).

### **Confirmação da presença do biótipo resistente**

Para confirmar a resistência de um biótipo a herbicidas são utilizados diferentes tipos de teste. A seguir são apresentados os testes mais utilizados, porém é importante salientar que na literatura existem diversos outros métodos relatados e que também podem ser utilizados com eficiência:

### **Coleta de sementes do biótipo resistente e teste em condições controladas**

Segundo o HRAC (2001) o primeiro passo para a confirmação da seleção de um biótipo de planta daninha resistente a herbicidas no campo é a coleta de sementes no campo com suspeitas de resistência. Em seguida é feita a semeadura em vasos que são colocados em condições controladas (normalmente em casa de vegetação) para que as plântulas (pós-emergência inicial) resultantes sejam pulverizadas com os herbicidas suspeitos de resistência e assim avaliado comparativamente com biótipos suscetíveis da mesma espécie. A maior limitação deste teste é o tempo necessário para obtenção dos resultados finais pois o período entre a coleta das sementes suspeitas de resistência no campo e a avaliação final dos sintomas causados pelos herbicidas aplicados nas plântulas é relativamente longo (vários meses) e normalmente o agricultor necessita da informação rapidamente para que medidas de manejo sejam adotadas caso a seleção de biótipos resistentes seja confirmada. Outro problema que pode ocorrer com esse teste é no momento da coleta das sementes no campo não é possível a distinção entre plantas resistentes e susceptíveis que eventualmente emergiram após a aplicação do tratamento herbicida; sendo assim, no momento da coleta de sementes é possível que ocorra uma mistura de sementes de plantas resistentes e susceptíveis. Esta mistura de

biótipos resistentes e suscetíveis pode subestimar o nível real de resistência (Boutsalis, 2001).

Para a confirmação da resistência é importante enviar uma amostra da planta herborizada e uma quantidade mínima de sementes (normalmente sementes provenientes de 40 plantas e num total de pelo menos 100 sementes) para os órgãos responsáveis para a realização destes testes. É importante que a planta herborizada contenha flores, folhas, frutos e sistema radicular. Isto é essencial para a identificação taxonômica da espécie ou biótipo. As sementes são submetidas aos procedimentos apropriados de testes que variam de acordo com o herbicida em estudo, podendo ser testes em casa-de-vegetação ou em laboratório (CBRPH, 2000).

As sementes devem ser coletadas a partir de plantas maduras que sobreviveram ao tratamento herbicida, identificadas de forma apropriada, embaladas para armazenamento e transporte para os órgãos de pesquisa especializados. Para determinação do nível de resistência é importante que sementes do biótipo suscetível também sejam enviadas para teste. Estas sementes devem ser obtidas em áreas vizinhas que nunca receberam tratamento herbicida. Normalmente, são áreas próximas de residência ou hortas que nunca foram pulverizadas com o herbicida em estudo. As amostras de sementes devem ser armazenadas em condições apropriadas (8-15 °C, 30% de umidade relativa do ar), com a finalidade de manter o máximo poder de germinação (CBRPH, 2000).

### **Testes rápidos**

Como o teste descrito no item anterior é inviável na prática para uma determinação da resistência de forma rápida e prática, em nível de produtor, são propostos testes rápidos para determinar problemas de resistência em forma rápida e após confirmação podem ser praticadas estratégias de manejo imediatamente na safra seguinte.

### **Bioensaio de determinação da sensibilidade da ALS a herbicidas inibidores desta enzima**

Existem diversos métodos de pesquisa que estão sendo estudados com o objetivo de identificação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas em forma rápida. Gerwick et al. (1993); Simpson et al. (1995) e Lovell et al. (1996), desenvolveram um diagnóstico rápido para se detectar a resistência aos herbicidas inibidores da ALS (imidazolinonas, sulfoniluréias, triazolpirimidinas e pirimidil-oxi-tiobenzoatos), através de um ensaio com a ALS no qual o ácido ciclopropanodicarboxílico (CPCA) é usado para inibir a cetoácido reductoisomerase (KARI), enzima que catalisa a reação seguinte do acetolactato na cadeia de biossíntese dos aminoácidos valina, leucina e

isoleucina. Desta forma, em três dias após a aplicação dos herbicidas é possível verificar se a planta é realmente resistente ou não aos herbicidas inibidores da ALS. O bioensaio é bastante simples, pois os reagentes podem ser facilmente obtidos em empresas que revendem produtos laboratoriais e os equipamentos necessários não são sofisticados (Monqueiro et al., 2001).

### **Syngenta Quick-Test (QT)**

O teste rápido (Quick-Test - QT) supera os problemas do teste em condições controladas utilizando sementes coletadas no campo (teste descrito em item anterior) porque não precisa delas, utilizando em seu lugar diretamente as plantas que não foram controladas pelo herbicida no campo. Os resultados são possíveis de serem obtidos de 2 a 4 semanas após o início do teste. Até o momento este tipo de teste tem sido feito com herbicidas aplicados em condições de pós-emergência. Para plantas daninhas do tipo gramíneas pode-se utilizar plantas ainda não perfilhadas ou perfilhadas e, nesse caso, usam-se plantas com 2 ou 3 afilhos, descartando o resto da planta. Também para este teste rápido é necessário que sejam obtidas plantas consideradas suscetíveis da mesma espécie. De um modo geral tomam-se cerca de 50 plantas de cada biótipo (resistente – R e suscetível – S) em estágio vegetativo. Posteriormente a coleta das plantas no campo estas são transportadas para os locais onde será feito o teste (normalmente condições controladas) e transplantadas em vasos onde as plantas são preparadas para que ocorra o processo de formação de tecidos novos. Em poucos dias ocorre uma regeneração. Quando, no caso de gramíneas, as folhas novas atingirem de 5-7cm efetua-se um tratamento pulverizando com o herbicida em teste. As plantas irão demonstrar se são suscetíveis ou resistentes, por uma avaliação visual, usando uma escala de 0 a 100% (0 = sem dano; 100 = controle total) (Boutsalis, 2001). Para dicotiledôneas o teste também é possível (Walsh, 2001), mas a capacidade de recuperação varia de espécie para espécie e o tamanho das raízes e caule a serem deixados no momento de preparo da planta para transplantar devem ser ainda estabelecidos para as diferentes espécies. As vantagens desse método são de uma rápida resposta, sendo usadas as próprias plantas suspeitas de resistência, em forma regenerada. O problema é que o estágio da planta daninha na reaplicação é freqüentemente avançado o que pode afetar a resposta ao herbicida.

Após a confirmação de que em uma determinada área existe a presença de um biótipo resistente em níveis de infestação elevado que determinam a ineficiência do herbicida que normalmente controlava esta planta daninha, é importante que medidas de manejo e de prevenção da incidência de biótipos resistentes sejam adotadas.

## **Manejo e prevenção da infestação de biótipos resistentes de plantas daninhas a herbicidas**

O manejo de plantas daninhas na agricultura é feito através da integração de diversos métodos, incluindo cultural, mecânico, físico e químico dentre outros. No entanto, nas últimas décadas a aplicação de herbicidas para o controle de plantas daninhas tem sido crescente. Atualmente, o controle químico das plantas daninhas é o principal método utilizado na agricultura, sendo que, no Brasil, as vendas de agroquímicos superaram no ano 2000 os 2.500 milhões de US dólares, dos quais 52% foram herbicidas (SINDAG, 2001).

Se um mesmo herbicida é aplicado de forma repetitiva em uma mesma área, a probabilidade de aumento da frequência de um biótipo deve ser levada em consideração (Christoffoleti, 1998). Sendo assim, é necessário alterar as práticas normalmente usadas para o controle de plantas daninhas visando evitar ou retardar o aparecimento de plantas daninhas resistentes (Gressel & Segel, 1989). Diversas estratégias devem ser adotadas no manejo da resistência aos herbicidas, com atuação tanto na prevenção ao surgimento da resistência, como também para o manejo destas nas situações onde já existam plantas daninhas resistentes. Existem vários trabalhos na literatura abordando o assunto destacando-se os de Christoffoleti et al., 1994; Powles & Holtum, 1994, Retzinger & Mallory-Smith, 1997; Merotto et al., 1998 e; SBCPD, 2000. Os princípios do manejo da resistência de plantas daninhas são similares, tanto na prevenção da resistência de uma população quanto na limitação da resistência após sua constatação.

### **Opções químicas para prevenção e manejo de plantas resistentes a herbicidas**

As estratégias de manejo das plantas daninhas adotadas têm influência decisiva na velocidade de seleção do biótipo resistente e, portanto, o planejamento de escolha destas estratégias deve ser de forma criteriosa. O aspecto mais importante na prevenção e manejo da resistência é a recomendação de práticas e sistemas de produção em que a pressão de seleção de biótipos resistentes a determinado herbicida seja reduzida (HRAC-BR, 2002). As estratégias químicas podem ser utilizadas para reduzir essa pressão de seleção (Boerboom, 1999). Algumas dessas técnicas estão descritas a seguir:

### **Manejo de herbicidas**

Algumas considerações no manejo de herbicidas para prevenção e manejo da seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas são listados

a seguir: i) utilizar herbicidas com pouca atividade residual no solo; ii) otimizar a dose, época e número de aplicações; iii) aplicar herbicidas somente quando necessário, permitindo níveis mínimos de infestação que não causem danos significativos à cultura (nível de dano econômico - NDE); iv) minimizar a aplicação de herbicidas específicos, evitando o uso contínuo, no mesmo campo, de herbicida ou herbicidas com mesmo mecanismo de ação, a não se que integrado com outras práticas de controle; v) acompanhar os resultados das aplicações dos herbicidas, deixando pequenas área testemunhas sem aplicação, afim de detectar quaisquer tendências ou mudanças na densidade populacional das plantas daninhas presentes; vi) evitar a utilização de herbicidas para o qual a resistência foi confirmada, a menos que em mistura com outro(s) herbicida(s) de diferente(s) mecanismo(s) de ação, cujo espectro de controle das plantas daninhas inclua a espécie da população resistente. Estas recomendações reduzem a pressão de seleção, diminuindo os riscos de resistência e mantendo a diversidade de biótipos no banco de sementes do solo.

### **Rotação de herbicidas**

A aplicação sucessiva de herbicidas com mecanismos de ação diferenciados, porém efetivos sobre o mesmo espectro de plantas daninhas, é uma estratégia que contribui para a redução da probabilidade de surgimento de biótipos resistentes. No entanto, a mudança de um herbicida para um alternativo com mecanismo de ação diferente pode também constituir um risco de seleção de biótipos resistentes ao herbicida alternativo, se este for aplicado como única opção de controle (Gould, 1995). Também, produtos que apresentem menor eficiência podem ser utilizados em rotação com herbicidas mais eficazes, porém de maior risco ao surgimento da resistência, pois com isso reduz a pressão de seleção ao biótipo resistente. Ainda, a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de detoxificação, evita a seleção de biótipos com resistência decorrente da metabolização dos herbicidas. A rotação de culturas permite o uso de outros herbicidas de forma a permitir controle de plantas daninhas em diferentes ocasiões durante a estação. É de fundamental importância o conhecimento da classificação dos herbicidas quanto ao seu mecanismo de ação para que possa planejar adequadamente a rotação do uso de herbicidas e de culturas visando evitar e retardar o aumento da frequência do biótipo resistente na área. Alternar herbicidas com mecanismo de ação similares porém de grupos químicos diferentes (por exemplo triazinas e uréias substituídas; sulfoniluréias e imidazolinonas, etc.) pode eventualmente ser utilizada sem risco de seleção de biótipos resistentes se o biótipo resistente não apresentar resistência cruzada da espécie daninha a esses herbicidas. Este fato é comum quando o mecanismo de resistência do biótipo é devido a uma alteração do sítio de ação do herbicida que não é



comum para os herbicidas de mesmo mecanismo de ação, porém de grupos químicos diferenciados.

### **Mistura de herbicidas**

A alternativa de mistura de herbicidas no tanque de pulverização, misturas formuladas de herbicidas ou aplicações seqüências de herbicidas para o manejo e prevenção da resistência está baseada no fato de que os ingredientes ativos controlam eficientemente os dois biótipos da mesma espécie, ou seja, o biótipo resistente a um dos herbicidas é controlado pelo outro ingrediente ativo da mistura e vice-versa (Powles & Holtum, 1994). É importante ressaltar que a mistura de herbicidas de diferentes mecanismos de ação como forma de manejo e prevenção de resistência, é mais eficiente quando o sistema de reprodução da planta daninha é a autogamia, pois a recombinação gênica de diferentes alelos que conferem resistência tem menor probabilidade de ocorrer do que em relação às plantas alógamas (Gould, 1995). Os componentes das misturas em tanque ou aplicações seqüenciais devem atender os critérios de: diferentes sítios de ação, espectro de controle e persistência semelhantes; caso contrário, a resistência pode eventualmente ser selecionada, independente dos diferentes mecanismos de ação dos herbicidas aplicados na área.

### **Aprimorar a tecnologia de aplicação**

Tecnologia de aplicação de herbicidas é a colocação de um produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade adequada, de forma econômica e com riscos mínimos de contaminação ambiental. O sucesso de um tratamento depende da escolha de bons pulverizadores, bons produtos químicos e da capacidade técnica dos operadores. Aplicações mais precisas e mais uniformes podem reduzir a quantidade de ingredientes ativos requerida para um dado controle. Aplicações bem executadas reduzem os custos dos tratamentos e minimizam os efeitos poluentes.

### **Utilização de herbicidas não seletivos (aplicação de herbicidas na pré-colheita)**

Esta prática permite a redução na produção de sementes das plantas daninhas de forma a evitar a dispersão (“chuva de sementes”) de possíveis plantas daninhas resistentes. Na colheita mecanizada de feijão a utilização de produtos dessecantes é fundamental objetivando a uniformização da maturação do feijoeiro e controle de plantas daninhas. No caso da soja, a dessecação em pré-colheita com paraquat ou diquat permite antecipar a colheita, uniformiza toda a lavoura, controle de plantas daninhas

facilitando a colheita e em muitas situações, serve como manejo para o Plantio Direto da safrinha, permitindo o controle de plantas daninhas.

### **Manejo de plantas daninhas pós-colheita**

Nesta técnica são utilizados herbicidas de amplo espectro de ação para a dessecação das plantas daninhas que provocará a morte e impedirá a produção de sementes, reduzindo, ao longo do tempo, o banco de sementes no solo. Antes da aplicação sugere-se aguardar duas a três semanas após a colheita, permitindo a germinação da sementeira superficial e das plantas voluntárias resultantes da perda de sementes na colheita, o crescimento das plantas daninhas e a brotação ou recuperação daquelas cortadas na colheita. Essa recuperação da área foliar das plantas é fundamental pela necessidade de equilíbrio na relação entre raízes e área foliar para absorção e eficácia de herbicidas dessecantes. Outra alternativa é um ou dois dias após a colheita fazer a dessecação e semear alguma cultura de crescimento rápido como o nabo-forrageiro ou o milheto (Gassen, 2001).

Para algumas plantas daninhas não se consegue controle efetivo, apenas com a dessecação de primavera, sendo fundamental o manejo pós-colheita, no outono, fase de produção de sementes. O manejo pós-colheita é uma alternativa eficaz de controle de plantas daninhas em áreas com capim-amargoso (*Digitaria insularis*), capim-de-Rhodes ou coquerinho (*Chloris gayana* ou *Chloris distichophylla*), trapoeraba (*Comellina* sp), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*) e de outras denominadas “plantas daninhas problema”.

O manejo de plantas daninhas após a colheita apresenta algumas vantagens: i) redução ou eliminação da produção de sementes; ii) manejo efetivo de plantas de difícil controle; iii) evita a formação de touceiras perenizadas; iv) melhora a eficiência da semeadura, pela ausência de touceira de plantas; v) aumenta a eficiência na dessecação de primavera; vi) elimina o risco de controle deficiente, causado pelo “efeito guarda-chuva” de plantas perenizadas; vii) reduz a ocorrência de pragas e de doenças, pela eliminação de hospedeiros intermediários (plantas daninhas e plantas guachas), “pontes-verdes” entre duas safras e viii) possibilidade de redução nas doses de herbicidas nas dessecações subseqüentes (Gassen, 2001).

### **Adoção de cultivares transgênicas**

As cultivares resistentes aos herbicidas também proporcionam a adoção de mecanismos de ação diferentes daqueles usados em aplicações normalmente seletivas, possibilitando também o manejo de plantas daninhas resistentes. Segundo Powles et al (1997) se desconhece os reflexos dos herbicidas totais aplicados em culturas resistentes aos

herbicidas com relação aos efeitos sobre o surgimento de plantas daninhas resistentes. Estes autores apontam que, se esse herbicida total for utilizado na mesma intensidade que os ACCase e ALS, poderá acontecer o surgimento de plantas daninhas resistentes. Para Boerboom (1999) a rápida adoção de culturas transgênicas como soja e milho, supõe a utilização anual freqüente do glyphosate na rotação soja-milho em lugar da rotação com outros herbicidas.

Poucos são os casos observados de resistência de plantas daninhas aos herbicidas de ação total na agricultura, embora o glyphosate seja um dos herbicidas mais utilizados para o controle das mesmas. Desta forma, os riscos de desenvolvimento de biótipos de plantas daninhas resistentes a este herbicida são baixos, embora não impossíveis. Porém, é importante observar que nas áreas de aplicação sucessiva destes herbicidas pode ocorrer a seleção de espécies tolerante difíceis de serem controladas pelo herbicida. Espécies como *Commelina benghalensis*, *Borrelia alata* e algumas espécies de *Ipomoea* spp, são exemplos de plantas daninhas de difícil controle pelo herbicida (Christoffoleti et al., 2001).

Um exemplo disso é a Argentina (região de Rosário, Província de Santa Fé) onde há uma adoção massiva de cultivares transgênicas resistentes a glyphosate, observando excelente controle de plantas daninhas nessas áreas. Sendo assim, a repetida utilização do herbicida exerce uma forte pressão de seleção sobre aquelas que se comportam como tolerantes ao herbicida. Entre as plantas daninhas com certo grau de tolerância ao mesmo encontram-se *Cyperus rotundus*, *Anoda cristata*, *Wedelia glauca*, *Ipomoea* spp, *Commelina virginica*, *Convolvulus arvensis* e *Portulaca oleracea*. É provável que a importância dessas espécies aumente nessa região, de maneira que se deva recorrer a dosagens maiores do produto para conseguir controlá-las satisfatoriamente no futuro (Vitta et al, 1999).

### **Agricultura de precisão**

A agricultura de precisão baseia-se no gerenciamento localizado de sistemas agrícolas, utilizando recursos como mapeamento dos fatores de produção, ferramentas de suporte e decisão e aplicação localizada de insumos. A aplicação localizada de insumos compreende três etapas: coleta de dados (mapeamento), interpretação dos mapas (sistemas para suporte a decisão) e aplicação localizada (Antuniassi, 2001).

A determinação do posicionamento dos alvos é uma das etapas mais importantes dos sistemas de aplicação localizada. Conceitualmente, duas metodologias podem ser utilizadas para este propósito. A primeira opção considera a detecção do alvo e controle da aplicação em um sistema "on-line", onde o equipamento se desloca sobre o campo de aplicação, os alvos vão sendo identificados através de sensores (por reflexão) e a

aplicação é realizada somente sobre as áreas desejadas, tudo em uma única operação. A outra opção compreende a coleta de informações para a elaboração de mapas georeferenciados dos alvos através de caminhamento autônomo (pequenas áreas) ou em conjunto com outras atividades mecanizadas como a colheita (grandes áreas), os quais são processados com o auxílio de sistemas de suporte a decisão, gerando os mapas de tratamento ou aplicação. Na seqüência, tais mapas são utilizados pelo sistema de controle do equipamento aplicador para comandar a distribuição localizada dos defensivos (Antuniassi, 2001). Alguns sistemas utilizam pulverizadores para aplicar diferentes defensivos e/ou diferentes doses de maneira localizada, de acordo com informações de um mapa eletrônico dos alvos presentes na área o qual seria uma excelente ferramenta para o manejo ou prevenção de resistência a plantas daninhas.

Também é possível, através da utilização do GPS, mapear o solo quanto ao teor de matéria orgânica, e em cada parcela da propriedade aplicar determinada concentração de herbicida na calda. É claro que um equipamento deste ainda é trabalhado na, e têm um custo elevado, mas indica o rumo que a aplicação de produtos fitossanitários pode tomar no futuro (Torres, 2001).

### **Opções não químicas para prevenção e manejo de plantas resistentes a herbicidas**

As estratégias não químicas afetam a dinâmica das populações suscetíveis e resistentes de plantas daninhas porque provocam elevada mortalidade de plantas e a pressão de seleção permanece sem alteração, a menos que exista diferença de adaptação ecológica (entre plantas resistente e suscetíveis) a praticas não químicas, a qual é improvável (Boerboom, 1999). Para uma predição mais exata dos benefícios e o sucesso final de sistemas alternativos de manejo, um amplo entendimento do processo demográfico das plantas daninhas e dos fatores que interferem na relação planta daninha-cultura são requeridos. Os modelos matemáticos podem assistir em determinar diferentes estratégias para demorar a evolução da resistência, mais a exatidão é limitada pela dificuldade de obter medidas exatas de vários fatores importantes (Jasieniuk, 1996). Algumas dessas técnicas estão descritas a seguir:

### **Rotação de culturas**

A rotação de culturas, particularmente aquelas com diferentes ciclos de vida, reduz o sucesso intrínseco das plantas daninhas, que estão sincronizadas com a cultura, implicando na variação dos padrões de uso do solo e da interferência das plantas daninhas, e sua duração deve ser baseada no tamanho e taxa de declínio do banco de sementes de biótipos

resistentes presentes no solo. Técnicas que reduzem o banco de sementes de plantas daninhas podem ser aqui utilizadas: pastagem ou produção de forrageiras, períodos de pousio utilizando herbicidas não-seletivos, utilização de adubos verdes, queima de resíduos da cultura ou de plantas daninhas após a colheita (Powles & Holtum., 1994).

Para Boerboom (1999) a consequência da rotação de culturas são: i) algumas culturas não utilizam herbicidas diminuindo a pressão de seleção; ii) a utilização de diferentes mecanismos de ação e; iii) os diferentes ciclos de vida das culturas e praticas de produção, que poderiam afetar a dinâmica da população de plantas daninhas. A rotação de culturas é improvável que elimine o uso de herbicidas e a pressão de seleção em sistemas de cultivo, mas pode ser utilizado para reduzir a utilização de herbicida no decorrer dos anos.

### **Nível de dano econômico**

A otimização de doses e número de aplicações de herbicidas, de forma que o controle das plantas daninhas seja feito somente após ter sido atingido o nível de dano econômico, reduz o uso desnecessário de herbicidas. Essa medida diminui a pressão de seleção imposta pelo herbicida e, além disso, permite a sobrevivência de plantas suscetíveis, proporcionando maior polinização cruzada entre indivíduos suscetíveis e resistentes.

Para utilizar essa técnica é necessário fazer levantamentos de plantas daninhas antes da aplicação de qualquer herbicida para determinar as espécies infestantes e se o nível de danos causados por estas plantas justifica a aplicação do mesmo. Também são recomendados levantamentos após a aplicação com o objetivo de determinar falhas na aplicação, mudanças na flora e a evolução da densidade das infestações de plantas daninhas nas áreas cultivadas. Ainda, é importante conhecer a biologia da planta daninha resistente para ser mais eficientes nas táticas utilizadas no seu manejo.

Na prática, no oeste americano o NDE (Nível de Dano Econômico ou “threshold”) é pouco utilizado pelos produtores. Por exemplo em Illions somente 9% dos produtores baseia-se no NDE para decidir o momento de controle, utilizando como justificativa que as plantas daninhas provocam problemas na colheita, pela produção de sementes das mesmas e pela aparência da lavoura (Czapar et. Al., 1995 e 1997).

### **Características relacionadas ao Sistema de cultivo**

Sistemas de cultivos mínimo e plantio direto são amplamente utilizados por razões de conservação do solo e da água, porém favorecem alguns tipos de plantas daninhas, especialmente algumas variedades

anuais e perenes. Isso ocorre porque o desenvolvimento de populações de plantas daninhas é facilitado a partir de sementes produzidas na cultura anterior, que são mantidas na superfície do solo. Este processo acelera o desenvolvimento de plantas daninhas resistentes porque a porção do banco de sementes recrutada para germinação é menor (Madsen & Jensen, 1998). Essa maior emergência de plantas daninhas justifica a utilização de herbicidas residuais e pós-emergentes, o que incrementaria a pressão de seleção, sendo que no sistema convencional seria menor pelo menor utilização de herbicidas (Boerboom, 1999).

Utomo & Susanto<sup>3</sup>, citado por Mortimer & Hill (1999), demonstraram que diferentes sistemas de manejo conduzem à diferentes infestações de plantas daninhas. Comparando sistemas de plantio direto, cultivo mínimo e convencional, observaram uma grande diferença entre as espécies dominantes no final do estudo, onde a composição da população inicial era a mesma. No plantio direto, logo nos primeiros anos de cultivo, houve um grande aumento de folhas largas, mostrando claramente a adaptação destas plantas daninhas ao sistema. Tal adaptação também é observada em função do herbicida usado na área.

A aração rotacional, uma vez a cada quatro a cinco anos, pode ser uma alternativa viável, quando da ocorrência de plantas daninhas resistentes de difícil controle através das técnicas disponíveis no sistema de plantio direto, pois contribui para a diversificação da flora de plantas daninhas existentes. O cultivo nas entrelinhas e o uso de herbicidas apenas na linha de cultura são métodos que podem ser bastante interessantes para evitar o aparecimento de resistência em uma determinada área, proporcionando menor pressão de seleção.

## **Método biológico**

O controle biológico é uma técnica bem estabelecida e altamente eficiente no manejo de comunidades infestantes. Envolve a utilização de organismos vivos para matar, controlar a expansão populacional ou reduzir a competitividade das plantas daninhas. Historicamente, expressivos sucessos têm sido conseguidos com o uso de artrópodos (especialmente insetos) e microorganismos no controle de plantas daninhas altamente problemáticas (Charudattan & DeLoach, 1988). Geralmente organismos que são específicos para a planta-alvo ou que têm uma gama estreita de hospedeiros, podem ser utilizados como agentes de controle biológico, desde que não constituam risco para outras espécies vegetais, cultivadas ou não.

---

<sup>3</sup> UTOMO, M.; SUSANTO, H. Effect of long-term conservation tillage on soil properties and weed dynamics in Sumatra. *In.*: Proccendings 16 th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, 1997, p.336-339.

## **Métodos físicos**

As capinas, roçadas e arranquio são excelentes ferramentas para a eliminação dos focos de infestação, principalmente no caso das espécies de difícil controle como os biótipos resistentes. Podem ser utilizadas em áreas pequenas.

## **Método mecânicos**

Práticas de cultivo mecânico, tais como enxada rotativa e cultivadores seletivos, reduzem a pressão de seleção na população de plantas daninhas pelos herbicidas. O cultivo primário de preparo do solo também reduz a pressão de seleção por causa do enterrio das sementes de plantas daninhas recém produzidas (HRAC-BR, 2002). O cultivo mecânico pode substituir o manejo químico, principalmente quando as plantas daninhas ainda estão na fase jovem. O problema desta técnica é que não apresenta ação residual.

## **Método Cultural**

Este método consiste na utilização de medidas e procedimentos objetivando a prevenção de infestações e disseminação de plantas daninhas (biótipos resistentes), bem como o fortalecimento da capacidade competitiva da cultura, representada pelo seu rápido estabelecimento e desenvolvimento. O uso de práticas alternativas de manejo de plantas daninhas tais como: i) Cultivo de culturas mais competitivas; ii) escolha de cultivares adaptadas a região junto com plantio na época, espaçamento e densidade adequadas; iii) ausência ou diminuição das épocas de pousio, preenchendo-as com culturas; iv) extremo cuidado no emprego de material orgânico como estrume (ou esterco) provenientes de locais infestados de plantas daninhas; v) uso de cobertura morta; vi) quando necessário espaçamento adensado ou retardamento do plantio; vii) uso de práticas de prevenção à introdução de propágulos de plantas daninhas resistentes como aquisição (sementes certificadas) ou uso de sementes de culturas isentas de sementes de plantas daninhas (especialmente de soja e culturas de inverno), limpar equipamentos antes de deixar um campo infestado ou com suspeita de plantas daninhas resistentes, quarentena de animais e utilização de quebra ventos; viii) limpeza de beiras de estrada, carreadores e terraços existentes nas áreas; ix) optar por culturas com maior produção de massa e de rápido crescimento inicial e em regiões que favorecem a rápida decomposição da palhada selecionar culturas com relação C/N altas; x) considerar os efeitos alelopáticos positivos, na escolha das culturas em rotação; xi) consórcios e plantas supressoras. Os mesmos são métodos não químicos de controle de plantas daninhas que podem, em algumas

situações, constituir-se em alternativas viáveis juntamente com os herbicidas.

É importante considerar que as espécies utilizadas na agricultura variam consideravelmente na sua habilidade de competição, o que poderia ter um efeito na necessidade de utilização de herbicidas (residuais ou de pós-emergência) e na subsequente produção de sementes. Cultura como milho, soja e trigo são relativamente fortes competidoras com as plantas daninhas. A dose ou frequência na utilização de herbicidas poderia ser potencialmente reduzida pela utilização de variedades ou híbridos com grande habilidade competitiva ou alternando as práticas de produção (arranjo espacial) aumentando a competição. O grau de habilidade de competição das variedades e híbridos não foi ainda muito estudada, mas notavelmente diferenças devem existir (Boerboom, 1999).

### **Manejo do banco de sementes**

A densidade populacional potencial de plantas daninhas em uma área é determinada pelo número de sementes no solo (banco de sementes), as quais podem permanecer vivas e dormentes nos solos agrícolas por muitos anos. Uma maneira de reduzi-la é evitando a adição de novos propágulos (por exemplo de biótipos resistentes), através do controle da produção de sementes. Skora Neto (2001) desenvolveu um experimento durante dez anos em Ponta Grossa (Paraná), utilizando no verão a cultura do milho e no inverno a rotação com adubos verdes ou aveia preta. O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais (à exceção dos tratamentos com herbicidas). Esta pesquisa demonstrou que o controle das plantas daninhas durante todo o ciclo, evitando assim a produção de sementes durante dez anos, reduziu a densidade da planta daninha capim marmelada em mais de 99%. A aplicação de herbicidas em jato dirigido foi uma prática eficiente no controle da produção de novas sementes. Embora Powles et al. (1992), tenham verificado a possibilidade erradicação de *Hordeum vulgare* resistente ao paraquat através da total prevenção de produção de sementes por esta espécie durante três anos, os resultados demonstram que a busca da erradicação das plantas daninhas estudadas pode ser demorada e difícil de ser obtida sendo de pouca praticidade almejar este fim. Entretanto, pelo rápido declínio populacional, quando não se permite a produção de sementes, verifica-se a viabilidade da adoção de práticas de controle para redução da densidade de infestação a níveis que permitem melhor convivência com as plantas daninhas nos agroecossistemas e obtenção de maior eficiência e economicidade no seu controle.

É conhecido entre os agricultores que um ano de controle ineficiente de plantas daninhas em uma cultura é suficiente para restabelecer o banco de sementes original, mesmo depois de vários anos de controle eficiente em um programa de redução do banco de sementes. Sendo assim, é



importante que o produtor faça um planejamento a longo prazo de manejo de plantas daninhas visando reduzir o banco de sementes; no entanto, qualquer descuido no manejo em uma das etapas é suficiente para perda de todo o trabalho contínuo de desinfestação (Christoffoleti, 2001).

### **Análise de risco nas principais culturas**

Entre as culturas que mais utilizam herbicidas no Brasil encontram-se o milho e a soja, principalmente em plantio direto. Na cultura da Soja existe um número satisfatório de mecanismos diferentes para aplicação em pré-emergência, demonstrando que o planejamento correto de herbicidas a serem utilizados permite a rotação de diferentes mecanismo de ação. O grande problema da cultura acontece para os herbicidas de pós-emergência. Para controle de ervas dicotiledôneas em pós existem três mecanismos mais pela eficiência dos herbicidas inibidores de ALS seu uso contínuo pode acarretar em plantas daninhas resistentes (Merotto Júnior et al., 1998). As recomendações de medidas de prevenção e manejo da resistência aos herbicidas inibidores da ACCase são mais complicadas que para os demais herbicidas, pois não existem herbicidas alternativos. Para o controle de gramíneas em condições de pós-emergência na cultura da soja não existem herbicidas efetivos desenvolvidos até o momento, restando portanto apenas alternativas em pré-emergência (Christoffoleti, 1998). Essa situação é responsável pela grande ocorrência de plantas daninhas resistentes a este mecanismo de ação no Brasil e em outros países. A realização do controle de gramíneas em pós-emergência durante vários anos com os herbicidas inibidores de ACCase é uma prática que representa alto risco na cultura (Merotto Júnior et al., 1998). Por isso, o manejo da resistência aos herbicidas inibidores da ACCase em uma propriedade deve ser levado em consideração a longo prazo, através de um sistema integrado de controle (Christoffoleti, 1998).

Segundo Christoffoleti (1998) as estratégias necessárias para minimizar os efeitos da resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS são bastante complexas. Dentre as estratégias destacadas na literatura ressaltam-se o uso de rotação de culturas, mistura ou rotação de herbicidas, cultivo e técnicas de manejo integrado de plantas daninhas, quando possível. Infelizmente uma série de aspectos econômicos e muitas vezes de regulamentação governamental limitam a implementação destas medidas. A rotação soja-milho constitui-se numa forma excelente de retardar o aparecimento de biótipos resistentes em regiões de cultivo de soja, pois na literatura mundial não existem relatos de desenvolvimento de biótipos resistentes às triazinas em áreas de rotação soja-milho. As triazinas são os herbicidas mais utilizados na cultura do milho. No entanto, nas áreas de cerrado, o cultivo do milho em rotação com soja é bastante restrito devido a condição climática, predominando portanto a monocultura da soja.

Na cultura do milho no Brasil, a utilização de herbicidas do grupo dos inibidores do fotossistema II (triazinas) em pré e pós-emergência é muito grande na maioria das propriedades, sendo aplicados em forma isolada ou em mistura. Apesar de no Brasil não serem relatados casos de resistência, a grande ocorrência de casos a nível mundial mostra o risco de surgimento do problema. Também, existe risco para os inibidores da ALS aplicado em pós-emergência devido a preferência do agricultor por este grupo pelo amplo espectro de espécies controladas e pela sua eficiência (Merotto Júnior et al., 1998).

### **Custos da resistência**

A base para calcular o custo da resistência a herbicidas a um agricultor em particular é relativamente simples. O problema associado a tal exercício é obter as informações requeridas para chegar a uma conclusão concreta. Isso porque os fatores que afetam o desenvolvimento da resistência tem que ser identificados e, em alguns casos, devem ser obtidos para o cálculo do impacto econômico de práticas ou sistemas alternativos. Para calcular o custo econômico da resistência pode ser adotada a metodologia de Orson (1999) na qual são definidas três estratégias de manejo de plantas daninhas: Estratégia A: nenhuma estratégia para prevenção e manejo da resistência; Estratégia B: resistência completamente desenvolvida e Estratégia C: adoção de estratégia para prevenir a resistência. Sendo assim, a diferença na lucratividade entre situações A e C é o custo de prevenção do desenvolvimento de resistência, sendo que a diferença entre as situações A e B ou C e B é o custo do manejo da resistência.

Segundo Roush e Powles (1996), o custo anual da prevenção à resistência aos herbicidas é estimado em US\$ 30,00 a 60,00 por hectare e o custo do controle em US\$ 200,00 a 600,00 ao ano por hectare. Sendo assim, considerando um período de cinco anos para o surgimento da resistência e de cinco anos para o controle total, a economia proporcionada pela prevenção pode ser de 32 a 66%. De maneira global, a resistência tem levado a um gasto anual de US\$ 1 bilhão.

Cálculos complexos são requeridos quando mais de uma espécie de planta daninha e/ou mudanças importantes na forma de conduzir as culturas são envolvidos. Cálculos mais simples fornecem boa resposta quando apenas troca de práticas de herbicidas precisam ser adotadas para prevenir o desenvolvimento de resistência e controlar as plantas daninhas resistentes. Nesse caso os custos adicionais reduzem diretamente o lucro (Orson, 1999). Calcular o custo da resistência a herbicidas para o agricultor é um passo necessário para: adotar estratégias anti-resistência.

Medidas preventivas ou de manejo da resistência, muitas vezes, significa a necessidade de mudanças no sistema de produção ou nas recomendações de manejo para controle das plantas daninhas que,

eventualmente, podem representar custos adicionais ou até diminuição na eficácia de controle e dificuldades operacionais, mas tem suas compensações na manutenção da utilização dos herbicidas de forma racional e sustentável na agricultura (HRAC-BR, 2002).

### **Etapas para a elaboração de um programa de manejo integrado de plantas daninhas nas culturas**

O planejamento de um sistema de manejo integrado de plantas daninhas nas culturas envolve seis etapas importantes e lógicas a serem seguidas (Zimdahl, 1993). Dentro deste planejamento pode ser considerado o manejo de biótipos de plantas daninhas resistentes.

Mapeamento da infestação das plantas daninhas mais importantes nas áreas de cultivo, sendo que o mesmo deve ser feito por espécie. É fundamental a identificação da existência de biótipos resistentes.

Priorização de controle das espécies de plantas daninhas a serem controladas. Apenas as infestantes que causarão prejuízos mais significativos é que receberão tratamento especial de controle, junto com o biótipo resistente que exigira um manejo especial.

Desenvolvimento de um sistema de manejo integrado das plantas daninhas, ou seja, deve ser observado todas as formas disponíveis de manejo de plantas daninhas e utilizar todas, da forma mais racional possível, de forma integrada.

Implementação do manejo sistemático das plantas daninhas, ou seja, a partir do mapeamento das ervas e do plano de manejo deve-se iniciar o programa, o qual deve ser sistemático, seguindo o planejamento previamente proposto.

Anotações de informações e manutenção de arquivos de dados sobre os resultados obtidos com o programa em anos anteriores; sendo que este arquivo de dados deve ser sistematicamente atualizado com novas informações e um histórico deve ser montado ao longo dos anos.

Persistência o sucesso do manejo de plantas daninhas não é conseguido com a aplicação isolada de uma tática de controle, mas sim exige atenção contínua e persistência.

### **Considerações finais**

Os biótipos resistentes podem restringir ou inviabilizar a utilização futura dos herbicidas, pois a eficácia de controle fica reduzida a níveis abaixo dos aceitáveis pelo agricultor. Quando ocorrem plantas daninhas resistentes aos herbicidas em uma área, com densidade suficiente para limitar a produção das culturas agrícolas, há necessidade de mudanças nas práticas de manejo utilizadas.

O conhecimento das características das plantas daninhas, dos herbicidas e do sistema de produção, que favorecem o aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, é de fundamental importância para que técnicas de manejo sejam utilizadas para evitar ou retardar o aparecimento de plantas resistentes em uma área e, caso já esteja presente na área, evitar sua disseminação e reduzir sua presença na área. Desta forma, o controle de plantas daninhas em uma propriedade deve ser levado em consideração a longo prazo, através de um sistema integrado de controle em sistemas de produção que envolva métodos culturais, físicos, mecânicos, químicos além de outros.

### Referências bibliográficas

ANTUNIASSI, U.R. Agricultura de Precisão: Precisão na Aplicação para Controle de Plantas Daninhas. In: III Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 2001, Passo Fundo, RS. **Resumo de Palestras**. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.25-38, 2001.

BOUTSALIS, P. Syngenta Quick-Test: A Rapid Whole-Plant Test for Herbicide Resistance. **Weed Technology**, v.15, p.257-263. 2001.

BOERBOOM, C.M. Nonchemical Options for Delaying Weed Resistance to Herbicides in Midwest Cropping Systems. **Weed Technology**, v. 13, p.636-642. 1999.

CBRPH (Comitê Brasileiro de Resistência de Plantas a herbicidas). Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas. É Melhor Prevenir do que Remediar. Londrina: SBCPD, 2000, 32 p.

CHARUDATTAN, R; DELOACH, C.J. Jr. Management of pathogens and insects for weed control in agroecosystems. In: M.A. Altieri & M. Libman, eds., **Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches**. CRC Press, Boca Raton, Fl. Pg 245-264. 1988.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Dinâmica de populações de plantas daninhas e manejo de herbicidas para a cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S. (editor). **Tecnologia da produção**. Piracicaba: Publique, 1998. p.121-138.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas. In: VICTORIA FILHO, R; CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 41p.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; CORTEZ, M.G.; MONQUEIRO, P.A.. Bases da Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas. In: III Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 2001, Passo Fundo, RS. **Resumo de Palestras**. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.39-53, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; MEDEIROS, D.; MONQUEIRO, P.A.; PASSINI, T. Plantas Daninhas á Cultura da Soja: Controle Químico e Resistência a Herbicidas. **Soja: tecnologia da produção**/editado por Gil Miguel de Sousa Câmara.. Piracicaba:ESALQ/p.179-202. 2000.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; MENDONÇA, C.G. de. Controle de Plantas Daninhas na Cultura de Milho: Enfoque Atual. **Milho: tecnologia e produtividade**/Antonio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto. Piracicaba:ESALQ/p.60-95. 2001.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v.12, n.1, p.13-20, 1994.

CZAPAR, G.F., CURRY, M.P.; GRAY, M.E. Survey of integrated pest management practices in central Illinois. **J. Prod. Agric.**, vol. 8, p. 483-486. 1995.

CZAPAR, G.F., CURRY, M.P.; WAX, L. M. Growers acceptance of economic thresholds for weed management in Illinois. **Weed Technology**, vol. 11, p. 828-831. 1997.

FRYER, J.D.; CHANCELLOR, R.J. Evidence of changing weed population in arable land. In: **14<sup>th</sup> British Weed Control Conference**, pp. 958-964, 1979.

GASSEN, D.N.; HAASS, F.D. Manejo de Plantas Daninhas Pós-colheita. **Revista Plantio Direto**. Edição n 62. Março/Abril de 2001.Passo Fundo – RS. Aldeia Norte Editora Ltda.

GERWICK, B.C.; MIRELES, L.C.; EILERS, R.J. Rapid diagnosis of ALS/AHAS inhibitor herbicide resistant weeds. **Weed Technology**, v.7, p.519-524, 1993.

GHERSA, C.M.; ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.R.; CORDRAY, S.M. Coevolution of agroecosystems and weed management. **BioScience**, v. 44, p.85-94, 1994.

GOULD, F. Comparisons between resistance management strategies for insects and weeds. **Weed Technology**, v. 9, p.830-839, 1995.

GRESSEL, J.; SEGEL, L.A. Modeling the effectiveness of herbicide rotation and mixtures strategies to delay or preclude resistance. **Weed Technology**, v.4, p.186-198, 1989.

HRAC – Herbicide resistance action committee – <http://www.PlantProtection.org/HRAC/>, 2001.

HRAC-BR (Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas) – [www.hrac-br.com.br/](http://www.hrac-br.com.br/), 2002.

JASIENIUK, M.; BRULE-BABEL, A.L.; MORRISON, I.N. The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds. **Weed Science**, vol. 44, p. 176-193, 1996.

LOVELL, S.T.; WAX, L.M.; SIMPSON, D.M.; McGLAMERY, M. Using the *in vivo* acetolactate synthase assay for identifying herbicide-resistant weeds. **Weed Technology**, v.10, p.936-942, 1996.

MADSEN, K.H.; JENSEN, J.E. **Meeting and training on risk analysis of HRCs and exotic plants.** /Apresentado no Curso sobre análise de risco da introdução de cultivares exóticas e plantas daninha resistentes aos herbicidas. ESALQ-USP, Piracicaba, 1998/

MAXWELL, B.D.; MORTIMER, A.M. Selection for herbicide resistance. In: POWLES, S.B.; HOLTUR, J.A.M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry.** Boca Raton, Lewis, p.1-26, 1994.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Plantas daninhas resistentes aos herbicidas. In: I Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 1998, Passo Fundo, RS. **Resumo de Palestras.** Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.91-107, 1998.

MONQUEIRO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Bioensaio rápido de determinação da sensibilidade da acetolactato sintase (ALS) a herbicidas inibidores. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.193-196, jan./mar. 2001.

MORTIMER, A.M.; HILL, J.E. Weed species shifts in response to broad spectrum herbicides in sub-tropical and tropical crops. In: Brighton, 1999. **The 1999 Brighton Conference – Weeds. Proceedings.** Brighton: British Crop Protection Council, 1999. v.11, p.425-436.

ORSON, J.H. The Cost to the Farmer of Herbicide Resistance. **Weed Technology**, v. 13, p.607-611. 1999.

POWLES, S.B.; HOLTUM, J.A.M. **Herbicide resistance in plants: Biology and biochemistry**. Boca Raton: Lewis, 1994, 353 p.

POWLES, S.B.; PRESTON, C.; BRYAN, I.B.; JUTSUM, A.R. Herbicide resistance: Impact and management. **Advances in Agronomy**, v.58, p.57-93, 1997.

RETZINGER, E.J.; MALLORY-SMITH, C. Classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. **Weed Technology**, 11, n.2, p. 383-393, abril-junho/1997.

ROUSH, R.T.; POWLES, S.B. Pesticide resistance: Why be concerned? In: BOURDÔT, G.W.; SUCKLING, D.M. Pesticide resistance: prevention and management. Lincoln, New Zealand Plant Protection Society, p.3-16.1996.

SIMPSON, D.M.; STOLLER, E.W.; WAX, L.M. An *in vivo* acetolactate synthase assay. **Weed Technology**, v.9, p.17-22, 1995.

SINDAG – Sindicato das indústrias de defensivos agrícolas – <http://www.sindag.com.br>, 2001.

SKORA NETO, F. Efeito da prevenção de produção de sementes pelas plantas daninhas e da aplicação de herbicida em jato dirigido na densidade de infestação na cultura do milho em anos sucessivos. **Planta Daninha**, v.19, n.1, p.1-10, 2001.

TORRES, F.P. Avanços tecnológicos no manejo de plantas daninhas. In: I Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 1998, Passo Fundo, RS. **Resumo de Palestras**. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.11-16,1998.

VITTA, J.; FACCINI, D.; NISESOHN, L.; PURICELLI, E.; TUESCA, D.; LEGUIZAMÓN, E. Las Malezas en la Region Sojera Núcleo Argentina: Situación Actual y Perspectivas. Catedra de Malezas. Faculdade de Ciências Agrárias. Universidade Nacional de Rosário. Rosário, Argentina. Agosto, 1999.

WALSH, M.J.; DUANE, R.D.; POWLES, S. B. High Frequency of Chlorsulfuron-Resistant Wild Radish (*Raphanus raphanistrum*) Populations across the Western Australian Wheatbelt. **Weed Technology**, v.15, p. 199-203. 2001.

ZIMDAHL, R.L. **Fundamentals of Weed Science**. California: Academic Press, 1993. 450 p.